

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Uusiutuvan energian koulutus
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto

Jesse Hartikainen

AURINKOKERÄIMIEN JA -PANEELIEN VAIKUTUS
RAKENNUKSEN E-LUKUUN

Opinnäytetyö
Toukokuu 2020



OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2020
Uusiutuvan energian koulutus
Ylempi ammattikorkeakoulututkinto
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä(t)
Jesse Hartikainen

Nimeke
Aurinkokeräimien ja -paneelien vaikutus rakennuksen E-lukuun
Toimeksiantaja
Talotiikeri Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyössä tarkasteltiin aurinkokeräimien ja aurinkopaneelien määrän vaikutusta omakotitalon E-luvun muodostumiseen. Aurinkojärjestelmät rajattiin käsittelemään vain paneelit ja keräimet. Aurinkopaneelien- ja keräimien vaikutusta E-lukuun selvitettiin eri lämmitysmuodon omaavissa omakotitaloissa. Kohderakennuksena oli sähkölämmitteinen suurehko peruskorjattu 2-kerroksinen omakotitalo. Toisena kohteena oli öljylämmitteinen pienehkö talo.

Energiatodistuksen laatimishjelmalla simuloitiin erilaisia tilanteita, jossa aurinkokeräimien ja aurinkopaneelien määriä lisäämällä tarkasteltiin niiden vaikutusta E-lukuun. Opinnäytetyössä haettiin sellaista aurinkokeräinten tai -paneelien määrää, jolla talon laskennallinen E-luku saataisiin 0 kWh / (m²vuosi) eli niin sanotuiksi nollaenergiataloksi

Opinnäytetyö lisää Talotiikeri Oy:n tietoutta aurinkoenergian vaikutuksesta E-lukuun, jota yritys tarvitsee tarjotessaan asiakkaille tietoa uusiutuvan energian käytön eri vaihtoehdoista pientalojen energiankäytön tehostamisessa, ympäristön ja lainsäädännön muuttuessa ja asiakkaiden etsiessä uusia ja halvempia energiamuotoja.

Kieli
suomi

Sivuja 49
Liitteet 10
Liitesivumäärä 34

Asiasanat
Aurinkoenergia, aurinkokeräin, aurinkopaneeli, E-todistus



THESIS
May 2020
Renewable Energy
Master's Degree Programme
Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author (s)
Jesse Hartikainen

Title
Effect of Solar Heat Collectors and Panels on the E-number of a Building
Commissioned by
Talotiikeri Oy

Abstract

The effect of the number of solar collectors and solar panels on the formation of the E-number of a detached house was investigated in the thesis. Solar systems were limited to handling only panels and collectors. The effect of solar panels and collectors on the E-number was studied in a detached houses with different forms of heating. The target building was an electrically heated rather large renovated 2-storey detached house. Another subject was a smaller oil-heated house.

The energy certificate preparation program simulated various situations in which, by increasing the number of solar collectors and solar panels, their effect on the E-number was investigated. The study sought to determine the number of solar collectors or panels that would give the calculated E-number of the house 0 kWh / (m²year), i.e. the so-called zero-energy house.

The thesis was commissioned by Talotiikeri Oy. The thesis increases the company's knowledge of the impact of solar energy on the E-number, which the company needs when providing customers with information on different options for using renewable energy to improve energy efficiency in detached houses as the environment and legislation change, and as customers look for new and cheaper forms of energy.

Language
Finnish

Pages	49
Appendices	10
Pages of Appendices	34

Keywords
Solar energy, solar collector, solar panel, E-number

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Aurinkoenergia	6
2.1	Passiivinen aurinkoenergia	7
2.2	Aktiivinen aurinkoenergia	8
2.3	Aurinkosähköpaneeli	10
2.4	Aurinkokeräimet	12
2.4.1	Tasokeräin ja tyhjiöputkikeräin	13
2.4.2	Aurinkoenergia ja käyttövesi	15
2.4.3	Vesivaraaja	16
3	Energiatodistus	18
4	Työn tausta, tavoitteet ja menetelmät	21
5	Kehittämistyön toteutus referenssikohteessa	24
5.1	Aurinkopaneelien asennus	26
5.2	Aurinkokeräimien asennus	27
5.3	Kulutuksen normitus	30
5.4	Lämmin käyttövesi	32
6	Aurinkokeräimien ja –paneelien vaikutus E-lukuun	37
6.1	Outokummun kohde	38
6.2	Lieksan kohde	39
7	Työn tulokset ja niiden tulkinta	41
8	Pohdinta	45
	Lähteet	47

Liitteet

Liite 1	Referenssi kohteen aurinkokeräimien vuosituoton selvitys
Liite 2	Referenssikohteen aurinkopaneelien tuoton laskenta
Liite 3	Ilmatieteen laitos, lämmitystarveluvut
Liite 4	U-arvon laskeminen
Liite 5-10	Energiatodistukset

1 Johdanto

EU on määrittänyt jäsenmaita velvoittavan tavoitteen uusiutuvien energiamuotojen lisäämiseksi. Kestävän kehityksen ja puhtaamman ympäristön puolesta aurinkoenergia on sijoitus tulevaisuuteen. Aurinkoenergia on rajaton resurssi ja sen hyödyntäminen on saasteetonta.

Suomessa yritykset ovat alkaneet investoida yhä enemmän aurinkoenergiaan ja tuottaa sähkön itse säästäten siirtomaksun ja sähköveron. Kotitaloudet haluavat pienentää hiilijalanjälkeä ja tuottaa ilmaista energiaa asukkaiden tarpeisiin. Aurinkoenergia on vihreä valinta, koska se ei tarvitse polttoainetta, sen käyttö nostaa kiinteistön arvoa ja asuinalueen imagoa olemalla esimerkki kestävään kehitykseen siirtymisestä.

Opinnäytetyössä tarkastellaan aurinkokeräimien ja aurinkopaneelien määrän vaikutuksesta omakotitalon E-luvun muodostumiseen. Opinnäytetyön toimeksiantaja Talotiikeri Oy haluaa tarjota asiakkailleen tietoa aurinkoenergian vaikutuksesta E-lukuun ja uusiutuvan energian käytön eri vaihtoehdoista pientalojen energiankäytön tehostamisessa.

Aurinkojärjestelmät rajattiin käsittelemään vain aurinkopaneelit ja -keräimet, ja kohderakennuksiksi otettiin sähkölämmitteinen 189 m² peruskorjattu 2-kerroksinen omakotitalo kohde 1 ja öljylämmitteinen 156 m² talo kohde 2. Energiatodistuksen laatimisohjelmalla simuloitiin erilaisia tilanteita, jossa aurinkokeräimien ja aurinkopaneelien määriä lisäämällä tutkittiin niiden vaikutusta E-lukuun. Kehitystyössä haettiin myös sellaista aurinkokeräinten tai -paneelien määrää, jolla talon laskennallinen E-luku saataisiin 0 kWh/(m²vuosi) eli niin sanotuksi nollaenergiataloksi.

2 Aurinkoenergia

Aurinko on aurinkokuntamme suurin tähti, jota Maa, muut planeetat sekä aurinkokuntamme muut kappaleet kiertävät. Auringon säde on 696 000 km. Aurinko on kaasupallo, jonka massasta noin 70 % on vetyä, 27 % heliumia ja 3 % raskaampia alkuaineita. Pinnan lämpötila on noin 5800 K. Aurinko saa säteilemänsä energian siten, että sen keskustassa vety muuttuu heliumiksi. (Ursa 2020.) Kun kaksi vetyatomia ydintä yhtyy auringon ytimessä heliumatomiksi, tapahtuu fuusioreaktio ja samalla vapautuu energiaa. Lämpöydinreaktion synnyttämässä massamuutoksessa vapautuva energia antaa auringolle $3,8 \times 10^{23}$ kilowatin kokonaistehon, josta määrästä maapallolle tulee $1,7 \times 10^{14}$ kilowattia, mikä on vuoden 2008 kulutustietojen perusteella laskettuna noin 10000 kertaa koko ihmiskunnan vuodessa käyttämä teho. (Tahkokorpi 2016, 11–13.)

Auringon säteilyn sisältämä energiamäärä on valtava, auringon säteilyn teho maan pinnalla on 170 000 TW, mutta käytännössä siitä ei voida ottaa talteen kuin murto-osa. Aurinko on kuitenkin kaikkein merkittävin energiaresurssimme. Aurinkoenergiasovellutukset käsittävät lämmön ja sähkön tuottamisen. Aurinkoenergian käyttöä vähentää muun muassa auringon säteilyn vuodenaikavaihtelut ja sen epätasainen ajallinen ja paikallinen jakautuminen. Auringon säteilyn vuodenaikavaihtelut ovat Suomessa suuret ja esimerkiksi Etelä-Suomen säteilyenergiasta 90 prosenttia sijoittuu maalissyyskuun väliselle aikajanelle ja auringon vuosittaiset säteilymäärät ovat samaa suuruusluokkaa kuin Keski-Euroopassa. Suomessa pohjoiseen päin mentäessä vuodenaikavaihtelut kasvavat. (Energiateollisuus 2018.) Aurinkoenergia on jatkuvasti uusiutuva puhdas ja turvallinen luonnonvara eli energia, jota saadaan uusiutuvista lähteistä ja sitä voi hyödyntää lämpö- tai sähköenergiana. Aurinkoenergian hyödyntäminen vaikuttaa ympäristöön vähentämällä luonnon hiilidioksidikuormaa ja lisäämällä energiaomavaraisuutta. (Erat, Erkkilä, Nyman, Peippo, Peltola & Suokivi 2008, 26.)

2.1 Passiivinen aurinkoenergia

Passiivinen aurinkoenergia eli uusiutuva ilmaisen energia pitäisi huomioida jo rakennuksen suunnitteluvaiheessa rakennuksen sijainnin määrittämisestä aina rakenteiden suunnitteluun asti (Oulun rakennusvalvonta 2018). Sopivasti sijoitetussa ja oikein suunnitellussa rakennuksessa pystytään noin viidennes kokonaislämmöntarpeesta kompensoimaan hyödyntämällä passiivista aurinkoenergiaa. Hyödynnettäessä auringon säteilyenergiaa passiivisesti hyväksi, rakennus kerää energiaa eli toimii aurinkokeräimenä ja lämpö varastoituu sen rakenteisiin, eli toimii lämpövarastona. Koska rakennus käyttää eri tavoilla tuotettua ja kerättyä lämpöä tehokkaasti, niin talon lämmitysenergiatarve on alhainen. Kokonaan passiivisesti rakennetussa aurinkoenergiatalossa ei tarvita mitään lisälaitteita. (Erat ym. 2008, 26, 52–54.)

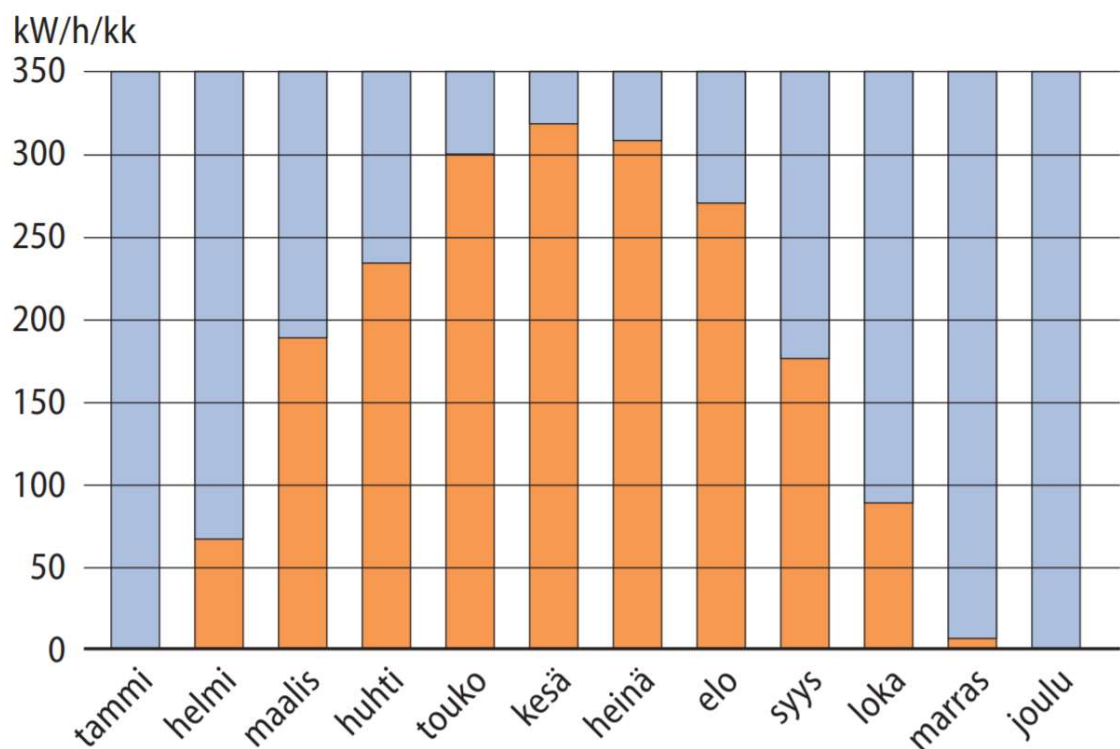
Rakennusten varastoiman aurinkoenergian määrä vaihtelee rakennusten sijainnin, muodon, suuntauksen, ikkunoiden koon ja sijainnin sekä käytettyjen rakennusmateriaalien mukaan. Aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää passiivisesti ilman mitään apuvälineitä tai muuttuvia kustannuksia esimerkiksi suuntaamalla rakennus ja ikkunat kohti etelää tai aktiivisesti järjestämällä käyttöveden lämmitys ja sähkön tuotto aurinkopaneeleilla ja aurinkokeräimillä. (Erat ym. 2008, 26, 52–54.) Aurinkoenergialla voidaan passiivisesti pienentää lämmitystarvetta käyttämällä hyväksi ikkunoista saapuva auringonsäteily, hyödyntämällä aurinkoisen puolen julkisivun lasiseinäistä puskurivyöhykettä, korvausilmaikkunoiden käytöllä tai tehostamalla painovoimaista ilmanvaihtoa käyttämällä ulkopinnaltaan tummaa poistoilmahormia vesikatolla. (Motiva Oy 2018.)

Ikkunoiden U- ja g-arvoilla on huomattava merkitys passiivisessa aurinkolämmityksessä, sekä lämpöhukan minimoimiseksi että mahdollisimman suuren lämpömäärän saamiseksi. Ikkunoiden selektiivinen pinta pitkäaaltoisen säteilyn estämiseksi rakennuksen sisältä ulospäin parantaa huomattavasti myös energiatehokkuutta. Energiansäästölaseissa eli selektiivilaseissa on lasin pinnalla metallioksidikerroksia, joiden ansiosta pitkäaaltoinen säteily eli lämpösäteily heijastuu pois, mutta lyhytaaltoinen pääsee selektiivilasin läpi. (Oulun rakennusvalvonta 2018.)

2.2 Aktiivinen aurinkoenergia

Aurinkolämmityksessä auringon energia hyödynnetään suoraan lämpönä muuttamatta sitä sähköksi. Aurinkolämpöä voidaan käyttää kiinteistön päälämmitysjärjestelmän rinnalle liitettynä esimerkiksi matalalämpöratkaisuissa, käyttöveden lämmityksessä ja prosessiteollisuuden lämmönlähteenä. Aurinkolämmöllä voidaan tuottaa 25–35 % kiinteistön lämmitysenergiasta ja asumisen lämpimästä käyttövedestä kesäisin kaikki ja keväällä ja syksyllä noin puolet. Aurinkolämpöjärjestelmään sisältyvät aurinkoenergian talteen ottavat keräimet ja lämpöä vesivaaraan siirtävä aurinkopiiri. (Rakennustieto Oy 2019, 1–2.)

Aurinkokeräimien lämmöntuotolla on mahdollista kattaa kesäkuukausina lähes kokonaan kotitalouden lämpöenergian tarve, riippuen myös aurinkojärjestelmän koosta. Keräimien avulla voidaan lämmittää noin puolet lämpimästä käyttövedestä vuoden aikana (kuvio 1). (Rakennustieto Oy 1.6.2019.)



Kuvio 1. Aurinkokeräimien lämmöntuotto. Lähde Rakennustieto Oy (1.6.2019.)

Aurinkosähköjärjestelmä koostuu aurinkopaneeleista, aurinkopaneelien kiinnitysjärjestelmistä, johdotuksista, invertteristä eli vaihtosuuntaajasta ja turvakytkimestä verkkoon kytketyissä järjestelmissä (On-Grid) ja latausohjaimesta tasavirtaan perustuvissa verkkoon kytkemättömissä järjestelmissä (itsenäisesti toimivia Off-Grid). Perälän (2017, 23) mukaan aurinkosähkön varastointi on taloudellisesti kannattavaa esimerkiksi kesämökeillä, koska sähköverkkoon liittyminen on taloudellisesti kalliimpaa mökin sähkön vähäisen kulutuksen vuoksi. Verkkoon kytkemättömissä järjestelmissä sähkö varastoidaan, jotta sähköä riittää myös esimerkiksi yöaikana. (Tipitek 2019.)

Suomessa aurinkoenergian kannattavuutta pidetään hyvänä koska kesällä aurinko paistaa pitkään ja alkuvuodesta aurinkopaneelien tuottoa lisää kevään viileä ilmasto, koska kylmä aurinkopaneeli tuottaa lämmintä paneelia tehokkaammin. Yksittäisen järjestelmän kannattavuus yksittäiselle kuluttajalle on paras silloin, kun tuotetun aurinkosähkön käyttää itse eli järjestelmä on mitoitettu oman sähkönkulutuksen mukaisesti. (Fortum 2019.) Aktiivinen aurinkolämpö tai -sähkö on Suomessa useissa tapauksissa edullisempaa kuin verkosta otettu sähkö tai öljylämmitys. Toistaiseksi hintaero on ollut vielä vähäinen, mutta tekniikan ja rakentamisprosessien halventuessa aurinkoenergian kilpailukyky paranee. (Tahkokorpi 2016, 9.)

Suomen verkkoon kytketty (Energiavirasto 2017) aurinkosähkökapasiteetti oli vuonna 2016 noin 27 MW. Energiaviraston ja Lappeenrannan teknillisen yliopiston arviossa aurinkosähkövoimaloita oli 50 MW vuoden 2017 lopussa. Verkkoon kytkemättömien aurinkosähköjärjestelmien kapasiteetin määrästä ei ole Suomessa ajantasaista tutkimustietoa. Tilastokeskuksen mukaan Suomessa oli esimerkiksi vuonna 2014 aurinkolämpökeräimiä yhteensä 45 000 m², jotka tuottivat vuodessa 57 TJ energiaa. (FinSolar 2019.)

2.3 Aurinkosähköpaneeli

Aurinkokennot valmistetaan normaaliolosuhteissa eristävästä puolijohdemateriaalista. Sen raaka-aineena on tavallisemmin pii, joka muuttuu auringon säteilyenergian kohdatessa puolijohdemateriaalin kennoon muodostuvan sisäisen sähkökentän takia sähköä johtavaksi. Aurinkokenno muodostuu kahdesta tasaisesta n-tyyppisestä ja p-tyyppisestä puolijohdekerroksesta, joita erottaa rajapinta. Koska elektronit kasaantuvat toiselle puolella ja aukot toiselle, niin kennoon muodostuu kerroksien yli sisäinen sähkökenttä. Saapuva fotoni synnyttää absorboivaan puolijohteeseen varauksenkuljettajia, jotka käytetään tuottamaan virtaa ulkoiseen kuormaan. (Erat ym. 2008, 120–121.) Piipaneelien hyötysuhteet ovat 11–20 %. Paneelin hyötysuhde kertoo prosenttimäärän, eli kuinka monta prosenttia paneelille tulevasta auringon säteilyenergiasta pystytään muuttamaan sähköenergiaksi. Aurinkopaneeli muodostuu sarjaan kytketyistä aurinkokennoista ja ohitusdiodeista. Ohitusdiodeja käytettäessä kaikkien kennojen toiminta ei häiriinny, vaikka osa paneelista joutuisi varjostetuksi. Aurinkopaneeleita kytketään toisiinsa halutun ulostulotehon saamiseksi. Yhden paneelin ulostuloteho on muutamia satoja watteja. (VSV Yhtiöt 2019.)

Aurinkopaneeleja asennettaessa on huomioitava ilmansuunta, suuntauskulma ja kallistuskulma. Auringonsäteilyn paras talteenotto vuositasolla saadaan asennuskulman ollessa kohteen sijainnin leveyspiirin kanssa sama. Kuitenkin Suomen leveyspiirillä optimaalisen asennuskulman on oltava leveyspiiriä pienempi talvella saatavan auringon heikon säteilyn takia. Kesäajalla paras auringontalteenotto saavutetaan, kun aurinkopaneelin asennuskulmaa pienennetään 10–15 astetta, talviajalla asennuskulmaa taas kannattaa kasvattaa 10–15 astetta. Toisaalta asennuskulma ei ole erityisen merkityksellinen tuotannon kannalta, sillä +/- 15 asteen heitto optimikulmasta laskee tuotantokykyä n. 5 %. (Aurinkosähköpas 2019.)

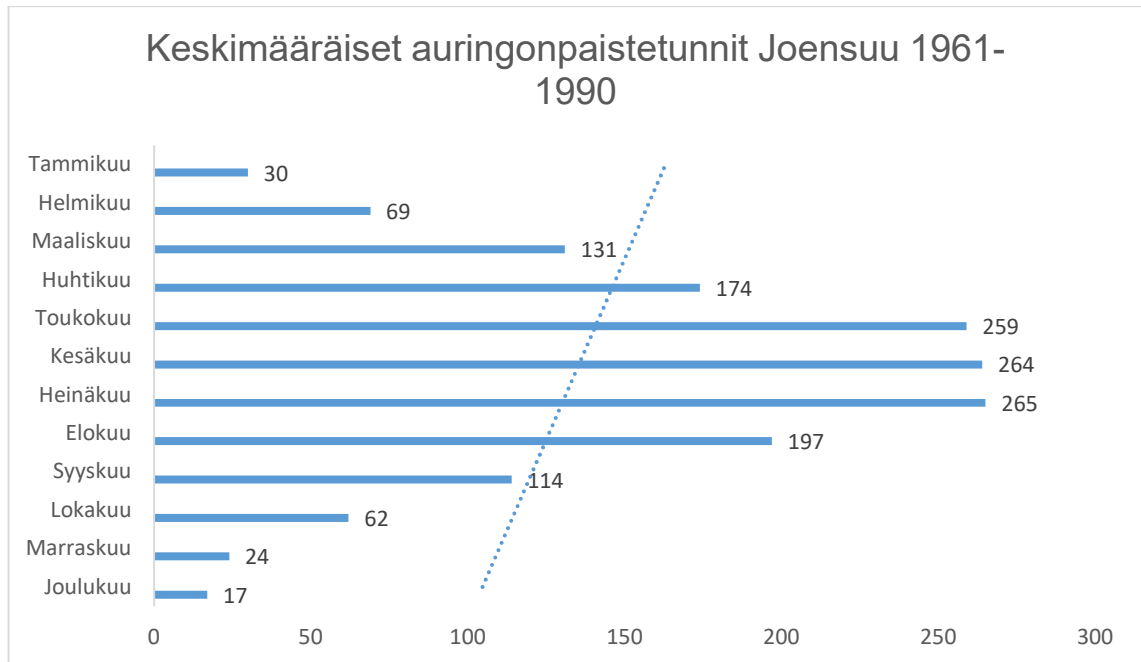
Asennettaessa aurinkosähköjärjestelmiä on varmistettava, että paneelit saavat esteettömästi auringon säteilyä. Jos jokin varjostaa paneelin pintaa 10 prosentin verran, tuotosta menetetään 90 prosenttia. Jos ohjauselektronikassa ei ole otettu huomioon mahdollista varjostusta, koko järjestelmän tuotto jää samalle tasolle

kuin virtapiirin heikoimmin suoriutuvan paneelin. Ilmansuunnilla, asennuskaltevuuksilla ja muilla paneelin valonsaantiin vaikuttavilla tekijöillä on huomattava merkitys. (Isosaari 2012,104–106.) Aurinkoenergian parhaan tehon saamiseksi aurinkojärjestelmien asennuksen paras tulokulma on 0°, jolloin säteily on kohtisuoraa. Sijainnin leveysaste eli latitudi vaikuttaa keskimääräiseen auringon korkeuteen. Paras kallistuskulma vuositasolla on leveysaste -20 astetta (taulukko 1). (Tahkokorpi toim. 2016, 18.)

Taulukko 1. Säteily/vrk eri kallistuskulmilla, suuntaus Helsingissä etelään ilman varjostuksia b(kWh/m²/päivä) Tahkokorpi toim. (2016, 19)

KUUKAUSI	30°	45°	90°
Tammikuu	0,4	0,5	0,5
Helmikuu	1,5	1,8	1,9
Maaliskuu	3,1	3,4	3,2
Huhtikuu	4,4	4,5	3,4
Toukokuu	5,9	5,7	3,7
Kesäkuu	6,6	6,3	3,9
Heinäkuu	5,7	5,5	3,6
Elokuu	5,0	5,0	3,6
Syyskuu	3,3	3,5	3,0
Lokakuu	1,6	1,8	1,7
Marraskuu	0,5	0,5	0,5
Joulukuu	0,4	0,5	0,5

Auringonpaisteaikaan vaikuttaa pilvisyys ja vuodenaika. Vertailukelpoisen luvun saamisessa mittana käytetään suhteellista auringonpaistetta eli havaitun paisteajan suhde maksimipaisteeseen. Esimerkiksi Joensuun korkeudella suurimmat auringonpaistetunnit sijoittuvat touko-heinäkuulle (kuvio 2). (Erat ym. 2008, 24.)



Kuvio 2. Keskimääräiset auringonpaistetunnit Joensuussa (1961-90) Erat ym. (2008, 25)

Suomi saa vuodessa säteilyenergiaa auringosta noin 900 kWh/m², josta aurinkopaneeleilla voi sähköenergiaksi muuttaa noin 100 kWh. Kertyvä sähköenergia jakaantuu epätasaisesti eri vuodenajoille, puolet touko-, kesä- ja heinäkuulle, loppusyksylle ja alkutalvelle vain noin 4 % koko vuoden tuotosta. Myös sateet vaikuttavat kertymään, joten sateisena kesänä kertymä on vähäisempi kuin hellekesänä. (Perälä 2017, 24.)

2.4 Aurinkokeräimet

Aurinkokeräin (Rakennustieto 2019) sitoo auringon säteilyn lämmöksi. Lämpö siirtyy keräimen pinnan alla olevaan keräinputkistoon, jossa pumpun avulla kiertetään jäätymätöntä lämmönsiirtoliuosta (glykoli). Lämmennyt neste siirtyy lämmönvaihtimen välityksellä lämmönvaraajaan, jolloin neste luovuttaa lämpöenergian esimerkiksi vesivaraajaan. Aurinkokeräintä käytetään tavallisesti osana muuta lämmitysjärjestelmää ja ilmaisenergiana aurinkokeräimet sopivat erityisesti talouksiin, joissa on iso käyttöveden kulutus tai päälämmönlähteenä on vesikiertotakka tai puukattila. Aurinkokeräimillä voidaan kattaa esimerkiksi pientalon lämpimän käyttöveden tarve kevästä pitkälle syksyyn. Aurinkokeräimet

soveltuvat hyvin täydentäväksi energiamuodoksi lämmittämään käyttövettä tai laatamaan energiavaraajia. (EkoLämmöx 2018.)

Aurinkokeräimeen tulevasta auringonsäteilystä voidaan käyttää hyväksi vain osa, koska siihen vaikuttaa muun muassa mihin suuntaan aurinkokeräimet on suunnattu (suuntauskulma ja kallistuskulma), keräimien katteen ominaisuudet, lämmöneristys ja tiiviys, lämmönsiirtoaineen ominaisuudet ja absorptio- ja lämmönsiirtokyky. Lisäksi hyödynnettävissä olevaan aurinkoenergiamäärään vaikuttavat keräimien käyttölämpötila, keräimien ja varaajan välinen etäisyys, lämmönsiirto-putkien lämmöneristys, varaajan lämpötila ja tarvittava lämpötila ja energiamäärä. Myös ulkoiset tekijät kuten ulkolämpötila, tuulisuus, vuodenaikaan ja kelloaikaan nähden auringon tulokulma ja mahdolliset varjot vaikuttavat asiaan. Aurinkokeräimien optimaalisessa hyödyntämisessä keräin sijoitetaan niin, että siihen kohdistuu auringonsäteily esteettömästi koko päivän. Kesällä Etelä-Suomen leveyspiirillä 60° auringon korkeuskulma on 53° ja talvella 7° . Asennettaessa keräimiä hyvä suuntauskulma on etelä ja kallistuskulma riippuu ympäristön ominaisuuksista, Suomen olosuhteissa se on noin 45° jolla katetaan koko vuoden paras hyöty. (Erat ym. 2008, 80–98.)

2.4.1 Tasokeräin ja tyhjiöputkikeräin

Auringonsäteilyä lämmöksi muuttavat keräimet ovat ilmakiertoisia tai nestekiertoisia keräimiä. Nestekiertoiset keräimet jaetaan tasokeräimiin ja tyhjiöputkikeräimiin.

Tyhjiöputkikeräin on yksin- tai kaksinkertainen putki, jonka sisällä on tyhjiö joka toimii lämmöneristeenä, joten lämpö ei karkaa keräimestä. Lämmönkeruuputkisto on sijoitettu tyhjiöksi imetyn lasiputken sisälle. U-muotoisessa tyhjiöputkessa lämmönsiirtoneste kiertää mustan absorboivan pinnan alla, tai niissä on erillinen suljettu ”heat-pipe” lämpöputki, jossa neste höyrystyy alhaisessa lämpötilassa ja kuljettaa sitomaansa lämpöä lämmönsiirtimeen. Koska tyhjiöputkikeräin ei ole riippuvainen auringon säteilyn tulosuunnasta kerätessään myös hajasäteilyn, se

soveltuu Suomen olosuhteisiin tehokkaammin kuin tasokeräin. (Erat ym. 2008, 73.)

Tasokeräin on metallirakenteinen tai muovinen levymäinen katettu tai kattamaton taso, joka kerää auringonsäteilyä tumman keräinelementin avulla, joka absorboi tulevaa suoraa säteilyä ja kuumenee eli muuttaa valosäteilyn lämpösäteilyksi. Tasokeräinten osat ovat keräimen runko, eristekerros, kate, absorptiopinta ja lämmönsiirtoputkisto. Keräimen runko ja kate suojaavat absorptiolevyä ja eristekerrosta kostumiselta, lisäksi kate toimii lämpöeristeenä. Tasokeräinten määrä valitaan lämpimän käyttöveden kulutuksen perusteella. KytKentä suoritetaan joko rinnan tai sarjaan kytkentänä. Tasokeräimen sijoituspaikaksi valitaan oikea suunta auringon säteilyyn nähden, esimerkiksi talon katto. (Erat ym. 2008, 73–97.)

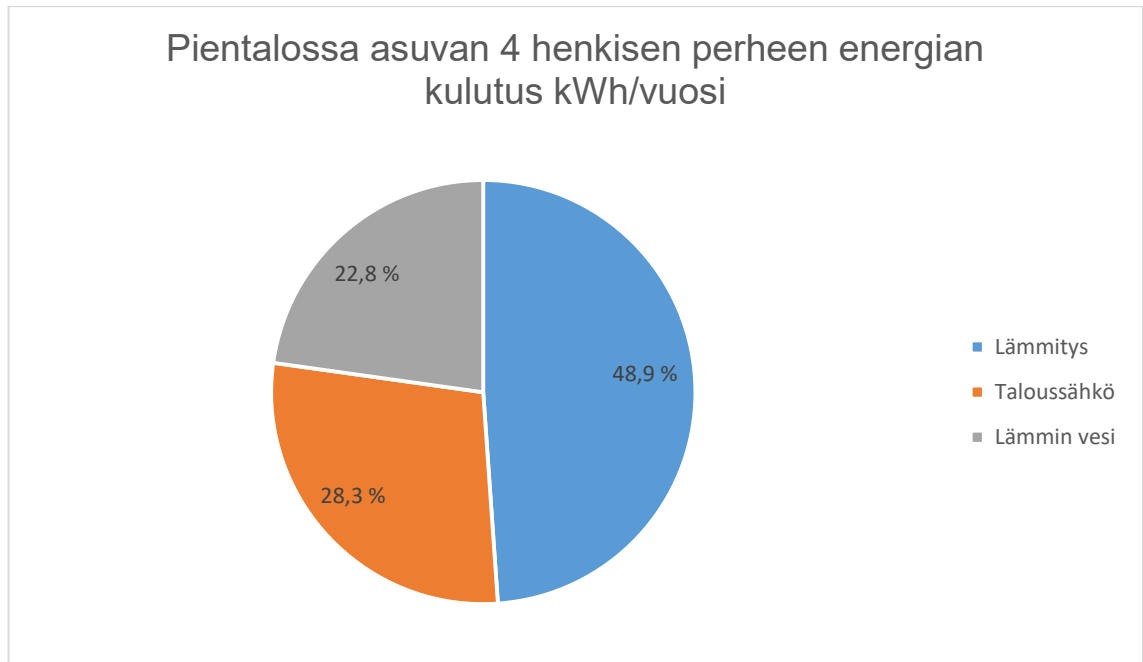
Nestekiertoisissa keräimissä on erittäin hyvä lämpökapasiteetti ja lämpöä pystytään siirtämään nesteen avulla lämpövaraajaan. Keräinjärjestelmien vertailussa on tiedettävä missä käyttölämpötilassa keräinjärjestelmä toimii parhaiten. Jos asennettavan järjestelmän tavoitteena on tuottaa 30–40 asteen lämpöä lattialämmityksen ja käyttöveden esilämmityksen tarpeisiin, tuottoero taso- ja putkikeräimen välillä jää pieneksi. Jos keräinjärjestelmältä odotetaan korkeita lämpötiloja (yli 60 °C), tyhjiöputkikeräin on tehokkaampi kuin tasokeräin. Talvella auringon ollessa matalalla, jos aurinkokeräin on asennettu loivaan kulmaan ja lumi kinosuu keräimen päälle, sen energian tuotto on vaatimatonta. Jyrkkä asennuskulma etelään ja varjoton asennuspaikka lisäävät mahdollisuutta saada talviaurinkoa varaajaan. Esimerkiksi joulukuun aikana käyttövesijärjestelmään liitetty hyvä tyhjiöputkikeräin voi tuottaa 80° kaltevuudella etelään noin 2,5 kWh/m². Lokakuusta helmikuuhun kuukausituotot jäävät alle 25 kWh/m². (Jodat Ympäristöenergia Oy 2019.)

2.4.2 Aurinkoenergia ja käyttövesi

Aurinkoenergialla pystytään tuottamaan esimerkiksi 40–60 % tarvittavasta lämpimästä käyttövesitarpeesta mikäli olosuhteet ovat suotuisat. Aurinkolämmitys pystytään liittämään kaikkiin päälämmitysmuotoihin. Jos aurinkolämmitys liitetään vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään, niin 25–35 % lämmitykseen tarvittavasta energiasta voidaan kattaa aurinkoenergialla. Auringon tuottama lämpö siirretään aurinkokeräimestä käyttökohteeseen välinesteellä ja säilytetään varaajassa käyttöä varten. (Hanakat 2019.) Erat ym. (2008, 96) mukaan tyypillisen pientalon lämmitysenergian tarve on n. 20 000 kWh josta n. 4000 kWh menee lämpimän käyttöveden valmistamiseen. Aurinkolämpö sopii parhaiten lämpimän käyttöveden tuottamiseen kesäaikana huhtikuusta-syyskuuhun (Perälä 2017,21).

Vesikiertoisessa lattialämmityksessä alhaisen lämpötilan vuoksi aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää hyvin esimerkiksi märkätiloissa. Kesäkuukausina käyttövesi voi lämmitä vaikka kokonaan aurinkoenergialla, ja siitä voidaan vuositasolla tuottaa noin puolet nykyisellä järjestelmällä. Matalaenergiatalossa aurinkoenergian osuus on suuri. Lämmitysenergian tarpeen, suhteessa lämpimän käyttöveden tuottamisen ollessa pieni, aurinkoenergian hyöty korostuu. Vesikiertoista lämmitysjärjestelmää käytettäessä voidaan päästä jopa 50 prosentin säästöön vuositasolla. (Isosaari 2012, 108–109.)

Pientalossa asuvan 4 henkisen perheen energian kulutuksesta (kWh/vuosi) taloussähkön osuus on 28,3 %, lämmityksen 48,9 % ja lämpimän veden 22,8 %. Keskiwertalon lämmitysenergiankulutus on noin 120–140 kWh/m², hyvin tehdyn talon 60-70 kWh/m² vuodessa. Käyttöveden lämmittämiseen kuluu noin 1000 kWh/hlö vuodessa eli noin 50 litraa lämmintä vettä henkilöä kohti/vrk. (kuvio 3). (Erkkilä 2003, 10.)



Kuvio 3. Pientalossa asuvan 4 henkisen perheen energian kulutus kWh/vuosi Erkkilä (2003, 10)

2.4.3 Vesivaraaja

Varaajan koko ja varaajan lataus -ja purkauskytkennät ratkaisevat, kuinka suuri osa kuumen käyttöveden tarpeesta ja lämmitysenergiasta saadaan auringosta. Varaajan tilavuus pitää olla oikeassa suhteessa keräimien kokoon ja niiden tuottamaan lämpöenergiaan. Nyrkkisääntönä pidetään, että varaajatilavuutta pitää olla 50–100 litraa keräinneliötä kohti. Varaajatilavuus voi olla lähempänä alarajaa silloin, kun varaajaa puretaan runsaasti myös aurinkoisina päivinä tai keräimet ovat tasokeräimiä tai niiden suuntaus ei ole aivan etelään. Lähempänä ylärajaa voidaan liikkua käytettäessä tyhjiöputkikeräimiä, kun keräimet on suunnattu etelään, niiden kaltevuus on lähellä 45 astetta, tai halutaan käyttää ympäri vuoden varaajan lämmittämiseen muutakin lämmönlähdettä kuin aurinkoa. Aurinkoisena päivänä keräinneliometri voi tuottaa 2–3 kWh lämpöenergiaa, mikä nostaa 100 litran vesimäärän lämpötilaa 15–25 astetta ja vastaavasti 50 litran lämpötilaa 30–50 astetta. (Erat ym. 109–110.)

Lämpöenergian varastointiin Suomessa käytetään yleensä vuorokausivaraajaa, koska aurinkolämpö on hyödynnettävissä kaikkina vuorokaudenaikoina. Vesivaraajan koko ja lataus- ja purkauskytkennät vaikuttavat siihen, kuinka paljon aurinkosta saatavaa lämmitysenergiaa voidaan hyödyntää. Parasta hyötyä huomiotaessa varaajan tilavuus on mitattava suhteessa keräimien kokoon, esimerkiksi 1,5 m² keräinpinta-alaa kohdesuosituksena on ainakin 150 litraa varaajatilavuutta. Tilavuus vaihtelee esimerkiksi keräintyyppin, keräimien maantieteellisen suuntauksen, kaltevuuden sekä sen mukaan, käytetäänkö lisänä muita lämmitysmuotoja. Tilavuuden alaraja voi olla lähempänä silloin, jos keräimet ovat tasokeräimiä, niiden suuntaus ei ole suoraan etelään ja varaajaa puretaan paljon aurinkoisina päivinä. Tilavuuden ylärajalla käytössä voivat olla tyhjiöputkikeräimet, jos ne ovat suunnattu etelään ja kaltevuus on lähempänä 45 astetta. Aurinkoisen päivän keräinneliömetrin lämpöenergia on 2–3 kWh eli esimerkiksi 100 litran vesimäärän lämpötilan nousu on 15–25 astetta ja vastaavasti 50 litran lämpötilan 30–50 astetta. (Erat ym. 2008, 109–110.)

Muiden energiamuotojen käyttöä lisänä lämmön tuottamisessa vaikuttaa myös varaajan lataus- ja purkauskytkennän ratkaisut. Erat ym. (2008, 110.) mukaan eräessä tutkimuksessa pyrittiin jäljittelemään kotitalouden kuuman käyttöveden käyttöä lataamalla 10 neliömetrin keräimellä yhtä aikaa eri tyyppisiä varaajia. Tuloksena parhaimmalla järjestelmällä katettiin aurinkoenergian avulla yli 90 % kuluksista, kun taas heikoin jäi kolmannekseen lämpöenergian tarpeesta. Hyvin toimivassa vesivaraajassa varaajaan syntyy lämpökerrostumista eivätkä lataus- ja purkauskytkennät sekoita varaajan lämpötilakerrostumia. Veden lämmitessä se laajenee ja ominaispaino pienenee, joten lämmennyt vesi nousee varaajan yläosaan ja jäähtynyt vesi painuu varaajan alaosaan. Varaajassa, missä yläosan veden lämpötila on 60 °C ja alaosan 20 °C on saman verran lämpöenergiaa kuin varaajassa, jonka veden lämpötila on läpeensä 40 °C. Ensiksi mainitun varaajan yläosan veden lämpötila on riittävä kuumaan käyttövesijärjestelmään, jälkimmäisen varaajan vettä on lämmitettävä lisää jollain muulla energialla. Aurinkolämpökeräin toimii paremmalla hyötysuhteella sen lämmittäessä varaajan alaosan 20 asteista vettä 40 asteisen veden asemasta. (Erat ym. 2008, 110.)

Yhdistelmävaraajissa varaajalla lämmitetään rakennuksen sisätiloja ja kuumaa käyttövettä. Aurinkokeräimen kytkeminen yhdistelmävaraajaan nostaa keräimen käyttötunteja ja parantaa lämpötilan kerrostumista. Jos keräimet liitetään ainoastaan käyttövesivaraajaan, se aiheuttaa mahdollisesti keräimien hyötysuhteen laskun, koska keräimien toimintalämpötila on suurimmaksi osaksi ajasta kuuman käyttöveden lämpötilatasolla. Jos halutaan käyttää aurinkokeräimiä ainoastaan käyttöveden lämmitykseen, keräimiksi kannattaa valita tyhjiöputkikeräimet, koska niiden tehokkuus on korkeammilla lämpötilatasoilla parempi kuin tasokeräimien. (Erat ym. 2008, 110.)

3 Energiatodistus

E-luku on rakennuksen teoreettinen laskennallinen energiatehokkuus, eikä se ole riippuvainen kulutuksesta. Esimerkiksi suuret rakennukset voitaisiin saada A-luokkaan vaikka lämmittämällä vuosi vain pientä osaa talosta, jolloin kulutus olisi epärealistinen.

Energialaskennassa E-lukuun vaikuttavia merkittäviä tekijöitä kohteella ovat

1. A-netto pinta-ala ja ilmatilavuus, vaipan pinta-ala
2. Lämmitysjärjestelmä
3. Ilmanvaihto
4. Lattian- seinien- yläpohjien U-arvot
5. Ikkunoiden ja ulko-ovien U-arvot

Lämmitetty nettoala on lämmitettyjen kerrostasoalojen summa kerrostasoja ympäröivien ulkoseinien sisäpintojen mukaan laskettuna. Lämmitetty netto-ala voidaan laskea lämmitetystä bruttoalasta, josta on vähennetty ulkoseinien rakennusosa-ala. Vaipanpinta-ala on yhteenlaskettuna lattian, yläpohjan ja seinien pinta-ala. Vaipanpinta-ala lasketaan rakennuksen sisäpinnoilta. Ilmatilavuus on sisäpintojen mukaan laskettu rakennuksen tilavuus. (Ympäristöministeriö 2017.)

Lämmönläpäisykerroin U kertoo rakenneosan läpäisevän lämpövuon pinta-alaa kohti yhden asteen lämpötilaerolla.

$$U = \lambda \text{ (lämmönjohtavuus) } / d, \text{ yksikkönä [W/(m}^2 \text{ K)]}$$

Lämmönläpäisykerroin U-arvo= $1/(R_{si} + R_{ui} + R_1 + R_2 + \dots R_n)$

R _{si} =sisäilman	ja	seinän	läpimenovastus
R _{ui} 0	ulkoilman	ja seinän	läpimenovastus
R _{1-n}	0	rakenneosien	lämpövastukset

R = rakenteen paksuus / λ (lämmönjohtavuus)

E-luku on Valtioneuvoston asetuksen (kerroinasetus 788/2017 rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimet) mukainen energiamuotojen kertoimilla painotettu rakennuksen vakioituun käyttöön perustuva vuotuinen ostoenergiankulutus lämmitettyä nettoalaa kohden. Siinä huomioidaan kaikki rakennuksen energiankulutus, kuten ilmanvaihto, käyttöveden lämmitys, huoneiston lämmitys, rakennusosien ominaisuudet ja rakennuksen tekniset järjestelmät. Lisäksi säädetään rakennuksessa tarvittavan ostoenergian (sähkö, kaukolämpö, öljy, pelletit) määrä. Koska E-luvun laskennassa käytetään eri kertoimia eri energiamuodoille, niin rakennuksen lämmitystavalla on suuri merkitys. E-luvun laskennassa ilmoitetaan yhteenlaskettu tulos rakennuksen lämmitettyä nettoalaa (A_{netto}) kohden vuodessa ja E-luvun yksiköksi saadaan kilowattituntiaE lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa (kWhE/(m² vuosi)) Energiatodistuksessa rakennuksen energiatehokkuus ilmaistaan rakennuksen laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun (E-luku) sijoittumista luokitteluasteikolle kuvaavalla tunnuksella A2018-G2018. (Ympäristöministeriö 2018, Motiva 2020.)

Valtioneuvoston määrittämät energiamuotojen kertoimet:

- kaukolämpö 0,5
- sähkö 1,2
- fossiiliset polttoaineet (esimerkiksi öljy) 1,0
- uusiutuvat polttoaineet (esimerkiksi puupelletti) 0,5
- kaukojäähdytys 0,28

Kirjaintunnuksessa oleva vuosiluvun alaindeksi ilmoittaa säädöksen, jonka mukaan energiatodistus on laadittu. Tällä hetkellä voimassa olevilla 1.1.2018 voimaan tulleilla säädöksillä energialuokkaa kuvaavan kirjaimen alaindeksi on 2018. Kokonaisuudessaan ilman laskentaohjelmaa käyttäen E-luvun laskennassa on suuri työmäärä, koska siinä käytetään muun muassa eri kuukausien keskilämpötiloja ja ilmansuuntia, joten kaupallisen laskentaohjelman käyttö on suositeltavaa. Tarkka yhden kuukauden laskuesimerkki löytyy Motivan sivulta Energiatodistusten laskentaohjeet 2018. (Motiva 2020.)

Tiedot toteutuneesta ostoenergiankulutuksesta ilmoitetaan, jos tiedot ostetusta energiasta ovat saatavilla. Jo olemassa oleville rakennuksille energiatodistus laaditaan paikan päällä tehtävän havainnoinnin perusteella. (Ympäristöministeriö 2018.)

Kun otetaan lämpö- tai sähköenergiaa rakennuksen ympäristöstä rakennukseen kuuluvalla laitteistolla paikan päällä, tai rakennuksen lähellä auringosta, esimerkiksi aurinkopaneeleilla ja -keräimillä, ilmasta, maasta, tuulesta tai vedestä, sillä ei ole kertoimia, se pienentää ostoenergian tarvetta ja siitä otetaan E-luvun laskennassa huomioon vain se osuus, joka voidaan rakennuksessa käyttää hyödyksi vakioituun käyttöön perustuvan energiankulutuksen kattamiseen. Myös ulkopuolisiin energiaverkkoihin syötettyä energiaa ei oteta laskennassa huomioon, joten se ei vaikuta E-luvun arvoon. (Ympäristöministeriö 2017.)

Auringolla tuotetun energian käyttöä rakennukseen pitäisi pystyä perustelemaan vakioituun käyttöön, joten energiatodistusten laatija joutuu tekemään suuren selvitystyön minne kaikkialle uusiutuvaa energiaa käytetään. Olisi helpompaa jos aurinkopaneeleilla verkostoon myyty energia voitaisiin hyödyntää E-lukuun.

Sähköenergiankulutus rakennuksessa käsittää ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutuksen, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmien apulaitteiden sähköenergiakulutuksen ja kuluttajalaitteiden ja valaistuksen sähköenergiankulutuksesta. Tilojen tai tuloilman lämmitykseen käytetty sähkö lasketaan osana lämmitysjärjestelmää. Ympäristössä olevista energioista otettu, rakennuksessa

hyödynnetty vuotuinen energiamäärä ilmoitetaan jokainen energiamuoto omalla rivillään. Kuukausitason erittely ilmoitetaan todistuksen sivulla ”Lisämerkintöjä”. Energiatodistuksen laatija kirjoittaa ”Lisämerkintöjä” kohtaan kuinka rakennuksessa saatu ulkopuolinen energia on käytetty rakennuksen vakioidussa käytössä. Esimerkiksi ”Aurinkosähköpaneelien tuottama virta ladataan akustoon, millä käytetään ilmalämpöpumppua kesäisin viilentämiseen”. (Ympäristöministeriö 2017.)

Lisämerkinnöissä kerrotaan tarkemmin rakennuksen E-lukuun vaikuttavia rakennuksen järjestelmiä ja energiaratkaisuja, esimerkiksi aurinkolämpökeräin, jäteveden lämmön talteenotto ja sisätilojen valaistuksen ohjaus. Rakennuksessa käytössä oleva sähköenergian varastointi, kuten akusto aurinkopaneelien yhteydessä, kuvataan lisämerkinnöissä. Kuukausitason erittely hyödynnetyn energian määrästä ilmoitetaan lisämerkinnöissä, jos rakennuksessa hyödynnetään ympäristössä olevasta energiasta otettua energiaa. Rakennuksen oma sähkötuotanto, esimerkiksi aurinkosähkö, ilmoitetaan lisämerkinnöissä kuukausittain hyödynnetyn määrän lisäksi se, mihin rakennuksessa tuotettua sähköenergiaa voidaan hyödyntää. Jos rakennuksen omaa sähkötuotantoa hyödynnetään, ilmoitetaan lisämerkinnöissä myös rakennuksen tarvitsema sähköenergia ilman omaa sähkötuotantoa niiden järjestelmien osalta. Näin varmistetaan, että E-lukua laskettaessa on huomioitu ainoastaan se osuus omasta sähkötuotannosta, joka on hyödynnetty rakennuksessa tai sen osassa. (Ympäristöministeriö 2017.)

4 Työn tausta, tavoitteet ja menetelmät

Opinnäytetyö tehtiin Talotiikeri Oy:lle, joka on erikoistunut omakoti- ja kerrostalojen kuntoarvioihin, kuntotutkimuksiin, lämpökuvaus- ja ilmatiiviysmittauksiin ja energiatodistuksiin. Opinnäytetyön avulla pyritään lisäämään yrityksen tietoutta aurinkoenergian vaikutuksesta E-lukuun. Yritys tarvitsee lisätietoutta aiheesta tarjotessaan asiakkailleen tietoa uusiutuvan energian käytön eri vaihtoehtoista pientalojen energiankäytön tehostamisessa, ympäristön ja lainsäädännön muuttuessa ja asiakkaiden etsiessä uusia ja halvempia energiamuotoja. Vuoden 2020 alusta alkaen toteutettaviin asuinrakennusten energiatehokkuutta parantaviin korjauksiin voi hakea uutta energia-avustusta, jolloin tieto eri lämmitysmuotojen

vaikutuksesta on tärkeää. Avustuksia myöntää Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskus ARA. Energiatodistusten taloudellisista vaikutuksista on tehnyt muun muassa Valtion taloudellinen tutkimuskeskus VATT-muistion 75, jossa on todettu että ”energiatodistusjärjestelmän keskeinen vaikutus on energiatehokkuuden lisääntyminen ja energiansäästö”. (Valtion taloudellinen tutkimuskeskus 2006.)

Rakennusmääräykset ovat muuttuneet kohti nollaenergiataloa, jossa ostoenergiaa ei tarvitse ostaa, vaan talo pärjää omilla järjestelmillään ja voi jopa myydä ylijäämänsähköä takaisin sähköenergian tuottajan verkkoon. Aurinkoenergian käyttö on edennyt Suomessa aika maltillisesti, osaksi siksi, koska saatavilla ei ole ollut riittävästi luotettavaa tietoa. Suomen talvikuukausina aurinkojärjestelmät tuottavat vähän energiaa, mutta kuitenkin Suomen leveysasteella aurinkoenergian saanti on vain n. 20 %:ia vähemmän kuin esimerkiksi etelämmässä Euroopassa.

Nykyisin aurinkoenergiatietous on lisääntynyt pioneerien ja muiden asiasta kiinnostuneiden keskuudessa. Tietoa asiasta on jaettu erilaisissa sosiaalisen median kanavissa ja tietoa ovat jakaneet myös aurinkojärjestelmien maahantuojat. Aurinkopaneeleja ja aurinkokeräimiä valmistetaan myös Suomessa. Aurinkoenergian käyttöönotto vaatii hyvän suunnittelun, joka kannattaa hankkia asiantuntevalta yritykseltä, jolla on asiasta riittävästi kokemusta. Nykyinen suuntaus viittaa siihen, että aurinkoenergian käyttöä lisättäisiin Suomessa yhä enemmän. Suomen hallituksella on muun muassa suuri visio, että kaikki autoilu siirtyisi sähköautoiluksi, samalla parannettaisiin ilmanlaatua. Aurinkoenergian lisääminen on jo tätä päivää ja tulevaisuutta ajatellen se on suuri ilmastoteko.

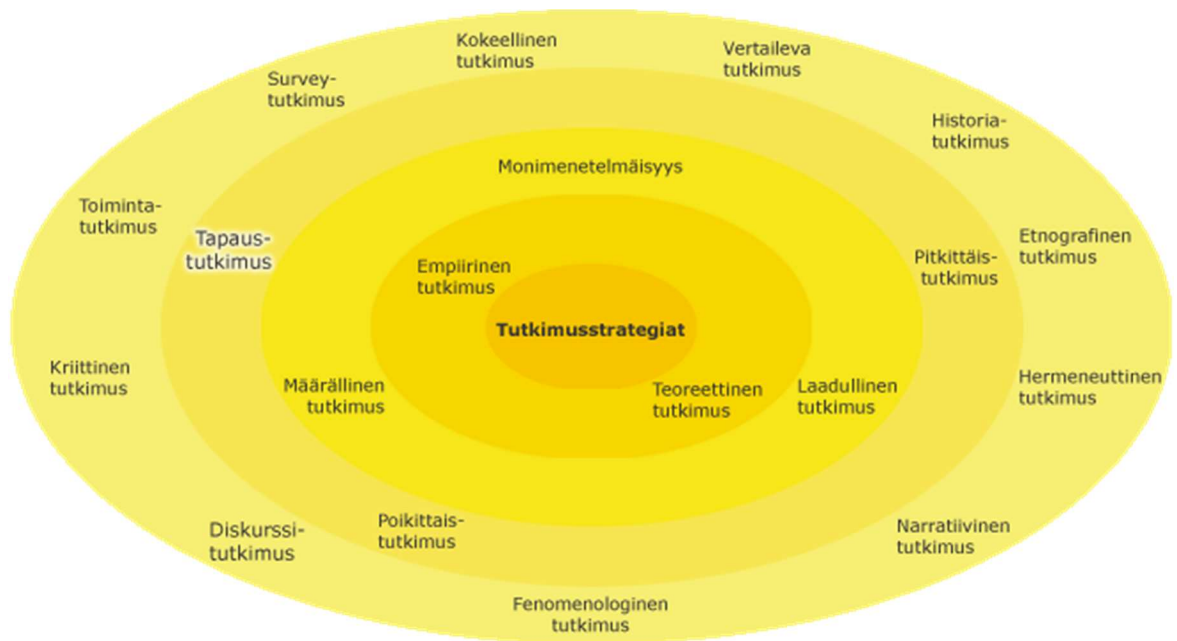
Opinnäytetyössä kehittämiskohteena on simuloida ja laskea Energiantodistuslaskenta-ohjelmalla omakotitalon E-luvun muutosta rakennuksen ollessa peruskorjauksen, peruskorjauksen jälkeen, aiemmin asennettujen aurinkopaneelien asennuksen jälkeen, sekä opinnäytetyön yhteydessä asennettujen nestekiertoisten aurinkokeräimien asennuksen jälkeen. Opinnäytetyössä tehdään myös vertaileva selvitys pienempään omakotitalo kohteeseen. Energiantodistuksen laatimishjelmalla simuloitiin erilaisia tilanteita, jossa aurinkokeräimien ja aurinkopaneelien määriä lisäämällä selvitettiin niiden vaikutusta E-lukuun. Tällä

haettiin sellaista aurinkokeräinten tai -paneelien määrää, jolla talon laskennallinen E-luku saataisiin 0 kWh /(m^2 vuosi) eli niin sanotuksi nollaenergiataloksi. Opinnäytetyössä selvitettiin myös E-luvun muuttamista paneeleja ja keräimiä vertailemalla, eli kummalla tavalla saavutettiin parempi E-luku.

Materiaalin laajuuden vuoksi aihe rajattiin koskemaan kahta eri kokoista omakotitaloa. Omakotitaloissa on erilaiset lämmitysjärjestelmät, toisessa on sähköllä toimiva lämmitys ja toisessa öljylämmitys. E-lukua laskettaessa vertailulukuina toimivat keräimien ja aurinkopaneelien määrien muuttaminen. Opinnäytetyön aineisto laadittiin kirjallisuudesta ja internet-pohjaisista lähdetiedoista. Työn alussa esitellään aurinkojärjestelmiä yleisellä tasolla kirjallisuuteen nojautuen energiantuoton laskennan oppaan kaavoista ja laskumalleista ja E-luvun laskennassa energiantodistuslaskentaohjelmasta. Referenssikohteita simuloitiin energiatodistuksen CADS-laskentaohjelmalla, kuinka paljon aurinkokeräimet ja aurinkopaneelit vaikuttivat ja muuttivat laskennallista E-lukua.

Kehittämistyössä lähtökohtana on toimeksiantajan kehittämistarpeet ja sen halu uudistua ja soveltaa saatavaa tietoa yrityksen kehittämistarpeisiin. Opinnäytetyössä kehittämismenetelmäksi on valittu tapaustutkimus. Tapaustutkimukseksi kutsutaan tutkimusstrategiaa, jossa tarkoituksena on perehtyä syvällisesti vain yhteen tai muutamaankohteeseen tai ilmiökokonaisuuteen.

Opinnäytetyö rajattiin kahteen tapaukseen, jolloin otannan määrä on vähäinen ja sillä on merkitystä saatujen tulosten luotettavuuteen. Tässä tapauksessa tapaustutkimusta kohdennettaessa kahteen tapaukseen, niistä saatiin haluttua ja täsmällistä tietoa kohteen E-lukujen laskemisesta. Tämän tapaustutkimuksen tulokset eivät pyri yleistettävyyteen, mutta auttavat tulkitsemaan ja ymmärtämään yksittäisiä tapauksia niiden omissa olosuhteissa. Tapaustutkimus (kuvio 4) on osa eri tutkimusmenetelmien mahdollisuuksista. Tapaustutkimusta voidaan toteuttaa monen erilaisen analyysimenetelmän kanssa.



Kuvio 4. Tutkimusmenetelmien strategiakartta. Lähde Koppa Jyväskylä Yliopisto (2015)

Tutkimuksessa puhutaan kohde-tapauksista, joilla viitataan yksittäisiin tutkimuskohteisiin, joista yhdessä muodostuu tutkimuksen laajempi kokonaisuus. (Jyväskylän Yliopisto 2015.) Aiemmin kirjoitettujen teorioiden perustasta muodostuu tutkimuksen viitekehys ja niiden kautta tuotetaan parempi käsitys kyseessä olevasta tutkinnan sisällöstä. Ennen (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara, 2009, 141–142) kvantitatiivisen tutkimuksen kirjoittamista tutkijan olisi tutustuttava aikaisempiin teorioihin.

5 Kehittämistyön toteutus referenssikohteessa

Referenssikohteena oli vuonna 1968 rakennettu tiiliverhoiltu 2-kerroksinen omakotitalo, jonka huoneistoala on 189 m². Opinnäytetyön aluksi selvitettiin rakenteet ja niihin käytetyt materiaalit ja rakennuksen vanhat tiedot, jotta pystyttäisiin selvittämään alkuperäinen lämmönjohtavuus. Lämmitysjärjestelmänä talossa oli suorasähkölämmitys pattereilla. Ilmanvaihtona talossa oli painovoimainen ilmanvaihto ja ikkunoissa tuuletusluukut, sekä tehostuksena liesituuletin. Alkuperäinen eristyspaksuus seinissä oli 125 mm mineraalivillaa. Alapohja oli maanvastainen

betonilaatta, jossa oli puukoolauksin toteutettu 100 mm mineraalivillaeristys. Yläpohjan eristemäärä oli 150 mm palavillaa. Ikkunat ja ulko-ovet olivat rakennusvuodelta, puurakenteiset ikkunat olivat kolmilasiset.

Rakennukselle laskettiin alkuperäisillä eristysmäärillä U-arvo (taulukko 2, liite 4). U-arvolla kuvataan rakenteen lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi U-arvo on, sitä energiatehokkaampi rakenne on. U-arvon yksikkö on W/m^2K . U-arvolla kuvataan, kuinka monta wattia siirtyy rakenteen läpi yhtä neliometriä kohden, kun rakenteen yli on yhden lämpötila-asteen lämpötilaero. Esimerkkinä omakotitalon yleisimmät U-arvovaatimukset:

-ulkoilmaan rajoittuva yläpohja: $0,09 W/(m^2K)$

-seinä: $0,17 W/(m^2K)$

-maata vasten oleva rakennusosa: $0,16 W/(m^2K)$

Taulukko 2. Rakennuksen U-arvot alkuperäisillä eristyksillä

Rakenneosa	U-arvo $W/(m^2K)$
Alapohja	0,40
Yläpohja	0,35
Ulkoseinä	0,40
Ikkuna	2,0
Ovi	1,4

Rakennusten luokittelu energiatehokkuusluokkiin ja energiatodistuksen laatiminen perustuu laskennalliseen energiatehokkuuden vertailulukuun eli E-lukuun. Kohteen alkuperäinen E-luku on $379 kWh_E/(m^2vuosi)$ eli E-luokka.

Kohteeseen tehtiin lämpöremontti vuonna 2012, jossa rakenteisiin vaihdettiin ja lisättiin eristysmääriä energiataloudellisista syistä. Seiniin vaihdettiin lämpöeristeeksi polyuretaani eristeet, jonka kokonaismääräksi muodostui 175 mm. Alapohjan kaksoisbetoni laattarakenteesta poistettiin kokonaan pintabetonilaatta. Alapohjan vanhat eristeet poistettiin ja alapohjan eristeeksi laitettiin 100 mm

polyuretaanilevyä ja sen päälle uusi betonilaatta. Yläpohjaan lisättiin 50 mm polyuretaanilevyä, joka laitettiin vanhojen eristyksien alapuolelle. Ikkunat uusittiin argontäytteisillä 3-lasisilla selektiivi-ikkunoilla. Kaikki viisi ulko-ovea uusittiin. Remontin yhteydessä uusittiin talon lämmitysjärjestelmä. Lämmitysjärjestelmäksi muodostui poistoilmalämpöpumppu, jossa on integroituna tulo- ja poistoilmanvaihto lämmöntalteenotolla (Nilan EC9 Sol poistoilmalämpöpumppu ja Vallox Blue Sky ilmanvaihtokanavisto). Rakennukselle laskettiin lämpöremontin jälkeen U-arvo (taulukko 3) Muutokset olivat merkittäviä ja lähes tämän päivän kriteerit täyttäviä.

Taulukko 3. Rakennuksen U-arvot lämpöremontin jälkeen

Rakenneosa	U-arvo remontin jälkeen W/(m ² K)	Alkuperäinen U-arvo W/(m ² K)
Alapohja	0,19	0,40
Yläpohja	0,08	0,35
Ulkoseinä	0,16	0,40
Ikkuna	1,0	2,0
Ovi	0,9	1,4

E-luku lämpöremontin jälkeen on 102 kWh_E/(m²vuosi). Lämpöremontin ansiosta rakennuksen energialuokaksi tuli B-luokka. Rakenteiden eristämällä, lämmitys- ja ilmastointijärjestelmän uusimisella ja ilmanvaihdon lisäämisellä on erittäin suuri vaikutus E-lukuun.

5.1 Aurinkopaneelien asennus

Kohteessa talon katolle oli aiemmin asennettu 1,2 kW aurinkosähköjärjestelmä, jossa oli 4 kpl 300 W yksikide aurinkopaneelia ja invertteri talon tekniseen tilaan. Kyseinen asennus oli off-grid asennus, jossa akustona oli 2 kpl 220 Ah geeliakua ja 3 kW:n invertteri. Aurinkopaneelit oli asennettu katolle 45 asteen kulmaan ja suunnattu etelään päin. Paneelien ja katon väliin oli jätetty hyvin tuulettuva tila.

Aurinkopaneeleista saatua sähköä ladattiin akkuihin invertterin kautta. Sähköä hyödynnettiin talon valaistuksessa. Kokonaistuotoksi laskettiin 1025,3 kWh/a. (Liite 2). Aurinkopaneeleilla saatiin pudotettua ostoenergian määrää, joka vaikuttaa E-lukuun myönteisesti. Aurinkosähköpaneelien ansiosta E-luku parani luvusta 102 kWh_E/(m²vuosi) lukuun 96 kWh_E/(m²vuosi). Muutos ei kuitenkaan riittänyt nostamaan rakennuksen E-luokkaa A-luokkaan.

5.2 Aurinkokeräimien asennus

Opinnäytetyön yhteydessä taloon asennettiin 36 kpl tyhjiöputkikeräimiä lämpimän käyttöveden vajauksen korjaamiseksi sekä energiansäästösyistä. Aurinkokeräimet sijoitettiin katolle varjottomaan paikkaan etelä-suunnassa, joten talvella auringon ollessa alhaalla, keräinlaite saa tasaisesti säteilyä auringon paistaessa. Mikään talo ei myöskään varjosta keräimiä. Rakennus sijaitsee aukealla alueella, joten aurinko paistaa katolle myös kaikkina vuodenaikoina, myös alkukeväällä ja loppusyksyllä. Kohteen alueen leveyskulma on noin 60° joten kallistuskulmaksi referenssikohteessa laitettiin 45°.

Referenssikohteeseen aurinkolämpöjärjestelmää asennettaessa kirjallisena apuna käytettiin Erkkilän (2003, 59) työjärjestystä. Kun aurinkolämpöjärjestelmää alettiin suunnitella referenssikohteena olevaan omakotitaloon, mitoituksessa pyrittiin huomioimaan nyt ja pitkällä aikavälillä tulevat säästöt, auringon hyödyntäminen joka vuodenajan aikana ja lämpimän käyttöveden kova kulutus lapsiperheessä. Referenssikohteeseen aurinkolämpöjärjestelmää asennettaessa oli mietittävä, kuinka talo sijoittuu maastoon ja huomioitava taloa ympäröivät puut ja alueen ilmasto. Lisäksi oli tarkasteltava rakennuksen katon muotoa, rakennuksen kattoon käytettyjä rakennusmateriaaleja sekä aurinkokeräimien parasta asennuskulmaa (45° saadaan paras koko vuoden tuotto, kevättä hyödynnettäessä n. 60°). Asennuskulmassa oli huomioitava myös talvi, katolle muodostuva lumi ja jää, ja niiden poistomahdollisuus.

Ensimmäiseksi tarkasteltiin kohteen tarvitsemaa energian kulutusta. Järjestelmän mitoittamiseen ja valintaan vaikuttivat perheen lämpimän käyttöveden kulutus, joka oli n. 0,2-0,4 m³/vrk. Tahkokorven (2016, 114) mukaan lämmintä käyttövettä menee n. 40-80 l/hlö/vrk, nelihenkisessä perheessä n. 200-300 l. Talon päälämmitysjärjestelmä toimi sähköllä ja poistoilman hukkalämpöä hyödyntäen. Huomioitava oli keräinpinta-ala ja (keräinala/henkilö (lämminvesi): n. 1,25 m²-2 m²/hlö eli tässä kohteessa 5-8 m². Lisäksi oli huomioitava keräinala/lämminvesivaraajan tilavuus (lämminvesi):n. 2,5 m²/100 l (Tahkokorpi 2016, 114), tällaiselle mitoitukselle 5 m² kerääjä ala ja 300 l varaaja jäivät hieinan alakanttiin. Putkilinjat oli mitoittettava ja suunniteltava niiden oikea sijoittelu.

Kohteen sijaitessa luonnonpuiston tonttinaapurina, täytyi talon vieressä sijaitsevan koivun kaatamiseksi pyytää kaupungilta lupa. Koivu täytyi poistaa järjestelmän toimivuuden takia. Koska aurinkolämpöjärjestelmä pystyttiin suunnittelemaan ja rakentamaan itse, osana ammattikoulun opiskelijan näyttötyötä, aikataulutusta oli helpompaa ja kustannukset käsittivät vain materiaalihankinnat.

Asennus tehtiin lokakuussa 2017 hyvien olosuhteiden ollessa asentamista varten suotuisat. Aurinkokeräimien asentaminen liian aurinkoisena päivänä ilman suojausta ei ole järkevää, koska keräin pääsee kuumenemaan liikaa ilman kiertävää nestettä. Aurinkolämmityksessä tarvittava lämmönvaihdin oli kuparikierukka, joka sijaitsi massavaraajan sisässä (aurinkokierukka). Asiakas oli ostanut Wilon-merkkisen pumppuyksikön jo aiemmin hankitun tarjouksen perusteella. Läpivientien kohta valittiin menemään ulkoseinää pitkin suoraan tekniseen tilaan. Ulkoseinä oli kellaritason betoniseinää. Läpiviennin tekemiseen käytettiin 50 mm betoniporaa, läpivientien holkkeina käytettiin 50 mm viemäriputkea.

Putkilinjan reittisuunnitelma tehtiin siten, että välttyttiin talon sisällä olevista läpivienneistä. Matkaa varaajalle tuli noin 5 metriä enemmän kuin suoraan vietyä, mutta näin säästettiin ylimääräisten vesivahinkojen mahdollinen syntyminen. Putkimateriaalina käytettiin 18 mm fincu-plast putkea. Koeponnistus suoritettiin nesteellä ja todettiin pitäväksi. Paineen nostamiseen käytettiin painenkoetuspumppua. Kupariputkien pinnalla on itsessään kondensoitumista estävä muovipinnoite. Lämmöneristeeksi asennettiin 13 mm paksu solukumieriste. Kotelointi

tapahtui myöhemmin asiakkaan toimesta. Säädin asennettiin seinälle ja kytkettiin keräinanturi, varaaja-anturi ja anturijohtimet. Asiakas suoritti kytkentätyöt itse. Pistokemallisen pumpun tarvittavat automaatioasennukset asiakas suoritti itse ja putkiston maadoitus jäi myös asiakkaan tehtäväksi.

Katolle asennettiin kehikko, joka oli mitoitettu 45 asteen kulmaan ja soveltui 36 tyhjiöputkelle. Kehikon rakennusmateriaalina toimi sinkitty u-rauta. Kun putkikeräimien runko oli asennettu kehikkoon, asennus tapahtui tyhjiökeräin kerrallaan, koska kohteessa oli hankalat nosto-ominaisuudet ja oli noudatettava työturvallisuusmääräyksiä. Järjestelmä täytettiin etyleeniglykolinesteellä. Järjestelmän täyttö tapahtui turvallisuussyistä teknisessä tilassa. Nostokorkeus saatiin aikaiseksi käyttämällä järjestelmän omaa pumppua ja uoppopumppua. Järjestelmää ilmattiin niin kauan, ettei kierrossa tullut enää kuplia ja katolla olevan automaattisen ilmanpoistimen pallosulku jätettiin auki asentoon. Seuranta jäi asiakkaalle ja hän määritteli lämpötilaeron pumpun käynnistykselle.

Aurinkokeräimien avulla saatiin pudotettua ostoenergian määrää, mutta sillä ei ollut riittävä vaikutus E-lukuun. Aurinkokeräimien ansiosta ostoenergia laski 24 kWh/a (liite 6 2/4). Käytännössä aurinkokeräimet kuitenkin tuottivat huhtikuusyyskuu aikana 300 l varaajaan lämpimän käyttöveden, laskuilla tuotoksi saatiin 2077,85 kWh (liite1). 300 litran vesimäärän lämmittäminen 5 → 55 asteeseen kuluttaa energiaa 17,5 kWh, joka voidaan laskea alla olevalla kaavalla. Vesimäärän lämmityslaskussa ei huomioida lämpöhäviöitä.

Energiamäärä vedelle

$$= \frac{\text{vesimäärä} \times \text{lämpötilan muutos} \times \text{ominaislämpökapasiteetti}}{\text{Tiheys}}$$

$$\text{Energiamäärä vedelle} = \frac{300 \text{ l} \times (55^\circ\text{C} - 5^\circ\text{C}) \times 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}^\circ\text{C}}}{1 \frac{\text{l}}{\text{kg}}} = 63000 \text{ kJ}$$

$$\text{Teho(watti)} = \frac{\text{Energiamäärä(kiloJoule)}}{\text{Aika(sekunti)}}$$

$$\text{Teho(watti)} = \frac{63000 \text{ kJ}}{3600 \text{ s}} = 17,5 \text{ kWh}$$

Liitteessä (liite 1) on laskettu aurinkokeräimille kuukausikohtaiset energiatuotot.

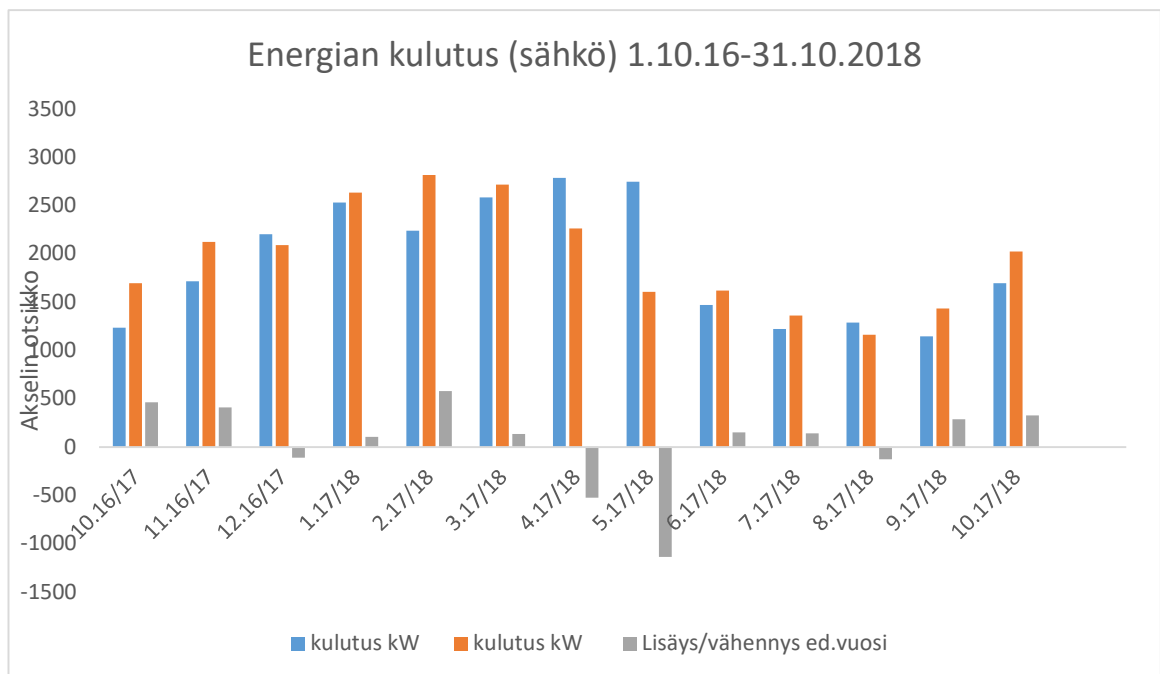
5.3 Kulutuksen normitus

Energian (Motiva 2019) tuloksellisen käytön perusta on energiankulutuksen valvonta, jossa lämmitysenergian kulutuksen normeeraus on apuna rakennuksen energiankulutuksen tarkkailussa. Normitettu kulutus on verrattavissa huolimatta eri kuukausien ja vuosien lämpötilaeroista ja rakennuksen sijainnista. Näin voidaan verrata eri paikkakunnilla sijaitsevien rakennusten energiankulutuksia tai saman rakennuksen eri kuukausien ja vuosien lämmitysenergiankulutuksia. Lämmityksen energiankulutus on vastaava sisä- ja ulkolämpötilan erotukseen, ja käyttöveden lämmittämiseen liittyvä osuus ei ole verrannollinen ulkolämpötilaan, joten sen osuus irrotetaan normeerattavasta lämmitysenergian kulutuksesta. (Motiva 2019.)

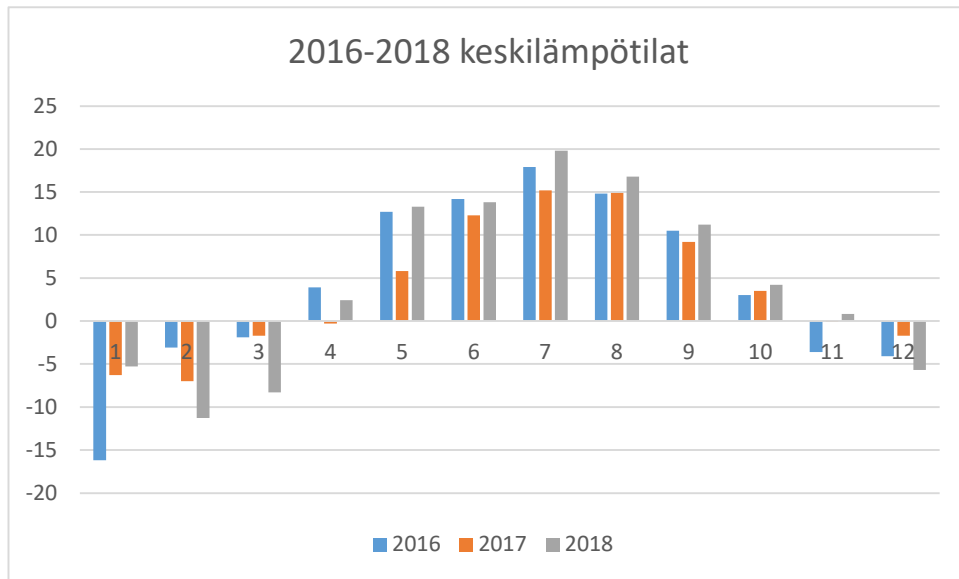
Aiemmin lämmin käyttövesi oli tuotettu suorasähköllä ja poistoilman hukkalämmöllä, nyt muutoksen jälkeen lämmin vesi lämpenee noin puolet vuodesta aurinkojärjestelmällä. Tyhjiöputket asennettiin lokakuussa 2017. Sähkön kulutusta tarkastellaan vuosi ennen energiamuutosta ja vuosi energiamuutoksen jälkeen (taulukko 4, kuvio 5). Taulukosta 4 ja kuviosta 5 voidaan havaita, että kulutus on pysynyt suurempana kaikkina muina kuukausina, paitsi huhtikuussa ja touku-
kuussa.

Taulukko 4. Energiakulutuksen (sähkö) muutos referenssikohteessa 1.10.2016-30.9.2017 ennen energiamuutosta ja 1.10.2017-30.10.2018 energiamuutoksen jälkeen.

kk/vv	Kulut. kW	kk/vv	Kulut. kW	Lisäys/vähennys ed.vuosi
10.16	1235,04	10.17	1696,32	461,28
11.16	1713,6	11.17	2124	410,4
12.16	2202,24	12.17	2090,64	-111,6
1.17	2529,6	1.18	2633,76	104,16
2.17	2237,76	2.18	2815,68	577,92
3.17	2581,68	3.18	2715,6	133,92
4.17	2786,4	4.18	2260,8	-525,6
5.17	2745,36	5.18	1607,04	-1138,3
6.17	1468,8	6.18	1620	151,2
7.17	1220,16	7.18	1361,52	141,36
8.17	1287,12	8.18	1160,64	-126,48
9.17	1144,8	9.18	1432,8	288
10.17	1696,32	10.18	2023,68	327,36



Kuvio 5. Energiakulutuksen (sähkö) muutos referenssikohteessa 1.10.2016-30.9.2017 ennen energiamuutosta ja 1.10.2017-30.10.2018 energiamuutoksen jälkeen.



Kuvio 6. 2016-2018 keskilämpötilat kuukausille Joensuussa, verrataan liitteen 3 taulukkoja a, b ja c.

Kuviosta 6 voidaan havaita vuoden 2017 olevan vuotta 2018 leudompi alkutalvesta. Kevät – syksy 2017 ovat kylmempiä ja loppuvuosi hieman leudompi. Kaaviosta ei kuitenkaan nähdä, kuinka paljon aurinko on paistanut kirkkaalta taivaalta, joka on suotuisin muoto aurinkoenergialle. Paneelit ja keräimet tuottavat energiaa myös pilvien läpi paistavan säteen avulla, mutta prosentuaalisesti heikommin.

5.4 Lämmin käyttövesi

Käyttöveden (Motiva 2019) lämmittämiseen tarvittava energia ei riipu ulkolämpötilasta, joten sen osuus on irrotettava normitettavasta lämmitysenergiankulutuksesta. Lämpimän käyttöveden energiankulutuksena sovelletaan pääasiallisesti rakennuksen energiamittauksiin perustuvaa arvoa. Jos lämpimän käyttöveden energiankulutusta Q_{lkv} (kWh/vuosi) ei ole määritetty erikseen, se lasketaan kulutetun lämpimän käyttöveden perusteella kaavalla $Q_{lkv} = 58 \times V_{lkv}$, jossa V_{lkv} on kulutettu lämpimän käyttöveden määrä ($m^3/vuosi$) ja 58 on veden lämmittämiseen (lämpötilan muutos 50 astetta celsiusta) tarvittava energiamäärä vesikuutiota

kohden, kWh/m³. Mikäli lämpimän käyttöveden määrää V_{lkv} ei ole mitattu erikseen, sen tulkitaan olevan asuinrakennuksissa 40% veden kokonaiskulutuksesta. Jos taas veden kokonaiskulutusta ei ole mitattu, käytetään lämpimän käyttöveden määrän V_{lkv} oletusarvona asuinrakennuksissa 0,6m³/brm² (=600litraa/brm²) vuodessa. (Motiva 2019.)

Lämpimän käyttöveden määrä V_{lkv} referenssikohteella 0,6 m³/ brm² = 0,6 m³ · 189 m² = 113,4 m³/vuosi

Kun lämpimän käyttöveden kulutus vuositasolla on laskettu ylläolevalla kaavalla, voidaan laskea sen lämmittämiseen kuluva energia

$$Q = \frac{\rho \cdot C_p \cdot V \cdot (t_1 - t_2)}{3600}$$

jossa

Q	Veden lämmittämiseen kuluva energia(kWh)
ρ	Veden tiheys (1000kg/m ³)
C_p	Veden ominaislämpökapasiteetti 4,2 kJ/kg°C
V	Vedenkulutus m ³
t_1	Lämmitetyn veden lämpötila, tyypillisesti 55°C
t_2	Lämmitettävän veden lämpötila, tyypillisesti 5-10°C
3600	Yksikkömuunnoskerroin (kJ->kWh) (Motiva 2019.)

Lasketaan alla olevalla kaavalla (Motiva 2019) referenssikohteen lämpimän käyttöveden tuottamiseen kuluva energia vuositasolla.

$$Q = \frac{1000\text{kg/m}^3 \cdot 4,2\text{ kJ/kg} \cdot 113,4\text{m}^3 \cdot (55 - 5)}{3600} = 6615\text{kWh/a}$$

$$Q_{\text{päivä}} = \frac{6615\text{kWh/a}}{365} = 18,12\text{kWh/d}$$

Yllä olevalla kaavalla muutetaan vuodessa kuluva lämpimän käyttöveden tuottamiseen kuluva energia päiväkohtaiseksi, jotta voidaan laskea eri kuukausien kulutukset. Kuukausien kokonaisenergiakulutus, lämpimän käyttöveden ja näiden erotus on laskettu taulukkoon 5.

Taulukko 5. Lämpimän käyttöveden osuus energiankulutuksesta

Kuukausi ja vuosi	kWh/a	Lämmin käyttövesi	Kulutus kWh ilman vedenlämmitystä
lokakuu 2016	1235,04	561,8	673,2
marraskuu 2016	1713,6	543,7	1169,9
joulukuu 2016	2202,24	561,8	1640,4
tammikuu 2017	2529,6	561,8	1967,8
helmikuu 2017	2237,76	507,5	1730,3
maaliskuu 2017	2581,68	561,8	2019,9
huhtikuu 2017	2786,4	543,7	2242,7
toukokuu 2017	2745,36	561,8	2183,5
kesäkuu 2017	1468,8	543,7	925,1
heinäkuu 2017	1220,16	561,8	658,3
elokuu 2017	1287,12	561,8	725,3
syyskuu 2017	1144,8	543,7	601,1
lokakuu 2017	1696,32	561,8	1134,5
marraskuu 2017	2124	543,7	1580,3
joulukuu 2017	2090,64	561,8	1528,8
tammikuu 2018	2633,76	561,8	2071,9
helmikuu 2018	2815,68	543,7	2272,0
maaliskuu 2018	2715,6	561,8	2153,8
huhtikuu 2018	2260,8	561,8	1699,0
toukokuu 2018	1607,04	507,5	1099,6
kesäkuu 2018	1620	561,8	1058,2
heinäkuu 2018	1361,52	543,7	817,8
elokuu 2018	1160,64	561,8	598,8
syyskuu 2018	1432,8	543,7	889,1
lokakuu 2018	2023,68	561,8	1461,9

Kaavalla (Motiva 2019)

$$Q_{\text{norm}} = k_1 \cdot \frac{S_{N\text{vpkunta}}}{S_{\text{toteutunut vpkunta}}} \cdot Q_{\text{toteunut}} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}}$$

lasketaan referenssikohteen kulutuksen normitus, kun on saatu selville lämpimän käyttöveden osuus energiankulutuksesta.

Jossa

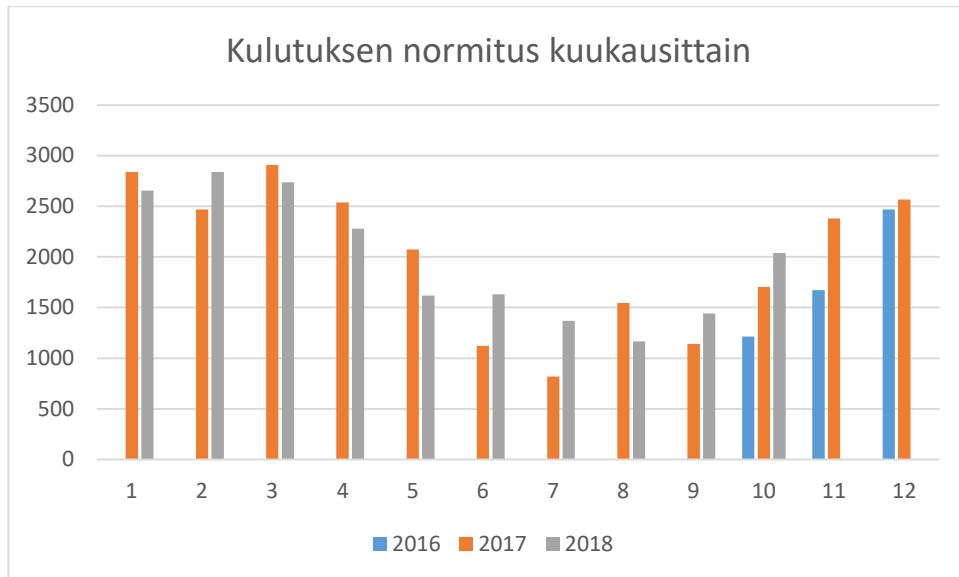
k_1	Paikkakuntaakohtainen korjauskerroin vertailupaikkakuntaan
$S_{N\text{ vpkunta}}$	Normaalivuoden tai -kuukauden (1981-2010) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla
$S_{\text{toteutunut vpkunta}}$	Toteutunut lämmitystarveluku vuosittai kuukausitasolla vertailupaikkakunnalla (Motiva 2019)

Sijoitetaan alla olevaan kaavaan (Motiva 2019) referenssikohteen arvot, saadaan normitettu kulutus lokakuulle 2016, kaikkien mitattujen kuukausien 2016-2018 arvot sijoitetaan taulukkoon 6. Lämmitystarveluvut Joensuu, Outokumpu - Joensuu korjauskerroin $K_1 = 1,01$

$$Q_{\text{norm lokakuu2016}} = 1,01 \cdot \frac{31\text{pv} \times 18,12\text{kWh}}{433\text{kWh}} \cdot 673,2\text{kWh} + 561,8\text{kWh} = 1215,1\text{kWh}$$

Taulukko 6. Kuukausikohtainen kulutuksen normitus vuosille 2016-2018

Normitettu kulutus kWh	Kuukausi ja vuosi
1215,1	Lokakuu 2016
1671,7	Marraskuu 2016
2469,8	Joulukuu 2016
2838,7	Tammikuu 2017
2468,6	Helmikuu 2017
2908,9	Maaliskuu 2017
2537,7	Huhtikuu 2017
2074,1	Toukokuu 2017
1122,1	Kesäkuu 2017
817,6	Heinäkuu 2017
1545,5	Elokuu 2017
1142,5	Syyskuu 2017
1704,9	Lokakuu 2017
2379,8	Marraskuu 2017
2567,3	Joulukuu 2017
2654,5	Tammikuu 2018
2838,4	Helmikuu 2018
2737,1	Maaliskuu 2018
2277,8	Huhtikuu 2018
1618,0	Toukokuu 2018
1630,6	Kesäkuu 2018
1369,7	Heinäkuu 2018
1166,6	Elokuu 2018
1441,7	Syyskuu 2018
2038,3	Lokakuu 2018



Kuvio 7. Muodostuu taulukon 6 saaduista kuukausikohtaisista kulutuksen normituksista.

Kuviosta 7 voidaan havaita vuosien 2016 lokakuu – 2017 lokakuu ilman aurinkokeräimiä ja vuosien 2017 lokakuu – 2018 lokakuu keräimien asennuksen jälkeen, että keväällä kulutus on tippunut ja syksyllä kasvanut. Auringosta ei saa paljon hyötyä marras-, joului- ja tammikuussa, koska aurinko ei paista keskitalvella. Keväällä sähkön kulutus pieneni, koska suurin hyöty tulee kevät- kesäaikaan aurinkoenergiasta. Tarkastelujakson olisi pitänyt olla pitempi molempiin suuntiin, jotta järjestelmän asennuksen vaikutus olisi tullut esille pitemmältä jaksolta.

6 Aurinkokeräimien ja –paneelien vaikutus E-lukuun

Opinnäytetyössä käytettävällä CADS-simulaatiolla tavoitteena on selvittää E-lukua tarkastellen, onko aurinkokeräin aurinkopaneelia parempi vaihtoehto. Kohde 1 antaa tähän vastauksen sähkölämmitteisen talon näkökulmasta ja kohde 2 öljylämmityksen näkökulmasta

6.1 Outokummun kohde

Energiatodistuksen CADS-laskentaohjelmalla katsottiin kuinka paljon aurinkokeräimet ja – paneelit vaikuttavat E-lukuun (taulukko 7). Aurinkokeräimien määrää lisättiin ohjelmassa ja todettiin 80 m² olevan maksimimäärä, tämän jälkeen E-luku kääntyi suurenemaan. Aurinkopaneeleissa saadaan aikaan jopa negatiivinen E-luku. Ohjelmalla lisättiin aurinkopaneelien määrää niin paljon, että E-luku saatiin +0 tasolle. Luku saavutettiin, kun aurinkopaneelien vuotuinen tuotto oli 16200 kWh (95m²).

Taulukko 7. Aurinkokeräimien ja – paneelien vaikutus E-lukuun

Kohde 1	kWh/vuosi sähkö	E-luku kWh _E /(m ² vuosi)	E-luku parannus alkupe- räiseen	E-luku paran- nus läm- pöre- monttiin
Alkuperäinen 1968	57939	379	0	-
Lämpöremontti 2012	14300	102	277	-
Sähköpaneeli 6 m ²	13014	96	283	6
Aurinkokeräin 5 m ²	14276	102	277	-
Sähköpaneeli 6 m ² ja aurinkokeräin 5 m ²	12918	96	283	6
Sähköpaneeli 10 m ²	12339	92	293	10
Sähköpaneeli 20 m ²	10639	81	304	21
Sähköpaneeli 30 m ²	8939	70	315	32
Sähköpaneeli 40 m ²	7239	60	325	42
Aurinkokeräin 10 m ²	13719	101	278	1
Aurinkokeräin 20 m ²	13299	98	281	4
Aurinkokeräin 30 m ²	12879	96	283	6
Aurinkokeräin 40 m ²	12459	93	286	9
Aurinkokeräin MAX (80 m ²)	12244	91	288	11
Sähköpaneeli MAX (95 m ²)	0	0	379	102

Taulukosta 7 voidaan huomata, että 6 m² aurinkopaneeleita paransi E-lukua 6 kWh_E/(m²vuosi), kun taas 5 m² aurinkokeräimiä ei vaikuttanut lainkaan E-lukuun. Aurinkokeräimien vaikutus alkoi näkyä E-lukuun vasta 10 m² jälkeen. Aurinkokeräimien vaikutus E-lukuun 10 m² lisäyksillä vaikutti tasaisesti 1-3 kWh_E/(m²vuosi). Aurinkosähköpaneelien vaikutus näkyi vuosittaisessa sähkönkulutuksen pienemisessä tasaisesti. Aurinkopaneelien lisääminen 10 m² vaikutti E-lukuun tasaisesti laskien sitä noin 1 kWh_E/(m²vuosi) per aurinkosähköpaneelineliötä kohden. 6 m² aurinkopaneelien tuotto vuositasona on 1025,3 kWh ja 5 m² aurinkokeräimien tuotto 2077,85 kWh. Aurinkokeräimet tuottavat huomattavasti enemmän energiaa, mutta vaikutusta E-lukuun ei ole noin pienillä määrillä sähkölämmityksessä omakotitalossa.

6.2 Lieksan kohde

Lähtötilanteessa lämmitetty nettoala on 156 m², lämmitysmuotona öljylämmitys eli rakennuksessa lämmitysjärjestelmä, jossa lämmön tuotto tapahtuu öljylämmityskattilalla. Vesikiertoisessa öljylämmityksessä lämmitys toteutetaan perinteisillä radiaattoreilla. Ilmanvaihtona kohteessa on painovoimainen ilmanvaihto.

Talon katolle lisättiin ohjelmaan simuloimalla aurinkokeräimiä ja aurinkopaneeleja vuoron perään. Kokeilulla selvitettiin energiatodistus laskentaohjelmalla teoreettisesti, kuinka aurinkokeräimet ja -paneelit vaikuttavat fossiilisen polttoaineen (kevyt öljy) kulutukseen ja E-lukuun (taulukko 8). Aluksi tavoitteena vietiin talon energialuku arvoon 0 kWh_E/(m²vuosi). Aurinkokeräimien osalta tarvittiin 360 m² aurinkokeräimiä, jolloin E-luku oli 0 kWh_E/(m²vuosi). Aurinkokeräimien ottama energiamäärä pienensi fossiilisten polttoaineiden (kevytöljy) kulutusta 44928 kWh, talon tarve öljylämmityksellä oli 41924 kWh, eli aurinkokeräimet tuottivat 3004 kWh yli lämmitystarpeen. Aurinkopaneeleita lisättiin 232 m², ja sillä määrällä E-luku saavutti 0 kWh_E/(m²vuosi) tuloksen. Aurinkopaneelit pienensivät sähkönkulutusta 39350 kWh/vuosi, mutta eivät kuitenkaan ohjelmassa pudottaneet öljynkulutusta, vaan sähkönkulutus hävisi energiatodistuksesta. Ohjelmallisesti lisäämällä aurinkopaneelien määrää voitiin E-luku ajaa alle 0 kWh_E/(m²vuosi), eli sähköä olisi jäänyt vaikka myytäväksi valtakunnan verkkoon. Aurinkokeräimien

lisääminen 10 m² kerrallaan pudotti E-lukua noin 8 kWh_E/(m²vuosi). Aurinkokeräimien lisäämisellä voitiin todeta sähkönkulutuksen kasvamisen 100kWh per 10 aurinkokeräineliötä kohden. Aurinkosähköpaneelien lisäys 10 m² pudotti E-lukua 13 kWh_E/(m²vuosi).

Taulukko 8. Aurinkokeräimien ja -paneelien vaikutus fossiilisen polttoaineen (kevyt öljy) kulutukseen ja E-lukuun

Kohde 2	Öljyn kulu- tus kWh	kWh/vuosi sähkö	E-luku kWh _E /(m ² vuosi)	E-lu- vun muu- tos	Aurin- ko- lämpö kWh/a	Aurin- kosähkö kWh/a
Alkuperäinen öjlämmitys	41924	4364	303	-	-	-
Aurinkokeräin 10 m ²	40489	4564	295	8	1248	-
Aurinkokeräin 20 m ²	39055	4664	287	16	2496	-
Aurinkokeräin 30 m ²	37620	4764	278	25	3744	-
Aurinkokeräin 40 m ²	36186	4864	270	33	4992	-
Sähköpaneeli 10 m ²	41924	2664	290	13	-	1700
Sähköpaneeli 20 m ²	41924	964	277	26	-	3400
Sähköpaneeli 30 m ²	41924	-	264	39	-	5100
Sähköpaneeli 40 m ²	41924	-	251	52	-	6800
Aurinkokeräin MAX (360m ²)	-	8064	0	-303	44928	-
Sähköpaneeli MAX (232m ²)	41924	-	0	-303	-	39350

Ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi energiatehokkuuteen kiinnitetään rakentamisessa entistä enemmän huomiota, ja tärkeäksi koetaan uusien ja olemassa olevien rakennusten energiatehokkuuden parannus ja uusiutuvan energian käyttö. Referenssikohteesta kohde 1 tehdyissä energiatodistuksissa on sähkölämmityksen aikaan energiatehokkuusluokka E-luokka, rakennuksen laskennallisen energiatehokkuus vertailuluvun eli E-luvun ollessa $379 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{vuosi})$. Energiankulutus oli 57939 kWh/vuosi . Tehdyn lämpöremontin ja aurinkolaitteiden liittämisen jälkeen talon energiatehokkuusluokaksi on muodostunut B-luokka. Laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku on $96 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{vuosi})$. Uuden samankokoisen rakennuksen E-luvun vaatimus on $80\text{-}123 \text{ kWh}_E/(\text{m}^2\text{vuosi})$ (B-luokka). Talon todellinen kokonaissähkönkulutus remontin jälkeen oli 18816 kWh/vuosi . Energiatodistuksessa (Motiva 2020) on rakennuksen toteutunut osatoenergiankulutus tiedon ollessa saatavilla. Tämä kertoo rakennuksen todellisen kulutuksen, joka on toteutunut sen hetkisisissä olosuhteissa tietyllä käyttömäärällä. Toteutuneeseen energiankulutukseen vaikuttavat etenkin rakennuksen käyttäjät omalla toiminnallaan sekä käyttötavoillaan.

On kuitenkin huomattava, että referenssikohteessakin energiatodistuksen teoreettisiin laskelmiin perustuva energialuokka ei kerro koko totuutta talon energian kulutuksesta tai vaikka siitä, kuinka hyvin talo on rakennettu. Energiatodistus on kuitenkin hyvä apu siinä, että se antaa tietoa kiinteiden kulujen arvioimiseen ja omien valintojen vaikutusmahdollisuuteen asumisessa.

7 Työn tulokset ja niiden tulkinta

Aurinkopaneelien ja -keräimien asentaminen tulisi perustua kohteen tai henkilöiden tarpeeseen, eikä pelkästään E-luvun pienentämiseen. Mikäli rakentamisen luvat ovat hankalasti saatavilla E-luvun suuruuden takia, esimerkiksi painovoimainen hirsitalo, voi aurinkokeräimet tai -paneelit olla asia millä voidaan pudottaa E-luku hyväksytylle tasolle. Aurinkosähköpaneelien tai -kerääjien tulisi kuitenkin olla aina suunniteltu niin, että niistä saisi oikeasti taloudellisen hyödyn, eikä useaa

tuhatta euroa maksavaa järjestelmää, jolla voidaan tarvittaessa ladata auton 12-voltin akku.

Molemmissa kohde-tapauksissa aurinkosähköpaneelien hyöty oli parempi kuin aurinkokeräimien. Aurinkosähköpaneeleja tarvitsi olla pinta-alallisesti vähemmän ja niillä sai suuremman hyödyn E-lukuun. Aurinkokeräimien mitoitus tapahtuu vesitilavuuteen, joka on rajoittava tekijä. Aurinkosähköpaneelit tarvitsevat pienemmän tilan, riippuen tietenkin kuinka järjestelmä on suunniteltu, vaikka akuston koko. Tulosten myötä näkisin aurinkokeräimien- tai sähköpaneelien suurempaa käyttöä silloin, kun talossa on suuri vedenkulutus tai lämmitysjärjestelmänä toimii esimerkiksi öljylämmitys. Veteen voi varastoida paljon energiaa. Sähköpaneeleilla sen voi varastoida veteen kattilan sähkövastuksen kautta.

Taulukko 9. Aurinkokeräimien tuottama energia kuukausitasolla ja talouslaskeumat

Aurinkokeräin, 5m ²	kW	kWh/kk	Sähköhinta + siirtomaksu, snt	Euroa/kuu- kausi
Tammikuu	0	0	13,38	0,00€
Helmikuu	0,057	38,32	13,38	5,13€
Maaliskuu	0,211	157,01	13,38	21,00€
Huhtikuu	0,368	265,54	13,38	35,52€
Toukokuu	0,496	369,50	13,38	49,43€
Kesäkuu	0,465	335,11	13,38	44,83€
Heinäkuu	0,472	351,27	13,38	47,00€
Elokuu	0,389	289,66	13,38	38,75€
Syyskuu	0,292	210,24	13,38	28,13€
Lokakuu	0,082	61,21	13,38	8,19€
Marraskuu	0	0	13,38	0,00€
Joulukuu	0	0	13,38	0,00€
yht.		2077,85kWh		319,6€

Laskelmieni mukaan aurinkokeräimet eivät tuota ollenkaan energiaa tammikuussa, marraskuussa ja joulukuussa. Helmikuun ja lokakuun energia on vähäistä ja sen hyödyntäminen voi olla turhaa (taulukko 9)

Taulukko 10. Aurinkopaneelien tuottama energia kuukausitasolla ja talouslaske-
mat

Aurinkopaneeli, 6m ²	kW	kWh	Sähköhinta + siirtomaksu, snt	Euroa/kuukausi
Tammikuu	0,008	6,15	13,38	0,82€
Helmikuu	0,035	23,58	13,38	3,15€
Maaliskuu	0,081	60,49	13,38	8,09€
Huhtikuu	0,165	118,93	13,38	15,91€
Toukokuu	0,266	197,88	13,38	26,47€
Kesäkuu	0,255	183,53	13,38	24,55€
Heinäkuu	0,245	182,50	13,38	24,41€
Elokuu	0,176	131,24	13,38	17,55€
Syyskuu	0,114	82,02	13,38	10,97€
Lokakuu	0,038	28,71	13,38	3,84€
Marraskuu	0,011	8,20	13,38	1,09€
Joulukuu	0,004	3,08	13,38	0,41€
yht.		1025,3kWh		157,7€

Aurinkopaneelit tuottavat energiaa läpi vuoden, kuitenkin tammikuun, helmikuun, maaliskuun, syyskuun, lokakuun, marraskuun ja joulukuun tuotto on kuitenkin melko alhaista ja energian varastoiminen tehokkaasti voi olla haastavaa. 6 m² aurinkopaneelien tuotto vuositason on 1025,3 kWh ja 5 m² aurinkokeräimien tuotto 2077,85 kWh. Sähkön hinnan ollessa 5,68 senttiä/kWh ja lisätynä siihen siirtomaksu 9,7 senttiä/kWh saadaan yhden kilowatin hinnaksi 15,38 senttiä, hinta sisältää verot. Aurinkopaneelien tuoma hyöty on 157,7 €/vuosi ja aurinkokeräimien 319,6 €/vuosi. Nämä täytyisivät kuitenkin vain silloin, mikäli kaiken energian saisi hyötykäyttöön, joten realistisesti vuosisäästöt ovat huomattavasti

pienemmät. Aurinkokeräimien tuotto neliöön nähden on huomattavasti suurempi kuin aurinkopaneeleilla (taulukko 9 ja 10).

Aurinkokeräimien hyödyt kohde 1 simuloinnissa alkoivat näkyä vasta 10 m² jälkeen, jolloin E-luku laski 1 kWh_E/(m²vuosi). Suurin vaikutus aurinkokeräimillä saatiin 80m², jolloin E-luku laski 11 kWh_E/(m²vuosi). Energialuvun parantaminen 80 m² aurinkokeräimillä ei ole taloudellisesti kannattavaa ja tuollainen määrä aurinkokeräimiä voi vaikuttaa jo kattorakenteisiin ja aiheuttaa kiinnityskohdissa useita kattovuotoriskejä. Paisunta-astian ja massavaraajan kokoa pitäisi muuttaa huomattavasti suuremmaksi.

Aurinkosähköpaneelien avulla E-luvun laskeminen on järkevää aina siihen määrään asti, kun energiatodistuksen laatija pystyy sen käytön todeksi näyttämään energiatodistukseen. Aurinkosähköpaneelien avulla E-luku tippuu huomattavasti paremmin kuin aurinkokeräimien avulla. Kohde 1 aurinkosähköpaneelit pudottivat noin 1 kWh_E/(m²vuosi) per 1 m² aurinkosähköpaneelia. Aurinkokeräimiä pitäisi tuohon määrään asentaa 10 kertaa enemmän.

Kohde 2 vesikiertoisena lämmitysjärjestelmänä pystyi antamaan aurinkokeräimille suuremman hyödyn ja sillä päästiin pudottamaan E-luku 0-tasolle 360 m² aurinkokeräimen jälkeen. Tällaisen energian säilöminen vesimäärään on kuitenkin todellisuudessa järjetöntä jo siihen tarvittavan massavaraajan vesitilavuuden takia. Pienemmässä määrin E-luvun pudottaminen aurinkokeräimillä tiputti E-lukua noin 8 kWh_E/(m²vuosi) jokaista 10 m² aurinkokeräintä kohden. Öljylämmitteisessä talossa aurinkoenergian säilöminen järkevissä määrin massavaraajaan on kannattavaa ja sillä saa hyvän hyödyn lämmitykseen keväällä ja syksyllä, sekä lämpimän käyttöveden kesäisin.

Öljylämmitteisessä kohde 2 kohteessa aurinkosähköpaneelit veivät E-luvun huomattavasti pienemmällä määrällä 0-tasolle (232 m²) kuin aurinkokeräimet (360 m²). Aurinkosähköpaneelien käytön perustelu voisi olla helposti kerrottavissa energiatodistukseen, mikäli sen tuottama energia säilöttäisiin esimerkiksi usean kuution massavaraajaan, joita yleensä käytetään öljylämmitteisissä taloissa.

Aurinkoenergian hyödyntäminen ei sinällään aiheuta suoria päästöjä toimies-
saan, mutta aurinkokeräinten valmistuksesta (asennus, kuljetus, materiaalit, tuo-
tanton sitoutunut energiaa) tulee välillisiä ympäristövaikutuksia. Opinnäyte-
työssä käytiin läpi yleisellä tasolla käytettyjen aurinkojärjestelmien ominaisuuksia
ja niiden toimintaperiaatteita. Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää kuinka au-
rinkokeräimet ja aurinkopaneelit voisivat vaikuttaa nykyisin vaadittavaan E-lu-
kuun. Saadut tulokset olivat merkitykselliset, sillä aurinkokeräimiä lisäämällä saa-
tiin tuotettua referenssikohteessa lämmintä vettä käyttövedeksi. Aurinkopaneelilla saatiin sähköä valaistukseen ja saadulla sähköllä voitaisiin läm-
mittää vaikka sähkötoimista lämminvesivaraajaa. Energiatodistuksen E-luvun
laskentaohjelman avulla simuloitiin ja testattiin, kuinka teoreettinen aurinkoke-
räinten ja aurinkopaneelien lisääminen vaikuttaa E-lukuun. Testausta kokeiltiin
niin pitkälle, että E-luvun arvoksi tuli 0 eli nollaenergiatalo. Testauksen tulos oli,
että aurinkokeräimillä saadaan riittävästi energiaa lämmitykseen ja käyttöve-
deksi. Aurinkopaneelit tuottavat sähköä. Molemmat järjestelmät tarvitsevat aurin-
koisia päiviä toimiakseen. Talvikuukausien ajalle tarvitaan ostoenergiaa tai muita
erilaisia vaihtoehtoja. Niitä voisivat olla tuulivoima, vesivoima, erilaiset hybridijär-
jestelmät tai niiden yhdistelmät. Ne voisivat olla mahdollisia tämän opinnäytetyön
jatkotutkimus aiheita.

8 Pohdinta

Opinnäytetyöni tarkoituksena oli tarkastella uusiutuvan energian muodoista au-
rinkopaneelien ja keräimien suhdetta rakennuksen E-lukuun. E-luvun pienentä-
minen onnistui molemmilla järjestelmillä, mutta kuitenkin sähköpaneelien käyttö
pudotti E-lukua pienissä määrissä noin -1 E-luku / 1m² aurinkopaneeli, kun taas
aurinkokeräimet eivät pienissä määrin pudottaneet yhtään. Aurinkokeräimet an-
toivat kuitenkin vuositasolla suuremman kWh kuin aurinkopaneelit, merkittävästi
se ei kuitenkaan vaikuttanut E-lukuun. Opinnäytetyön tavoite saavutettiin melko
hyvin, koska laskelmista voidaan todeta E-lukuun vaikuttavan aurinkopaneelien
paremmin kuin keräimien, mutta mikäli asiakas haluaa suuremman vuosihyödyn

ilman E-luvun merkittävää parannusta, voidaan suositella aurinkokeräimiä. Opin-
näytetyön työstäminen on antanut hyvät työkalut energiatodistuksen laatimiselle
ja asiantuntevuutta asiakkaiden keskuudessa aurinkojärjestelmissä heränneisiin
kysymyksiin.

Opinnäytetyön tekemisen ohella myös aurinkopaneelien ja -keräimien tuoton las-
kemiseen kuukausitasolla valmistunut Excel-taulukko auttaa tulevaisuudessa au-
rinkojärjestelmien laskennassa ja energiatodistukseen vaadittavalla kuukausita-
son tuoton osoittamisella. Saamiani tuloksia ei voida soveltaa eri paikkakuntien
ja ilmansuuntien kanssa suoraan, ne voidaan kuitenkin kertoimien avulla laskea
soveltuviksi.

Hankalaksi osoittautui referenssikohteen energiankulutuksen muutoksen havain-
noinnissa käytetty tarkastelujakso, se oli liian lyhyt. Uusiutuvan energian hyödyn-
tämisen käytön kasvaessa voisi jatkotutkimuksia tehdä tuulivoiman vaikutuksesta
E-lukuun, kuitenkin vielä sen markkinaosuus kuluttajilla on niin pientä, etten näe
siinä vielä järkeä.

Lähteet

- Aurinko-opas 2012. Aurinkolämmön ja –sähkön energiantuoton laskennan opas.23.8.2011. <https://www.ym.fi/download/no-name/%7BF4F73E83-56AF-4112-AD7B-0E1F1804D38B%7D/30750>. 29.3.2020.
- EkoLämmöx. 2018. Aurinkokeräimet. https://www.ekolammox.fi/tuoteryhmat/aurinkokeraimet/?gclid=EAlaIQob-ChMIhp226f2n2wIVRaQYCh14ugd9EAMYAiAAEgKfavD_BwE. 28.5.2018.sz. 11.03.2019.
- Isosaari, K. (toim.) 2012a. Energiankulutus vakavaan pohdintaan. Energiaa auringosta. Mistä energia taloon? Omakotiasujan energia- ja ympäristö-opas: Keuruu: Otavamedia Oy, 9,104. 978-952-271-005-5
- Isosaari, K. (toim.) 2012b. Mistä energia taloon? Energiaa auringosta. 2012. Omakotiasujan energia- ja ympäristöopas: Keuruu: Otavamedia Oy, 104-106, 108-109. 978-952-271-005-5
- Energiateollisuus. 2018. Aurinkosähkö. https://energia.fi/perustietoa_energia-alasta/energiantuotanto/sahkontuotanto/aurinkovoima. 28.5.2018 ja 13.9.2019.
- Energiavirasto. 21.6.2017. Sähköverkkoon kytketty aurinkosähkökapasiteetti yli kolminkertaistui vuodessa. https://www.energiavirasto.fi/-/sahkoverkkoon-kytketty-aurinkosahkokapasiteetti-yli-kolminkertaistui-vuodessa?redirect=https%3A%2F%2Fwww.energiavirasto.fi%2Fhome%3Bjsessionid%3DF5EE436B668A51E220324F2A0B21817D%3Fp_p_id%3D101_INSTANCE_o19kFDvrgZ2J%26p_p_lifecycle%3D0%26p_p_state%3Dnormal%26p_p_mode%3Dview%26p_p_col_id%3Dcolumn-8%26p_p_col_count%3D2. 1.8.2019.
- Erat, B., Erkkilä, V., Nyman, C., Peippo, K., Peltola, S., Suokivi, H. 2008. Aurinko-opas: aurinkoenergiaa rakennuksiin. Porvoo: Painoyhtymä. 978-952-92-272-1.
- Erkkilä, V. 2003. Aurinkolämpöopas itserakentajille. Aurinkolämpöopas rakentajille ja suunnittelijoille. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy. 951-664-108-3
- FinSolar. 2019. Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannattavuus. <https://finsolar.net/kannattavuus/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/>. 18.1.2020.
- Fortum. 2019. Aurinkoenergia-ehtymätön energianlähde. <https://www.fortum.fi/tietoa-meista/yhtiomme/energiantuotantomme/aurinkoenergia-ehtymaton-energianlahde>. 16.9.2019.
- Hanakat. 2019. Aurinkolämmitys-uusiutuvaa energiaa. <http://hanakat.fi/tuotteet/l%C3%A4mmitys/aurinkol%C3%A4mmitys>. 31.5.2018.
- Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. 15. uudistettu painos. Helsinki: Tammi.
- Ilmatieteen laitos. Lämmitystarveluku eli astelukku. www.ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut. 17.4.2020.
- Jodat YMPÄRISTÖENERGIA Oy. 2019. Aurinkovoima. <https://www.energia-kauppa.com/Sivu/-/Tuoteryhmae/Kysymykset-ja-vastaukset>. 6.11.2019.

- Jyväskylän Yliopisto 2015. Koppa. Tapaustutkimus. <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/tapaustutkimus> 23.4.2015. 18.4.2020.
- Motiva Oy. 2019. Aurinkolämmön passiivinen hyödyntäminen. https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkolampo/aurinkolammon_passiivinen_hyodyntaminen. 23.5.2018 ja 13.9.2019.
- Motiva Oy. 2019. Energiatehokkuusluokka ja E-luku. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistus/mika_on_energiatodistus/nain_luet_energiatodistusta. 28.11.2019.
- Motiva Oy. 2014. Energiatodistukset. https://www.motiva.fi/files/16564/Energiatodistukset_-_Laskentaan_liittyvia_kysymyksiä_ja_vastauksia_-_Osa_3_Rakenteet_ja_haviot_-_30.5.2014.pdf. 21.4.2020.
- Motiva Oy. 2018. Energiatodistusten laskentaohjeet 2018. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiatodistusneuvonta/energiatodistusten_laattajat/energiatodistusten_laskentaohjeet_2018. 31.3.2020.
- Motiva Oy. 2019. Kulutuksen normitus. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus. 17.4.2020.
- Motiva Oy. 2019. Lämmin käyttövesi. https://www.motiva.fi/julkinen_sektori/kiinteiston_energian kaytto/kulutuksen_normitus/laskukaavat_lammin_kayttovesi. 19.4.2020.
- Oulun rakennusvalvonta. 2018. Tulevaisuuden talot & uusiutuva energia. Passiivinen aurinkoenergia. <https://www.tulevaisuudentalot.fi/energian-saastoa-passiivisella-aurinkoenergialla/>. 25.4.2018.
- Perälä, R., 2017. Aurinkosähköä. Alfamer/Karisto Oy. Raamatutrukikoda, Tallinna. 978-952-472-273-5.
- Rakennustieto Oy. 01.06.2019. Aurinkolämpöjärjestelmät. Ohjekortti RT 103077.
- Rakennustietosäätiö RTS. 2004. Asuinrakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän peruskorjaus ja -parannus. RT 56-10831 KH 28-00351 LVI 03-10378 ohjetiedosto. Marraskuu 2004. <https://kortistot.rakennustieto.fi/resource/juha/content/529#page=1>. 5.3.2020.
- Tahkokorpi, M. (toim.) 2016a. Aurinkoenergian kustannukset. Aurinkoenergia Suomessa: Riika: Into Kustannus, 188. 978-952-264-663-7.
- Tahkokorpi, M. (toim.) 2016b. Johdanto. Aurinkoenergia Suomessa: Riika: Into Kustannus, 9. 978-952-264-663-7.
- Tahkokorpi, M. (toim.) 2016c. Auringon perustiedot. Aurinko energianlähteenä. Aurinkoenergia Suomessa: Riika: Into Kustannus, 11-13. 978-952-264-663-7.
- Tahkokorpi, M. (toim.) 2016d. Energian keruun tehostaminen. 2016. Aurinkoenergia Suomessa: Riika: Into Kustannus, 19. 978-952-264-663-7
- Tahkokorpi, M. (toim.) 2016e. Kokonaisjärjestelmä ja mitoittaminen. Aurinkoenergia Suomessa: Riika: Into Kustannus, 114. 978-952-264-663-7
- Tahkokorpi, M. (toim.) Tulevaisuudennäkymiä. Aurinkoenergia Suomessa: Riika: Into Kustannus, 190-191. 978-952-264-663-7
- Tipitek. 2019. Aurinkosähköjärjestelmät. <https://www.tipitek.fi/kuluttaja-asiakkaat/aurinkosahkojarjestelmat/>. 21.11.2019.
- Ursa. 2020. <https://www.ursa.fi/extra/kosmos/a/aurinko.html>. 19.2.2020. Vartiainen, E. BCDC-Energia. Fortum. Fortum ForEnergy blog. 16.5.2018. <http://www.bcdcenergia.fi/blogi-ja-uutiset-vierailublogi-ratkaiseeko-aurinko-sahkontarpeemme-tulevaisuudessa/>. 21.11.2019.

- Valtion taloudellinen tutkimuskeskus. 2006. VATT-muistioita 75. Energiatodistusten taloudelliset vaikutukset. Honkatukia, J., Perrels, A. <https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/148002/m75.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 22.4.2020.
- VSV-yhtiöt. 2019. Aurinkosähköopas. <https://www.vsv.fi/sites/default/files/aurinkosahkoopas.pdf>. 16.9.2019 ja 22.10.2019.
- Ympäristöministeriö 2018. Energiatodistusopas. Rakennuksen energiatodistus ja E-luvun määrittäminen. 1.11.2018. file:///C:/Users/jesse/Downloads/Energiatodistusopas%202018%20varsinainen%20opas.pdf. 23.1.2020
- Ympäristöministeriö 2017. 1048/2017. Laskennallisen energiatehokkuuden vertailuluvun (e-luvun) määrittäminen energiatodistuksessa. <https://www.finlex.fi/data/sdliite/liite/6822.pdf>. 5.3.2020.
- Ympäristöministeriö. 2020. Laskentaliite ympäristöministeriön asetuksen ”rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä ”. <https://www.ym.fi/download/noname/%7BE6B413C1-DAB5-4433-9D0F-F4C81AC6EF00%7D/31398>. 5.3.2020

Referenssi kohteen aurinkokeräimien vuosituoton selvitys

(Aurinko-opas 2012, Aurinkolämmön ja –sähkön energiantuoton laskennan opas)

Lähtötiedot

Käyttövedettä lämmitetään aurinkokeräinjärjestelmällä. Seuraavat suunnittelun lähtötiedot ovat käytettävissä.

- Rakennus sijaitsee säävyöhykkeellä 2
- Keräinpinta-alaa on 5,0 m² (36 kpl tyhjiöputkikeräimiä)
- Keräimet ovat tyhjiöputkikeräimiä, joiden hyötysuhde $\eta_0=85\%$ ja hyötysuhdekäyrän lämpöhäviötermi $a_1=3 \text{ W/m}^2\text{K}$ (valmistajan ilmoittamat arvot)
- Keräimet on suunnattu etelään ja niitä on kallistettu 45 astetta
- Lämpimän käyttöveden tarve on 50 L/vrk/henkilö ja suunnittelu tehdään vastaamaan 4 hengen kulutusta
- Lämpimän käyttöveden lämpötila on 55 astetta ja kylmän veden 5 astetta.
- Lämpimällä käyttövedelle ei käytetä kiertojohtoa ja putkisto on eristetty perustason mukaisesti
- Varaajan koko on 300 l.
- Kiertopumpun teho on 25 W.

Laskenta

Lasketaan oppaan 2. menetelmällä

Osan D3 säätietojen taulukosta saadaan kuukausittaiset keskimääräiset ulkolämpötilat ja auringon säteilyenergiat vaakapinnalle:

Ulkoilman keskilämpötila	Auringon kokonaissäteilyenergia vaakatasolle, Gsäteily, vaakapinta , Jyväskylä
Kuukausi	kWh/m ²
Tammikuu -8,00	5,4
Helmikuu -7,10	20,1
Maaliskuu -3,53	51,9
Huhtikuu 2,42	102,9
Toukokuu 8,84	171,4
Kesäkuu 13,39	159,1
Heinäkuu 15,76	158,2
Elokuu 13,76	113,9
Syyskuu 9,18	71,1
Lokakuu 4,07	25,3
Marraskuu -1,76	7,3
Joulukuu -5,92	3,2
Koko vuosi 3,43	890

Etelään suunnatulle 45 astetta kallistetulle pinnalle korjauskertoimet löytyvät tämän oppaan taulukosta 4.

Referenssi kohteen aurinkokeräimien vuosituoton selvitys

Tammikuu	1,75
Helmikuu	1,78
Maaliskuu	1,57
Huhtikuu	1,24
Toukokuu	1,06
Kesäkuu	0,98
Heinäkuu	1,02
Elokuu	1,13
Syyskuu	1,33
Lokakuu	1,55
Marraskuu	1,56
Joulukuu	1,00

Säteilytiedon (sarake A) ja suuntauksen ja kallistuksen korjauskertoimen (sarake B) avulla lasketaan kuukausittainen säteilyenergia pinnalle (sarake C) sekä keskimääräinen teho pinnalle (sarake F=sarake C·1000/sarake E).

	A	B	C	D	E	F
	Jyväskylä	Korjauskorroin 45 etelä	Säteily kalistetulle pinnalle	Päiviä/kk	Tunteja/kk	Keskimääräinen säteilyteho/kk
	(-)	(-)	kWh/m ² /kk	d	h	W/m ²
Tammikuu	5,4	1,75	9,45	31	744	12,70
Helmikuu	20,1	1,78	35,78	28	672	53,24
Maaliskuu	51,9	1,57	81,48	31	744	109,52
Huhtikuu	102,9	1,24	127,60	30	720	177,22
Toukokuu	171,4	1,06	181,68	31	744	244,20
Kesäkuu	159,1	0,98	155,92	30	720	216,55
Heinäkuu	158,2	1,02	161,36	31	744	216,89
Elokuu	113,9	1,13	128,71	31	744	172,99
Syyskuu	71,1	1,33	94,56	30	720	131,34
Lokakuu	25,3	1,55	39,22	31	744	52,71
Marraskuu	7,3	1,56	11,39	30	720	15,82
Joulukuu	3,2	1	3,2	31	744	4,3
	889,8		1030,35	365	8760	

Lämpimän käyttöveden kuukausittainen häviötön lämmityksen tarve lasketaan

Referenssi kohteen aurinkokeräimien vuosituoton selvitys

200 l/vrk · 1 kg/l · vrk lukumäärä/kk · 4,19 kJ/kgK · (55-5) °C (taulukon sarakkeessa H)

Lämpimälle käyttövedelle ei käytetä kiertojohtoa ja putkisto on eristetty perustason mukaisesti, jolloin häviötön lämmityksen tarve kerrotaan luvulla 1/0,89 (D5 taulukko 6.3) jolloin saadaan lämpimän käyttöveden lämmityksen tarve $Q_{tarve,A}$ (sarakkeessa I).

	G	H	I
	Päiviä/kk	LKV lämmön tarve	LKV+jakeluhäviö
	d	kWh/kk	kWh/kk
Tammikuu	31	360,81	405,40
Helmikuu	28	325,89	366,17
Maaliskuu	31	360,81	405,40
Huhtikuu	30	349,17	392,32
Toukokuu	31	360,81	405,40
Kesäkuu	30	349,17	392,32
Heinäkuu	31	360,81	405,40
Elokuu	31	360,81	405,40
Syyskuu	30	349,17	392,32
Lokakuu	31	360,81	405,40
Marraskuu	30	349,17	392,32
Joulukuu	31	360,81	405,40
	365	4248,19	4773,25

Keräimet ovat tyhjiöputkikeräimiä, joiden hyötysuhde $\eta_0=85\%$ ja hyötysuhdekäyrän lämpöhäviötermi $a_1=3,0$ W/m²K. Kerrointa a_2 valmistaja ei ole ilmoittanut, joten käytetään arvoa $a_2=0$. IAM = 1 tyhjiöputkikeräimille, joissa putkimainen absorptiopinta. Keräinpiirin putkiston eristystasoa ei tunneta, joten putkiston lämpöhäviökerrointa ei lasketa tarkalla menetelmällä, vaan kaavalla $U_L = 5 + 0,5 A = 5 + 0,5 \cdot 5,0 = 7,5$ W/K. Koko keräinpiirille lämpöhäviökertoimeksi saadaan $U_c = a_1 + 40 a_2 + U_L/A = 3,0 + 40 \cdot 0 + 7,5 / 5 = 4,5$, W/m²K. Keräinpiirin hyötysuhteena käytetään oletusarvoa $\eta_{kierto} = 0,8$.

Aurinkolämmön varaajan koko tilavuus on 300 litraa, 100 litran osassa on lisälämmitys, jota käytetään yöllä, jolloin

$$x=0.7, V_{nim}=300 \text{ l}, V_{LL}=100 \text{ l}, \text{ jolloin saadaan}$$

$$f_{apu}=0,7 \cdot 100/300=0,233$$

$$V_{tod}=300 \cdot (1-0,233)=235 \text{ l}$$

Varaajan kapasiteetin korjauskerroin lasketaan $c_{cap} = (235 \text{ L}/(55 \text{ L/m}^2 \cdot 5 \text{ m}^2))^{-0,25} = 1,046$

Referenssi kohteen aurinkokeräimien vuosituoton selvitys

Kaavassa (6) tarvittava referenssilämpötila lasketaan joka kuukaudelle erikseen kaavalla $\theta_{ref} = 11.6 + 1.180 \theta_{hw} + 3.86 \theta_{cw} - 1.32 \theta_e$, missä keskimääräinen ulkolämpötila θ_e saadaan säätiedoista, $\theta_{hw} = 40 \text{ °C}$ ja $\theta_{cw} = 5 \text{ °C}$.

Saadaan taulukko

	J	K	L
	θ_e	θ_{ref}	ΔT
Tammikuu	-8	88,66	96,66
Helmikuu	-7,1	87,47	94,57
Maaliskuu	-3,53	82,76	86,29
Huhtikuu	2,42	74,91	72,49
Toukokuu	8,84	66,43	57,59
Kesäkuu	13,39	60,43	47,04
Heinäkuu	15,76	57,30	41,54
Elokuu	13,76	59,94	46,18
Syyskuu	9,18	65,98	56,80
Lokakuu	4,07	72,73	68,66
Marraskuu	-1,76	80,42	82,18
Joulukuu	-5,92	85,91	91,83

Dimensiottomat suureet X ja Y lasketaan kaavoista (4) ja (5) jokaiselle kuukaudelle erikseen

$$X = \frac{A \cdot U_c \cdot \eta_{kierto} \cdot \Delta T \cdot t_h \cdot c_{cap}}{Q_{tarve,A}}$$

$$Y = \frac{A \cdot IAM \cdot \eta_o \cdot \eta_{kierto} \cdot Q_{keräin}}{Q_{tarve,A}}$$

ja aurinkolämpöjärjestelmästä saatava tuotto kuukausitasolla lasketaan kaavalla (3)

$$Q_{tuotto,A} = c_{tyyppi}(aY + bX + cY^2 + dX^2 + eY^3 + fX^3)Q_{tarve,A}$$

Tammikuu:

$$X = 5 \text{ m}^2 \cdot 4,5 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 0,8 \cdot 96,66 \text{ °C} \cdot 744 \text{ h} \cdot 1,046 / (404,43 \text{ kWh} \cdot 1000 \text{ W/kW}) = 3,34$$

$$Y = 5 \text{ m}^2 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 9,45 \text{ kWh} / 405,40 \text{ kWh} = 0,07$$

$$Q_{tuotto} = -49,35 \text{ kWh}$$

Huom!

jos laskennallinen $Q_{tuotto} < 0$, $Q_{tuotto} = 0$ tai

jos $Q_{tuotto} > Q_{tarve}$ (käyttöveden lämmityksen tarve), $Q_{tuotto} = Q_{tarve}$

Helmikuu:

$$X = 5 \text{ m}^2 \cdot 4,5 \text{ W/m}^2\text{K} \cdot 0,8 \cdot 94,57 \text{ °C} \cdot 672 \text{ h} \cdot 1,046 / (365,29 \text{ kWh} \cdot 1000 \text{ W/kW}) = 3,27$$

$$Y = 5 \text{ m}^2 \cdot 1 \cdot 0,85 \cdot 0,8 \cdot 35,78 \text{ kWh} / 366,17 \text{ kWh} = 0,31$$

Referenssi kohteen aurinkokeräimien vuosituoton selvitys

$$Q_{tuotto} = 38,32 \text{ kWh}$$

ja niin edelleen maaliskuu...joulukuu laskien saadaan taulukko

	X	Y	Q
Tammikuu	3,34	0,07	0
Helmikuu	3,27	0,31	38,32
Maaliskuu	2,98	0,64	157,01
Huhtikuu	2,5	1,04	265,54
Toukokuu	1,99	1,43	369,50
Kesäkuu	1,62	1,27	335,11
Heinäkuu	1,43	1,27	351,27
Elokuu	1,60	1,01	289,66
Syyskuu	1,96	0,77	210,24
Lokakuu	2,37	0,31	61,21
Marraskuu	2,84	0,09	0
Joulukuu	3,17	0,03	0
		yht.	2077,85

Tulokset

Yhdistämällä kuukausittaiset aurinkolämmön osuudet saadaan vuosituotoksi 2077,85 kWh/a mikä on 43,6 % käyttöveden lämmityksen tarpeesta.

Referenssikohteen aurinkopaneelien tuoton laskenta

(Aurinko-opas 2012, Aurinkolämmön ja –sähkön energiantuoton laskennan opas)

- rakennus sijaitsee vyöhykkeellä 2.
- aurinkosähkökennojen pinta-ala on 6 m².
- kennojen suuntaus on etelään ja kennot sijaitsevat 45° kallistuskulmalla katolla
- suunnitteluratkaisussa käytettyjen aurinkosähkökennojen huipputehokerroin on $K_{max} = 0,15$ kW/m². (vastaa hyötysuhdetta 15 % säteilyreferenssin 1 kW/m² tilanteessa).
- kennot on asennettu katolle irti telineelle ja kennot ovat hyvin tuuletettuja.
- laskentatulokset tarvitaan sekä kuukausi että vuosituotona.

Laskenta:

Jyväskylän säteilytiedot vaakapinnalle saadaan taulukosta 1. Vaakatasolle osuvan auringonsäteilyn

kokonaisenergian määrä vuodessa $E_{sol,hor} = 890$ kWh/m²,a. Ilmansuunnan mukainen kerroin etelään

suunnatulle pinnalle $F_1 = 1,0$ ja kallistuksen mukainen kerroin pystypinnalle $F_2 = 1,2$. Tällöin

$$E_{sol} = E_{sol,hor} \cdot F_{asento} = 1068 \text{ kWh/m}^2, \text{a.}$$

Käyttötilanteen toimivuuskerroin $F_{käyttö}$ hyvin tuulettuvalle rakenteelle on 0,8.

Maksimisähköteho referenssisäteilytilanteessa $P_{max} = K_{max} A = 0,15 \text{ kW/m}^2 \cdot 6 \text{ m}^2 = 1,2 \text{ kW}$.

Tulokset:

Vuotuisesti sähköntuotoksi saadaan

$$E_{s,pv,out} = \frac{E_{sol} P_{max} F_{käyttö}}{I_{ref}} = 1068 \text{ kWh/m}^2, \text{a} \cdot 1,2 \text{ kW} \cdot 0,8 / 1 \text{ kW/m}^2 = 1025,3 \text{ kWh/a.}$$

Laskennallinen kuukausijaottelu tehdään jakamalla vuositason tuotto kuukausitasolle vaakatasolle tulevien kuukausittaisten säteilysummien suhteessa.

Referenssikohteen aurinkopaneelien tuoton laskenta

Kuukausi	vaakatason säteilysumma	korjauskerroin 45° kuukausitasolla	suhteellinen osuus vuoden säteilysummasta	Tuotto kWh/kk
	kWh/kk			
Tammikuu	5	1,75	0,006	6,15
Helmikuu	20	2,27	0,023	23,58
Maaliskuu	52	1,75	0,059	60,49
Huhtikuu	103	1,30	0,116	118,93
Toukokuu	171	1,07	0,193	197,88
Kesäkuu	159	0,99	0,179	183,53
Heinäkuu	158	1,01	0,178	182,50
Elokuu	114	1,11	0,128	131,24
Syyskuu	71	1,33	0,080	82,02
Lokakuu	25	1,62	0,028	28,71
Marraskuu	7	1,33	0,008	8,20
Joulukuu	3	1,00	0,003	3,08
Summa	890	1,26	1,000	1025,3

Ilmatieteen laitos, lämmitystarveluvut

Ilmatieteen laitos. Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981-2010
Taulukko a

Lämmitystarveluvut JOENSUU	2016	Kuukauden Keskilämpötila	2016	Lämmitystarveluvut vertailukaudella 1981- 2010	
Tammikuu	1030	Tammikuu	-16,2	Tammikuu	826
Helmikuu	584	Helmikuu	-3,1	Helmikuu	753
Maaliskuu	587	Maaliskuu	-1,9	Maaliskuu	665
Huhtikuu	362	Huhtikuu	3,9	Huhtikuu	456
Toukokuu	44	Toukokuu	12,7	Toukokuu	216
Kesäkuu	71	Kesäkuu	14,2	Kesäkuu	39
Heinäkuu	0	Heinäkuu	17,9	Heinäkuu	10
Elokuu	34	Elokuu	14,8	Elokuu	47
Syyskuu	173	Syyskuu	10,5	Syyskuu	215
Lokakuu	433	Lokakuu	3	Lokakuu	416
Marraskuu	617	Marraskuu	-3,6	Marraskuu	589
Joulukuu	653	Joulukuu	-4,1	Joulukuu	752
yhteensä	4588			yhteensä	4984

Taulukko b. Ilmatieteen laitos. Lämmitystarveluvut Joensuu, kuukauden keskilämpötila 2017

Lämmitystarveluvut JOENSUU	2017	Kuukauden keskilämpötila	2017
tammikuu	721	tammikuu	-6,3
helmikuu	671	helmikuu	-7
maaliskuu	578	maaliskuu	-1,7
huhtikuu	518	huhtikuu	-0,3
toukokuu	315	toukokuu	5,8
kesäkuu	63	kesäkuu	12,3
heinäkuu	26	heinäkuu	15,2
elokuu	35	elokuu	14,9
syyskuu	218	syyskuu	9,2
lokakuu	417	lokakuu	3,5
marraskuu	512	marraskuu	-0,1
joulukuu	579	joulukuu	-1,7
yhteensä	4653		

Taulukko c. Ilmatieteen laitos. Lämmitystarveluvut Joensuu, kuukauden keskilämpötila 2018

Lämmitystarveluvut JOENSUU	2018	Kuukauden keskilämpötila	2018
tammikuu	826	tammikuu	-5,3
helmikuu	753	helmikuu	-11,3
maaliskuu	665	maaliskuu	-8,3
huhtikuu	456	huhtikuu	2,4
toukokuu	216	toukokuu	13,3
kesäkuu	39	kesäkuu	13,8
heinäkuu	10	heinäkuu	19,8
elokuu	47	elokuu	16,8
syyskuu	215	syyskuu	11,2
lokakuu	416	lokakuu	4,2
marraskuu	589	marraskuu	0,8
joulukuu	752	joulukuu	-5,7
yhteensä	4984		

Yksittäisen ainekerroksen lämmönvastus (R) lasketaan ainekerroksen paksuutta (d) ja lämmönjohtavuuden suunnitteluarvoa (λU)

$$R=d\lambda U$$

jossa

R ainekerroksen lämmönvastus m^2K/W

d ainekerroksen paksuus m

λU ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo $W/(mK)$.

Rakennusosan lämmönläpäisykerroin (U) on rakennusosan kokonaislämmönvastuksen (RT) käänteisluku

$$U=1/RT$$

jossa

U rakennusosan lämmönläpäisykerroin $W/(m^2K)$

RT rakennusosan kokonaislämmönvastus m^2K/W

Rakennusosan kokonaislämmönvastus (RT) sisältää rakennusosan lämmönvastuksen ja rakennusosan molempien puolien pintavastukset

$$RT=R_{si}+R_1+R_2+\dots+R_n+R_{se}$$

jossa

RT rakennusosan kokonaislämmönvastus m^2K/W

R_{si} sisäpuolen pintavastus m^2K/W

R_1, R_2, \dots, R_n rakennusosan ainekerrosten 1, 2, ..., n lämmönvastukset m^2K/W

R_{se} ulkopuolen pintavastus m^2K/W

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)													
Lämmitetty nettoala	189 m ²												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Sähköpatterit												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Painovoimainen ilmanvaihto												
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus									
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)				kWh _E /(m ² vuosi)							
Sähkö	57838	306	1.2	367,2									
Uusiutuva polttoaine	4167	22	0.5	11									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3973	21											
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				379									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko													
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A (<=79)</td> <td>B (<=123)</td> <td>C (<=159)</td> </tr> <tr> <td>D (<=239)</td> <td>E (<=369)</td> <td>F (<=439)</td> </tr> <tr> <td>G (>439)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A (<=79)	B (<=123)	C (<=159)	D (<=239)	E (<=369)	F (<=439)	G (>439)		
A (<=79)	B (<=123)	C (<=159)											
D (<=239)	E (<=369)	F (<=439)											
G (>439)													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	F												
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti, jotta eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellettaisi yksittäisen rakennuksen toteutumiseen ja laskennalliseen kulutukseen vertailtuun E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitoilämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													

TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI	
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)	
<p>Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".</p>	

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1968	Lämmitetty nettoala	189	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	4	m ² /(hm ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöistä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	124	0.32	40	13
Yläpohja	186	0.26	48	16
Alapohja	186	0.45	84	27
Ikkunat	41	2.2	90	29
Ulko-ovet	10	1.6	16	5
Kylmäsiilat	-	-	28	9
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	gkohtisuora	
	m ²	W/(m ² K)	-	
Pohjoinen	8	2.2	0.55	
Koillinen	0	0	0	
Itä	0	0	0	
Kaakko	0	0	0	
Etelä	28	2.2	0.55	
Lounas	0	0	0	
Länsi	5	2.2	0.55	
Luode	0	0	0	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Painovoimainen ilmanvaihto			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ² /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ² /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0.076/0.076	0	0 %	-
Erillispoistot	0	0	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.076/0.076	0		
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 0 %				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Sähköpatterit			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² -vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	100 %	95 %	-	0.5
Lämpimän käyttöveden valmistus	100 %	75 %	-	0
1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle 2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija		2500		
Ilmalämpöpumppu		0		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painolettua kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² -vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² -vuosi)		
Lämmin käyttövesi	483.07	25.36		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	W/m ²		
Henkilöt	60 %	2		
Kuluttajalaitteet	60 %	3		
Valaistus	10 %	6		

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1968			
Lämmitetty nettoala, m ²	189			
E-luku, kWh _E /(m ² vuosi)	379			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /vuosi kWh _E /(m ² vuosi)	
Sähkö	57838	1.2	69406	367.2
Uusiutuva polttoaine	4167	0.5	2084	11
YHTEENSÄ	62005		71489	379
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kaukaufitason erittely lisätiedoissa)				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
	Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)	
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)	0.5	239.93	-	-
Tuloilman lämmitys	3.88	0	-	-
Lämpimän käyttöveden valmistus	0	40.69	-	-
Ilmarvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus	0	-	-	-
Jäähdytysjärjestelmä	0	-	-	0.0
Kuluttajalaitteet ja valaistus	21.02	-	-	-
YHTEENSÄ	25.4	280.62		0.0
1) Ilmarvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Tilojen lämmitys (2)	45579	241.16		
Ilmarvaihdon lämmitys (3)	733	3.88		
Lämpimän käyttöveden valmistus	4793	25.36		
Jäähdytys	0	0		
2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Aurinko	2844	15		
Henkilöt	1987	10.5		
Kuluttajalaitteet	2980	15.8		
Valaistus	993	5.3		
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä	650	3.4		
Laskentatyökalun nimi ja versio numero				
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	CADMATIC Draw 18.0			

ENERGIATODISTUS 2018

Rakennuksen nimi ja osoite: **Omakotitalo 2-kerros**

Pysyvä rakennustunnus:









Rakennuksen valmistusvuosi: **1968**

Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka: **Yhden asunnon talot**

Todistustunnus:

Energiatodistus on laadittu

- Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa
 Uudelle rakennukselle käyttöönottoaiheessa
 Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä: **2012**

	Energiatehokkuusluokka
A 	
B 	
C 	
D 	
E 	
F 	
G 	

Rakennuksen laskennallinen
energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus

102 kWh_E/(m²vuosi)

<= 108

Todistuksen laatija:

Jesse Hartikainen, talotekniikkainsinööri FISE EET 2019

Allekirjoitus:

Yritys:

Todistuksen laatimispäivä:

8.11.2016

Viimeinen voimassaolopäivä:

8.11.2026

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)													
Lämmitetty nettoala	189 m ²												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesikiertoinen lattialämmitys												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	LTO tulo-poisto ilmanvaihto												
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus									
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)				kWh _E /(m ² vuosi)							
Sähkö	14300	75.7	1.2	90.8									
Uusiutuva polttoaine	4167	22	0.5	11									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3973	21											
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				102									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko													
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A (<=79)</td> <td>B (<=123)</td> <td>C (<=159)</td> </tr> <tr> <td>D (<=239)</td> <td>E (<=369)</td> <td>F (<=439)</td> </tr> <tr> <td>G (>439)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A (<=79)	B (<=123)	C (<=159)	D (<=239)	E (<=369)	F (<=439)	G (>439)		
A (<=79)	B (<=123)	C (<=159)											
D (<=239)	E (<=369)	F (<=439)											
G (>439)													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	B												
<small>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti. Jotta eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellettaisi yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitoilämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</small>													

TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI	
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)	
<small>Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".</small>	

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1968	Lämmitetty nettoala	189	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	4	m ² /(hm ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöistä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	124	0.16	20	15
Yläpohja	186	0.08	15	11
Alapohja	186	0.2	37	28
Ikkunat	41	1	41	31
Uiko-ovet	10	0.8	8	6
Kylmäsiilat	-	-	12	9
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	gkohtisuora	
	m ²	W/(m ² K)		
Pohjoinen	8	1	0.55	
Koillinen	0	0	0	
Itä	0	0	0	
Kaakko	0	0	0	
Etelä	28	1	0.55	
Lounas	0	0	0	
Länsi	5	1	0.55	
Luode	0	0	0	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	LTO tulo-poisto ilmanvaihto			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ² /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ² /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0.076/0.076	0	0%	5
Erillispoistot	0	0	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.076/0.076	0		
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 60 %				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesikiertoinen lattialämmitys			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² -vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	80 %	2.4	2.5
Lämpimän käyttöveden valmistus	-	85 %	2.4	0
1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle 2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija		2500		
Ilmalämpöpumppu		0		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painolettua kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² -vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² -vuosi)		
Lämmin käyttövesi	483.07	25.36		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	W/m ²		
Henkilöt	60 %	2		
Kuluttajalaitteet	60 %	3		
Valaistus	10 %	6		

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1968			
Lämmitetty nettoala, m ²	189			
E-luku, kWh _E /(m ² vuosi)	102			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /vuosi kWh _E /(m ² vuosi)	
Sähkö	14300	1.2	17160	90.8
Uusiutuva polttoaine	4167	0.5	2084	11
YHTEENSÄ	18467		19244	102
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kaukaufaston erittely lisätiedoissa)				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		2.5	60.49	-
Tuloilman lämmitys		12.67	0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0	34.23	-
Ilmarvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		0	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0	-	0.0
Kuluttajalaitteet ja valaistus		21.02	-	-
YHTEENSÄ		36.2	94.72	0.0
1) Ilmarvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		11646	61.62	
Ilmarvaihdon lämmitys (3)		2395	12.67	
Lämpimän käyttöveden valmistus		4793	25.36	
Jäähdytys		0	0	
2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		2844	15	
Henkilöt		1987	10.5	
Kuluttajalaitteet		2980	15.8	
Valaistus		993	5.3	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		415	2.2	
Laskentatyökalun nimi ja versio numero				
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	CADMATIC Draw 18.0			

ENERGIATODISTUS 2018

Rakennuksen nimi ja osoite: **Omakotitalo 2-kerros**

Pysyvä rakennustunnus:









Rakennuksen valmistusvuosi: **1968**

Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka: **Yhden asunnon talot**

Todistustunnus:

Energiatodistus on laadittu

- Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa
 Uudelle rakennukselle käyttöönottoaiheessa
 Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä: **2012**

	Energiatehokkuusluokka
A 	
B 	
C 	
D 	
E 	
F 	
G 	

Rakennuksen laskennallinen
energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus

102 kWh_E/(m²vuosi)

<= 108

Todistuksen laatija:

Jesse Hartikainen, talotekniikkainsinööri FISE EET 2019

Allekirjoitus:

Yritys:

Todistuksen laatimispäivä:

8.11.2016

Viimeinen voimassaolopäivä:

8.11.2026

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)													
Lämmitetty nettoala	189 m ²												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesikiertoinen lattialämmitys												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	LTO tulo-poisto ilmanvaihto												
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus									
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)				kWh _E /(m ² vuosi)							
Sähkö	14276	75,5	1,2	90,6									
Uusiutuva polttoaine	4167	22	0,5	11									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3973	21											
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				102									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko													
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A (<=79)</td> <td>B (<=123)</td> <td>C (<=159)</td> </tr> <tr> <td>D (<=239)</td> <td>E (<=369)</td> <td>F (<=439)</td> </tr> <tr> <td>G (>439)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A (<=79)	B (<=123)	C (<=159)	D (<=239)	E (<=369)	F (<=439)	G (>439)		
A (<=79)	B (<=123)	C (<=159)											
D (<=239)	E (<=369)	F (<=439)											
G (>439)													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	B												
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jotta eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitoilämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													

TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI	
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)	
<p>Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".</p>	

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1968	Lämmitetty nettoala	189	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	4	m ² /(hm ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöistä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	124	0.16	20	15
Yläpohja	186	0.08	15	11
Alapohja	186	0.2	37	28
Ikkunat	41	1	41	31
Ulko-ovet	10	0.8	8	6
Kylmäsiilat	-	-	12	9
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	gkohtisuora	
	m ²	W/(m ² K)		
Pohjoinen	8	1	0.55	
Koillinen	0	0	0	
Itä	0	0	0	
Kaakko	0	0	0	
Etelä	28	1	0.55	
Lounas	0	0	0	
Länsi	5	1	0.55	
Luode	0	0	0	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	LTO tulo-poisto ilmanvaihto			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ² /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ² /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0.076/0.076	0	0%	5
Erillispoistot	0	0	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.076/0.076	0		
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 60 %				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesikiertoinen lattialämmitys			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² -vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	80 %	2.4	2.5
Lämpimän käyttöveden valmistus	-	85 %	2.4	0
1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle 2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija		2500		
Ilmalämpöpumppu		0		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painoitettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² -vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² -vuosi)		
Lämmin käyttövesi	483.07	25.36		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	W/m ²		
Henkilöt	60 %	2		
Kuluttajalaitteet	60 %	3		
Valaistus	10 %	6		

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1968			
Lämmitetty nettoala, m ²	189			
E-luku, kWh _E /(m ² vuosi)	102			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /vuosi kWh _E /(m ² vuosi)	
Sähkö	14276	1.2	17131	90.6
Uusiutuva polttoaine	4167	0.5	2084	11
YHTEENSÄ	18443		19215	102
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kaukaufaston erittely lisätiedoissa)				
Aurinkolämpö		kWh/vuosi 417	kWh/(m ² vuosi) 2.21	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		2.5	60.49	-
Tuloilman lämmitys		12.67	0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0	34.23	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		0	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0	-	0.0
Kuluttajalaitteet ja valaistus		21.02	-	-
YHTEENSÄ		36.2	94.72	0.0
1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		11646	61.62	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		2395	12.67	
Lämpimän käyttöveden valmistus		4793	25.36	
Jäähdytys		0	0	
2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		2844	15	
Henkilöt		1987	10.5	
Kuluttajalaitteet		2980	15.8	
Valaistus		993	5.3	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		415	2.2	
Laskentatyökalun nimi ja versio numero				
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	CADMATIC Draw 18.0			

ENERGIATODISTUS 2018	
Rakennuksen nimi ja osoite:	Omakotitalo 2-kerros
Pysyvä rakennustunnus:	
Rakennuksen valmistusvuosi:	1968
Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka:	Yhden asunnon talot
Todistustunnus:	
Energiatodistus on laadittu	
<input type="checkbox"/> Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa	
<input type="checkbox"/> Uudelle rakennukselle käyttöönottoaiheessa	
<input checked="" type="checkbox"/> Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä: 2012	
	Energiatehokkuusluokka
A	
B	B 2018
C	
D	
E	
F	
G	
Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku	91 kWh _E /(m ² vuosi)
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus	<= 108
Todistuksen laatija:	Yritys:
Jesse Hartikainen, talotekniikkainsinööri FISE EET 2019	
Allekirjoitus:	
Todistuksen laatimispäivä:	Viimeinen voimassaolopäivä:
8.11.2016	8.11.2026

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)													
Lämmitetty nettoala	189 m ²												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesikiertoinen lattialämmitys												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	LTO tulo-poisto ilmanvaihto												
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus									
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	-	kWh _E /(m ² vuosi)									
Sähkö	12244	64.8	1.2	77.7									
Uusiutuva polttoaine	5000	26.5	0.5	13.2									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3973	21											
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				91									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko													
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A (<=79)</td> <td>B (<=123)</td> <td>C (<=159)</td> </tr> <tr> <td>D (<=239)</td> <td>E (<=369)</td> <td>F (<=439)</td> </tr> <tr> <td>G (>439)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A (<=79)	B (<=123)	C (<=159)	D (<=239)	E (<=369)	F (<=439)	G (>439)		
A (<=79)	B (<=123)	C (<=159)											
D (<=239)	E (<=369)	F (<=439)											
G (>439)													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	B												
<small>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohti, jotta eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitoilämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</small>													
TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI													
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)													
<small>Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".</small>													

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1968	Lämmitetty nettoala	189	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	4	m ² /(hm ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöistä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	124	0.16	20	15
Yläpohja	186	0.08	15	11
Alapohja	186	0.2	37	28
Ikkunat	41	1	41	31
Uiko-ovet	10	0.8	8	6
Kylmäsiilat	-	-	12	9
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	gkohtisuora	
	m ²	W/(m ² K)		
Pohjoinen	8	1	0.55	
Koillinen	0	0	0	
Itä	0	0	0	
Kaakko	0	0	0	
Etelä	28	1	0.55	
Lounas	0	0	0	
Länsi	5	1	0.55	
Luode	0	0	0	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	LTO tulo-poisto ilmanvaihto			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ² /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ² /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0.076/0.076	0	0%	5
Erillispoistot	0	0	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.076/0.076	0		
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 60 %				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesikiertoinen lattialämmitys			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² -vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	80 %	2.4	2.5
Lämpimän käyttöveden valmistus	-	85 %	2.4	0
1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle 2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	1	3000		
Ilmalämpöpumppu		0		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painolettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² -vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² -vuosi)		
Lämmin käyttövesi	483.07	25.36		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	W/m ²		
Henkilöt	60 %	2		
Kuluttajalaitteet	60 %	3		
Valaistus	10 %	6		

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1968			
Lämmitetty nettoala, m ²	189			
E-luku, kWh _E /(m ² vuosi)	91			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /vuosi kWh _E /(m ² vuosi)	
Sähkö	12244	1.2	14693	77.7
Uusiutuva polttoaine	5000	0.5	2500	13.2
YHTEENSÄ	17244		17193	91
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausittain erittely lisätiedoissa)				
Aurinkolämpö		kWh/vuosi 6672	kWh/(m ² vuosi) 35.3	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		2.5	57.19	-
Tuloilman lämmitys		12.67	0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0	34.23	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		0	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0	-	0.0
Kuluttajalaitteet ja valaistus		21.02	-	-
YHTEENSÄ		36.2	91.41	0.0
1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		11646	61.62	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		2395	12.67	
Lämpimän käyttöveden valmistus		4793	25.36	
Jäähdytys		0	0	
2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		2844	15	
Henkilöt		1987	10.5	
Kuluttajalaitteet		2980	15.8	
Valaistus		993	5.3	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		415	2.2	
Laskentatyökalun nimi ja versio numero				
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	CADMATIC Draw 18.0			

ENERGIATODISTUS 2018

Rakennuksen nimi ja osoite: **Omakotitalo 2-kerros**

Pysyvä rakennustunnus:









Rakennuksen valmistusvuosi: **1968**

Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka: **Yhden asunnon talot**

Todistustunnus:

Energiatodistus on laadittu

- Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa
 Uudelle rakennukselle käyttöönottoaiheessa
 Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä: **2012**

	Energiatehokkuusluokka
A 	
B 	
C 	
D 	
E 	
F 	
G 	

Rakennuksen laskennallinen
energiatehokkuuden vertailuluku eli E-luku
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus

96 kWh_E/(m²vuosi)

<= 108

Todistuksen laatija:

Jesse Hartikainen, talotekniikkainsinööri FISE EET 2019

Allekirjoitus:

Yritys:

Todistuksen laatimispäivä:

8.11.2016

Viimeinen voimassaolopäivä:

8.11.2026

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA													
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)													
Lämmitetty nettoala	189 m ²												
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesikiertoinen lattialämmitys												
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	LTO tulo-poisto ilmanvaihto												
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus									
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	-	kWh _E /(m ² vuosi)									
Sähkö	13014	68.9	1.2	82.6									
Uusiutuva polttoaine	5000	26.5	0.5	13.2									
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3973	21											
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				96									
Rakennuksen energiatehokkuusluokka													
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko													
Luokkien rajat asteikolla	<table border="1"> <tr> <td>A (<=79)</td> <td>B (<=123)</td> <td>C (<=159)</td> </tr> <tr> <td>D (<=239)</td> <td>E (<=369)</td> <td>F (<=439)</td> </tr> <tr> <td>G (>439)</td> <td></td> <td></td> </tr> </table>				A (<=79)	B (<=123)	C (<=159)	D (<=239)	E (<=369)	F (<=439)	G (>439)		
A (<=79)	B (<=123)	C (<=159)											
D (<=239)	E (<=369)	F (<=439)											
G (>439)													
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	B												
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jotta eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellettaisi rakennuksen toteutumiseen ja laskennalliseen kulutukseen vertailtuun E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitoilämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>													
TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI													
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)													
Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".													

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1968	Lämmitetty nettoala	189	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	4	m ² /(hm ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöistä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	124	0.16	20	15
Yläpohja	186	0.08	15	11
Alapohja	186	0.2	37	28
Ikkunat	41	1	41	31
Uiko-ovet	10	0.8	8	6
Kylmäsiilat	-	-	12	9
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	gkohtisuora	
	m ²	W/(m ² K)		
Pohjoinen	8	1	0.55	
Koillinen	0	0	0	
Itä	0	0	0	
Kaakko	0	0	0	
Etelä	28	1	0.55	
Lounas	0	0	0	
Länsi	5	1	0.55	
Luode	0	0	0	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	LTO tulo-poisto ilmanvaihto			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ² /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ² /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0.076/0.076	0	0%	5
Erillispoistot	0	0	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.076/0.076	0		
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 60 %				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesikiertoinen lattialämmitys			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² -vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	80 %	2.4	2.5
Lämpimän käyttöveden valmistus	-	85 %	2.4	0
1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle 2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	1	3000		
Ilmalämpöpumppu		0		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painolettua kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² -vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² -vuosi)		
Lämmin käyttövesi	483.07	25.36		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	W/m ²		
Henkilöt	60 %	2		
Kuluttajalaitteet	60 %	3		
Valaistus	10 %	6		

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1968			
Lämmitetty nettoala, m ²	189			
E-luku, kWh _E /(m ² vuosi)	96			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /vuosi kWh _E /(m ² vuosi)	
Sähkö	13014	1.2	15617	82.6
Uusiutuva polttoaine	5000	0.5	2500	13.2
YHTEENSÄ	18014		18117	96
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausittain erittely lisätiedoissa)				
Aurinkosähkö		kWh/vuosi 1025.3	kWh/(m ² vuosi) 5.42	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		2.5	57.19	-
Tuloilman lämmitys		12.67	0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0	34.23	-
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		0	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0	-	0.0
Kuluttajalaitteet ja valaistus		21.02	-	-
YHTEENSÄ		36.2	91.41	0.0
1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		11646	61.62	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		2395	12.67	
Lämpimän käyttöveden valmistus		4793	25.36	
Jäähdytys		0	0	
2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		2844	15	
Henkilöt		1987	10.5	
Kuluttajalaitteet		2980	15.8	
Valaistus		993	5.3	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		415	2.2	
Laskentatyökalun nimi ja versio numero				
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	CADMATIC Draw 18.0			

ENERGIATODISTUS 2018

Rakennuksen nimi ja osoite: **Omakotitalo 2-kerros**

Pysyvä rakennustunnus:

Rakennuksen valmistusvuosi: **1968**

Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka: **Yhden asunnon talot**

Todistustunnus:

Energiatodistus on laadittu

- Uudelle rakennukselle rakennuslupaa haettaessa
 Uudelle rakennukselle käyttöönottoaiheessa
 Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivämäärä: **2012**

	Energiatodistus	Energiatodistus
A		
B		
C		
D		
E		
F		
G		

Rakennuksen laskennallinen
energiatodistuksen vertailulukku eli E-luku
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus

-0 kWh_E/(m²vuosi)

<= 108

Todistuksen laatija:

Jesse Hartikainen, talotekniikkainsinööri FISE EET 2019

Allekirjoitus:

Yritys:

Todistuksen laatimispäivä:

8.11.2016

Viimeinen voimassaolopäivä:

8.11.2026

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA				
Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				
Lämmitetty nettoala	189 m ²			
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Vesikiertoinen lattialämmitys			
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	LTO tulo-poisto ilmanvaihto			
Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Uusiutuva polttoaine	5000	26.5	0.5	13.2
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö				
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				-0
Rakennuksen energiatehokkuusluokka				
Käytetty E-luvun luokitteluasteikko				
Luokkien rajat asteikolla	A (<=79)	B (<=123)	C (<=159)	
	D (<=239)	E (<=369)	F (<=439)	
	G (>439)			
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka	A			
<p>E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jotta eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakioidusta käytöstä johtuen E-luku ei sovellu yksittäisen rakennuksen toteutuneen ja laskennallisen kulutuksen vertailuun. E-lukuun sisältyy rakennuksen lämmitys-, ilmanvaihto-, jäähdytysjärjestelmien sekä kuluttajalaitteiden ja valaistuksen energiankulutus. Rakennuksen ulkopuoliset kulutukset kuten autolämmityspistokkeet, sulanapitoilämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.</p>				

TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI	
Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)	
<p>Suositukset on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".</p>	

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1968	Lämmitetty nettoala	189	m ²
Rakennusvaippa				
Ilmanvuotoluku q50	4	m ² /(hm ²)		
	A	U	UxA	Osuus lämpöhäviöistä
	m ²	W/(m ² K)	W/K	%
Ulkoseinät	124	0.16	20	15
Yläpohja	186	0.08	15	11
Alapohja	186	0.2	37	28
Ikkunat	41	1	41	31
Uiko-ovet	10	0.8	8	6
Kylmäsiilat	-	-	12	9
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A	U	gkohtisuora	
	m ²	W/(m ² K)		
Pohjoinen	8	1	0.55	
Koillinen	0	0	0	
Itä	0	0	0	
Kaakko	0	0	0	
Etelä	28	1	0.55	
Lounas	0	0	0	
Länsi	5	1	0.55	
Luode	0	0	0	
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	LTO tulo-poisto ilmanvaihto			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s)/(m ² /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ² /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto °C
Pääilmanvaihtokoneet	0.076/0.076	0	0%	5
Erillispoistot	0	0	-	-
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.076/0.076	0		
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde: 60 %				
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Vesikiertoinen lattialämmitys			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² -vuosi)
Tilojen ja iv:n lämmitys	-	80 %	2.4	2.5
Lämpimän käyttöveden valmistus	-	85 %	2.4	0
1) Vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle 2) lämpöpumppujärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	1	3000		
Ilmalämpöpumppu		0		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painolettua kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² -vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² -vuosi)		
Lämmin käyttövesi	483.07	25.36		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	W/m ²		
Henkilöt	60 %	2		
Kuluttajalaitteet	60 %	3		
Valaistus	10 %	6		

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot			
Rakennuksen valmistusvuosi	1968			
Lämmitetty nettoala, m ²	189			
E-luku, kWh _E /(m ² vuosi)	-0			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus kWh _E /vuosi kWh _E /(m ² vuosi)	
Uusiutuva polttoaine	5000	0.5	2500	13.2
YHTEENSÄ	2839		-93	-0
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausittain erittely lisätiedoissa)				
Aurinkosähkö		kWh/vuosi 16200	kWh/(m ² vuosi) 85.71	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiankulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		2.5	57.19	-
Tuloilman lämmitys		12.67	0	-
Lämpimän käyttöveden valmistus		0	34.23	-
Ilmarvaihtojärjestelmän sähköenergiankulutus		0	-	-
Jäähdytysjärjestelmä		0	-	0.0
Kuluttajalaitteet ja valaistus		21.02	-	-
YHTEENSÄ		36.2	91.41	0.0
1) Ilmarvaihtojärjestelmän tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		11646	61.62	
Ilmarvaihtojärjestelmän lämmitys (3)		2395	12.67	
Lämpimän käyttöveden valmistus		4793	25.36	
Jäähdytys		0	0	
2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		2844	15	
Henkilöt		1987	10.5	
Kuluttajalaitteet		2980	15.8	
Valaistus		993	5.3	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöistä		415	2.2	
Laskentatyökalun nimi ja versio numero				
Laskentatyökalun nimi ja versio numero	CADMATIC Draw 18.0			