

Kari Kauppinen

**KUNNOSSAPIDON JA
ENERGIATEHOKKUUDEN
EDISTÄMISSUUNNITELMA 1980-
LUVUN TALOSSA**

Opinnäytetyö

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

2026



**Kaakkois-Suomen
ammattikorkeakoulu**

Tutkintonimike	Insinööri (AMK)
Tekijä/Tekijät	Kari Kauppinen
Työn nimi	Kunnossapidon ja energiatehokkuuden edistämissuunnitelma 1980-luvun talossa
Toimeksiantaja	Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu Xamk
Vuosi	2026
Sivut	74 sivua, liitteitä 8 sivua
Työn ohjaaja	Johanna Arola

TIIVISTELMÄ

Opinnäytetyön kohderakennuksena oli Pieksämäellä sijaitseva 1988 valmistunut omakotitalo, jonka lämmitysmuotona on suoräsähkölämmitys. Ilmanvaihto on koneellinen poistoilmanvaihto. Työllä tavoiteltiin vastausta seuraavaan ongelmaan: Mitkä ovat kunnossapidon ja energiatehokkuuden edistämissuunnitelman haasteet 1980-luvun talossa ja millaisia vaikutuksia suunnitelluilla toimenpiteillä on?

Opinnäytetyössä tarkasteltiin neljää eri energiatehokkuustoimenpidettä, jotka ovat: 1.) maalämpö, 2.) aurinkosähkö, 3.) ikkunoiden ja ovien nykyaikaistaminen ja 4.) koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla. Työssä käytiin läpi, mitkä ovat eri energiatehokkuustoimenpiteiden laitteiden toimintaperiaatteet sekä mitä tulee ottaa huomioon kyseisten laitteiden sijoituksessa. Rakennuksen energiatehokkuutta mitattiin E-luvun avulla, eli rakennuksesta laadittiin energiatodistus, josta selvisi rakennuksen laskennallinen energiankulutus. Energiatodistus laadittiin laskentapalvelut.fi-laskentasovellusta hyödyntäen. Samaa sovellusta hyödyntäen selvitettiin myös, kuinka paljon eri energiatehokkuustoimenpiteet vähensivät energiankulutusta ja mikä oli muutos energialuokkaan. Energiankulutuksen, arvioidun sähkön hinnan ja kotitalousvähenyksen avulla laskettiin jokaisen energiatehokkuustoimenpiteen takaisinmaksuajat.

Kohderakennuksen E-luvuksi laskettiin nykytilanteessa 251 kWhE/m²vuosi. Energialuokaksi muodostui E-luokka. E-luvuksi syntyi yksikössä kWhE/m²vuosi maalämmölle 125, aurinkosähkölle 220, ikkunoille ja oville 223 ja LTO:lle 181. Maalämmössä energialuokka muuttui luokkaan C ja muissa toimenpiteissä luokkaan D. Takaisinmaksuajat vuosissa olivat: maalämmöllä 16,4, aurinkosähkössä 35,9, ikkunoissa ja ovissa 30,5 ja LTO:ssa 7,5. Johtopäätöksenä on, että kaikki suunnitellut toimenpiteet ovat kannattavia, paitsi aurinkosähkö on harkinnanvarainen. Työstä hyötyy kohderakennuksen asukkaat sekä muut vastaavanlaisessa rakennuksessa asuvat. Koska energianhinnan kehitystä ei voi tarkasti ennustaa, on muistettava, että saadut arviot ovat vain arvioita sekä saadut tulokset laskennallisia.

Asiasanat: energiatehokkuus, energiansäästö, korjausrakentaminen, lämmitysjärjestelmät, energiainvestointi

Degree title	Bachelor of Engineering
Author	Kari Kauppinen
Thesis title	Maintenance and Energy Efficiency Promotion Plan for a 1980s house
Commissioned by	South-Eastern Finland University of Applied Sciences Xamk
Time	2026
Pages	74 pages, 8 pages of appendices
Supervisor	Johanna Arola

ABSTRACT

The target building of the thesis was a detached house in the City of Pieksämäki completed in 1988, with direct electric heating. Ventilation is mechanical exhaust ventilation. The work sought to answer the following problem: What are the challenges for maintenance on an energy efficiency improvement plan in a 1980s building, and what kind of impacts do the planned measures have?

The thesis examined four different energy efficiency measures: 1.) geothermal energy, 2.) solar power, 3.) modernization of windows and doors and 4.) mechanical supply and exhaust ventilation with heat recovery and cooling. The work reviewed the operating principles of the devices used in various energy efficiency measures and what should be taken into account when placing the devices in question. The energy efficiency of the building was measured using the E-number, i.e., an energy certificate was drawn up for the building, which revealed the building's calculated energy consumption. The energy certificate was prepared using the calculation application laskentapalvelut.fi. The same application was also used to determine how much different energy efficiency measures reduced energy consumption and what the change in energy class was. The payback periods for each energy efficiency measure were calculated using energy consumption, estimated electricity price, and household deduction.

The E-value of the target building was calculated to be 251 kWhE/m²/year in the current situation. The energy class was E-class. The E-number in kWhE/m²/year was 125 for geothermal energy, 220 for solar electricity, 223 for windows and doors, and 181 for the heat recovery system. The energy class for geothermal energy changed to class C and for other measures to class D. The payback periods in years were: 16.4 for geothermal heating, 35.9 for solar power, 30.5 for windows and doors and 7.5 for heat and power generation. In conclusion, all planned can be concluded that all planned measures are profitable, except for solar power, which is discretionary.

The work will benefit the resident of the target building and others living in similar buildings. Since the development of energy prices, for example, cannot be accurately predicted, it must be remembered that the estimates obtained are only estimates and the results obtained are calculated.

Keywords: energy efficiency, energy saving, renovation, heating systems, energy investment

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	PIENTALON ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT RATKAISUT	9
2.1	Maalämpö	9
2.1.1	Maalämpöpumpun toimintaperiaate	9
2.1.2	Maalämpöpumpun lämpökerroin ja COP.....	10
2.1.3	Lämpöpumpun täystehomitoitus.....	11
2.1.4	Lämpöpumpun osatehomitoitus	12
2.1.5	Kylmäaineet.....	12
2.1.6	Maalämpökaivon / energiakaivon rakenne	14
2.1.7	Lupamenettelyt.....	16
2.1.8	Maalämpöpumpun sijoitus.....	19
2.2	Aurinkosähkö	19
2.2.1	Aurinkoenergian toimintaperiaate.....	20
2.2.2	Aurinkosähköjärjestelmän sijoitus	22
2.3	Vaipan lämpöhäviöiden pienentäminen.....	26
2.3.1	Ikkunoiden ja ovien uusiminen	26
2.3.2	Tiiveyden parantaminen	27
2.4	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla.....	28
2.4.1	Lämmönsiirtimet.....	30
2.4.2	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla sijoitus.....	33
2.5	LVI kalusteiden vaikutus veden kulutukseen.....	34
3	RAKENNUKSEN ENERGIATODISTUS.....	35
3.1	Energiatodistuksen laadinta	36
3.2	Toimenpiteiden taloudellinen tarkastelu	41
4	KOHDERAKENNUKSEN PERUSTIEDOT.....	41
5	MENETELMÄT.....	46
5.1	Tutkimusmenetelmät.....	46

5.2	Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuus	47
5.3	Energiatehokkuustoimenpiteet ja niiden vaikutus energiatehokkuuteen 48	
5.3.1	Maalämpö.....	48
5.3.2	Aurinkosähkö.....	49
5.3.3	Vaipan lämpöhäviöiden parantaminen (ikkunoiden ja ovien nykyaikaistaminen).....	49
5.3.4	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla.....	51
5.4	Toimenpiteiden takaisinmaksuajat	52
5.4.1	Maalämpö.....	53
5.4.2	Aurinkosähkö.....	53
5.4.3	Vaipan lämpöhäviöiden parantaminen (ikkunoiden ja ovien nykyaikaistaminen).....	53
5.4.4	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla.....	54
6	TULOKSET	54
6.1	Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuus ja energiatehokkuustoimenpiteet	54
6.2	Toimenpiteiden takaisinmaksuajat	55
6.2.1	Maalämpö.....	56
6.2.2	Aurinkosähkö.....	56
6.2.3	Vaipan lämpöhäviöiden parantaminen (ikkunoiden ja ovien nykyaikaistaminen).....	57
6.2.4	Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla.....	58
7	TULOSTEN ANALYSOINTI	59
8	YHTEENVETO.....	62

LIITTEET

Liite 1. Energiatodistus nykyhetki

KÄSITTEET

E-luku

E-luku (energiatehokkuusluku) on energiatehokkuuden vertailuluku ja sillä määritetään rakennuksen energiatehokkuusluokka.

LTO

Eli lämmöntalteenotto on ilmanvaihtojärjestelmän laitteisto ja se ottaa rakennuksen poistoilmasta talteen lämpöenergiaa sekä hyödyntää sen sisäänpäin virtaavan tuloilman lämmitykseen.

U-arvo

Eli lämmönläpäisykerroin mittaa rakennusosan lämmöneristyskykyä ja kertoo, kuinka monta wattia lämpöenergiaa kulkeutuu neliömetrin alueen lävitse yhden asteen lämpötilaerolla. Mitä alempi U-arvo, sitä pienemmät ovat lämpöhäviöt ja sitä parempi on rakenteellinen eristyskyky.

Varke

Valtion tukeman asuntorakentamisen keskus ja se korvasi Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen (ARA) 1.3.2025. Sitä hallinnoi ympäristöministeriö.

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on kunnossapidon ja energiatehokkuuden edistämissuunnitelma 1980-luvun talossa. Tutkittavana kohteena on 1980-luvulla valmistunut Etelä-Savossa Pieksämäellä sijaitseva kuorimuurattulohkotiiliomakotitalo, joka lämpenee niin sähköllä kuin puulla. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, mitä maalämpöön ja aurinkoenergiaan sekä koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon LTO:lla siirtymiseen vaaditaan ja miten suuria säästöjä rakennuksen laskennallisessa energiankulutuksessa ja sitä kautta energiakustannuksissa edellä mainituilla toimenpiteillä voidaan saavuttaa. Tutkimuksessa selvitetään myös, mikä on ovien ja ikkunoiden nykyaikaistamisen takaisinmaksuaika. Talon elinikää pidentäviin korjauksiin tähdätään myös tämän insinöörityön kartoituksella, joka kattaa kohteen tyypilliset riskirakenteet, talotekniset ratkaisut ja kosteuden hallinnan. Rakennuksen energiatehokkuutta tässä opinnäytetyössä mitataan E-luvun avulla, eli rakennukseen laaditaan energiatodistus, josta selviää rakennuksen laskennallinen energiankulutus. Tutkimusongelmana on: Mitkä ovat kunnossapidon ja energiatehokkuuden edistämissuunnitelman haasteet 1980-luvun talossa ja millaisia vaikutuksia suunnitelluilla energiatehokkuustoimenpiteillä ja korjaustoimenpiteillä on?

Sähkön hinta on laskenut vuoden 2022 huipusta, mutta ennusteet viittaavat siihen, että sähkön hinta voi nousta huomattavasti pidemmällä aikavälillä. (Hyppänen 2025.) Tämä on saanut miettimään vaihtoehtoisia lämmitysmuotoja. Vaihtoehtoisista lämmitysmuodoista suosituimpia ovat maalämpö ja ilmalämpöpumput, mutta koska kyseisessä kohteessa on jo ilmalämpöpumppu, voidaan lämmitysratkaisujen lisäksi pohtia myös aurinkoenergiaa sekä tulo- ja poistoilmanvaihtoa LTO:lla. Nämä toimenpiteet pienentävät lämmityskustannuksia ja päästöjä verrattuna suoraan sähkölämmitykseen sekä tuovat rakennukseen jälleenmyyntiarvon nousua, ja myös asumisviihtyvyys paranee. Ihmisten mielenkiinto on siis ympäristöä kohtaan kasvanut, eli päästöä halutaan tuottaa aina vain vähemmän, ja tämä tarkoittaa lisääntyntä uusiutuvan energian käyttöä. Maalämmön suosio lämmityksessä onkin noussut 2000-luvulla huomattavasti. Täydentävänä energiamuotona voidaan käyttää aurinkoenergiaa.

Suomessa asumisen energiankäytön pienentäminen on keskeisessä roolissa energiariippuvuuden vähentämisessä ja ilmastomuutoksen torjumisessa. Energiaa kuluu asumisessa lämmitykseen, käyttöveteen, ilmanvaihtoon ja laitteisiin sekä valaistukseen. Koska Suomessa on pitkä lämmityskausi, kuluu suurin osa asumisen energiasta tilojen lämmitykseen. Kyseisen rakennuksen lämmitystehontarve lasketaan sijaintipaikkakunnan säävyöhykkeen mukaan, ja Pieksämäki on Etelä-Savossa, joten säävyöhyke on kaksi. Kohderakennuksen lämmitystehontarve lasketaan maalämpöpumpun mitoitusta varten. Lämmitystehontarvelaskennan jälkeen tehdään vertailua myös täydentävistä energiavaihtoehdoista, eli käytännössä aurinkoenergiasta ja koneellisesta tulo- ja poistoilmanvaihdosta lämmöntalteenotolla.

Vaikka maalämpöä kerätään maaperästä vaakaputkistolla ja energiakaivolla, ja myös lämmönkeruu voi myös tapahtua vesistöstä, niin käsittelen maalämmönkeruuta vain energiakaivolla. Vaikka kohderakennukseen järvi näkyykin, niin kohderakennuksella ei ole rantatonttia, joten lämmönkeruu vesistöstä ei tule kysymykseen. Toiseksi lämpökaivon etuja verrattuna vaakaputkistoon ovat lähes kaksinkertainen energian saanti putkimetriä kohti, kesäaikaisen jäähdytyksen mahdollisuus, routimaton ja helposti ilmattava järjestelmä sekä vähäiset kaivutyöt tontilla.

En myöskään käsittele rakennuksen lisälämmöneristämistä, sillä kohteeseen on tehty yläpohjan lisälämmöneristys ja talo on kuorimuurattu, jolloin seinien lisäeristäminen ei olisi kustannustehokasta. Kohderakennuksen pohjaratkaisu on maanvastainen laatta, joten alapohjan lisäeristäminen ei olisi myöskään kustannustehokasta.

Tämän lisäksi rajaan opinnäytetyössä aurinkoenergian käytön vain aurinkopaneeleihin siitä syystä, että näin opinnäytetyöstä ei tule liian laaja ja opinnäytetyö pysyy selkeänä.

2 PIENTALON ENERGIATEHOKKUUTTA PARANTAVAT RATKAISUT

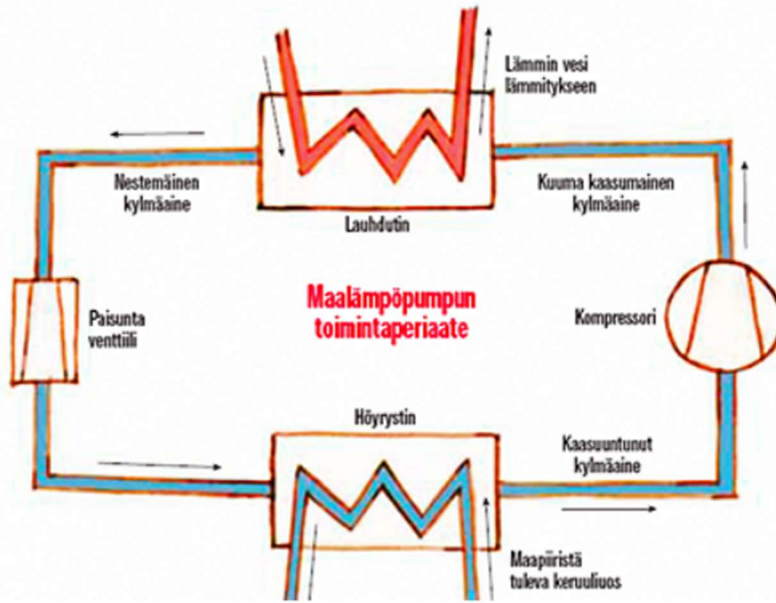
2.1 Maalämpö

Maalämpö on noussut yhdeksi suosituimmista lämmitysvaihtoehdoista Suomessa, ja siksi maalämpöpumpun haitat ja hyödyt kiinnostavat yhä useampia eri lämmitysmuotoja pohtivia. Maalämmön hyötyjä ovat ennen kaikkea ympäristöystävällisyys, energiatehokkuus ja lämmityskustannusten säästö pitkällä aikavälillä. Haittapuolina on se, että maalämmön asentaminen vaatii merkittäviä alkuinvestointeja ja huolellista suunnittelua. Lämmönkeruujärjestelmät eli esim. putkistot maassa voivat mahdollisesti kestää jopa 50 vuotta ja siitä pitempäänkin sekä oikein huollettuna ja lämpöpumput voivat mahdollisesti toimia jopa 20–30 vuotta. (Maalämmön hyödyt ja haitat – 10 merkittävintä faktaa 2025.)

2.1.1 Maalämpöpumpun toimintaperiaate

Maalämpöpumpuissa lämmönlähteenä on maaperä. Maaperän keskilämpötilan on oltava ilman keskilämpötilaa korkeampi. Lämpöpumpussa hyödynnetään suljettua kylmäaineen kiertoprosessia. Kylmäainevirta vuoroin lauhtuu luovuttaen lämpöä ja höyrystyy sitoen lämpöä. Oleelliset maalämpöpumpun osat ovat kompressori, lauhdutin, paisuntaventtiili ja höyrystin. Lauhduttimen ja höyrystimen välillä on paisuntaventtiili, jonka avulla tehdään kylmäaineen paineen alennus ennen höyrystintä. Höyrystimeltä kylmäaine jatkaa matkaansa kompressorille, jossa kylmäaine nostetaan korkeaan paineeseen ja näin ollen kylmäaine lauhduttimessa nesteytyy, sekä nesteytyessään kylmäaine luovuttaa lämpöä. Tästä kylmäaine etenee taas paisuntaventtiilille, sekä näin ollen paine menee alkutilanteeseen ja kylmäainekierto alkaa alusta. (Seppänen 2001, 377.)

Höyrystimen kylmäainevirtaan sitoutuu lämpöä, ja se on selkeästi suurempi kuin kompressorissa vaadittu työ. Lauhduttimesta hyödynnettävä lämpö on lämpöpumpun höyrystimessä sitoutuneen lämmön sekä kompressorityön summa. Maaperästä lämpö otetaan yleensä muoviputkistolla. Muoviputkistossa kiertävä liuosmainen jäätymätön neste siirtää lämpöä, ja se on monesti vesi-glykoliseosta. (Seppänen 2001, 377.) Maalämpöpumpun toimintaperiaatetta on kuvattu kuvassa 1.



Kuva 1. Maalämpöpumpun toimintaperiaate (Ilma- ja maalämpöpumput s.a.)

2.1.2 Maalämpöpumpun lämpökerroin ja COP

Teoriassa paras lämpökerroin COP (Coefficient Of Performance) kertoo lämpöpumpun hyötysuhteen, eli kuinka paljon lämpöpumpulla saadaan kehitettyä lämpöä suhteessa siihen sähkömäärään, joka tarvitaan pyörittämään niin kompressoria kuin muita apulaitteita. Eli tästä esimerkkinä: jos lämpöpumpun sisäyksikkö kehittää talon lämmitykseen 3 kWh sekä niin kompressori, kuin puhaltimet ottavat sähköverkosta yhteensä 1 kWh, saadaan lämpökertoimeksi 3. Lauhduttimesta hyödyksi saatu lämpö on siis kompressorin tekemän työn ja höyrystimessä sitoutuneen lämmön summa. (Rautio 2008, 6.)

COP:n laskenta tapahtuu kaavalla 1. Kuten tästä lämpökertoimen kaavasta voidaan nähdä, on sitä edullisempaa, mitä korkeampi on höyrystymislämpötila ja mitä matalampi on lauhdutuslämpötila. Voidaankin sanoa, että lämpöä saadaan siirrettyä tehokkaimmin vähäisellä höyrystymis- ja lauhdutuslämpötilojen välisellä erolla. Pieneen lämpötilaeroon puolestaan päästään tehokkaan ja suuren höyrystimen ja lauhduttimen lämmönsiirtopinnan turvin. Tästä syystä lattialämmitys lämmönjakotapana on yleinen uusissa maalämpöpumpusoveluksissa, koska lämmönluovutuspiirin enimmäislämpötilan ei tarvitse olla lattialämmityksessä niin korkea kuin patterilämmityksessä. Tosin koska kohdera-

kennus on jo olemassa oleva rakennus, jossa on sähkölämmitys kattovastuksilla, niin siihen ei ole kustannustehokasta soveltaa lattialämmitystä lämmönjakotapana.

$$\text{COP}_c = \frac{T_L}{T_L - T_H} \quad (1)$$

jossa,

COP_c	lämpöpumpun lämpökerroin
T_L	lauhtumislämpötila
T_H	höyrystymislämpötila

(Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2008, 7.)

Huomionarvoinen asia on se, että höyrystymis- ja lauhtumislämpötilat muuttuvat eri vuodenaikoina. COP kuvaa aina siis juuri tiettyä höyrystymis- ja lauhtumislämpötilan eron lämpökerrointa. Ilmalämpöpumpun COP ei kuvaa koko totuutta, eli esim. +7 Celsiuksen lämpötilassa COP voi olla 4, kun puolestaan -7 Celsiuksen lämpötilassa COP voi olla vain 1,2. On tärkeää lämpöpumppua valittaessa huomioida sen sopivuus Suomen kylmiin olosuhteisiin. SPF-kerroin (Seasonal performance factor) ilmaisee paremmin lämpöpumpun toimivuutta, sillä se antaa lämpöpumpun keskimääräisen lämpökertoimen.

(Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2008, 8.)

Koska keruupiiri maalämpöpumpussa sijaitse maassa, niin lämpötilan vaihtelut eivät ole niin suuria vuoden aikana, kuin ulkolämpötilan vaihtelut, joten ulkolämpötilan vaihtelut muutokset eivät vaikuta maalämpöpumppuun niin suuresti kuin esimerkiksi ilmalämpöpumppuun.

2.1.3 Lämpöpumpun täystehomitoitus

Maalämpöpumpun täystehomitoituksella tarkoitetaan sitä, että pumppu kykenee kattamaan 100 % koko rakennuksen lämmitystarpeesta kovimmillakin pakkasilla ilman lisälämmittämiä. Täystehomitoitettu lämpöpumppu kasvattaa investointikustannuksia, ja täysteho edellyttää osatehomitoitettuun lämpö-

pumppuun verrattuna syvemmän lämpökaivon. Maalämpöpumpun täystehomitoitusta ei välttämättä kannata siis mitoittaa kattamaan rakennuksen huipputehontarvetta, koska näin saadaan pidettynä järjestelmä kustannustehokkaana. Täystehomitoitus lyhentää myös kompressorin elinikää, ja tämä on myös hyvä ottaa huomioon mitoitusta tehtäessä. Liian suuri mitoitus kasvattaa myös sähkön kulutusta ja pienentää siis kokonaishyötysuhdetta. Kokonaishyötysuhdetta heikentää kompressorin lyhyt sekä jaksottainen käynti ja tästä syystä ideaalin tehokkuusasteen käyntiajat jäävät lyhyeksi. (Motiva s.a.; Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2012.)

2.1.4 Lämpöpumpun osatehomitoitus

Osatehomitoituksessa maalämpöpumppu mitoitetaan yleisesti ottaen kattamaan 60–80 % rakennuksen laskennallisesta huipputehotarpeesta. Tällä tuotetaan noin 95–99 prosenttia talouden vuotuisesta energiantarpeesta. Loput lämmitysenergiasta tuotetaan maalämpöpumpun vara/lisälämmönvastuksella. Lisälämmönvastuksen käyttö tekee muutamien kymmenien eurojen lisälaskun per vuosi, mutta tällä tavalla vältytään täystehomitoituksen tuomilta kustannuksilta, jotka voivat olla jopa tuhansia euroja. Tällaisella mitoituksella maalämpöpumpun kompressori ja itse maalämpöpumppu käy yhtäjaksoisesti pitkän aikaa ja näin ollen vältytään turhan suurelta kompressorin aiheuttamalta lisäsähkön kulutukselta. (Motiva s.a.; Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2012.)

Energiansäästöt ovat siis useimmiten osatehomitoituksella parempia kuin täystehomitoituksella, ja kun energiaa säästyy, säästyy myös rahaa. Kohteessa osatehomitoituksessa tarvitaan lisälämmönlähteitä ja kohderakennukseen on tarkoitus asentaa energiatehokkuustoimenpiteenä aurinkopaneelit, mutta koska lisälämmitystarve rajoittuu vain kovimpiin pakkasiin, ei lisälämmönlähteenä voi hyödyntää aurinkopaneeleita. Koko vuoden aurinkopaneelien tuotosta vain 2.5 % kertyy talvikuukausina. (Motiva s.a.; Lappeenrannan teknillinen yliopisto 2012)

2.1.5 Kylmäaineet

Ajan mittaan lämpöpumpuissa ja kylmälaitteissa on käytetty monia eri kylmäaineita. Useiden kylmäaineiden käyttäminen on jo kielletty Euroopassa, koska

osalla kylmäaineista otsonikatoa aiheuttava vaikutus, sekä osaa kylmäaineista ollaan kieltämässä vaiheittain. Korvaavia kylmäaineita pyritäänkin etsimään myös nykyään käytetyille kylmäaineille.

Kylmäaineiden jaottelu

CFC-kylmäaineet

Ovat täysin halogenoituja kloorifluorivetyjä. Esim. R11, R12 ja R502. CFC-aineiden käyttö on kielletty sekä uusissa kylmälaitteissa kuin kylmälaitteiden huollossakin. CFC lyhenne tulee englanninkielisistä sanoista Chloro-Fluoro-Carbon. (Jokela 2026, 22.)

HCFC-kylmäaineet

Ovat osittain halogenoituja kloorifluorivetyjä. Esim. R22, HCFC-kylmäaineiden käyttö on kielletty uusissa kylmälaitteissa. Huollossa niitä oli sallittu käyttää vuoteen 2010 saakka ja tämän jälkeen talteen otettua ainetta sai käyttää vielä vuoteen 2015 asti. HCFC-lyhenne tulee englanninkielisistä sanoista Hydro-Chloro-Fluoro-Carbon. (Jokela 2026, 22.)

HFC-kylmäaineet

Ovat fluorivetyjä. Esim. R134a, R407C, R404A, R32 ja R410A. HFC-kylmäaineita saa käyttää sekä uusissa laitteissa ja myös huollossakin. HFC-kylmäaineiden käyttöä on ryhdytty rajoittamaan F-kaasusetuksella, koska niillä on korkea GWP-arvo. Huollossa tulee huomioida, että myöskin jätteenä HFC-aineet ovat vaarallista jätettä. HFC-lyhenne tulee englanninkielisistä sanoista Hydro-Fluoro-Carbon. (Jokela 2026, 22.)

HC-kylmäaineet

Ovat hiilivetyjä ja luonnonmukaisia kylmäaineita. Esim. isobutaani R600a ja propaani R290. HC-lyhenne tulee englanninkielisistä sanoista Hydro-Carbon. (Jokela 2026, 22.)

HFO-kylmäaineet

HFO-kylmäaineita ovat fluorihiiiolefiinit. Esim. R1234yf ja tätä käytetään uusimpien automallien ilmastointilaitteiden kylmäaineena sekä R1234ze ja tätä

puolestaan käytetään suurissa vedenjäähdyttimissä. Edellä mainittujen GWP-arvot ovat 0,501 ja 1,37. (Jokela 2026, 22.)

2.1.6 Maalämpökaivon / energiakaivon rakenne

Maalämpökaivo (energiakaivo) on kallioperään poraamalla tehty 100–350 metriä syvä reikä, ja sen sisään asennetaan lämmönkeruuputkisto. Pientaloissa tavallisin poraussyvyys on noin 100–250 metriä. Suuremmissa kohteissa, kuten isoissa liikekiinteistöissä tai kerrostaloissa, kaivo saatetaan porata peräti 400 metriin saakka. Silloin kun porausta ei ole mahdollista jatkaa niin syväälle, kuin olisi tarpeen, niin tällaisessa tapauksessa voidaan vaihtoehtoisesti porata useampia matalampia kaivoja rinnakkain. Kaivon rakenne koostuu porareian lisäksi keruuputkesta (koaksiaaliputki tai u-putki), suoja-putkesta ja lämmönsiirtonesteestä. Neste kerää kallioperän lämpöenergiaa sekä siirtää energian maalämpöpumpulle, joka puolestaan hyödyntää lämpöenergian kiinteistön ja käyttöveden lämmitykseen. Lukuun ottamatta suojakantta kaivosta ei näy pinnalle mitään, ja se toimii pitkään ilman huoltoa. (Puskala 2025; Thermia Finland Oy s.a.)

Itsessään maalämpökaivo, eli porattu reikä, on todella pitkäikäinen. Kun porattu reikä on tehty ammattitaitoisesti sekä asianmukaisesti syvyyskiinteään kallioon, voidaan itse reiän rakenteellista kestävyyttä pitää käytännössä ikuisena. Se ei lahoa, kulu tai vaadi huoltoa samoin kuin rakennuksen muut osat. Keruuputkiston käyttöiässä on avainasemassa laatu ja asennus. Maalämpökaivon toiminnallisessa käyttöiässä ratkaisevimmassa roolissa on keruuputkisto. Modernit, laadukkaat keruuputket valmistetaan tavallisesti polyeteenistä (PE) erityisesti PE 100RC- tai PE 100- laadusta. Kyseiset materiaalit ovat erittäin kestäviä, koska: 1. Ne eivät syövy tai ruostu. 2. Ne kestävät hyvin mekaanista rasitusta (mm. maaperän liikkeitä). 3. Ne sietävät lämmönkeruunesteen kemiallisia ominaisuuksia. Valmistajat antavat laadukkaille keruuputkille tavallisesti 50–100 vuoden teknisen käyttöiän. On olennaista huomata, että kyseinen arvio perustuu materiaalin kestävyteen optimaalisissa olosuhteissa sekä oikein asennettuna. Ensiarvoisen tärkeää onkin ammattitaitoinen asennus, jolla varmistetaan putkien oikeaoppinen sijoittelu kaivoon ja putkien eheys. (Kyrönlahden Porakaivo Oy s.a.)

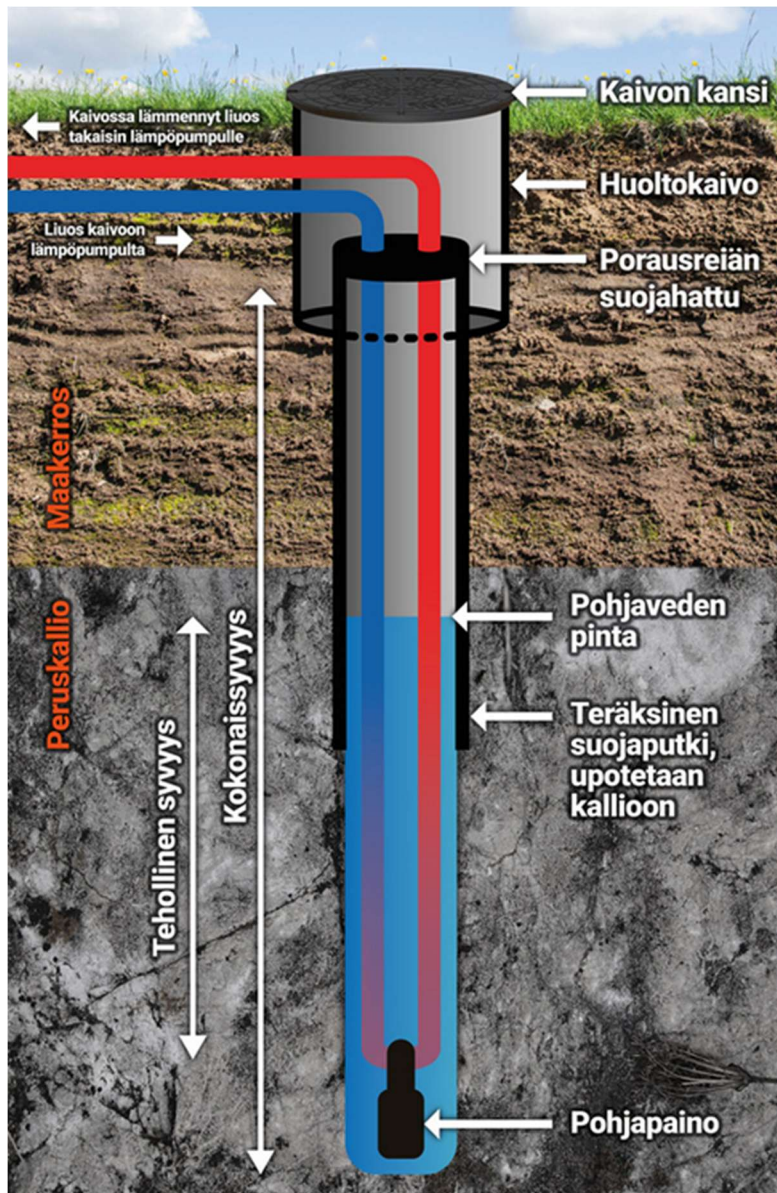
Kun verrataan maalämpöpumpun ja maalämpökaivon käyttöikä, niin on hyvä huomata, että maalämpöpumppu on maalämpökaivoon verrattuna mekaaninen ja elektroninen laite (sisältäen kompressorin, lämmönvaihtimet ja ohjaus-elektroniikan) sekä siinä missä muutkin mekaaniset ja elektroniset laitteet, myöskin maalämpöpumppu kuuluu käytössä, eli maalämpöpumpun käyttöikä on huomattavasti lyhyempi kuin maalämpökaivon. Tähän tietoon perustuen voimme todeta, että kun maalämpöpumppu tulee elinikänsä päähän, sen voi uusida ilman, että maalämpökaivoon tarvitsee koskea. Tämä on merkittävä etu, koska kaivon poraaminen on yksi maalämpöjärjestelmän suurista yksittäisistä kustannuseristä. Uuden pumpun asentaminen on siis huomattavasti nopeampaa ja edullisempää kuin koko maalämpöjärjestelmän uusiminen alusta alkaen. (Kyrönlahden Porakaivo Oy s.a.)

Maalämpökaivon keskeisiä osia siis ovat:

- Porareikä, joka on halkaisijaltaan tavallisesti n. 115–140 mm. reikä ja se ulottuu kiinteään kallioon asti.
- Suojaputki (pintaputki), joka on maaperän läpi kallioon saakka asennettava teräsputki, ja se estää vettä ja pintamaata valumasta kaivoon.
- Keruuputkisto (u-putki), joka on reikään upotettu muovinen (PEH) putkilenkki, ja siinä kiertää keruuneste. Keruuneste lämpenee kalliossa sekä siirtää lämmön pumpulle.
- Lämmönsiirtoneste, joka on jäätymätön neste ja kerää kallio-perän lämmön (n. +3–5 Celsiusta) sekä siirtää sen lämpöpumpulle.
- Pintakaivo / suojakansi: Kaivon suuaukko peitetään suojakanella tai huoltokaivolla, sekä se jää maanpinnan tasoon tai sen alle.

(Sotkamon Porakaivo Oy s.a.; Nibe Energy Systems Oy s.a.)

Maalämpökaivon rakennetta on kuvattu kuvassa 2.



Kuva 2. Maalämpökaivon rakenne (Miten maalämpökaivon poraus tapahtuu? s.a.)

2.1.7 Lupamenettelyt

Maalämmön asentaminen vaatii luvan. Maalämpöön siirryttäessä keskeisimpiä tarvittavia lupia ovat vesilain mukainen lupa sekä maankäyttö- ja rakennuslain mukainen toimenpidelupa. Tämän lisäksi kuntien on arvioitava omien määräyksiensä perusteella, että onko maalämpöjärjestelmän asentamiselle määritetty rajoituksia maalämmön toteuttamiseksi. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 13.)

Toimenpidelupa

Maalämmön hyödyntämiseen tarkoitettu lämpökaivon poraaminen on muuttunut luvanvaraiseksi ja maalämmön asentaminen vaatii siis toimenpideluvan 1. toukokuuta 2011 alkaen. Tämä luvanvaraisuus koskee myös vesistöön tai maaperään sijoitettavan lämmönkeruuputkiston asentamista. Kyseisen säädöksen muutos löytyy maankäyttö- ja rakennuslaista. (Valtioneuvosto 2011.)

Nykyään maalämpöjärjestelmän asentaminen kuuluu Suomessa Rakentamislakiin, ja se vaatii pääsääntöisesti luvan tai ilmoituksen rakennusvalvontaviranomaiselta. Kyseinen rakentamislaki on astunut voimaan 1.1.2025. (Ympäristöministeriö s.a.).

Tämän uudistuksen myötä lupakäytännöt ovat selkeytyneet ja yhtenäistyneet, mutta tarkoissa ohjeistuksissa voi olla yhä eroavaisuuksia kunnittain. Lupaikäytäntöjen yhtenäistymisen lisäksi päätöksellä ehkäistään myös toiminta- ja ympäristöongelmia. (Tarvitseeko maalämpöpumpulle rakennusluvan? 2025.)

Kun tarkastellaan maalämpöjärjestelmään siirtymistä luvan tarpeen ja tyyppinäkökulmasta, niin ensinnäkin on huomattava, että kun vaihdetaan lämmitysjärjestelmä maalämpöön olemassa olevaan rakennukseen, niin tarvitaan lähes aina toimenpidelupa. Tämän lisäksi yleisesti ottaen voidaan todeta, että keruuputkiston asentaminen maahan tai lämpökaivon poraaminen vaatii yleensä toimenpideluvan. Jos uudisrakennuksen toteutuksessa on tarkoitus hyödyntää maalämpöä, niin maalämpö sisällytetään rakennuslupahakemukseen. Kunnallisista eroista voidaan havaita, että joissakin kunnissa saattaa riittää toimenpideilmoitus, kun kyse on pienimuotoisesta hankkeesta, tosin lupa on varmempi vaihtoehto. (Tarvitseeko maalämpöpumpulle rakennusluvan? 2025.)

Kun puolestaan tarkastellaan maalämpöjärjestelmään siirtymistä maalämpöjärjestelmän sijoittamisen ja naapurin huomioimisen kannalta, niin on hyvä tiedostaa, että lämpökaivon poraaminen on toteutettava kaava-alueilla yleisesti ottaen minimissään viidentoistametrin etäisyydellä tontin rajasta tai kaava-alueiden ulkopuolella kolmenkymmenen metrin etäisyydellä tontin rajasta. Jos putkisto tai porauskaivo asetetaan alle 7,5 metrin etäisyydelle naapurin rajasta tai naapurin puolelle, edellytetään tällöin naapurin kirjallinen suostumus. Siinä tapauksessa, kun keruuputkisto ulottuu naapurin tontille, on

suositeltavaa laatia rasitesopimus maanmittauslaitoksen kanssa. (Tarvitseeko maalämpöpumpulle rakennusluvan? 2025.)

Vielä kun tarkastellaan maalämpöjärjestelmään siirtymistä niin, että siinä huomioidaan pohjavesi ja ympäristö, niin siinä tapauksessa, kun poraaminen tapahtuu tärkeällä pohjavesialueella voi lupakäsittely vaatia ympäristöviranomaisen lausunnon. Tämän lisäksi porausjätteen käsittely on organisoitava niin, ettei siitä koidu haittaa ympäristölle. (Mikkelin kaupunki 2022.)

Luvat pohjavesialueilla

Jos maalämpöjärjestelmät voivat vaikuttaa pohjavesiesiintymän antoisuuteen tai tilaan, vaaditaan pohjavesialueilla maalämpöjärjestelmälle vesilain (587/2011) mukainen lupa. Tarvittaessa kunta voi kysyä ELY-keskuksen mielihoidettua tai vaihtoehtoisesti vesilain mukainen luvan tarve siirretään ELY-keskuksen ratkaistavaksi. Vedenottamoiden tai vedenottamoiden lähialueiden läheisyys voi estää luvan saannin. Lähialueen rajana käsitetään olevan pohjaveden 60 vuorokauden viipymä vedenottamolle. Jos viipymä ei ole selvillä, ohjeellisena etäisyytenä voidaan pitää 500 metriä vedenottamosta. Suojaetäisyydellä pyritään mahdollistamaan lämmönkeruunesteeseen vuodon sattuessa tarvittavien toimenpiteiden suorittaminen ennen kuin se aiheuttaa vahinkoa talousveden käytölle. Ympäristösuojelulaissa (86/2000) todetaan, että pilaantuneen pohjaveden puhdistamisesta vastaa se, jonka toiminnan vuoksi pohjavesi on pilaantunut. (Juvonen & Lapinlampi 2013, 17–19, 28–29.)

Pohjavesialueella tulee ottaa vesinäyte pohjavedestä energiakaivon rakentamisen yhteydessä sekä se on dokumentoitava. Pohjavesinäytteitä ottavat monet eri organisaatiot Suomessa. Tavallisesti näytteenottajana toimii ympäristöhallinto, konsulttitoimisto ja joskus porausliikkeet. Toisinaan siis poraaja ottaa näytteen työn yhteydessä, etenkin jos kyseessä on pohjavesialue. Maalämpökaivon pohjavesinäytteenoton olennaiset dokumentit ovat näytteenottopöytäkirja (todentaa näytteenoton tekijän, ajankohdan ja olosuhteet) sekä laboratorion antamat pohjaveden analysointitulokset (laatuselvitys). (Juvonen & Lapinlampi 2013, 33; Rintala & Suokko 2008.)

2.1.8 Maalämpöpumpun sijoitus

Maalämpöpumpun sisäyksikkö on kooltaan noin täyskorkean jääkaappipakastimen kokoinen, eli käytännössä mitoiltaan: korkeus n. 180 cm, leveys n. 60 cm ja syvyys n.60 cm. Sisäyksikkö asennetaan yleensä pannuhuoneeseen, kodinhoitohuoneeseen tai kodin tekniseen tilaan. Sisäyksikön äänitason puolesta se voidaan sijoittaa lähes mihin tahansa, koska nykyiset maalämpöpumput ovat niin hiljaisia. Asennuksen vaivattomuuden kannalta on tosin suositeltavaa, että sijoitettavassa paikassa on valmiina viemäri-, vesi-, ja sähköliitännät. Kohderakennuksessa mielestäni paras sijoituspaikka sisäyksikölle on kodinhoitohuone, sillä siellä on tilaa ja tarvittavat liitännät mahdollisuudet. (Lämpöykkönen 2025.)

2.2 Aurinkosähkö

Auringon säteilyn sisältämä energiasisältö on merkittävän suuri ja aurinkovoima on yksi nopeimmin kehittyvistä ja kasvavista energiantuotantomuodoista maailmalla. Aurinkovoima on uusiutuva, puhdas ja miltei rajaton energianlähde, ja sen ympäristövaikutukset ovat varsin vähäiset. Muita aurinkoenergian etuja ovat edullisuus ja kilpailukyky (paneelien hinnat ovat laskeneet sekä aurinkoenergia on yhä kilpailukykyisempää), omavaraisuus (mahdollistaa energiakustannusten pienentämisen ja vähentää riippuvuutta muista energiantuotanto lähteistä) ja on monipuolinen (sopii niin pieniin koteihin, kuin suurin voimalaitoksiin). Laajemmin aurinkoenergia on auringon lämmön ja valon hyödyntämistä sähkön (aurinkosähkö) taikka lämmön tuottamiseen aurinkokeräimien ja/tai aurinkopaneelien avulla. Koska tavoitteena on joustava energiantuotto ympäri vuoden, niin kohderakennukseen ei ole tarkoituksenmukaista valita käyttöön aurinkokeräimiä. Nykypäivänä aurinkopaneelit, eli aurinkosähkö ovat aurinkokeräimiin verrattuna toimivampi vaihtoehto, koska ne tuottavat sähköä, joka on hyödynnettävissä monipuolisesti, aurinkosähköä voidaan käyttää lämpöpumppujen kanssa tai myydä verkkoon. Edellä mainittuihin perusteluihin pohjautuen valitsen kohderakennukseen aurinkoenergiamuodoksi vain aurinkosähkön ja tarkastelen opinnäytetyössäni jatkossa aurinkoenergiaa vain aurinkosähkön näkökulmasta. (Energiateollisuus s.a.)

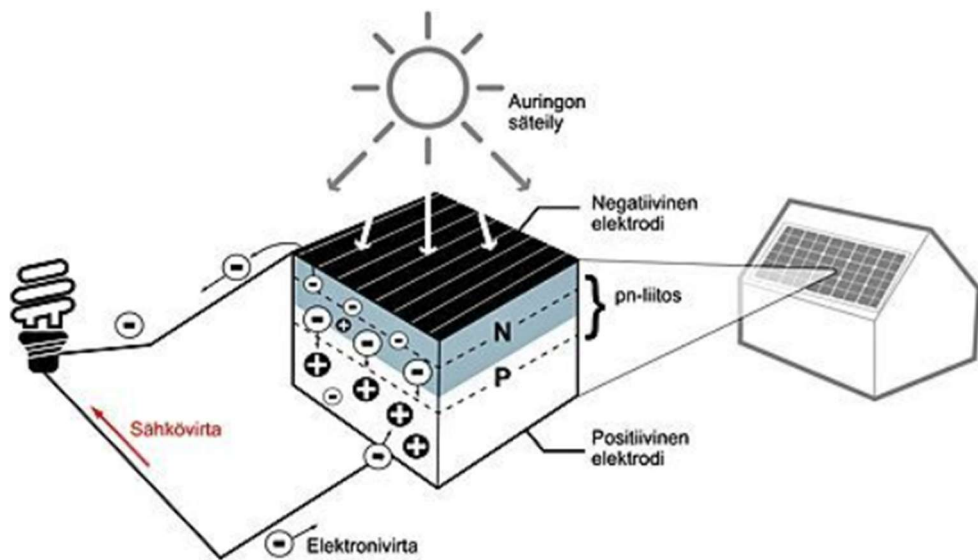
Suomessa aurinkosähkö ei pelkästään riitä lämmittämään asuinrakennusta, koska Suomessa on pitkä talvi. Tosin aurinkosähköä voidaan käyttää päälämmönlähteenä esimerkiksi kesämökeissä tai huviloissa. Pohjoisesta sijainnistaan huolimatta Suomessa on varsin hyvät olosuhteet aurinkosähkön tuottoon, vaikka pimeistä ja pitkistä talvista voisi päätellä toisin. Korkeat lämpötilat voivat mahdollisesti heikentää paneelien suorituskykyä, eli aurinkopaneelien toiminta on tehokkaampaa viileämmässä ilmastossa. Valoisat kesät ja pimeät talvet ovat Suomelle tyypillisiä, eli ne vaikuttavat myös siihen, minkä verran aurinko paistaa. Eniten aurinkoisia tunteja Suomessa on meri- ja rannikkoalueilla, joissa aurinko paistaa keskimääräisesti 1900 tuntia vuodessa. Määrää voidaan verrata Saksaan, ja Saksa on kärki maa aurinkoenergian tuotossa. Vähiten aurinko paistaa Suomessa Lapin itäosassa, tosin sielläkin saadaan auringonpaistetta suunnilleen 1300 tuntia vuodessa. Keski-Eurooppaan verrattuna auringon säteilyn määrä Suomessa vaihtelee enemmän, mutta viileämmästä ilmastosta johtuen Suomessa on parempi aurinkoenergian hyötysuhde. Energiateollisuuden tekemän Energiavuosi-raportin mukaan 0,8 prosenttia Suomen sähköntuotannosta katettiin aurinkovoimalla vuonna 2023. Vertailun vuoksi Ruotsissa vastaava prosentti osuus oli 2,4 prosenttia. (Vattenfall s.a.)

Kun Suomessa kesäaikaan aurinko paista enemmän, lämpöenergialle ei ole niinkään tarvetta rakennuksen lämmittämiseen. Periodi, jolloin auringon paistetta on riittävästi ja rakennuksen lämmittämiseen tarvitaan lämmitysenergiaa, on Suomessa varsin lyhyt. Suomessa aurinkolämmöllä onkin järkevintä lämmittää lämmintä käyttövettä, sillä sitä tarvitaan läpi vuoden.

2.2.1 Aurinkoenergian toimintaperiaate

Lyhyesti aurinkosähkö toimii niin, että auringon valoenergia muutetaan sähköksi. Tämä muutos tapahtuu aurinkosähkökennoissa. Syvemmin aurinkosähkön ja aurinkosähkökennojen toimintaperiaatteen selvittäminen tapahtuu asiaa useammasta eri näkökulmasta lähestymällä. Ensinnäkin auringonsäteily koostuu fotoneista, jotka vapauttavat puolijohdemateriaalin elektroneja fotonien osuessa puolijohdemateriaaliin. Säteilyn kyvykkyyttä irrottaa elektroneja kutsutaan valosähköiseksi ilmiöksi. Toiseksi nykyiset kaupalliset aurinkokennot,

eli ohutkalvokennot ja kiteiset piikennot on koottu kahdesta erityyppisestä puolijohdemateriaalista (n-tyyppi ja p-tyyppi). (Motiva s.a.)



Kuva 3. Pn-liitokseen perustuvan aurinkokennon toimintaperiaate (Motiva s.a.)

Puolijohteet käsitetään materiaaleina, joiden sähkönjohtokyky on parempi, kuin eristeiden, mutta huonompi, kuin metallien. Puolijohdemateriaalit aurinkokennoissa ovat saostettuja puolijohteita. N-tyyppin puolijohteisiin on saostettu alkuainetta, jolla on enemmän elektroneja, kuin puolijohteen muilla atomeilla. Puolestaan P-tyyppin puolijohteeseen on saostettu alkuainetta, jolla on vähemmän elektroneja, kuin puolijohteen muilla atomeilla. (Motiva s.a.)

Kun asetetaan vierekkäin n-tyyppin ja p-tyyppin puolijohteet, ylimääräiset n-puolen elektronit kulkeutuvat p-puolen aukkoihin. Kun elektronit siirtyvät n-puolelta p-puolelle kehittyä positiivinen varaus ja p-tyyppin puolijohteeseen puolestaan kehittyä negatiivinen varaus. Tämä siis tarkoittaa sitä, että elektronit toimivat negatiivisen varauksen kuljettajina, ja jättävät jälkeensä aukon, joka toimii täten positiivisen varauksen kuljettajana. Puolijohteen sähkönjohtavuus perustuu tämän vuoksi vapaiden elektronien ja aukkojen liikkeeseen. (Motiva s.a.)

Kuvassa 3 on kuvattu Pn-liitokseen perustuvan aurinkokennon toimintaperiaate.

Kennon sisällä syntyvässä sähkökentässä fotonilta energiaa saavat elektronit voivat siis kulkeutua vain p-puolelta n-puolelle, mistä ne ovat johdettavissa ulkoisen virtapiirin kautta takaisin p-puolelle. Aurinkosähköjärjestelmän elektronikan avulla ulkoisessa virtapiirissä kulkeva sähkövirta muutetaan muotoon, jossa sitä on mahdollista hyödyntää sähkölaitteissa tai missä sähköenergiaa voidaan varastoida akkuihin. (Motiva s.a.)

Edellä mainitun lisäksi on hyvä tiedostaa, että aurinkosähköteknologiaa on kolme eri sukupolvea. Ensimmäisen sukupolven aurinkokennoja ovat yksi- ja monikiteiset piikennot, sekä ne ovat kaupallisessa käytössä. Toisen sukupolven aurinkokennoja ovat ohutkalvoaurinkokennot. Ensimmäisen ja toisen sukupolven aurinkokennojen tekniikka perustuu valosähköilmiöön sekä puolijoh- teiden pn-liitosten aikaansaamaan sähkökenttään. Kolmannen sukupolven au- rinkokennot ovat toistaiseksi tutkimusasteella. Esimerkkeinä voidaan mainita nanokidekennot, kestäviin järjestelmiin kehitetyt aurinkokennot ja myös joustavat aurinkokennot. Joustavista aurinkokennoista on jo käytössä sovelluksia maailmalla. (Motiva s.a.)

2.2.2 Aurinkosähköjärjestelmän sijoitus

Aurinkopaneelien sijoittaminen on oleellinen seikka aurinkoenergian tehok- kaassa hyödyntämisessä. Oleellisimpia vaikuttavia seikkoja ovat kallistus- kulma vaakatasoon nähden, ilmansuunta (suuntaus), aurinkopaneelien likaantuminen ja varjostukset. Suomessa ihanteellinen kallistuskulma on yleisesti ot- taen 25–45 astetta vaakatasosta. Kesätuotannon kannalta loivempi kulma (esim. 15–25 astetta) voi olla parempi, kun taas jyrkempi kulma (yli 45 astetta) voi mahdollisesti auttaa syksyn ja kevään tuotossa sekä lumien putoamisessa. Suuntausvaihtoehtojen hyödyt ilmenevät seuraavassa: Etelä tuottaa parhaiten energiaa päivän aikana ja tekee suurimman kokonaistuoton vuodessa sekä sopii yleiskäyttöön. Itä on erinomainen vaihtoehto aamupäivän kulutukseen tuottaen siis sähköä auringonnoususta lähtien. Länsi on hyvä vaihtoehto illan ja iltapäivän kulutukseen tuottaen sähköä ilta-auringon aikaan. Itä-länsi suun- tauksessa paneelit jaetaan itään ja länteen ja tuottavat siis tasaisemmin koko päivän, ja tämä vaihtoehto voi olla taloudellisesti kannattava ratkaisu kulutuk- sen kohdistuessa eri aikoihin. Pohjoinen puolestaan ei ole suositeltava vaihto-

ehto, sillä pohjoissuuntaus tuottaa vain vähän energiaa. Suuntauksesta yhteenvetona voidaan todeta, että etelä suuntaus= maksimituotto, itä suuntaus= aamu, länsi suuntaus= ilta ja itä-länsi suuntaus= tasainen. (Scanoffice s.a.)

Aurinkopaneeleissa lian vaikutus tuottoon ja puhdistustarve sekä puhdistuskeinot ilmenee seuraavassa: 1. Siitepöly, pöly ja muu lika paneelien pinnalla heikentävät oleellisesti auringonvalon pääsyä kennoille sekä heikentää tuottoa. 2. Puhdistustarvetta arvioitaessa säännöllinen tarkistus on suositeltavaa. Varsinkin pölyisessä ympäristössä tai puiden alla sijaitsevat paneelit voivat mahdollisesti vaatia pesua. 3. Puhdistusmenetelmänä tulee suosia paneelien puhdistukseen vettä sekä tarvittaessa alumiinille sopivia pesuaineita (happamia aineita on vältettävä). Myöskään kuivunutta likaa ei tule hangata, jottei paneelisiin tule mikronaarmuja. (Kuinka huoltaa aurinkopaneelit oikein? 2024.)

Kohderakennuksessa hieman varjostuksia aiheuttavat puut, mutta ne ovat naapurin puolella, niin niihin ei voi vaikuttaa, paitsi kadun puolella on puita, niin jo siitä syystä aurinkopaneelit ovat järkevintä sijoittaa rannan puolelle, jotta vältetään paneelien likaantumista. Rannan puolen talon pitkä lape on siis lounaasta muutama aste länteen, joten aurinkopaneelit keräävät energiaa tällöin parhaiten iltapäivästä ja illasta. Ennen kuin aurinkopaneeleita asennetaan katolle, on syytä varmistua, että katon kunto on riittävä, koska paneelien käyttöikä on pitkä (noin 30–40 vuotta). Katto on siis alkuperäinen tiilikatto, johon on tehty pinnoitus kesällä 2024. Tiilikaton käyttöikä on tyypillisesti 50–70 vuotta, mutta laadukkaalla huollolla se voi venyä jopa yli sataan vuoteen. Jos oletetaan, että tehdyllä tiilikaton pinnoituksella katon ikää on pidennetty 80 vuotiaaksi, niin silloinkin nyt asennetut aurinkopaneelit tulisivat käyttöikänsä päähän, ennen kuin tulisi tarve uusialue katto. Talo on siis rakennettu 1988, joten katolla on nyt ikää $2026-1988=38$ vuotta ja jos paneelit asennettaisiin tänä vuonna, niin aurinkopaneelien pisimmällä käyttöiällä katto olisi 78 vuotta vanha ($38+40=78$) ja on siis alle hyvin huolletun tiilikaton käyttöiän (esim. 80 vuotta).

Aurinkosähköjärjestelmään kuuluu aurinkopaneelien lisäksi myös akusto, älyohjain ja invertteri, sekä koska kyseiseen aurinkosähköjärjestelmään on

suunniteltu toteutettavaksi myös akusto, niin invertterin tulee olla hybridi-invertteri. Akusto aurinkosähköjärjestelmään hankitaan siis siitä syystä, että halutaan hyödyntää aurinkovoimaa silloin, kun aurinko ei paista.

Invertteri tarvitaan siksi, että tasavirta (DC) voidaan muuttaa vaihtovirraksi (AC), eli koska aurinkopaneelit tuottavat tasavirtaa (DC), mutta kodin sähkölaitteet ja sähköverkko (myös kohteeseen toteutettavaksi tarkoitettu maalämpöpumppu) toimii vaihtovirralla (AC). Toisin sanoen invertteri muuntaa paneelien DC-sähkön kodin laitteille sopivaksi 230 voltin AC-sähköksi. Toinen tärkeä syy, miksi aurinkosähköjärjestelmä vaatii invertterin on se, että saadaan optimaalinen tehon hallinta (MPPT), eli invertteri optimoi aurinkopaneelien tuoton etsien jatkuvasti parhaan mahdollisen toimintapisteen (Maximum Power Point Tracking, MPPT). Kolmas tärkeä syy, miksi aurinkosähköjärjestelmä vaatii invertterin, on sähköverkkosynkronointi, eli invertteri sovittaa verkkoon kytketyissä järjestelmissä tuotetun sähkön taajuuden ja jännitteen sähköverkon vaatimuksiin. Neljäs syy miksi aurinkosähköjärjestelmä vaatii invertterin on turvallisuus ja ylläpito, eli invertteri seuraa järjestelmän toimintaa ja lopettaa sähkön syötön paneeleilta esim. sähkökatkon aikana, ja tämä on välttämätöntä turvallisuuden kannalta. Syy miksi kohderakennukseen aurinkosähköjärjestelmään tarvitaan nimenomaan hybridi-invertteri on siinä, että perinteisen invertterin lisäksi hybridi-invertteri hoitaa myös akkujen latauksen sekä purkamisen ja myös tarjoaa varavirran. (Aurinkopaneelien invertterin sijoitus 2025.)

Aurinkopaneelijärjestelmän älyohjain (toisin sanoen älykäs energianhallintajärjestelmä) on ohjelmisto tai laite, joka maksimoi omavaraisuusasteen, optimoi tuotetun sähkön käytön ja laskee sähkölaskuja ohjaten kodin laitteita automaattisesti. Älyohjaimen keskeiset toiminnot ja hyödyt: 1. Automaattinen ohjaus. Järjestelmä kytkee suuret sähkönsyöjät (kuten sähköauton laturin, maalämpöpumpun tai lämminvesivaraajan) päälle auringon paistaessa ja kun tuotto on korkeimmillaan. 2. Reaaliaikainen seuranta eli näet kulutuksen ja tuotannon reaaliajassa älypuhelinsovelluksesta. 3. Spot-hintaoptimointi: Älyohjaimet kuten Vihreä Älyenergia tai Oma Watti- sovellus voivat käyttää pörssisähkön hintoja, ladata akustoa tai hyödyntää laitteita, silloin kun sähkö on halvinta. 4. Akuston ohjaus: Älyohjattu akusto kerää ja varastoi päivällä tuotetun ylijäämäsähkön sekä purkaa sen illalla silloin, kun aurinko ei paista ja kulutus on suurta. (Harjawa Oy 2025; Elisa Oyj 2024.)

Akuston hybridi-invertterin ja älyohjaimen fyysisessä sijoittamisessa tulee huomioida ja varmistaa ensisijaisesti laitteiden pitkäikäisyys, huollettavuus ja turvallisuus. Ihanteellinen paikka on viileä, kuiva ja suojattu tila, joka on sähköpääkeskuksen läheisyydessä. Asennuksessa vaikuttavat avaintekijät ovat: 1. Ilmanvaihto ja välykset, eli koska invertteri tuottaa lämpöä, tulee sen ympärille jättää riittävästi tilaa (minimissään 15–20 cm) ilmakierrolle. Myös akuston ympärille tulee jättää riittävästi tilaa (myös minimissään 15–20 cm) ilmakierrolle. 2. Asennusasento niin hybridi-invertterille, kuin akustolle: Asennettava pystyasentoon tukevalle ja palamattomalle seinälle. 3. Korkeus: Sekä hybridi-invertteri että akusto tulee asentaa silmien korkeudelle (0,5–2 metriä lattiasta) seurannan ja huollon helpottamiseksi. 4. Älyohjain/Mittari: Älykäs energiamittari liitetään pääkeskukseen tai heti sen jälkeen, jotta voidaan mitata koko kiinteistön syöttöä.

Kohderakennuksessa akuston, älyohjaimen ja hybridi-invertterin sijoituspaikka vaihtoehtoja ovat kodinhoituhuone, lämminvesivaraajan tila, eteinen tai autotalli, mutta koska kodinhoituhuoneeseen on jo suunniteltu toteutettavaksi maalämpöpumpun sisäyksikkö, ei siellä ole enää tilaa aurinkosähköjärjestelmän akustolle, hybridi-invertterille tai älyohjaimelle. Lämminvesivaraajan tilassa ja eteisessä ei myöskään ole tilaa edellä mainituille komponenteille, joten vaihtoehdoksi asentamiselle jää autotalli, joka ei olekaan huono vaihtoehto, sillä siellä on riittävästi tilaa, asennus voidaan tehdä palamattomalle seinälle pystyasennossa, on viileä ja kaapelointikin on varsin helposti toteutettavissa. (Goinggreenrenewables s.a.; Enertik s.a.; Aurinkopaneelien invertterin sijoitus 2025.)

Asennusprosessissa on muistettava, että aurinkosähköjärjestelmän asennus on suositeltavaa jättää ammattilaisille, sillä he vastaavat myös kytkennöistä ja luvista. Aurinkosähköjärjestelmän asennuksessa on kuitenkin kyse pitkäaikaisesta ja turvallisuuden kannalta kriittisestä investoinnista. Koska kohderakennukseen on kaavailtu asennettavaksi aurinkopaneelit rannan puoleiselle talon pitkälle lappeelle (joka siis suuntaukseltaan lounaasta muutama aste länteen), niin katon kallistuskulma on tiedossa ja se on noin 17 astetta. Ei ole siis tarkoituksenmukaista tehdä aurinkopaneelien asennusta katon nykyistä kallistuskulmaa jyrkemmäksi, sillä jyrkemmällä asennuskulmalla hyöty aurinkosähkön

tuotossa jää varsin pieneksi. Kiinnikkeiden ja kiskojen asennuksessa on huolehdittava siitä, että katteen vesitiiviys säilyy. Sähköasentaja tekee paneelien kytkennän, aurinkosähköjärjestelmän kaapeloinnin sekä hoitaa turvakytkimen asennuksen ja myös tarkistaa järjestelmän toimivuuden. (Aurinkopaneelien asennus mielessä – mistä liikkeelle? 2024; Myllylä 2025.)

2.3 Vaipan lämpöhäviöiden pienentäminen

Vaipan lämpöhäviöitä voidaan parantaa eristyksen parantamisella, eli lisäeristyksellä ja/tai ilmatiiveyttä parantamalla sekä ja/tai uusimalla ikkunat ja ovet. Lisäeristys voidaan tehdä yläpohjaan, ulkoseiniin tai alapohjaan/sokkeliin. Koska kohderakennus on kuorimuurattulohkotiiliomakotitalo, niin lisäeristystä ulkoseiniin ei voida kustannustehokkaasti toteuttaa. Myös alapohjaa/sokkelia koskevia muutoksia ei voida kustannustehokkaasti toteuttaa, sillä kohteessa on maanvastainen betonilaatta. Kohteessa on yläpohjaan tehty lisäeristys vuonna 2022, joten yläpohjan lisäeristys ei ole tarpeen ja näin ollen lisäeristystä ei ole tarkoituksenmukaista ja relevanttia tehdä kohteeseen. (Enertech Solutions LTD 2024.)

2.3.1 Ikkunoiden ja ovien uusiminen

Kohteessaärkevin tapa vaipan lämpöhäviöiden parantamiseksi on ikkunoiden ja ovien nykyaikaistaminen, koska ikkunoilla ja ovilla on ikää 38 vuotta, niin ne ovat, jos nyt ei täysin käyttöikänsä päässä, niin ainakin lähellä käyttöikänsä loppua. U-arvot ikkunoissa ja ovissa ovat parantuneet merkittävästi vuosien saatossa. Uusimalla ikkunat ja ovet, ei pelkästään paranneta energiatehokkuutta, vaan myös parannetaan asumismukavuutta, sillä ikkunoiden ja ovien nykyaikaistaminen vähentää vedon tunnetta kohteessa, parantaa sisäilman laatua vähentäen epäpuhtauksien pääsyä sisään, parantaa äänieristystä, lisää turvallisuutta ja kohentaa talon ulkonäköä. Uudet tiiviimmät ovet ja ikkunat vähentävät lämmitystarvetta 5–20 %. Koska ikkuna- ja oviremontti parantaa kohteen yleisilmettä ja houkuttelevuutta, niin remontti voi nostaa kohteen arvoa. On muistettava, että modernit lukitusjärjestelmät ikkunoissa ja ovissa lisäävät myös kohteen turvallisuutta. (Virtanen 2024; Ikkunaremontti opas – Ikkuna ja oviremonttien suunnittelu ja toteutus s.a.; Ikkunaremontti asuntosijoittajan silmin: Miksi, milloin ja miten? s.a.)

Ikkunat ovat rakennuksen vaipan heikoin osa energiatehokkuuden ja lämmöneristyksen kannalta. Ikkunoiden lisäksi myös ovet ovat perinteisesti merkittävästi heikompia lämmöneristäjiä kuin katto, seinät tai alapohja. Ikkunoiden kautta muodostuu jopa 15–30 % kiinteistön lämpöhäviöstä. Seiniin verrattuna ikkunoiden U-arvot ovat yleisesti ottaen huomattavasti korkeampia, eli mitä pienempi U-arvo on, niin sitä parempi on eristyskyky. Myöskin kylmyys heikosti eristävässä ikkunapinnassa voi mahdollisesti aiheuttaa ikkunan alareunaan kosteuden tiivistymistä silloin, kun lämmin sisäilma kohtaa viileän pinnan. (Hemmilä ym. 2017; Ympäristöministeriö 2014.)

2.3.2 Tiiveyden parantaminen

Rakennuksen tiiveydellä tarkoitetaan sen kykyä estää ilman hallitsematonta vuotamista ulos ja sisään. Rakennuksen tiiveys on tärkeää tässä tapauksessa erityisesti energiatehokkuuden kannalta, koska halutaan minimoida hallitsematon ilmanvaihto, supistaa lämmityskustannuksia sekä parantaa modernin ilmanvaihtojärjestelmän toimivuutta.

Lämpökamerakuvaus on ainetta rikkomaton menetelmä, ja sillä voidaan arvioida rakenteiden, rakennusten ja rakennusmateriaalien laatua, toimivuutta ja kuntoa, sekä näin ollen todentaa rakennusten tiiveyttä. Se soveltuu energiatehokkuuden arviointiin, korjausten laadunvarmistukseen, eristeiden tarkastamiseen sekä kiinteistökaupan jälkeisiin epäilyihin. Koska rakennuksen ilmatiiviys vaikuttaa energiatehokkuuteen, niin tässä tapauksessa lämpökamerakuvausten tavoitteena oli saada arvio rakennuksen tiiveydestä. Kuvauksen pyrkimyksenä oli löytää rakenteista kylmiä alueita, joihin voitaisiin tarvittaessa tehdä parannusehdotuksia. (Lämpökamerakuvaus s.a.)

Ilmantiiveys voidaan määritellä lämpökamerakuvauksella ja näin saadaan selville ilmanvuotokohdat sekä kylmäsilat. Rakennuksen tavallisimmat vuotokohdat on esitetty kuvassa 4. Rakennuksen hyvällä ilmanpitävyydellä kyetään parantamaan huomattavasti rakennuksen energiatehokkuutta. Hyvä ilmanpitävyys parantaa rakennuksen kosteusfysikaalista käyttäytymistä paikoissa, joissa sisäilma yrittää virrata rakenteiden läpi tai rakennetta jäähdyttävä ul-

koilma saa aikaan kosteuden tiivistymisriskin. Vuotoilman suuruudella on olennainen merkitys rakennuksen lämmöntarpeeseen. Huono ilmanpitävyys lisää siis lämmityksen tarvetta. (Rakennusvalvonta Oulu 2013.)



n. 30 %
ikkuna- ja oviliittymien
kautta

n. 30 %
ulkoseinän ja yläpohjan
liittymän kautta

n. 5 %
ulkoseinän nurkka-alueen
kautta

n. 5–50 %
ulkoseinän ja lattian
liittymän kautta

Kuva 4. Tavallisimmat vuotokohdat talossa (Energiakorjaus.info 2013.)

Ilmatiiveyden parantaminen voisi olla toteutettavissa korjaamalla höyrysulkujen tiiveyttä, ikkunoiden ja ovien tiivisteitä ja/tai läpivientien tiiveyttä parantamalla, mutta koska ei ole mitään syytä epäillä, etteivätkö kohteessa höyrysulut olisi kunnossa, sekä läpivientejäkään ei juurikaan ole, niin ilmatiiveyden parantamiseksi ei ole tarvetta toimenpiteille. Ikkunoiden ja ovien tiivistäminen voisi tulla kysymykseen, mutta koska kohteeseen on suunniteltu toteutettavaksi ikkunoiden ja ovien nykyaikaistaminen, niin ikkunoiden ja ovien ilmatiiveyden parantaminen ei ole myöskään tarpeen. (Enertech Solutions LTD 2024.)

2.4 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla

Koneellinen tulo-poistojärjestelmä ja LTO eivät ole sama asia, vaan tulo- ja poistoilmalla tarkoitetaan yleisesti ottaen perusilmanvaihtojärjestelmää, jossa ilma tulee rakennukseen ja poistuu rakennuksesta (usein koneellisesti), kun taas lämmöntalteenotto (LTO) on lisätoiminto, jossa poistoilmasta talteen otettu lämpö siirretään tuloilmaan lämmitysenergian säästämiseksi. (Talotekniikkainfo s.a.)

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla alkoi yleistyä 1980-luvulla. Nykyisten rakennusten energiatehokkuusmääräysten seurauksena uusissa taloissa kyseinen järjestelmä on miltei poikkeuksetta. (HSY s.a.)

Tulo-poistoilmanvaihdossa ulkoa tuodaan puhaltimella suodatettua raitista ilmaa koneellisesti rakennukseen ja käytetty ilma poistetaan puhaltimella koneellisesti. Kun puhutaan koneellisesta tulo- ja poistoilmanvaihdosta LTO:lla edellä kuvatussa tulo-poistoilmanvaihdossa on lisätoimintona lämmöntalteenotto (eli LTO). Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon LTO:lla toimintaperiaatetta kuvattaessa voidaankin tunnistaa neljä eri vaikuttavaa osatekijää:

1. Poistoilman keruu
2. Lämmöntalteenotto
3. Tuloilman jakelu
4. Tasapainoinen ilmanvaihto.

Poistoilman keruu tapahtuu niin, että koneellinen poistoilmanvaihto poistaa sisäilmaa kylpyhuoneista, keittiöstä ja muista kosteista tiloista, ja niistä se johdetaan ilmanvaihtokoneelle.

Lämmöntalteenotto tapahtuu niin, että IV-koneen LTO kerää poistoilmasta lämpöenergiaa. Lämmityskaudella tämä talteen otettu lämpö siirretään suodatettuun ulkoilmaan. Kun ulkoilma on valmiiksi lämmitettyä, säästetään näin lämmityskustannuksissa.

Tuloilman jakelussa suodatettu ja lämmitetty tuloilma puhalletaan koneellisesti huoneiston oleskelutiloihin, kuten makuuhuoneisiin ja olohuoneisiin.

Tasapainoinen ilmanvaihto tarkoittaa, että tulo- ja poistoilman määrä pyritään pitämään lähes samansuuruisina, ja näin estetään haitallinen ylipaineen tai alipaineen muodostuminen rakennukseen. (Talotekniikkainfo 2021.)

Lämmön talteenotto (LTO) on tavallisimmin toteutettu ristivirta- ja vastavirtalämmönsiirtimillä. Jos poistoilman laatu sallii, niin on mahdollista käyttää myös pyörivää lämmönsiirintä. Lämmöntalteenotto on mukana lähes kaikissa tavanomaisissa ilmentäkäsittelykoneissa. Laitetyyppiä valittaessa vaikuttaa oleellisesti lämpöä luovuttavan poistoilman puhtaus ja välillä myös kosteus. Toisinaan myös tarve ottaa talteen poistoilman kosteutta vaikuttaa myös laitetyypin valintaan. Yleisimmät LTO-tavat ovat:

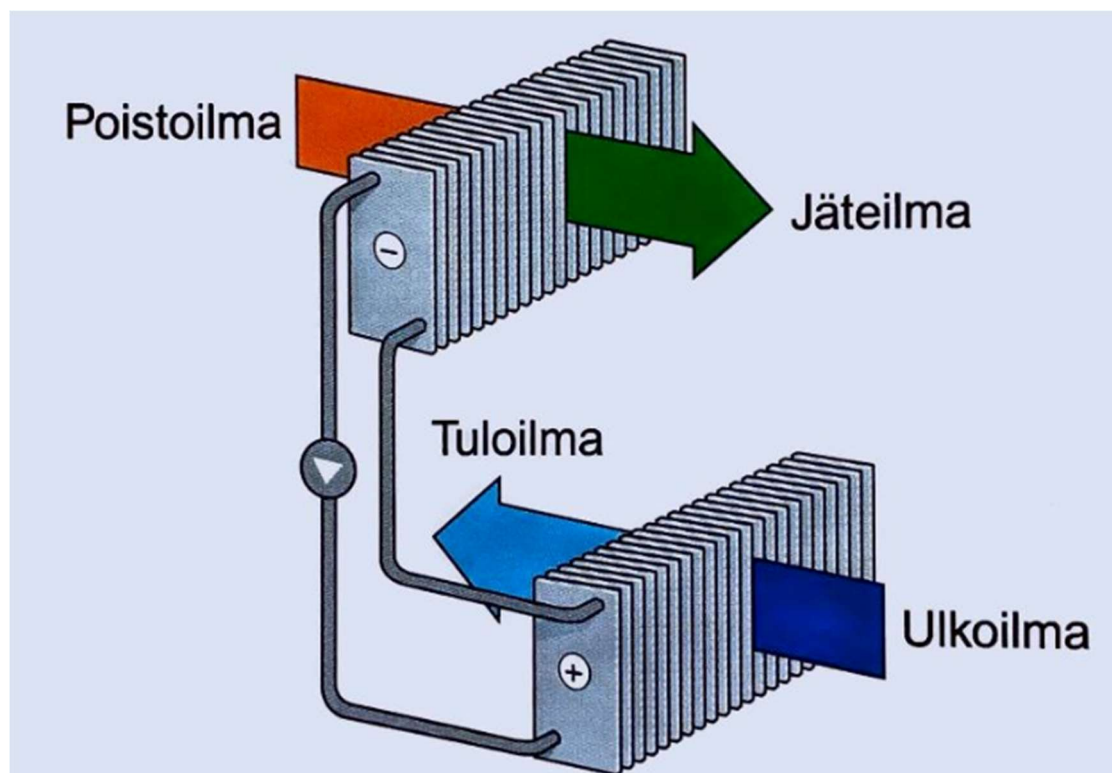
- 1.) Epäsuora LTO.
- 2.) Regeneratiivinen, eli pyörivä lämmönsiirrin LTO.
- 3.) Rekuperatiivinen LTO, eli levylämmönsiirrin.

Jokaisella LTO-järjestelmän ratkaisulla on omat huonot ja hyvät puolensa, ja nämä tulee ottaa huomioon lämmöntalteenottolaitteen valinnassa. (Sandberg 2016, 178–187.)

2.4.1 Lämmönsiirtimet

Nestekiertoinen lämmöntalteenotto, eli epäsuora LTO

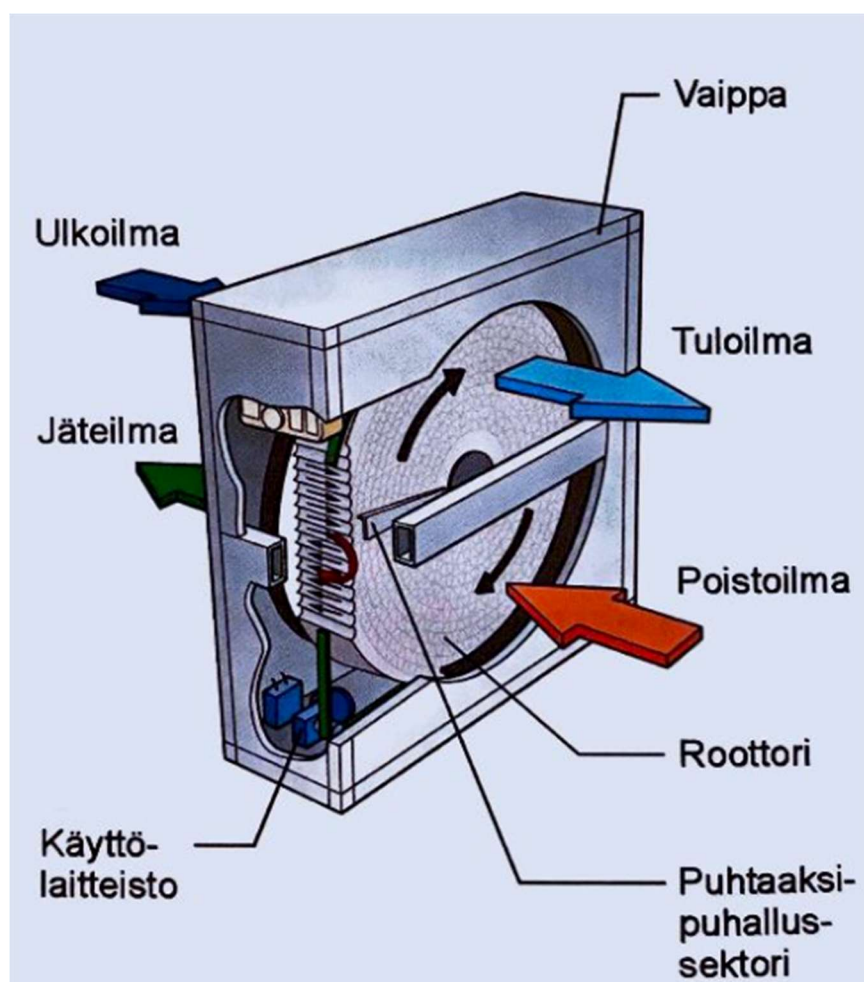
Epäsuorassa LTO:ssa, jossa tuloilma ja poistoilma eivät voi joutua tekemisiin toistensa kanssa, käytetään lämmönsiirrossa nestekiertoista lämmöntalteenottoa. Tämä LTO tapa on sallittu kaikissa rakennuksissa. Tämä on käytännössä ainoa vaihtoehto kohteissa, joissa poisto- ja tuloilmakoneet on sijoitettu toisiinsa erilleen. Kyseisessä LTO-tavassa lämpö siirtyy poistoilmasta tuloilmaan tavallisimmin vesi-glykoliseoksen avulla, joka on siis jäätymätön väliaine, kuten kuvassa 5 havaitaan. (Sandberg 2016, 184–186). Nestekiertoisen lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde on 40–60 %. (Tasauslaskentaopas 2018, 28.)



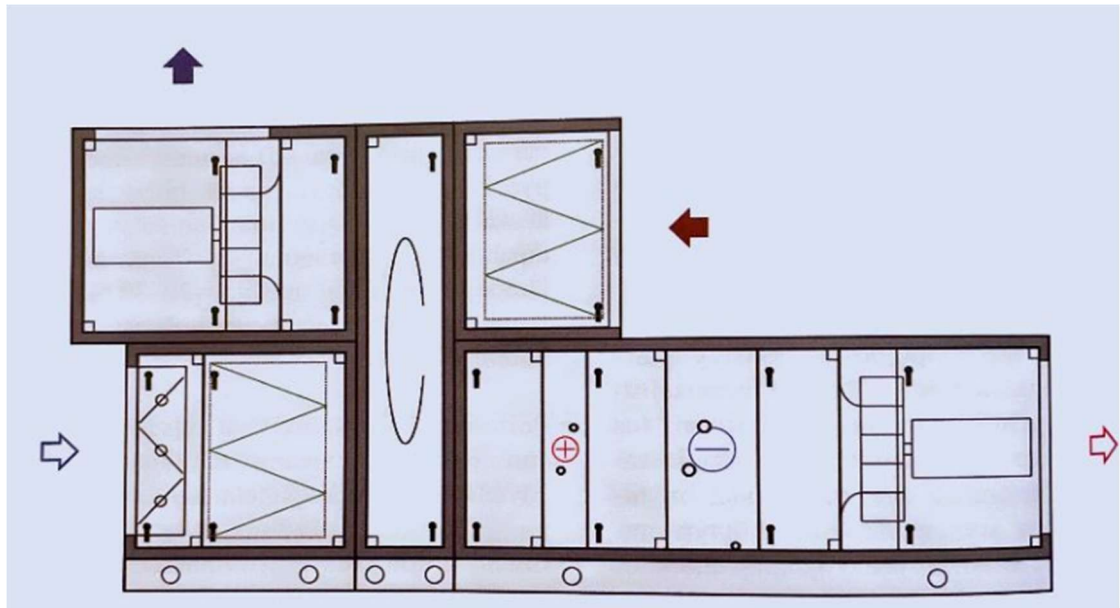
Kuva 5. Nestekiertoinen lämmöntalteenotto (Sandberg 2016, 184)

Regeneratiivinen LTO, eli pyörivä lämmönsiirrin

Tämä LTO-tyyppi sopii vain huoneistokohtaisiin järjestelmiin tai kun poistoilma on luokkaa 1 eli puhtainta. Lämmönsiirrin ei voi (ei-hygroskooppinen kenno) tai voi (hygroskooppinen LTO-kenno) siirtää lämmön ohella myös kosteutta. Koko ilmankäsittelykoneen tai LTO-laitteen painesuhteet tulee suunnitella siten, että epäpuhtauksia ei etene laitteen liitosten tai toisten epätiiviyiskohtien välityksellä poistoilmasta tuloilmaan. Kuvassa 6 on havainnollistettu pyörivän lämmönsiirtimen toimintaperiaate sekä kuvassa 7 on kuvattu pyörivä lämmönsiirrin ilmankäsittelykoneessa. On tärkeää, että LTO-laitteen tuloilmapuoli on siis poistoilmapuoleen nähden kauttaaltaan ylipaineinen. (Sandberg, 178–180). Regeneratiivisen lämmönsiirtimen vuosihyötysuhde on 60–80 %. (Tasauslaskentaopas 2018, 28)



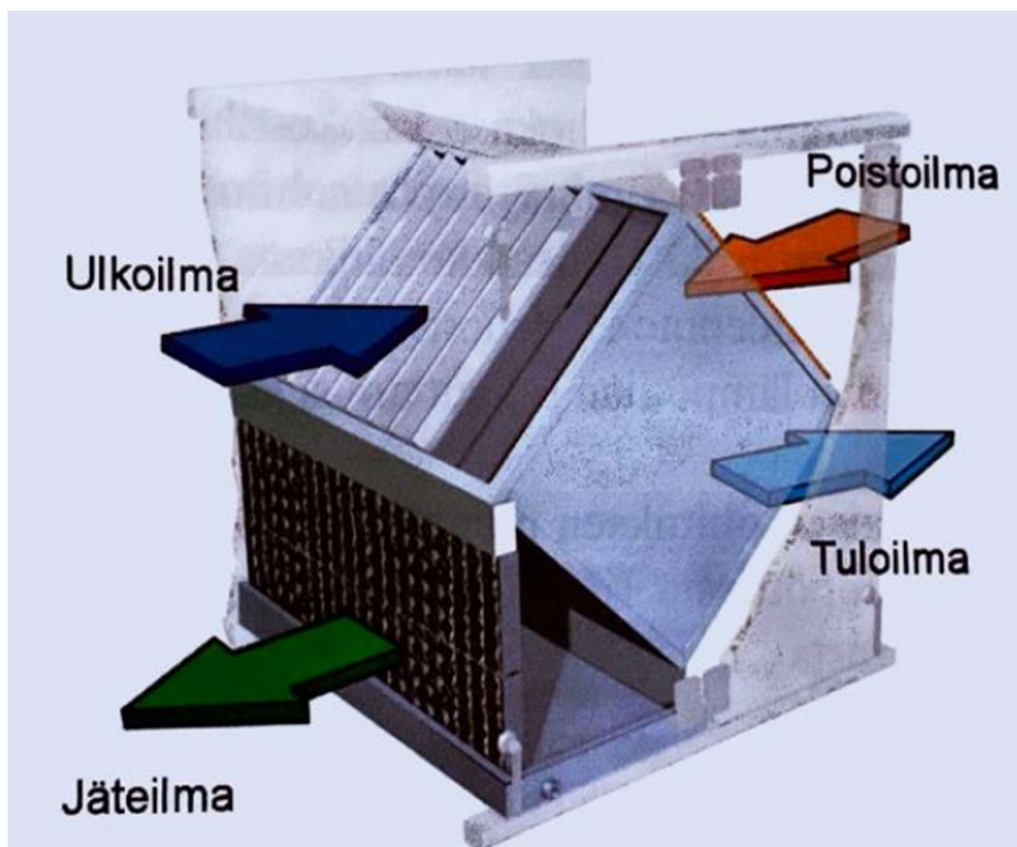
Kuva 6. Pyörivä lämmönsiirrin (Sandberg 2016, 178)



Kuva 7. Pyörivä lämmönsiirrin (keskellä) ilmapöytäilmoitelykoneessa (Sandberg 2016,180)

Rekuperatiivinen LTO, eli levylämmönsiirrin

Rekuperatiivinen LTO, eli levylämmönsiirrin on tyypillisesti ristivirta- tai vastavirtalämmönsiirrin ja siirtimet ovat tavallisesti yhdellä, joskus kahdella kennolla. Kuvassa 8 on kuvattu ristivirtalevyllämmönsiirrin. Tämä soveltuu poistoilmaluokkiin 1...3 ja luokassa 3 tuloilmapuolen tulisi olla kauttaaltaan ylipaineinen verrattuna poistoilmapuoleen. Puhtaammissa luokissa on riittävä, että tuloilma on keskimääräisesti ylipaineinen. (Sandberg 2016, 180–183). Ristivirtalevyllämmönsiirtimen vuosihyötysuhde on 50–70 %. Vastavirtalevyllämmönsiirtimen vuosihyötysuhde on 60–80 %.(Tasauslaskentaopas 2018, 28.)



Kuva 8. Ristivirtalevyllämmönsiirrin (Sandberg 2016,181)

2.4.2 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla sijoitus

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon LTO:lla sijoittamisessa on huomioitava huollettavuus, meluntorjunta, kanavien pituus ja kosteuden hallinta.

Oleellista sijoittelussa on: 1.) Ilmanvaihtokoneen (IV-kone) sijoitus: a) Kone tulee asentaa lämpimään (yli +15 Celsiusta) tilaan, ettei koneen sisälle kondensoidu vettä ja jotta lämmöntalteenotto toimii tehokkaasti. b) Huollettavuuden kannalta on tärkeää, että kone sijoitetaan paikkaan, jossa suodattimien huolto ja vaihto on helppoa, eli on huomioitava riittävästi tilaa koneen ympärillä. c) Äänieristyksen kannalta on oleellista, että tulee välttää koneen sijoittamista makuuhuoneiden seinän taakse. Hyviä vaihtoehtoja ovat tekninen tila, kodinhoituhuone, ullakko (eristettynä) tai varasto. d) Viemäroinnissä on huomioitava, että kondenssivesiputken voi liittää viemäriin. 2.) Ilmakanavien sijoitus ja kanavisto: a) Eristyksessä on huomioitava, että kaikki kylmässä tilassa kulkevat kanavat on eristettävä erittäin huolellisesti lämpöhäviöiden ja kondenssiveden välttämiseksi. b) Koossa on huomioitava, että on pyritty mahdollisimman suoriin ja lyhyisiin kanavavetoihin painehäviöiden minimoimiseksi. c) Sijoituk-

nessä on hyvä tiedostaa, että kanavat sijoitetaan usein alaslaskettuihin kattoihin, koteloihin taikka yläpohjan eristekerrokseen. 3.) Tulo- ja poistoilmaventtiilien sijoitus: a) Tuloilma (raitis ilma) tulee sijoittaa oleskelutiloihin, kuten olohuoneeseen tai makuuhuoneisiin. Tuloilmaventtiili tulee asentaa usein lähelle katonrajaa tai ikkunaa niin, että ilma kulkee oleskelualueen läpi. b) Poistoilma (kosteaa/likainen ilma) tulee sijoittaa ”märkiin” tiloihin ja keittiöön: sauna, kylpyhuone, vaatehuone, WC ja keittiö. c) Sijoitteluperiaatteessa on huomioitava, että ilma virtaa puhtaista tiloista likaisempiin, eli ovissa on tarpeellista olla riittävät siirtoilmaraot. 4.) Ulkoilma- ja jäteilmayhteet (ulkoseinä/katto): a) Raitisilmantuotto tulee sijoittaa varjoisalle puolelle, ei kylpyhuoneen tai keittiön poistoilman lähelle, jottei likainen ilma kierry takaisin sisään. b) Jäteilmaputki tulee johtaa ulos katolle tai seinään sekä se tulee olla eristetty. (Lämmön talteenotossa huomioitava koko rakennus 2020 ; Korvausilmaventtiilien asennus ja sijoittelu s.a.)

2.5 LVI kalusteiden vaikutus veden kulutukseen

E-luvun laskennassa lämpimän käyttöveden kulutus on osa vakioitua käyttöä, joten LVI-kalusteiden vedenkulutuksella ei ole suoraa vaikutusta E-lukuun vakioventtiiliä lukuun ottamatta. Tässä työssä halutaan kuitenkin keskittyä myös LVI-kalusteiden vedenkulutukseen yhtenä ratkaisuna todellisen energiankulutuksen pienentämisessä. Nykyaikaiset mallit vesikalusteissa voivat kuluttaa jopa 30-50 % vähemmän vettä, kuin vastaavat vanhat mallit. Nykyaikainen yksiotehana kuluttaa vanhaan kaksiotehanaan verrattuna 10 % vähemmän vettä. (Motiva Oy s.a.) Kaksiotehanassa huomattava osa veden kulutuksesta on hukkajuoksutusta, koska vettä joutuu juoksettamaan turhaan oikean veden lämpötilan löytämiseksi.

Nykyaikaisissa hana- ja suihkutyypeissä on useita vettä säästäviä ratkaisuja. Esimerkiksi Oraksella on Oras Hydractiva Digital – käsisuihku, jonka digitaaliset näytöt mahdollistavat reaaliaikaisen käyttäjäpalautteen. Sisäänrakennettu näyttö mahdollistaa veden- ja energiankulutuksen seurannan reaaliajassa ja näin ollen käyttäjä voi muodostaa säästävempiä rutiineja arkeensa. Oraksen hanoissa on myös ekonappi-toiminto, joka rajoittaa virtaamaa. Markkinoilla on myös kosketusvapaita hanoja, jotka minimoivat hukkajuoksutusta. Vettä tulee

vain silloin, kun kädet ovat hanan alla ja veden tulo katkeaa, kun sisäänrakennetut sensorit eivät havaitse enää käsien liikettä. Kosketusvapaisissa hanoissa vettä tulee siis vain tarvittaessa ja näin ollen säästyy vettä ja energiaa. (Oras Oy s.a.)

Tavallinen WC-istuin kuluttaa vettä noin 6 litraa per huuhtelu. Vanhemmissa istuin tyypeissä (ennen vuotta 1976) kulutus voi olla noin 9 litraa ja vielä vanhemmissa WC-istuimissa enemmänkin. Nykyaikaiset säästöistuimet kuluttavat vettä isolla huuhtelulla 4 litraa ja pienellä huuhtelulla 1,5-2 litraa. (Kuusi vinkki järkevään vedenkäyttöön 2025.)

Virtaamat kalusteissa tulisi myös tarkistaa sekä tarvittaessa asentaa vakiopaineventtiili. Vakiopaineventtiiliä käyttämällä käyttövesiverkoston paine alenee, ja tämä vähentää virtaamia kaikista hanoista. Vakiopaineventtiiliä hyödyntämällä on mahdollista säästää vettä ja energiaa ja myös lisätä käyttövesiputkiston elinikää. Energian säästö perustuu pienempään lämpimän veden kulutukseen. Sopiva virtaama esim. suihkulle on 12 l/min. (LAB University of Applied Sciences 2022; Lappeenrannan energia 2022.)

3 RAKENNUKSEN ENERGIATODISTUS

Vuodesta 2008 alkaen on vaiheittain otettu käyttöön energiatodistus, ja se on nykyisin pakollinen pääasiallisesti aina, kun rakennuksia vuokrataan tai myydään. Energiatodistus on myös pakollinen rakennuksen osan vuokrauksen tai myynnin yhteydessä. Energiatodistuksen hankkimiselta välttyy ainoastaan poikkeustapauksissa, eli esim. silloin, kun rakennus on kokoluokaltaan alle 50 m² tai jos kyseessä on suojeltu rakennus. (Taloustaito 2019.)

Energiatodistus on siis osa laajempaa päämäärää kohti energiatehokkaampaa ja kestävämpää rakennuskantaa. Sen tavoitteena on kannustaa kiinteistön omistajia ja rakentajia tekemään energiatehokkaita valintoja. Energiatodistuksen tärkeimmät tehtävät kiteytetään hyvin Euroopan komission artikkelissa: ”Energiatehokkuustodistukset antavat tietoa rakennusten energiatehokkuudesta sekä parannussuosituksista.” Eli energiatodistus on virallinen asiakirja, joka antaa kokonaisvaltaisen kuvan rakennuksen energiankulutuksesta. Ener-

giatodistuksessa arvioidaan rakennuksen ympäristövaikutuksia ja sen energiatehokkuutta. Lisäksi sen avulla saadaan selvitettyä parannustoimenpiteet hiilijalanjäljen minimoimiseksi ja energiasäästöjen parantamiseksi. Varke (Valtion tukeman asuntorakentamisen keskus) valvoo energiatodistuksen käyttöä ja laatua Suomessa, sekä se voi langettaa uhkasakon, mikäli lain edellyttämä energiatodistus puuttuu. (Energiatodistus- Kaikki mitä sinun on tärkeää tietää 2024.)

Energiatehokkuuslaissa on useampi luokkainen asteikko, ja sen avulla lukija saa käsityksen rakennuksen energiatehokkuudesta. Asteikko on välillä A-G ja eniten kuluttaa G-luokka ja vähiten A-luokka. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 18.1.2013 50/2013) Kuva 9 havainnollistaa energiatehokkuusasteikkoa.



Kuva 9. Energiatehokkuus luokat (Rakentaja. Energiaselvitys ilman E-lukulaskentaa. 2025).

3.1 Energiatodistuksen laadinta

Rakennuksen energiatodistuksesta säädetty laki (50/2013) edellyttää: 1. Rakennusta, rakennuksen 4 §:n 1 momentissa tarkoitettua osaa (käytännössä siis: energiatodistus tulee laatia rakennuksen osalle silloin, kun rakennuksen

merkittävien osien käyttötarkoitukset eroavat olennaisesti toisistaan) tai huoneistoa taikka niiden hallinto-oikeutta myytäessä tai vuokrattaessa tulee esitellytilanteessa mahdollisen ostajan tai vuokralaisen nähtävillä olla voimassa oleva rakennuksen tai sen osan energiatodistus. Energiatodistus on annettava joko alkuperäisenä tai jäljennöksenä ostajalle tai vuokralaiselle. 2. Maan- käyttö- ja rakennuslaissa lukee, että haettaessa rakennuslupaa uudisrakentamista varten, tulee hakemukseen liitettävällä energiatodistuksella osoittaa rakennuksen arvioitu energiatehokkuus. 3. Kun viranomainen tai laitos tarjoaa julkisia palveluja yleisön käyntien kohteena olevissa tiloissa, joiden kerrosala yhdessä rakennuksessa ylittää 250 neliometriä, voimassa olevassa rakennuksen energiatodistuksessa oleva energiatehokkuutta kuvaava luokitteluasteikko on asetettava selvästi yleisön nähtäville alkuperäisenä tai jäljennöksenä. (Laki rakennuksen energiatodistuksesta 18.1.2013 50/2013)

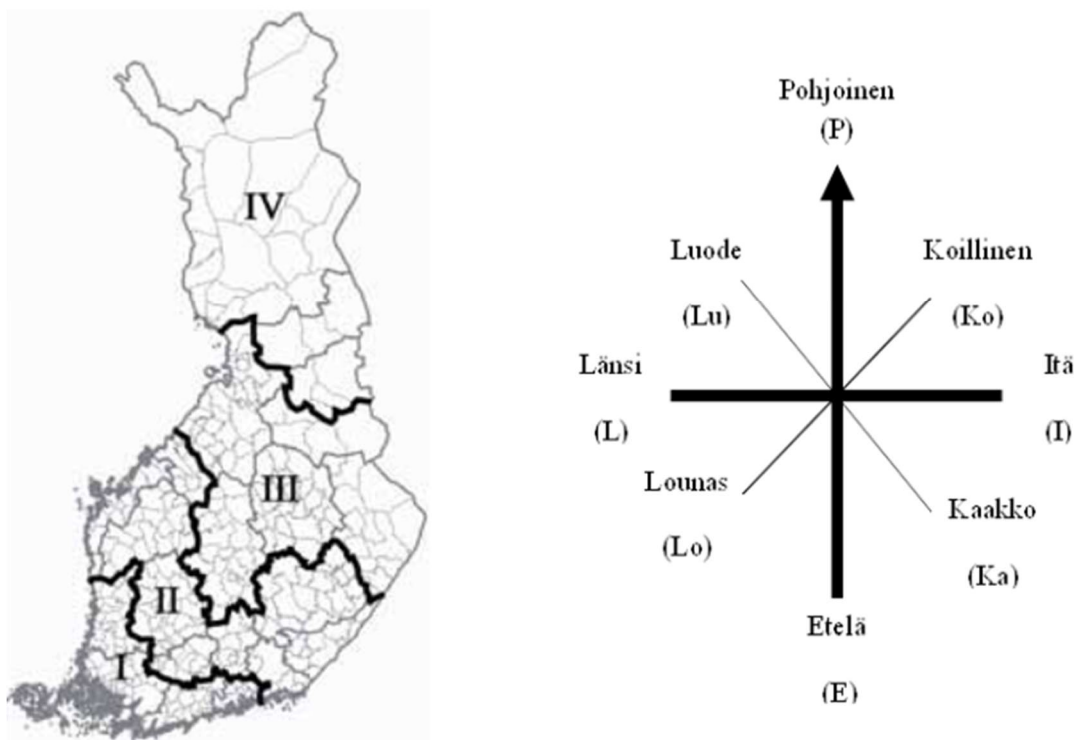
Energiatodistuslaissa todetaan, kuinka energiatehokkuusluokka määritetään ja millaisia tietoja energiatodistus sisältää. Energiatodistus kattaa mm. seuraavat oleelliset merkittävän rakennuksen osan tai rakennuksen tiedot:

- energialuokka
- laskennallinen ostoenergiankulutus
- E-luku eli laskennallinen kokonaisenergiankulutus
- tiedot todistuksen laatijasta
- käytetty energiatehokkuuden luokitteluasteikko
- todistuksen laatimispäivä ja viimeinen voimassaolopäivä
- suosituksia rakennuksen osan tai rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi
- toteutunut vuosittainen ostettava energia ilman sääkorjausta
- E-luku-laskennan erittely ja E-luvun määrittämisen lähtötiedot. (Pylsy 2013, 35.)

Energiatodistuksen voi laatia henkilö, jolla on voimassa olevaksi todettu pätevyys. Varke ylläpitää rekisteriä energiatodistusten laatijoista ja energiatodistuksen laatijan tiedot tulee löytyä ko. rekisteristä. Energiatodistuksen antajat jaetaan kahteen tasoon: perustason sekä ylemmän tason vaatimustasoon. Energiatodistuksen laatijan pätevyyden saaminen vaatii, että hakija on tehnyt hyväksytysti pätevyystentin sekä hänellä on laatimistehtävän vaatimustason mukainen sopiva tekniikan alan tutkinto tai kyseisen tutkinnon korvaava työkokemus. Mikäli henkilöllä on ollut vanhan lain mukainen energiatodistuksen laatijan pätevyys ennen uuden lain voimaantuloa, se katsotaan uudessa laissa perustason laatijan pätevyudeksi. Energiatodistus on voimassa enintään 10

vuotta. Energiatodistuksen voimassaoloaika alkaa todistuksen anto päivästä. Mikäli energiatodistus uusitaan ennen kuin 10 vuoden voimassaoloaika umpeutuu, uusi energiatodistus korvaa vanhan. (Pylsy 2013, 27–29)

E-luvun yksikkö on kilowattitunti lämmitettyä nettoalaa kohden vuodessa ($\text{kWh}_E/\text{m}^2/\text{v}$). Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuus (E-luku, $\text{kWh}_E/\text{m}^2/\text{vuosi}$) kertoo rakennuksen teknisten ominaisuuksien mukaisen ostoenergian kulutuksen vakioituun käyttöön suhteutettuna. Se ei siis kuvaa todellista kulutusta, vaan helpottaa vertailemaan rakennusten energiatehokkuutta. E-luku todetaan rakennuksen ominaiselle käyttötilanteelle hyödyntämällä laskennallista ostoenergiankulutusta ja sitä painotetaan energiamuotojen kertoimilla. Laskennassa siis summataan laskennalliset ostoenergiat, jotka ovat painotettu eri energiamuotojen painokertoimilla. E-luvun laskennassa käytetty lämmitetty nettoala on käytännössä lämmitetyt kerrosalat mitattuina ulkoseinien sisäpintojen mukaan. Määritettäessä rakennuksen laskennallista energiatehokkuutta käytetään standardoidun käyttöprofiilin lisäksi vakioituja sääolosuhteita, eikä todellisia vuosittaisia säävaihteluita. Alla on kuva E-luvun laskennassa käytettävistä säätiedoista (kuva 10). (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta 27.12.2017 1010/2017.)



Kuva L1.1. Säävyöhykkeet ja ilmansuuntien lyhenteet.

<i>Taulukko L1.1.</i>		<i>Mitoittavat ulkoilman lämpötilat eri säävyöhykkeillä.</i>
Säävyöhyke	Mitoittava ulkoilman lämpötila, °C	
I	-26	
II	-29	
III	-32	
IV	-38	

Kuva 10. E-luku laskennassa käytettävät säävyöhykkeet. (Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 27.12.2017. 1010/2017.)

Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista kertoo energiamuotojen kertoimet. (Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertoimien lukuarvoista 4.12.2017 788/2017).

Kertoimet ovat:

- kaukojäähdytys 0,28
- kaukolämpö 0,5
- rakennuksessa käytettävät uusiutuvat polttoaineet 0,5
- fossiiliset polttoaineet 1,0
- sähkö 1,2

Edeltävät kertoimet kuvaavat eri energialähteiden primäärienergian tarvetta sekä ympäristövaikutuksia. Kertoimet kannustavat vähähiilisten ja energiatehokkaiden energiamuotojen käyttöön. (Rakentaja 2025.)

Laskennallinen ostoenergia määritellään seuraaville osa-alueille energiamuodoittain:

- tuloilman, tilojen ja lämpimän käyttöveden lämmitys (öljy, kaukolämpö, puu, sähkö jne.)
- lämmitysjärjestelmän apulaitteiden sähkön kulutus (pumput ym.)
- ilmanvaihtojärjestelmän sähkön kulutus
- jäähdytysjärjestelmän energian kulutus (sähkö, kaukojäähdytys)
- valaistuksen ja kuluttajalaitteiden sähkön kulutus

(Pylsy 2013, 38)

Rakennuksessa tuotettu uusiutuva omavaraisenergia vähentää suoraan ostoenergian tarvetta. Uusiutuvia omavaraisenergia muotoja ovat esim:

- aurinkopaneeleilla tuotettu sähköenergia
- aurinkokeräimillä tuotettu lämpöenergia
- lämpöpumpun lämmönlähteestä ottama energia
- paikallinen tuulienergia

On huomattava, että uusiutuviin omavaraisenergia muotoihin ei kuitenkaan kuulu sellaiset uusiutuvat polttoaineet, jotka huomioidaan energiakertoimien avulla. Uusiutuvien omavaraisenergia muotojen laskennassa huomioidaan vain se osa, joka voidaan hyödyntää rakennuksessa, eli se osa, joka pienentää ostoenergian tarvetta. (Pylsy 2013, 39)

Energiatodistuksen laatijan tulee perehtyä kohderakennukseen, jotta voidaan laskea E-luku ja antaa suosituksia rakennuksesta. Energiatehokkuuteen vaikuttavia ominaisuuksia on selvitettävä seuraavin keinoin:

- tarkastelemalla kohdetta paikan päällä
- tutustumalla asiakirjoihin
- haastatteleamalla tarvittaessa rakennuksen ylläpitohenkilökuntaa ja käyttäjiä. (Pylsy 2013, 43.)

Arvioitavat tekniset järjestelmät ja rakennusosat ovat:

- lämmitysjärjestelmä
- ikkunat, ulko-ovet, ylä- ja alapohja, ulkoseinät sekä muut rakenteet
- käyttövesijärjestelmä
- valaistus
- ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmä
- sähköiset erillislämmitykset
- jäähdytysjärjestelmä

- järjestelmät, joilla voi olla vaikutusta rakennuksen energiatehokkuuteen. (Pylsy 2013, 43.)

On huomioitava, että olemassa olevan rakennuksen energiatodistuksen laadintaan tulee sisällyttää pakollinen kohdekäynti. Kohdekäynnillä laatijan on varmistettava ja täydennettävä asiakirjoista saamiaan tietoja sekä arvioitava mahdollisia toimenpidesuosituksia. (Pylsy 2013, 44.)

Kohdekäynnillä laatijan tulee kiinnittää huomiota myös rakennuksen ylläpitoon ja käyttöön, vaikka ne eivät varsinaisesti vaikuta laskennalliseen E-lukuun. Niihin liittyvillä toimenpide-ehdotuksilla ja havainnoilla voi kuitenkin olla merkitystä asumiskustannusten hillitsemisessä ja kokonaisvaltaisen energiatehokkuuden parantamisessa. (Pylsy 2013, 44.)

3.2 Toimenpiteiden taloudellinen tarkastelu

Energiatehokkuustoimenpiteiden taloudellisessa tarkastelussa arvioidaan toimenpiteen kannattavuutta ja muita hyötyjä pitkällä aikavälillä. Käytännössä tämä tarkoittaa energiatehokkuustoimenpiteen aikaansaamia alentuneita energiakuluja ja parantunutta kiinteistön arvoa. Kiinteistön arvo nousee alentuneiden energiakulujen lisäksi myös mm., kun energiatehokkuustoimenpiteet alentavat päästöjä ja usein myös parantavat sisäilmaolosuhteita.

Kaikissa energiatehokkuustoimenpiteissä haasteena ovat: 1.) Korkeat alkuinvestointikustannukset. 2.) Pitkät takaisinmaksuajat. 3.) Tiedon puute tai epävarmuus tulevaisuuden energianhinnoista.

4 KOHDERAKENNUKSEN PERUSTIEDOT

Seuraavassa on esitetty tutkimuksen kohteena olevan rakennuksen perustiedot:

- Rakennuksen käyttötarkoitus	Asuinrakennus
- Rakennuksen tyyppi	Omakotitalo
- Rakennusvuosi	1988
- Asuinpinta-ala	148 m ²
- Rakennustilavuus(ilman autotallia)	630,4 m ³
- Kokonaispinta-ala	197 m ²
- Pääasiallinen rakennusmateriaali	Puu, lohkotiliverhous, betoni
- Alapohja	Maanvastainen betonilaatta
- Kerroksia	1

- | | |
|---|------------------------------------|
| - Lämmitys | Sähkö/puu/ILP |
| - Kattotyyppi | Aumakatto |
| - Kattomateriaali | Tiili |
| - Rakennuksen ilmatilavuus
(ilman autotallia) kertaa huonekorkeus (2,6m) | pohjanpinta-ala sisämitoilla |
| - Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä | Koneellinen poistoilman-
vaihto |

Kuvassa 11 on kohderakennuksen ulkopuolelta otettu kuva



Kuva 11. Kohderakennus

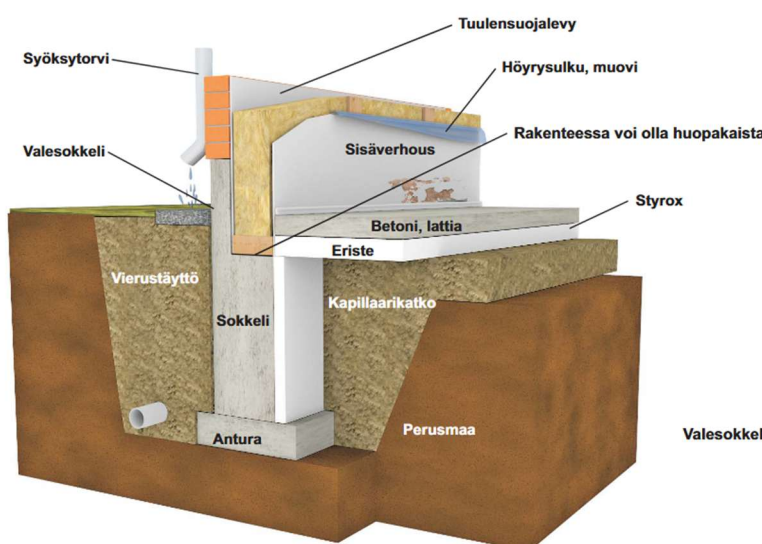
Rakennusten rakenteet voidaan jakaa kantaviin rakenteisiin ja vaipparakenteisiin. Kantaviin rakenteisiin kuuluu perustukset, palkit, pilarit, seinät ja väli-

pohja. Vaipparakenteisiin kuuluu: ulkoseinät, yläpohja ja alapohja. Vaipparakenteiden kohdalla on muistettava, että vaipparakenteet on eristettävä tiiviisti talotekniikan toiminnallisuuden (esim. lämmityksen) tukemiseksi.

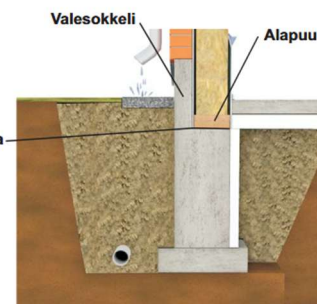
Talon perustus on siis maata vasten tuleva, talon kuormia kannatteleva ja kuormia maapohjalle siirtävä rakenteeseen kuuluva osa. Talon perustus yleisesti ottaen koostuu anturasta (alin, leveämpi osa) sekä sokkelista (perusmuuri). Kohderakennuksessa on perustustyyppinä maanvastainen betoni-laatta valesokkelilla. Sokkeli on siis anturan päällä sijaitseva, osittain maan alla sekä näkyvässä oleva seinämä, ja se kantaa ylärakenteet.

PIENTALOJEN RISKIRAKENTEET

Valesokkelin rakennemalli



02A VALESOKKELI



Valesokkelin tunnistus



Havainnekuva valesokkelista. Sokkelin yläpinta ylempänä oven kynnystä.

Kuva 12. Valesokkelin rakennemalli (Kosteus- ja hometalkoot. Tunnista ja tutki riskirakenne. Opetusmateriaali)

Kohderakennuksen riskirakenteena on siis rakennuksen valesokkeli. Kuva 12 havainnollistaa valesokkelin rakennemallia. Valesokkelin korjauksen menetelmiä ovat kengitys tai harkkokorjaus. Kengitys on siis yleisin valesokkelin korjausmenetelmä. Siinä puinen alajuoksu poistetaan sekä runkotolpat katkaistaan noin 30 cm maanpinnan yläpuolelle. Katkaistun rungon alapuolelle asennetaan kosteussulku sekä teräksinen kengitysratkaisu. Harkkokorjauksessa puolestaan puurakenne korvataan muuraamalla tai valamalla betonisokkeli ylemmäs. Molempien korjausmenetelmien valmisteluihin kuuluu, että salaojat

ovat usein uusittava sekä pintavesien ohjaus on varmistettava. Tämän lisäksi molemmat korjausmenetelmät vaativat asiaankuuluvaa suojausta, eli työ edellyttää huolellista osastointia sekä alipaineistusta, jotta homeitiöiden leviäminen estetään asuintiloihin. (Vesivek Oy s.a.; Consti Oy s.a.)

Esimerkit toteutuneista valesokkelin korjaamisen hinnoista omakotitalojen kohdalla vaihtelevat 17000 € - 25000 € välillä. (Urakkamaailma s.a.)

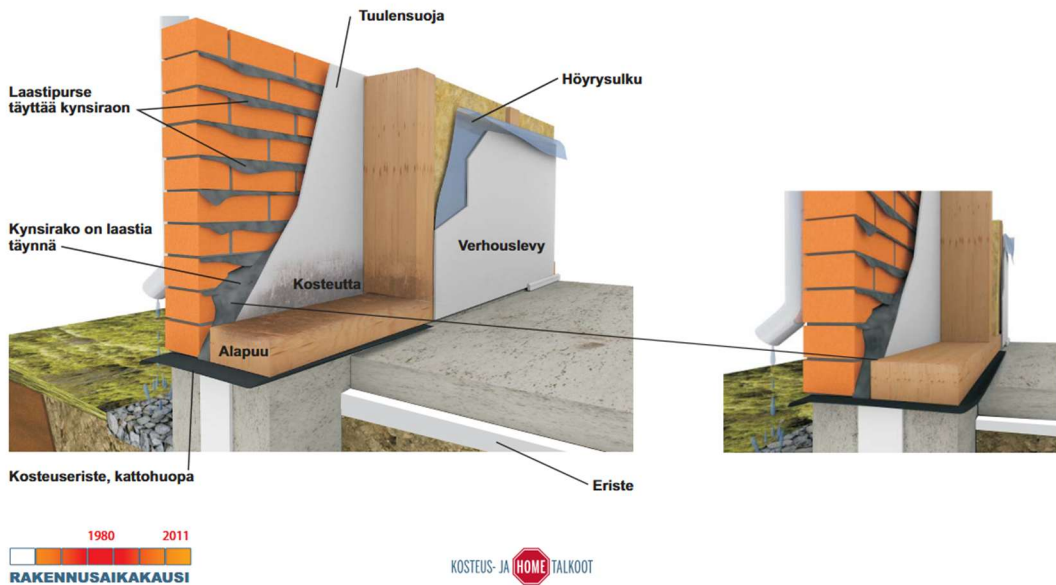
Valesokkeli voi olla myös kauttaaltaan aivan toimiva rakenne, eli se ei automaattisesti tarkoita homeongelmia tai kosteusvaurioita. Kiinteistössä, jossa on valesokkeli rakenne, tulee etenkin kiinnittää huomiota siihen, että sadevesijärjestelmä, pihamaan kaadot ja salaojitus toimivat oikein. Seuraavat tekijät mm. vaikuttavat siihen, muodostuuko valesokkeli riskiksi: 1. Toimiiko salaojitus? 2. Millainen on maaperä? 3. Mihin sadevedet valuvat? 4. Onko sadevedet johdettu salaojiin? 5. Onko pihamaan kaadot toimivia? 6. Sulavatko lumikinokset seinustoille? (Vesivek Oy s.a.)

Kun tarkastellaan kohderakennuksessa sitä, että muodostuuko valesokkeli riskiksi, niin ensinnäkin vaikka salaojituksella on ikää jo 38 vuotta, niin kohteen salaojitus ei ole antanut merkkejä siitä, että se olisi toimimaton. Korkeintaan sokkelin maalissa saattoi olla hilseilyä, mutta maalin hilseilyä voi olla miltei neljäkymmentävuotiaassa talossa muutenkin. Toiseksi kohderakennuksen maaperän kohdalla on todettava, että perustusten vierustassa on käytetty salaojasoraa, joten maaperän puolesta valesokkeli ei muodosta riskiä kosteusvaurioille. Kolmanneksi kohderakennuksessa vesikourut ja syöksyt toimivat oikein sekä sadevedet on johdettu yli kolmen metrin päähän rakennuksesta. Kohderakennuksessa on siis tehty erillinen maanalainen putkisto sadevesille. Tosin tämä putkisto on tehty viiden senttimetrin putkilla, kun nykyään käytetään 10 cm putkia, mutta nykyiselläkään maanalaisella putkistolla ei ole havaittu ongelmia sadevesien johtamisessa. Neljänneksi sadevesiä ei ole johdettu salaojiin. Viidenneksi pihamaan kaadot eivät vietä sokkelia kohden. Ihanteellista olisi, että maanpinta viettäisi pois päin talosta vähintään kolmen metrin matkalla 15 cm, mutta oleellisinta on, että jo silmämääräisesti voi todeta, että kohderakennuksen pihamaan kaadot eivät vietä sokkelia kohden. Kuudentena seikkana kiinteistön kosteudenhallinnassa on huomioitava, että

lumikinokset eivät mielellään tulisi päästä sulamaan seinustoille. Kohderakennuksessa on järven puolen lappeella koko matkalla lumiesteet, sekä vastakkaisella puolella on lumiesteet autotallin kohdalla, joten lumet eivät pääse kohderakennuksessa putoamaan ja sulamaan seinustoja vasten. (Vesivek Oy s.a.)

Edellä mainitun perusteella voidaan todeta, että vaikka kohderakennuksessa on riskirakenteena valesokkeli, ei se aiheuta toimenpiteitä, koska kosteudenhallinnassa ei ole ilmennyt ongelmia. Vaikka valesokkelin korjauksella voidaan pidentää kohteen elinikää ja lisätä rakennuksen arvoa, on nähdäkseni tässä tapauksessa parempi jäädä seuraamaan tilannetta etenkin, kun nyt tiedostetaan, millaisia oireita valesokkeli riskirakenteena kohteessa antaa.

Perustusten lisäksi muita kantavia rakenteita ovat palkit, pilarit ja seinät. Koska kohderakennus on puurunkoinen kuorimuurattulohkotiili omakotitalo, niin sen rakenne koostuu rungosta (tolpat, alaside- ja yläsidepuut) sekä ulkoseinärakenteesta (rakenne ulkoa sisälle: lohkotiiliverhous, tuuletusrako, tuulensuojalevy, puurunko ja mineraalivillaeriste, höyrysulku, koolaus ja sisäverhouslevy). Myös tiiliseinän kynsirako on tässä tapauksessa tunnistettava riskirakenteeksi, sillä se voi luoda tuulettumattoman tiiliverhoilun, kuten kuvasta 13 voimme havaita.



Kuva 13. Tiiliseinän kynsirako (Kosteus- ja hometalkoot. Tunnista ja tutki riskirakenne. Opetusmateriaali)

5 MENETELMÄT

5.1 Tutkimusmenetelmät

Tässä opinnäytetyössä käytettävät tutkimusmenetelmät ovat pääasiassa kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Kvalitatiivinen eli laadullinen tutkimusmenetelmä tarkoittaa tutkimussuuntausta, jossa pyritään ymmärtämään ilmiötä kokonaisvaltaisesti, syvällisesti ja tulkinnallisesti ilman numeerisia tilastoja. Kvalitatiivisen tutkimussuuntauksen tavoitteena on ymmärtää ”miten” tai ”miksi” jokin ilmiö ilmenee, ei ainoastaan ”kuinka paljon”. Aineistokeruumenetelmät on kuvattavissa seuraavasti: havainnointi (eli kohderakennuksen seuraaminen luonnollisessa ympäristössä, sekä kohderakennuksen energiankulutuksen sekä E-luvun muutoksien seuraaminen ilmiönä sekä näiden dokumentointi, havainnointia toteutetaan myös lämpökameratutkimuksella, jolla tutkitaan rakennuksen tiiveyttä) dokumenttianalyysi (eli mm. kohderakennuksen aikaisempien vuosien sähkön- ja puun kulutustietojen tutkiminen), sisällönanalyysi (eli pohjaa antavan tiedon ja teorian systemaattinen läpikäynti) ja tapaustutkimus (case study) (eli kohderakennuksen tarkastelu etsien syvempää ymmärrystä

asiasta). Perustelen sitä, miksi olen työhöni valinnut käytettäväksi kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä sillä, että pyrkimyksenä on ymmärtää tutkimuksen tavoitteita ja tutkimusongelmaa syvällisemmin ja kokonaisvaltaisesti.

Työssäni käsitellään myös numeerista tietoa, kuten takaisinmaksuaikojen laskentaa ja E-lukuja, niin näiltä osin työssäni käytetään myös kvantitatiivisia tutkimusmenetelmiä. Kvantitatiivinen eli määrällinen tutkimusmenetelmä on puolestaan lähestymistapa, jossa ilmiötä tutkitaan numeerisen tiedon, mittaamisen ja tilastojen avulla.

5.2 Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuus

Rakennuksen laskennallisen energiatehokkuuden määrittämisessä käytettiin laskentapalvelut.fi-ohjelmiston E-luvun laskenta ominaisuutta. Laskentapalvelut.fi on verkkopohjainen laskentasovelluksia tarjoava internetsivusto ja sen tarjoaa D.O.F Tech Oy yhdessä Saint-Gobain Finland Oy:n kanssa. Laskentapalvelut.fi on rakennusviranomaisten hyväksymä virallinen laskentasovellus. Laskentapalvelut.fi:n ominaisuudet energiatehokkuuden määrittämisessä ovat: 1.) E-luvun laskenta, eli ohjelma laskee rakennuksen laskennallisen ostoenergiankulutuksen perustuen vakioituun käyttöön ja ottaa huomioon ilmanvaihto-, lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät sekä kuluttajalaitteet. 2.) Energiatodistus, eli palvelulla voi luoda energiatodistuksen, joka esittää rakennuksen energiatehokkuutta asteikolla A-G. 3.) Energiaselvitys, eli ohjelmalla voidaan todistaa rakennuslupavaiheessa, että suunniteltu rakennus täyttää energiatehokkuusmääräykset. Jotta laskentapalvelut.fi-ohjelmalla voi määrittää rakennuksen laskennallisen energiatehokkuuden tulee ohjelmaan laskentaa varten syöttää rakennuksen geometria, talotekniikka, rakenteet (U-arvot) ja ilmanvuotoluku.

Käytännössä siis laskentapalvelut.fi-ohjelmiston avulla määritettävään rakennuksen laskennallisen energiatehokkuuden selvittämiseksi tulee syöttää rakennuksen lähtötiedot, jotka ovat: 1.) Rakennuksen käyttötarkoituusluokka 2.) Rakennuksen valmistumisvuosi. 3.) Lämmitetty nettoala. 4.) Ilmanvuotoluku. 5.) Rakennusvaipan eri osien pinta-alat U-arvoineen ja ikkunoista lisäksi ilmansuunnat. 6.) Ilmanvaihtojärjestelmä (eli tässä tapauksessa lähtötilanteessa oli koneellinen poistoilmanvaihto). 7.) Lämmitysjärjestelmä (eli tässä

tapauksessa lähtötilanteessa oli sähkölämmitys sekä huomioitiin myös 1 kpl. varaava tulisija ja 1 kpl. ilmalämpöpumppu). 8.) Jäähdytysjärjestelmä (eli tässä tapauksessa jäähdytysjärjestelmää ei ollut). Jotta saadaan selvitettyä eri energiatehokkuustoimenpiteille laskennallinen energiatehokkuus ja E-luku, tulee aina kulloisenkin energiatehokkuustoimenpiteen tiedot lisätä rakennuksen lähtötietoihin, eli näin saadaan jokaiselle energiatehokkuustoimenpiteelle oma laskentatulokset, josta selviää yksittäisen energiatehokkuustoimenpiteen laskennallinen energiatehokkuus ja E-luku.

5.3 Energiatehokkuustoimenpiteet ja niiden vaikutus energiatehokkuuteen

Tutkittavan kohderakennuksen tiedot kartoitettiin kohdekäynnillä sekä vanhoihin rakennuspiirustuksiin tutustumalla. Katselmoinnissa käytiin läpi rakennuksen rakenteet ja talotekniset järjestelmät. Katselmoinnilla selvitettiin siis laskentapalvelut.fi palvelussa energiatodistuksen luomista varten vaadittavia lähtötietoja. Katselmoinnin tulosten perusteella laadittiin energiatodistus hyödyntäen laskentapalvelut.fi ohjelmaa. Energiatodistuksen luomisen yhteydessä tuli ajankohtaiseksi miettiä energiatehokkuustoimenpiteitä, jotka olisivat mahdollisia juuri kyseiselle kohderakennukselle, sekä tässä vaiheessa oli lyötävä lukkoon kaavailut energiatehokkuustoimenpiteet. Seuraavissa alaluvuissa on kuvattu neljä erilaista kohderakennukseen suunniteltua energiatehokkuustoimenpidettä ja käyty läpi niiden merkitystä energiatehokkuuteen menetelmien näkökulmasta.

5.3.1 Maalämpö

Syy miksi yhdeksi energiatehokkuustoimenpiteeksi päädyttiin maalämpöön, on se, että maalämpö on erinomainen energiatehokkuudeltaan ja maalämmöllä on alhaiset käyttökustannukset sekä on valintana ympäristöystävällinen. Se voi vähentää lämmitykseen kulutettua energiaa jopa 70–80 % verrattuna sähkö- tai öljylämmitykseen. (Energiaykkönen Oy. Kuinka paljon säästyy siirtymällä maalämpöön? s.a.)

5.3.2 Aurinkosähkö

Aurinkopaneelien valitseminen energiatehokkuustoimenpiteeksi on perusteltua, taloudellisten säästöjen lisäksi, ympäristöystävällisyyden ja kiinteistön arvon nousun vuoksi. Aurinkopaneelit ovat pitkäaikainen (käyttöikä 30–40 vuotta) ratkaisu sähkölaskun pienentämiseen sekä riippuvuuden vähentämiseen ostoenergiasta. (Mitä tarkoittaa aurinkopaneelien energiatehokkuus? 2025.)

5.3.3 Vaipan lämpöhäviöiden parantaminen (ikkunoiden ja ovien nykyaikaistaminen)

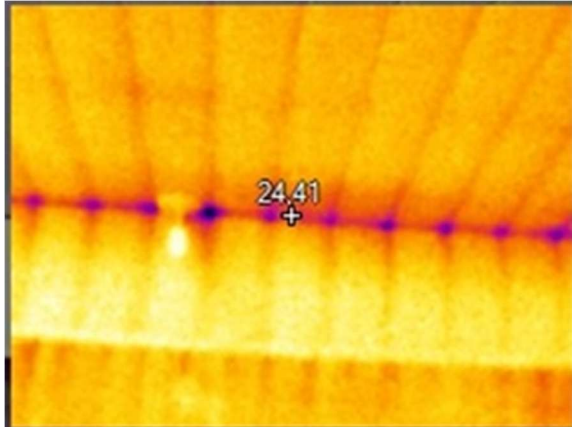
Ikkunat ja ovet

Vanhat ikkunat ja ovet ovat usein talon suurimpia lämpöhukan lähteitä, joten edellä mainittu on looginen syy sille, miksi kohderakennukseen ryhdyttiin suunnittelemaan ikkunoiden ja ovien uusimista energiatehokkuustoimenpiteenä. Toinen syy on se, että ikkunoiden ja ovien tavanomainen käyttöikä on 30-50 vuotta, ja koska kohderakennus on 38 vuotta vanha, niin ikkunoiden ja ovien uusiminen alkaa olla myös ikänsä puolesta ajankohtaista. Kolmanneksi nykyaikaiset energiatehokkaat ikkunat ja ovet auttavat pitämään kodin viileänä kesällä, on ekologinen vaihtoehto sekä nostaa kiinteistön arvoa (arviolta 3–7 %). Muista ikkuna ja oviremontin eduista onkin jo mainittu kappaleessa 2.3.1. (Valitse oikea ikkuna rakennuksen mukaan. s.a..)

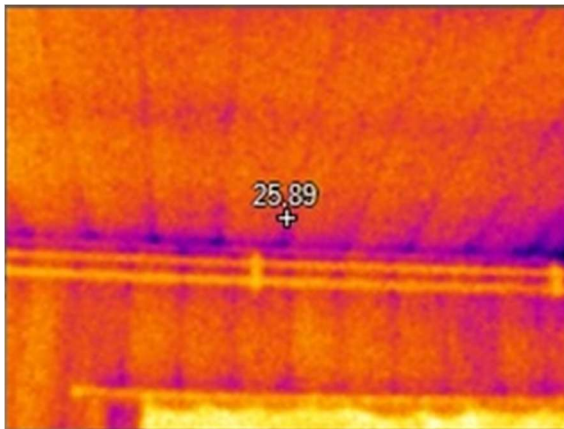
Ilmatiiveys

Rakennuksen tiiveyden selvittämiseksi tehtiin kohderakennukseen lämpökamerakuvaus. Katon ja ulkoseinien kuvaus tehtiin rakennuksen sisäpuolelta. Yksi kuva otettiin olohuoneen ulkoseinän ja katon liittymäkohdasta (kuva 14), yksi kuva otettiin keittiön ulkoseinän ja katon liittymäkohdasta (kuva 15), yksi kuva otettiin makuuhuoneen ulkoseinien muodostamasta ulkonurkasta (kuva 16), joka samalla osoittaa pois päin talosta ja yksi kuvaa otettiin makuuhuoneen ulkoseinän ja katon liittymäkohdasta (kuva 17) sekä yksi kuva otettiin makuuhuoneen ulkoseinän ja alapohjan liittymäkohdasta (kuva 18). Myös olohuoneen ulkoseinän ja alapohjan liittymäkohdasta sekä keittiön ulkoseinän ja

alapohjan liittymäkohdasta olisi voinut tehdä lämpökamerakuvauksen, mutta näissä huoneissa oli kuvausta haittaavia huonekaluja kyseisissä kohdissa.



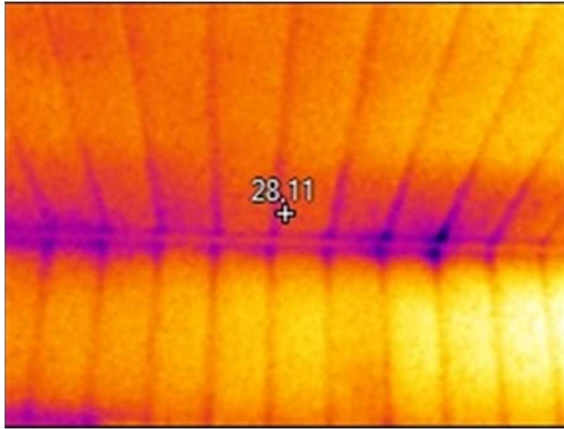
Kuva 14. Kuva olohuoneen ulkoseinän ja katon liittymäkohdasta



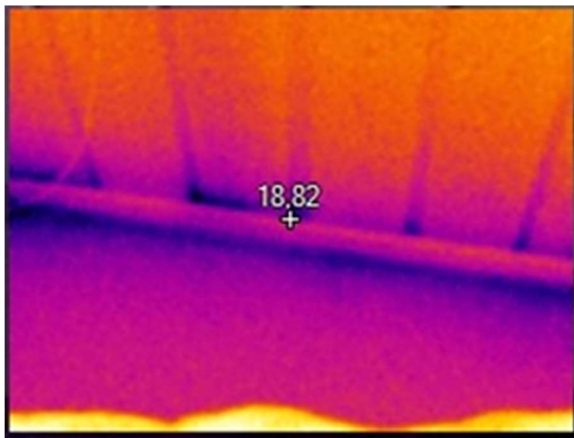
Kuva 15. Kuva keittiön ulkoseinän ja katon liittymäkohdasta



Kuva 16. Kuva makuuhuoneen ulkoseinien muodostamasta ulkonukasta



Kuva 17. Kuva makuuhuoneen ulkoseinän ja katon liittymäkohdasta



Kuva 18. Kuva makuuhuoneen ulkoseinän ja alapohjan liittymäkohdasta

5.3.4 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla

Koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihdolla LTO:lla pystytään vähentämään kiinteistön lämmitykseen kuluvaa energiaa hyödyntäen poistoilman lämpöenergiaa, joten koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla on yksi taloudellisimmista energiatehokkuustoimenpiteistä. Muita syitä miksi kohderakennukseen päädyttiin suunnittelemaan energiatehokkuustoimenpiteenä koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa LTO:lla ovat: 1.) Korkea hyötysuhde (tehokkaalla koneellisella tulo- ja poistoilmanvaihto LTO-laitteella voidaan säästää 30–80 % rakennuksen ilmanvaihdon lämmitysenergiasta). 2.) Parantunut sisäilman laatu ja asumismukavuus (koneellinen ilmanvaihto LTO:lla varmistaa riittävän ilmanvaihdon, poistaa tehokkaasti epäpuhtauksia ja kosteutta, sekä estää siis homeen ja mikrobin kasvua ja koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla myös vähentää vetoa). 3.) On ekologinen. 4.) Tuo pitkän aikavälin hyötyjä (kiinteistön arvon nousu ja hallittu ilmanvaihto hillitsee kosteuden aiheuttamia

vaurioita rakenteille). (Ala-Prinkkilä 2016.; Paljonko lämmön talteenotto säästää? s.a..)

5.4 Toimenpiteiden takaisinmaksuajat

Kohderakennuksessa tällä hetkellä käytetään paljon puuta, mutta koska rakennuksen käyttäjät ovat n. 85 vuotiaita, niin on selvää, että jatkossa puulämmityksen hyödyntäminen ei enää onnistu samassa mittakaavassa, koska liikuminen puulämmityksen toteuttamiseksi estää puulla lämmityksen aiemmassa määrin ja näin ollen takaisinmaksuajassa ei ole huomioitu puuta energialähteenä, kuin yhden varaavan tulisijan kohdalla.

Takaisinmaksuaika tarkoittaa ajanjaksoa, jonka kuluessa investoinnin tuottamat säästöt kattavat hankinnan alkuperäiset kustannukset. Kun takaisinmaksuaika on kulunut, ovat kaikki investoidun toimenpiteen muodostamat tuotot suoraa säästöä.

Energiatehokkuustoimenpiteiden takaisinmaksuaika lasketaan jakamalla investoinnin kokonaiskustannukset toimenpiteestä saatavilla vuosittaisilla säästöillä. Kaava 2 kuvaa energiatehokkuustoimenpiteen takaisinmaksuaikaa.

$$\text{Takaisinmaksuaika (vuotta)} = \frac{\text{Investoinnin kokonaiskustannukset (€)}}{\text{Vuotuiset säästöt (€/vuosi)}} \quad (2)$$

Menetelmä ei huomioi rahan korkoa tai tuottoja takaisinmaksuajan jälkeen. Takaisinmaksuajan kaavassa määritelmällisesti investoinnin kokonaiskustannukset pitävät sisällään energiatehokkuustoimenpiteen laitteet/rakenteet, asennustyön, suunnittelun ja mahdolliset purkutyöt vähennettynä saatavat tuet. Samaisessa kaavassa puolestaan vuotuisilla säästöillä käsitetään säästetty energian määrä (kWh) kertaa energian hinta. (€/kWh). Investoinnin kokonaiskustannuksessa voidaan myös huomioida mahdolliset vähennykset (esim. kotitalousvähennys). Kohteessa on asukkaita kaksi henkeä, joten kotitalousvähennys on $\rightarrow 2 \text{ hlö} * 1600\text{€} = 3200 \text{ €}$ ja koska energiatehokkuustoimenpiteitä on neljä, on kotitalousvähennys energiatehokkuustoimenpidettä kohti $\rightarrow 3200 \text{ €} / 4\text{kpl} = 800 \text{ €}$.

Energian hinta, eli tässä tapauksessa sähkön hinta selvitettiin sähköyhtiöltä. Seuraavissa neljässä alaluvussa on käsitelty sitä, kuinka energiatehokkuustoimenpiteiden takaisinmaksuajan laskemista varten tarvittavat lähtötiedot on kerätty kaavailluissa energiatehokkuustoimenpiteissä.

5.4.1 Maalämpö

Koska kohderakennuksessa on lämmönjakotapana suora sähkölämmitys (kattolämmitys), tulee maalämpöjärjestelmän hankinnan yhteydessä hankkia vesikiertoinen lämmönjako (patterit tai lattialämmitys), jotta maalämpöjärjestelmän voi kohteeseen toteuttaa. Vesikiertoinen lattialämmitys on ainakin tässä tapauksessa kalliimpi asentaa, kuin vesikiertoiset patterit ja vesikiertoisen lattialämmityksen asentaminen olisi nostanut lattian korkoa, joten päädyin selvittämään sellaisen maalämpöjärjestelmän investoinnin kokonaiskustannuksia, joka on toteutettu vesikiertoisilla pattereilla.

Maalämpöjärjestelmän ja vesikiertoisten pattereiden kokonaiskustannukset selvitettiin tekemällä tarjouspyyntö PTA-Putki Oy:lle. Jotta PTA-Putki Oy pystyi tekemään riittävän tarkan kustannusarvion, yritykselle tuli lähettää myös kohderakennuksesta pohjakuvat. Saadusta maalämpöjärjestelmän ja vesikiertoisten pattereiden kustannusarvioista tuli vielä vähentää kotitalousvähennys, jotta saatiin tietää kokonaiskustannus.

5.4.2 Aurinkosähkö

Aurinkosähköjärjestelmän kokonaiskustannukset selvitettiin tekemällä tarjouspyyntö Aurinkoteho Oy:lle. Saadusta kustannusarviosta tuli vielä vähentää kotitalousvähennys, jotta saatiin tietää aurinkosähköjärjestelmän kokonaiskustannus.

5.4.3 Vaipan lämpöhäviöiden parantaminen (ikkunoiden ja ovien nykyaikaistaminen)

Ikkunoiden ja ovien nykyaikaistaminen

Ikkunoiden ja ovien nykyaikaistamisen kustannustiedot laskettiin kodin10.fi sivun hintalaskurilla.

Laskennassa huomioitiin:

- 6 kpl Isoja ikkunoita tuuletusikkunalla
- 2 kpl Elementti- ikkunoita (ei avattavia)
- 3 kpl Ulko-ovia (saarnipintaisia)

Myös ikkunoiden ja ovien nykyaikaistamisessa tuli kodin10.fi hintalaskurilla saaduista kustannustiedoista tuli vähentää kotitalousvähennys, jotta saatiin tietää ikkunoiden ja ovien nykyaikaistamisen kokonaiskustannus.

5.4.4 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon LTO:lla kokonaiskustannukset selvitetiin tekemällä tarjouspyyntö PTA-Putki Oy:lle. Myöskin saadusta koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon LTO:lla kustannusarviosta tuli vähentää kotitalousvähennys, jotta saatiin tietää koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon LTO:lla kokonaiskustannus.

6 TULOKSET

6.1 Rakennuksen laskennallinen energiatehokkuus ja energiatehokkuustoimenpiteet

Alla oleva taulukko 1 on kuvaus E-luvusta ja laskennallisesta ostoenergiasta (kWh/vuosi) nykytilanteessa, sekä taulukko havainnollistaa eri toimenpiteiden vaikutusta E-lukuun ja laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

TAULUKKO 1. Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutus E-lukuun ja laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

	E-luku ja energialuokka	Toimenpiteiden laskennallisten ostoenergioiden muutos (kWh/vuosi)
Nykytilanne	251 (luokka E)	35690
Maalämpö	126 (luokka C)	-16048
Aurinkosähkö	220 (luokka D)	-4058
Ikkunat ja ovet	223 (luokka D)	-3760
LTO	181 (luokka D)	-9188

Yllä olevasta taulukosta voimme myös havaita, kuinka eri energiatehokkuustoimenpiteet vaikuttavat rakennuksen energialuokkaan. Koska maalämpöjärjestelmään siirryttäessä vaihdetaan koko lämmitysjärjestelmä, ei ole yllättävää, että suorasta sähkölämmityksestä siirtyminen maalämpöön on kohderakennukseen suunnitelluista energiatehokkuustoimenpiteistä eniten parantavaa vaikutusta rakennuksen energialuokkaan. Nykytilanne rakennuksen energialuokassa oli E-luokka, mikä on tyypillinen vanhemmille pientaloille ja rakennuksille, mutta maalämpöön siirtyminen parantaa energialuokkaa C-luokkaan, joka onkin sitten tyypillinen uudemmissa rakennuksissa (2010-luvun puoliväli). Yleisesti ottaenkin voidaan sanoa, että lämmitysjärjestelmän vaihto (eli esim. öljystä tai suorasta sähkölämmityksestä siirtyminen) maalämpöön, kaukolämpöön tai ilmavesilämpöpumppuun on tehokkain tapa parantaa energialuokkaa. Kaikki muut kohderakennukseen suunnitellut energiatehokkuustoimenpiteet paransivat energialuokkaa luokasta E luokkaan D, eli ei kovin tuntuvasti, mutta on muistettava, että energialuokalla on kasvava merkitys talon jälleenyntiarvoon. Hyvä energialuokka pienentää ylläpitokustannuksia sekä nopeuttaa usein myyntiprosessia, koska valveutuneet ostajat suosivat energiatehokkaita ja ekologisia koteja. (Energialuokan vaikutus omakotitalon arvoon ja myyntiaikaan 2025.)

6.2 Toimenpiteiden takaisinmaksuajat

Toimenpiteiden takaisinmaksuajoissa on käytetty sähköenergian hintana Suomen keskimääräistä sähkön hintaa vuonna 2026, joka on 0,07 €/kWh (sis. ALV 25,5 %) ja siihen on lisätty sähkönsiirtomaksu sekä sähkövero. Sähkönsiirtomaksu koostuu kuukausittaisesta perusmaksusta (€/kk) ja kulutetusta energiamäärästä (kulutusmaksu). Pieksämäellä sähkönjakelusta vastaa Järvi-Suomen Energia ja perusmaksu kyseisellä yhtiöllä on 40,66 €/kk. Kulutusmaksuna käytettiin vuosien 2025/2026 siirtomaksua, joka on 0,04 €/kWh (sis. ALV). Jotta perusmaksun osuus saadaan muotoon €/kWh, on tiedettävä arvioitu vuotuinen sähköenergian kulutus. Vuotuisena sähköenergiankulutuksena käytetään 30690 kWh/vuosi, joka on poimittu laskentapalvelut.fi sivustolta. Toinen seikka, mikä tulee tietää, jotta perusmaksu saadaan muotoon €/kWh on vuotuinen perusmaksun hinta €/vuosi, joka saadaan laskutoimituksella $12\text{kk} * 40,66 \text{ €/kk} = 487,92 \text{ €/vuosi}$. Lopulta voidaan ratkaista perusmaksun osuus muodossa €/kWh laskutoimituksella $487,92 \text{ €/vuosi}$ jaettuna 30690

kWh/vuosi = noin 0,0159 €/kWh. Sähköveron hintana on käytetty vuoden 2026 sähköveron hintaa (kotitalouksille veroluokka 1), jonka määrä on 0,0283 €/kWh (sis. ALV 25,5 €). Näin ollen toimenpiteiden takaisinmaksuaikojen laskennassa käytetyksi sähköenergian hinnaksi muodostuu 0,07 €/kWh + 0,04 €/kWh + 0,0159 €/kWh + 0,0283 €/kWh = noin 0,1259 €/kWh. (Sähkön hintaennuste 2026 – nouseeko sähkön hinta? s.a. ; Sähkön siirtohintaa 2026 – Täydellinen opas: Miksi maksat tyhjästä ja voiko laskulle tehdä mitään? s.a. ; Sähkön siirtoa ja sähköenergiaa – mistä sähkön hinta muodostuu? s.a. ; Kokko 2024 ; Sähkön siirtohintaa Suomessa alueittain. s.a.).

6.2.1 Maalämpö

Kustannusarvio on seuraavanlainen:

- maalämpö 3-12 kW inverter, lämpökaivo asennettuna 21700 €
- patterit Purmo 12 kpl, lämpölinja komposiitti pinta-asennettuna 12300 €

Yhteensä maalämpöjärjestelmän ja vesikiertoisten pattereiden hinta on 21700€+ 12300€= 34000€ (hintaa sisältää alv:n).

Maalämpöjärjestelmään siirtymisen kokonaiskustannuksissa huomioitiin myös kotitalousvähennys, eli 34000€ - 800€ = 33200 €

Maalämpöjärjestelmään siirtymisen euromääräiset säästöt vuositasolla määritettiin seuraavasti:

- Maalämpöjärjestelmään siirtymisen sähköenergian säästö vuosittain 16048 kWh/vuosi (tieto poimittu kohteesta tehtyjen laskelmien avulla hyödyntäen laskentapalvelut.fi sivustoa)
- Maalämpöjärjestelmään siirtymisen euromääräiset säästöt vuositasolla = ko. toimenpiteen sähköenergian säästö vuositasolla kertaa sähkön hinta €/kilowattitunti, eli 16048 kWh/vuosi * 0,1259 €/kWh = 2020,4432 €/vuosi.

Maalämpöön siirtymisen takaisinmaksuaika määritettiin seuraavasti: maalämpöjärjestelmään siirtymisen kokonaiskustannus jaettuna ko. toimenpiteen euromääräiset säästöt vuositasolla → 33200 € / 2020,4432 €/vuosi = noin 16,4 vuotta.

6.2.2 Aurinkosähkö

Kustannusarvio aurinkosähköjärjestelmälle on 16863 € (hintaa sisältää alv:n) ja aurinkosähköjärjestelmään siirtymisen kokonaiskustannuksissa huomioitiin myös kotitalousvähennys, eli 16863 € - 800 € = 16063 €.

Aurinkosähköjärjestelmään siirtymisen euromääräiset säästöt vuositasolla määritettiin seuraavasti:

- Aurinkosähköjärjestelmään siirtymisen sähköenergian säästö vuosittain 4058 kWh/vuosi (tieto poimittu kohteesta tehtyjen laskelmien avulla hyödyntäen laskentapalvelut.fi sivustoa).
- Aurinkosähköjärjestelmään siirtymisen euromääräiset säästö vuositasolla = ko. toimenpiteen sähköenergian säästö vuositasolla kertaa sähkön hinta €/kilowattitunti, eli $4058 \text{ kWh/vuosi} * 0,1259 \text{ €/kWh} = 510,9022 \text{ €/vuosi}$.

Aurinkosähköön siirtymisen takaisinmaksuaika määritettiin seuraavasti: aurinkosähköjärjestelmään siirtymisen kokonaiskustannus jaettuna ko. toimenpiteen euromääräiset säästöt vuositasolla $\rightarrow 16063 \text{ €} / 510,9022 \text{ €/vuosi} =$ noin 31,4 vuotta. Koska invertterin tekninen käyttöikä on 10-15 vuotta, niin aurinkosähköön siirtymisen takaisinmaksuajassa on huomioitava yhden kerran invertterin uusiminen. Samaisen mallin invertteri (PV INVERTTERI SOLIS S6-EH3P15K-H HYBRID 15 KW) maksaa 2290 €. Invertterin uusiminen huomioon otettuna takaisinmaksuajassa takaisinmaksuajaksi muodostuu $\rightarrow (16063 \text{ €} + 2290 \text{ €}) / 510,9022 \text{ €/vuosi} =$ noin 35,9 vuotta. 35,9 vuodessa olisi kyllä invertteri tullut kahdesti teknisen käyttöikänsä päähän ja vaatinut siis kahdesti invertterin uusimisen, mutta koska tekniikka voi kehittyä myös inverttereiden kohdalla, niin päädyin laskemaan aurinkosähkön takaisinmaksuajan uusimalla vain kerran invertterin.

6.2.3 Vaipan lämpöhäviöiden parantaminen (ikkunoiden ja ovien nykyaikaistaminen)

Ikkunoiden ja ovien nykyaikaistaminen

Ikkunoiden ja ovien nykyaikaistamisen hinnaksi saatiin kodin10.fi hintalaskurilla: 15220 € ja ikkunoiden ja ovien nykyaikaistamisen kokonaiskustannuksissa huomioitiin myös kotitalousvähennys, eli $15220 \text{ €} - 800 \text{ €} = 14420 \text{ €}$.

Ikkunoiden ja ovien nykyaikaistamisen euromääräiset säästöt vuositasolla määritettiin seuraavasti:

- ikkunoiden ja ovien nykyaikaistamisen sähköenergian säästö vuosittain -3760 kWh/vuosi (tieto poimittu kohteesta tehtyjen laskelmien avulla hyödyntäen laskentapalvelut.fi sivustoa)

- ikkunoiden ja ovien nykyaikaistamisen euromääräiset säästöt vuositasolla = ko. toimenpiteen sähköenergian vähennys vuositasolla kilowattitunteina kertaa sähkön hinta kilowattitunteina, eli $3760 \text{ kWh/vuosi} * 0,1259 \text{ €/kWh} = 473,384 \text{ €/vuosi}$.

Ikkunoiden ja ovien nykyaikaistamisen takaisinmaksuaika määritettiin seuraavasti: ikkunoiden ja ovien nykyaikaistamisen kokonaiskustannus jaettuna ko. toimenpiteen euromääräiset säästöt vuositasolla $\rightarrow 14420 \text{ €} / 473,384 \text{ €/vuosi} = \text{noin } 30,5 \text{ vuotta}$.

Kohteeseen tehtiin myös lämpökamerakuvaus ja kuvauksella pyrittiin löytämään rakennuksesta kylmiä alueita, joihin olisi voinut tarvittaessa tehdä korjausehdotuksia. Koska kattoon oli tehty lisäeristys, ei ollut yllättävää, että kaikissa kolmessa ulkoseinän ja katon liittymäkohdasta otetuista lämpökamera kuvissa ei näkynyt merkittävää kylmäsiltaa tai ilmanvuotokohtaa. Makuuhuoneen ulkonurkassa ei myöskään näkynyt merkkejä kylmäsiltoista tai ilmavuotokohdista. Kylmin alue oli makuuhuoneen ulkoseinän ja alapohjan liittymäkohta, mutta tätäkin selittää se asia, että tämä lämpökamerakuva oli ainut rakennuksen alaosasta otettu kuva. Kylmä ilma painuu siis huoneessa alas, koska se on painavampaa ja tiheämpää kuin lämmin ilma. Johtopäätöksenä kohderakennuksesta otetuista kuvista voidaan todeta, että niissä ei havaittu mitään, mikä aiheuttaisi vetoisuutta tai kylmäongelmia, eikä ole syytä olettaa, että ilmantiiveyden vuoksi tulisi kosteutta rakenteisiin. Havaittu ulkoseinän ja alapohjan liittymäkohta voisi mahdollisesti aiheuttaa vedon tunnetta kylmyydellään, mutta tätä vetoisuutta voidaan poistaa asentamalla seinän alaosiin radiaattorit. Kohderakennukseen onkin jo suunniteltu maalämpöjärjestelmä, jonka yhteydessä asennetaan radiaattorit, joten tämäkin ongelma on hallinnassa. Lopputuloksena voidaan todeta, ettei lämpökamerakuvaus ilmentnyt mitään mikä vaatisi tässä vaiheessa mitään erillisiä toimenpiteitä.

6.2.4 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla

Kustannusarvio koneelliselle tulo- ja poistoilmanvaihdolle LTO:lla on 9200 € (kierresaumakanavalla ja pinta-asennettuna sekä hinta sisältää alv:n) ja koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon LTO:lla siirtymisessä kokonaiskustannuksissa huomioitiin myös kotitalousvähennys, eli $9200 \text{ €} - 800 \text{ €} = 8400 \text{ €}$.

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtoon LTO:lla siirtymisen euromääräiset säästöt vuositasolla määritettiin seuraavasti:

- koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon LTO:lla siirtymisen sähköenergian säästö vuosittain 9188 kWh/vuosi (tieto poimittu kohteesta tehtyjen laskelmien avulla hyödyntäen laskentapalvelut.fi sivustoa).
- Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon LTO:lla siirtymisen euromääräiset säästöt vuositasolla = ko. toimenpiteen sähköenergian säästö vuositasolla kertaa sähkön hinta €/kilowattitunti, eli 9188 kWh/vuosi * 0,1259 €/kWh = 1156,7692 €/vuosi.

Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon LTO:lla takaisinmaksuaika määritettiin seuraavasti: koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon LTO:lla siirtymisen kokonaiskustannus jaettuna ko. toimenpiteen euromääräiset säästöt vuositasolla → 8400 € / 1156,7692 €/vuosi = noin 7,3 vuotta.

7 TULOSTEN ANALYSOINTI

Energiatehokkuustoimenpiteiden kannattavuus

Maalämpöjärjestelmään siirtyminen oli kokonaiskustannuksiltaan kallein (33200 € kotitalousvähennys huomioituna) kohteeseen suunnitelluista energiatehokkuustoimenpiteistä, mutta myös toisaalta säästi sähköenergiaa eniten (-16048 kWh/vuosi) ja teki suurimman muutoksen energialuokkaan (luokasta E luokkaan C). Maalämpöön siirtymisen takaisinmaksuajaksi tässä tapauksessa saatiin noin 16,4 vuotta. Ottaen huomioon maalämpöpumpun sisäyksikön tekninen käyttöikä, joka on yleensä 15–25 vuotta ja oikealla huollolla 25–30 vuotta, niin voidaan todeta, että maalämpöjärjestelmään siirtyminen maksaa itsensä takaisin, ennen kuin maalämpöpumpun sisäyksikkö tulee uusiksi.

On kuitenkin muistettava, että koska nyt maalämpöön siirtyminen vaatii muutoksen suorasta sähkölämmityksestä kattovastuksilla vesikiertoisiin pattereihin (komposiitti putkilla pinta-asennettuna), niin ei enää seuraavalla kerralla, kun uusii maalämpöpumpun sisäyksikön tarvitse kuluttaa rahaa vesikiertoisiin pattereihin ja lämpökaivoon. Eli seuraavan kerran, kun uusii maalämpöpumpun sisäyksikön, on takaisinmaksuaika huomattavasti lyhyempi. Kahdenkymmenviiden vuoden päähän on tietysti vaikea ennustaa, mitä maalämpöpumpun sisäyksikkö tuolloin maksaa ja mitä sähkön hinta tuolloin on, mutta jos arvioidaan sisäyksikön hinnaksi 9500 €, niin takaisinmaksuaika on nykyisellä sähkön hinnalla → $9500 \text{ €} / (16048 \text{ kWh/vuosi} * 0,1259 \text{ €/kWh}) = \text{noin } 4,7 \text{ vuotta}$,

eli kun tarpeeksi pitkällä aikavälillä arvioi maalämpöön siirtymistä energiatehokkuustoimenpiteenä, voidaan maalämpöä pitää erittäin kannattavana investointina. Myös maalämmön kohdalla on muistettava, että ko. investointi nostaa kohteen arvoa (tyypillisesti 3–8 % tai jopa 15 %) sekä on ratkaisuna ekologinen. (Costella Oy. 2025.)

Aurinkosähköjärjestelmän hankkiminen oli kokonaiskustannuksiltaan toiseksi kallein (16063 € kotitalousvähennys huomioituna) kohteeseen suunnitelluista energiatehokkuustoimenpiteistä ja säästi sähköenergiaa alle puolet vähemmän verrattuna maalämpöjärjestelmään (-4058 kWh). Energialuokka muuttui luokasta E luokkaan D. Takaisinmaksuajaksi aurinkosähköjärjestelmään siirryttäessä muodostui noin 35,9 vuotta. Aurinkosähköjärjestelmässä paneelien tekninen käyttöikä on 30–40 vuotta, eli aurinkosähköjärjestelmän kohdalla on todettava, että ko. energiatehokkuustoimenpide maksaa juuri ja juuri itsensä takaisin, ennen kuin aurinkopaneelit tulee uusia. Ihanteellisessa tapauksessa, kun paneelit kestäisivät 40 vuotta, suoraa säästöä kertyisi 4,1 vuodelta $\rightarrow 4,1 * 510,9022 \text{ €/vuosi} = 2094,699 \text{ €}$, eli tällöin ko. energiatehokkuustoimenpidettä voidaan pitää kannattavana, mutta kohteeseen suunnitelluista energiatehokkuustoimenpiteistä aurinkoenergiaan siirtymisen kohdalla on tarkkaan harkittava kannattaako ko. toimenpiteeseen investoida. Tosin on myös muistettava, että aurinkosähköjärjestelmään siirtyminen nostaa kohteen arvoa 3–4 % ja on ekologinen ratkaisu. (Solle Oy.2025.; Region Tukku Oy. 2025.)

Ikkunoiden ja ovien uusiminen oli kokonaiskustannuksiltaan kolmanneksi kallein (1442 € kotitalousvähennys huomioituna) kohteeseen suunnitelluista energiatehokkuustoimenpiteistä ja säästi energiaa alle viidennes verrattuna maalämpöjärjestelmään (-3760 kWh). Energialuokka niin ikään muuttui luokasta E luokkaan D. Takaisinmaksuajaksi ikkunoiden ja ovien uusimisessa muodostui noin 30,5 vuotta. Ikkunoiden tekninen käyttöikä on 40–60 vuotta, eli ko. energiatehokkuustoimenpide maksaa itsensä takaisin, ennen teknisen käyttöiän loppua. Ihanteellisessa tapauksessa, kun ikkunat ja ovet kestäisivät 60 vuotta, niin suoraa säästöä kertyisi 29,5 vuodelta $\rightarrow 29,5 * 473,384 \text{ €/vuosi} = 13964,828 \text{ €}$, eli on ko. toimenpiteeseen olisi ihanteellisessa tapauksessa erittäin kannattava investoida. Tarkkaa määrää, kuinka paljon ikkuna ja oviremontti nostaa asunnon arvoa on hankala arvioida, mutta remontti voi lyhentää

myyntiaikaa ja parantaa myynti mahdollisuuksia sekä parantaa asumismukavuutta, energiatehokkuutta ja talon ulkonäköä. (Raami Nordic Oy. 2026.; HR-Ikkunat Oy. s.a.)

Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla oli kokonaiskustannuksiltaan halvin (8400 € kotitalousvähennys huomioituna) kohteeseen suunnitelluista energiatehokkuustoimenpiteistä ja säästi energiaa reilu puolet verrattuna maalämpöjärjestelmään (-9188 kWh). Myös kyseisessä energiatehokkuustoimenpiteessä energialuokka muuttui luokasta E luokkaan D. Takaisinmaksuajaksi ko. toimenpiteessä muodostui vain 7,5 vuotta. Koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihdon LTO:lla tekninen käyttöikä on tyypillisesti noin 20–30 vuotta, eli takaisinmaksuajan perusteella kohteeseen on erittäin kannattavaa hankkia koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla, etenkin kun koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla investointina voi nostaa asunnon arvoa useilla prosenteilla, ja parantaa asumismukavuutta, energiatehokkuutta ja sisäilmanlaatua poistaen kosteutta tehokkaasti, joka estää rakenteiden vaurioitumista. Edellä mainituista syistä siis ko. toimenpide on erittäin järkevä investointi. (Karelian Store Oy. s.a.; Suunnittelutoimisto Rusttet Oy. 2025.)

Taulukko 2 havainnollistaa vielä takaisinmaksuaikoja.

TAULUKKO 2. Energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutus E-lukuun ja laskennalliseen ostoenergian kulutukseen sekä takaisinmaksuaikoihin.

	E-luku ja energialuokka	Toimenpiteiden laskennallisten ostoenergioiden muutos (kWh/vuosi)	Takaisinmaksuaika vuosissa
Nykytilanne	251 (luokka E)	35690	
Maalämpö	126 (luokka C)	-16048	16,4
Aurinkosähkö	220 (luokka D)	-4058	35,9
Ikkunat ja ovet	223 (luokka D)	-3760	30,5
LTO	181 (luokka D)	-9188	7,5

Nykyhetken energiatodistus on liitteenä numero yksi.

8 YHTEENVETO

Omakotitalon energiatehokkuuden ja kunnossapidon edistäminen on kauaskantoinen prosessi, joka tuottaa merkittäviä hyötyjä niin ympäristölle, kuin asukkaiden taloudelle ja terveydelle sekä pidentää rakennuksen elinkaarta. Energiatehokkuustoimenpiteet ja kunnossapidon muutostyöt ovat sijoitus, jotka maksavat itsensä takaisin alhaisempina sähkö- ja lämmityslaskuina sekä parantuneena asumismukavuutena, nostaen myös asunnon arvoa. Lisäksi omakotitalon kunnossapidossa suunnitelmallinen ja ennakoiva ote on avainasemassa, koska korjausten lykkääntymisestä voi seurata usein kalliita vaurioita. Johtopäätöksenä voidaan sanoa, että energiatehokkuutta edistämällä saavutetaan huomattavia säästöjä asumiskustannuksissa, vähennetään hiilidioksidipäästöjä ja parannetaan asumismukavuutta, lisätään kohteen arvoa sekä pidennetään rakennuksen elinkaarta.

Työ tehtiin, koska 1980-luvulla rakennettujen omakotitalojen energiatehokkuustoimenpiteet ovat ajankohtaisia, sillä suuri määrä sen aikaisista omakotitaloista on tullut peruskorjausikään. Kohderakennukseen tässä opinnäytetyössä suunnitelluilla toimenpiteillä pyrittiin pienentämään energiakustannuksia, parantamaan asumismukavuutta ja pidentämään rakennuksen elinkaarta. Työssä selvitettiin myös mitä toimenpiteitä maalämpöön, aurinkoenergiaan, koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon LTO:lla sekä ikkunoiden ja ovien nykyaikaistamisessa vaaditaan ja miten suuria energiasäästöjä edellä mainituilla toimenpiteillä voidaan saavuttaa. Työssä selvitettiin myös kyseisten toimenpiteiden kokonaiskustannukset ja jokaiselle toimenpiteelle laskettiin takaisinmaksuaika sähkön nykyistä hintaa, kulloisenkin energiatehokkuustoimenpiteen energiavähennyksen määrää ja kulloisenkin toimenpiteen kokonaiskustannusta hyödyntäen. Takaisinmaksuajassa huomioitiin myös kotitalousvähenys. Energiatehokkuustoimenpiteiden energiatiedot selvisivät laskentapalvelut.fi energialaskenta ominaisuutta hyödyntäen sekä kohteesta tehtiin energiatodistus niin ikään laskentapalvelut.fi sivustoa hyödyntäen. Rakennuksen tiivyttyä selvitettiin lämpökamerakuvauksella.

Kohderakennukseen tehtyjen energiatehokkuustoimenpiteiden vaikutus investointina E-lukuun pystyttiin selvittämään varsin tarkasti, sillä laskenta tehtiin

laskentapalvelut.fi laskentaohjelmistoa hyödyntäen. Kyseisen laskentaohjelmiston tarkkuus perustuu voimassa olevien ympäristöministeriön määräysten ja asetusten mukaiseen laskentamenetelmään. Laskenta on kuitenkin laskennallista ja perustuu vakioituun käyttöön, joten sen vuoksi laskenta ei välttämättä täysin vastaa todellista tilannetta. Takaisinmaksuaikoja laskiessa käytettiin sähkön nykyistä hintaa euroina per kilowattitunti Pieksämäen alueella, mutta pitkällä aikavälillä esim. vuoteen 2030 mennessä hintojen nousu voi olla mahdollista. Tästä johtuen takaisinmaksuajat voivat olla opinnäytetyössänikin laskettua lyhyempiä. Lasketuissa takaisinmaksuajoissa on hyvä tiedostaa, että koska kohteen asukkaat kykenevät maksamaan omarahoitteisesti vaikka kaikki neljä opinnäytetyössänikin suunniteltua energiatehokkuustoimenpidettä kerralla, niin ei ollut tarvetta laskea ja huomioida korkoa laitevalmistajien tarjoamalle rahoitukselle tai pankkilainalle. Jos suunnitellut energiatehokkuustoimenpiteet täytyisi hankkia velkarahoitteisesti, niin olisivat eri energiatehokkuusinvestointien takaisinmaksuajat pidempiä suurempien rahoituskulujen vuoksi.

Laskelmissa ei huomioitu mahdollisia kaupungin rakennusvalvontaan liittyviä kustannuksia, eikä välillisiä kustannuksia, joita saneerauksesta voi syntyä (esim. sijaisasumisen kustannukset urakan aikana).

Kohteeseen tehty tarjouspyyntö maalämpöjärjestelmästä ei sisällä maaviileää, eli maalämpöön perustuvaa jäähdystystä. Maaviileä-ominaisuus maalämpöjärjestelmän yhteydessä on hinnaltaan noin 3000–5000 € asennettuna. Kohteessa on jo ilmalämpöpumppu, jolla voi myös kesäisin jäähdyttää. Käyttökustannuksiltaan maaviileän sähkön kulutus on 1/20 osa ilmalämpöpumppuun verrattuna. Käyttökustannuksiltaan ilmalämpöpumpun tuottama viilennys kesäisin on 20.-40 €. Jos maaviileä ominaisuus hankittaisiin, niin takaisinmaksuaika olisi nopeimmillaan $\rightarrow 3000 \text{ €} / (40 \text{ €} / 20) = 1500$ kesää. Tosin jos maaviileä ominaisuuden hankkisi jonain toisena vuonna, kuin kohderakennukseen toteutettavaksi aiotut energiatehokkuustoimenpiteet, niin maaviileää varten voisi saada täyden kotitalousvähennyksen, jolloin maaviileä voisi tulla taloudellisessa mielessä kysymykseen. Toisena tosiasiana on huomioitava, että teholtaan maaviileä antaa hyvän perusviilennyksen, mutta ei välttämättä ole yhtä tehokas kovilla helteillä, kuin ilmalämpöpumppu, eli oikeastaan voidaan päätellä, että koska maaviileä ei tuo merkittävää taloudellista hyötyä eikä

maaviileän tehokaan viilennykseen ole parempi kuin jo kohteessa olevalla ilmalämpöpumpulla, niin parempi pysyä ilmalämpöpumpussa viilennyksen tuottamiseen. (Smart Heating Oy 2025.)

Luotettavamman kustannusarvion kaikille neljälle kohteeseen suunnitellulle energiatehokkuustoimenpiteelle olisi voinut saada kilpailuttamalla urakoitsijoita eri energiatehokkuustoimenpidehankkeista. Näin olisi voinut vertailla tarjousten perusteella eri energiatehokkuustoimenpiteiden laatua ja edullisuutta. Edellä mainitun kaltainen vertailu opinnäytetyössäni olisi tehnyt työni liian laajaksi, joten päädyin käyttämään työssäni vain yhtä tarjousta jokaista energiatehokkuustoimenpidettä kohden. Urakoitsijoiden kilpailutus voisikin olla yksi jatkotutkimus idea tämän opinnäytetyön pohjalta.

Älykkäät ohjausjärjestelmät, kuten automaattinen ilmanvaihdon hallinta, kulutuksen seurantajärjestelmät ja oppivat termostaatit, voivat parantaa energiatehokkuutta huomattavasti. Eräänä jatkotutkimus ideana voisi olla se, että kuinka paljon älyteknologia todellisuudessa vähentää energiankulutusta sekä mikä on takaisinmaksuaika verrattuna perinteisiin menetelmiin.

Koska kohderakennus oli kuorimuurattulohkotiiliomakotitalo, niin eräänä jatkotutkimus ideana voisi olla se, että jos rakennuksessa olisi erilainen verhoilu tapa (esim. puuverhous tai levyverhous), niin voisiko seinärakenteiden eristys olla kustannustehokas tapa parantaa rakennuksen lämpöhäviöitä tällaisissa tapauksissa.

Omakotitalojen siirtyminen kohti entistä omavaraisempaa energiatuotantoa, esim. pientuulivoimaloilla tai aurinkopaneeleilla, jossa naapurit jakavat uusiutuvasti tuotettua energiaa, on yhä kiinnostavampi ja ajankohtaisempi tutkimusaihe. Jatkotutkimus ideassa tutkimus voisi käsitellä energian yhteiskäytön vaikutusta omakotitalojen energiatehokkuuteen ja kannattavuuteen.

Eräs seikka mikä tutkimusta lukiessa on hyvä muistaa, että eri energiatehokkuustoimenpiteillä saadut arviot asunnon arvon noususta ovat vain arvioita, eikä absoluuttisia totuuksia. Toinen seikka minkä on hyvä tiedostaa opinnäytetyötäni lukiessa, että arviot asunnon arvon noususta ovat tämänhetkisiä arvioita, eikä opinnäytetyötäni vaikka vuosikymmenen päästä lukeva voi täysin

luottaa arvioihin asunnon arvon noususta, koska tekniikka voi olla kehittyneempää ja materiaalikustannukset voivat olla muuttuneet.

Eräänä kehittämisideana ehdotan, että kohderakennukseen tehdään talon huoltokirja tai talon sähköinen huoltokirja. Näistä vaihtoehdoista pidän talon sähköistä huoltokirjaa parempana ratkaisuna, koska sen hyötyjä ovat: 1.) Automaattiset muistutukset. 2.) Dokumenttien arkistointi. 3.) Arvon säilyttäminen. (eli kattava huoltohistoria on luotettava dokumentti myyntitilanteessa). 4.) Kulutuksen seuranta.

Työstä hyötyvät tietysti talon asukkaat sekä muutkin vastaavassa kohteessa asuvat, koska työ tarjoaa kattavan tietopaketin omakotitalon omistajille, jotka haluavat pidentää kotinsa elinkaarta ja parantaa energiatehokkuutta kustannustehokkaalla sekä kestäväällä tavalla.

Työstäni hyötyvät myös varmasti eri energiatehokkuustoimenpiteitä myyvät remonttifirmat, sillä työni antaa yhden esimerkin erilaisten energiatehokkuustoimenpiteiden soveltamisesta peruskorjausikään tulleeseen omakotitalo kohteeseen. Remonttimyyjille tämä työ antaa osviittaa eri energiatehokkuustoimenpiteiden kustannuksista ja takaisinmaksuajoista. Remonttimyyjät voivat työstäni poimia taloudellisuuden lisäksi myös muita myyntiargumentteja eri energiatehokkuustoimenpiteitä myydessään (kuten asumismukavuus, rakennuksen elinkaari, asukkaiden terveys, asunnon arvonnousu ja ekologisuus).

Opinnäytetyössäni ilmenneiden eri energiatehokkuustoimenpiteiden merkitys opetuksessa on merkittävä, koska esimerkiksi: 1.) Opettaja voi työssäni esiintyvää aurinkosähköjärjestelmää hyödyntäen mm. havainnollistaa, että aurinkosähköjärjestelmä parantaa toimintavarmuutta ja omavaraisuutta. Oppija sisäistää, että aurinkosähköjärjestelmät sekä akkuvarastot pienentävät riippuvuutta ulkopuolisesta sähköverkosta sekä parantavat varautumiskykyä häiriötilanteissa, joka on kriittistä sähköisten toimintojen jatkuvuuden kannalta. 2.) Opettaja voi työssäni esiintyvää maalämpöjärjestelmää hyödyntäen mm. havainnollistaa uusiutuvan energian toimintaperiaatteen sekä energiatehokkuuden ja ympäristöystävällisyyden. Oppija sisäistää, että maalämpö hyödyntää maaperään sitoutunutta uusiutuvaa auringon lämpöenergiaa sekä käsittää, että järjestelmä on ekologisuuden lisäksi varsin energiatehokas. 3.) Opettaja

voi työssäni esiintyvää ovien ja ikkunoiden nykyaikaistamista hyödyntäen havainnollistaa, missä määrin toimenpiteellä voidaan parantaa kodin energiatehokkuutta, asumismukavuutta sekä turvallisuutta. Oppija sisäistää mm. miten energiatehokkuus, asumismukavuus ja turvallisuus ko. toimenpiteellä paranee. 4.) Opettaja voi työssäni esiintyvää koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa LTO:lla hyödyntäen havainnollistaa, kuinka ko. toimenpiteellä vaikutetaan mm. energiatehokkuuteen, sisäilmanlaatuun ja puhtauteen. Oppija sisäistää kuinka koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto LTO:lla toimii ja kuinka tehokas se on energiatehokkuustoimenpiteenä suhteessa muihin ratkaisuihin.

LÄHTEET

Ala-Prinkkilä, M. 2016. Nyt on aika kytkeä LTO päälle. Kiinteistölehti. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kiinteistolehti.fi/nyt-on-aika-kytkea-lto-paalle> [viitattu 7.3.2026].

Consti Oy. Consti oikea valesokkeli remontti. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://consti.fi/taloyhtiolle/mikrobikorjaus/valesokkeliremontti> [viitattu 8.3.2026].

Costella Oy. 2025. Paljonko maalämpö nostaa asunnon arvoa? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.costella.fi/tietoa/paljonko-maalampo-nostaa-asunnon-arvoa/> [viitattu 14.3.2026].

Elenom Oy. 2024. Kuinka huoltaa aurinkopaneelit oikein? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.elenom.fi/kuinka-huoltaa-aurinkopaneelit-oikein/> [viitattu 13.1.2025].

Elenom Oy. 2025. Mitä tarkoittaa aurinkopaneelien energiatehokkuus? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.elenom.fi/mita-tarkoittaa-aurinkopaneelien-energiatehokkuus/#:~:text=Toiseksi%2C%20aurinkopaneelit%20voivat%20v%C3%A4hent%C3%A4%C3%A4%20energiakustannuksia%20pitk%C3%A4ll%C3%A4%20aikav%C3%A4lill%C3%A4.> [viitattu 7.3.2026].

Elisa Oyj. 2024. Elisa launches home energy storage service in Finland – helping residential properties avoid expensive spikes in electricity prices. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://elisa.com/corporate/news-room/press-releases/elisa-launches-home-energy-storage-service-in-finland-%E2%80%93-helping-residential-properties-avoid-expensive-spikes-in-electricity-prices/72003358659080/> [viitattu 13.1.2026].

Energiaduo. 2025. Energialuokan vaikutus omakotitalon arvoon ja myyntiaikaan. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.energiaduo.fi/artikkelit/energialuokan-vaikutus#:~:text=Energialuokan%20vaikutus%20omakotitalon%20arvoon%20ja%20myyntiaikaan.> [viitattu 6.3.2026].

Energiakorjaus.info. 2013. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/RVkortit_pientalot_F-ilmatiiveys.pdf [viitattu 16.4.2026].

Energiatehokas koti. Ilma- ja maalämpöpumput. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikan_suunnittelu/lammitys/ilma- ja maalampopumput [viitattu 16.4.2026].

Energiateollisuus. Aurinkovoima. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://energia.fi/energiatietoa/energiantuotanto/sahkontuotanto/aurinkovoima/> [viitattu 13.1.2026].

Energiaykkönen Oy. Kuinka paljon säästyy siirtymällä maalämpöön? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://energiaykkonen.fi/kuinka-paljon-energiaa->

[saastyy-siirtymalla-maalampoon/#:~:text=Maal%C3%A4mp%C3%B6pum-pun%20hy%C3%B6tysuhde%20\(COP\)%20on%20tyypilli-sesti,%2C%20jopa%2070%2D80%25.](#) [viitattu 8.3.2026].

Enertech solutions. 2024. Optimizing Building Envelopes for Energy Efficiency: Boost Comfort and Savings. Blogi. Julkaistu. 21.5.2024. Saatavissa: <https://enertech.solutions/blog/optimizing-building-envelopes-for-energy-efficiency> [viitattu 13.1.2026].

Going green renewables. Where is the best place to install solar batteries? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://goinggreenrenewables.co.uk/best-place-to-install-solar-batteries/> [viitattu 13.1.2026].

Harjawa Oy. 2025. Kuinka yhdistää aurinkopaneelit älykotijärjestelmään tehokkaasti? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://harjawa.fi/kuinka-yhdistaa-aurinkopaneelit-alykotijarjestelmaan-tehokkaasti/> [viitattu 13.1.2026].

Hemmilä, K., Nykänen, E. & Ojanen, T. 2017. Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa. Termex. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://termex.fi/wp-content/uploads/2022/12/Rakenteellinen-Energiatehokkuus_Korjausrakentamisessa_opas_20150917.pdf#:~:text=Lis%C3%A4ksi%20ikkunat%20ovat%201%C3%A4mm%C3%B6n%2D%20eristyk-sen%20sek%C3%A4%20ilman%2D,ikkunoiden%201%C3%A4mm%C3%B6nerist%C3%A4vyys%20on%20kehitty-nyt%20paljon%20viimeisen%2020 [viitattu 14.1.2026].

HR-Ikkunat Oy. Ikkunaremontti nostaa kodin arvoa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://hrikkunat.fi/fi/uutinen/ikkunaremontin-vaikutus-talon-arvoon/163#:~:text=Ikkunaremontin%20vaikutus%20talon%20arvoon%20%7C%20HR%2DIkkunat.> [viitattu 14.3.2026].

HSY ilmastoinfo. Ilmanvaihtojärjestelmät. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://ilmastoinfo.hsy.fi/verkkokurssit/energiaekspertti/lessons/ilmanvaihto/topics/ilmanvaihtojarjestelmat/> [viitattu 14.1.2026].

Hyppänen, A. 2025. Sähkön hinta nousee rajusti – tältä näyttää arki vuonna 2030. Pörssisähkönhinta. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://porssisahkonhinta.com/sahkon-hinta-nousee-rajusti-talta-nayttaa-arki-vuonna-2030/> [viitattu 13.2.2026].

Hyvärinen, J. 2021. Huippumurin tai painovoimaisen ilmanvaihdon koneellinen tulo- poisto -ilmanvaihtolaitteella. Talotekniikka info. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://talotekniikkainfo.fi/page/export/html/214> [viitattu 14.1.2026].

Jokela, M. 2026. Kylmäaineen käsittely. Suomen kylmäyhdistys ry.

Juvonen, J. & Lapinlampi, T. 2013. Energiakaivo Maalämmön hyödyntäminen pientaloissa. Ympäristöopas. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10138/40953/YO_2013.pdf?sequence=1&isAllowed=y [viitattu 13.1.2026].

Ikkunaremontti asuntosijoittajan silmin: Miksi, milloin ja miten? s.a. Kodin10. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kodin10.fi/ikkunaremontti-asuntosijoittajan-silmin-miksi-milloin-ja-miten/> [viitattu 14.1.2026].

Ikkunaremontti Opas- Ikkuna- ja Oviremonttien Suunnitteluun ja Toteutus. s.a. Kodin10. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.kodin10.fi/ikkunaremontti-opas/> [viitattu 14.1.2026].

Kaivonporaus Olympia Oy. Miten maalämpökaivon poraus tapahtuu? WWW-dokumentti: <https://kaivonporaus.fi/maalampokaivon-poraus/> [viitattu 16.4.2026].

Karelian Store Oy. Vanhan ilmanvaihtokoneen vaihto – Säästää satoja euroja vuodessa? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://karelians-tore.fi/blogs/news/vanhan-ilmanvaihtokoneen-vaihto-saasta-satoja-euroja-vuodessa#:~:text=Ilmanvaihtokoneen%20vaihto%20tu%20merkit%20C3%A4vi%20energias%20C3%A4st%20B6j%20A4> [viitattu 14.3.2026].

Kokko, O. 2024. Nämä olivat kalleimmat ja halvimmat sähkönsiirtoyhtiöt – vertailu paljasti hurjat hintaerot. Ilta-Sanomat. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.is.fi/taloussanomat/art-2000010411777.html> [viitattu 4.3.2026].

Koneetkotiin Oy. 2025. Tarvitseeko maalämpöpumpulle rakennusluvan? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://koneetkotiin.com/tarvitseeko-maalampopumpulle-rakennusluvan/> [viitattu 13.1.2026].

Kyrönlahden Porakaivo Oy. Mikä on maalämpökaivon käyttöikä? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://kyronlahdenporakaivo.fi/mika-on-maalampokaivon-kayttoika/> [viitattu 20.2.2026].

LAB University of Applied Sciences. 2022. Vakiopaineventtiili vedenkulutuksen alentajana. LAB Focus. Blogi. Saatavissa: <https://blogit.lab.fi/labfocus/vakiopaineventtiili-vedenkulutuksen-alentajana/> [viitattu 14.1.2026].

Laki rakennuksen energiatodistuksesta. 18.1.2013. 50/2013.

Lammin Ikkunat ja Ovet Oy. Valitse oikea ikkuna rakennuksen mukaan. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.lammin.fi/en/windows/choosing-windows/> [viitattu 7.3.2026].

Lappeenrannan Energia. 2022. Astetta lyhyempi suihku tuo säästöä vesilaskuun. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.lappeenrannanenergia.fi/ohjeet-ja-vinkit/astetta-lyhyempi-suihku-tuo-saastoa-vesilaskuun> [viitattu 14.1.2026].

Lemkem Oy. Paljonko lämmön talteenotto säästää? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://lemkem.fi/paljonko-lammon-talteenotto-saastaa/#:~:text=L%20mm%20B6n%20talteenotto%20s%20C3%A4st%20C3%A4st%20tyypillisesti%2030,takaisin%20usein%20jo%20muutamassa%20vuodessa>. [viitattu 7.3.2026].

LVI-Eilola Oy. 2025. Maalämmön hyödyt ja haitat 28.3.2025. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://lvi-eilola.fi/maalammon-hyodyt-ja-haitat-10-merkitavinta-faktaa/> [viitattu 10.1.2026].

Lämpöykkönen Oy. 2023. Aurinkopaneelien asennus mielessä – mistä liikkeelle? WWW-dokumentti. Päivitetty 14.5.2024. Saatavissa: <https://lampoykkonen.fi/lampomedia/artikkelit/aurinkopaneelien-asennus-mielessa-mista-liikkeelle/> [viitattu 13.1.2026].

Lämpöykkönen Oy. 2023. Maalämpöpumppu: 15 usein kysyttyä kysymystä. WWW-dokumentti. Päivitetty 10.6.2025. Saatavissa: <https://lampoykkonen.fi/lampomedia/artikkelit/maalampopumppu-15-usein-kysyttya-kysymysta/?srsltid=AfmBOorogTjLPmiWc0ijfKpul0NtlaKDo-f9PtpMIEur-JAy18BsHjuk> [viitattu 13.1.2026].

Mikkelin kaupunki 2022. Maalämmön/energiakaivon lupaohje. Rakennusvalvonta. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://mikkeli.fi/wp-content/uploads/2022/02/Maalammon-energiakaivon-lupaohje.pdf> [viitattu 13.1.2026].

Motiva Oy. 2025. Maalämpöpumppu (MLP). WWW-dokumentti. Päivitetty 4.6.2025. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/lampopumput/lampopumpputeknologiat/maalampopumppu [14.1.2026].

Motiva Oy. Aurinkosähköteknologiat. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/uusiutuva_energia/aurinkosahko/aurinkosahko-jarjestelmat/aurinkosahkoteknologiat [13.1.2026].

Myllylä, M. 2025. Aurinkopaneelien kiinnitys – näin aurinkopaneelit kiinnitetään oikein. 1komma5. WWW-dokumentti. Päivitetty 19.8.2025. Saatavissa: <https://1komma5.com/fi/aurinkopaneelit/aurinkopaneelin-kiinnitys/> [viitattu 13.1.2026].

Nexus Media Oy. 2020. Lämmön talteenotossa huomioitava koko rakennus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.omakiinteisto.com/lammon-talteenotossa-huomioitava-koko-rakennus/#:~:text=L%C3%A4mm%C3%B6n%20talteenotto%20tuli%20ilmanvaihdon%20poistoilmasta,ett%C3%A4%20sen%20energia%20hy%C3%B6dynnett%C3%A4isiin%20uudelleen.> [viitattu 27.3.2026].

Nibe Energy Systems Oy. Maalämpökaivo. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.nibe.eu/fi/fi/tietopankki/tietoa-eri-lampopumpuista/mita-maalampoon/maalampokaivo> [viitattu 20.2.2026].

Omataloyhtiö. 2025. Kuusi vinkkiä järkevään vedenkäyttöön. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://omataloyhtio.fi/artikkelit/kuusi-vinkki%C3%A4-j%C3%A4rkev%C3%A4n-vedenk%C3%A4ytt%C3%B6n/> [viitattu 14.1.2026].

Oomi Oy. Sähkönsiirtoa ja sähköenergiaa – mistä sähkön hinta muodostuu? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://oomi.fi/sahko/sahkon-hinnan-muodostuminen/#:~:text=S%C3%A4hk%C3%B6verkko-yhti%C3%B6%20m%C3%A4r%C3%A4ytyy%20s%C3%A4hk%C3%>

[B6n%20k%C3%A4ytt%C3%B6paikan%20%E2%80%93%20siis,ja%20loput%20kotona%20k%C3%A4ytetty%C3%A4%20s%C3%A4hk%C3%B6energiaa.](#) [viitattu 4.3.2026].

Oras Oyj. Vettä ja energiaa säästävät hanat ja suihkut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://info.oras.com/fi/saasta-vetta-ja-energiaa> [viitattu 14.1.2026].

Parhaat Palat. Täydellinen opas: Miksi maksat tyhjästä ja voiko laskulle tehdä mitään? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://parhaatpalat.fi/sahkon-siirto-hinta/> [viitattu 4.3.2026].

Pylsy, P. 2013. Taloyhtiön energiatodistus – mitä, miten, milloin? 1. painos. Kiinteistöalan Kustannus Oy.

Puskala, J. 2025. Kuinka syvälle maalämpö porataan. RH Kylmäteknikka Oy. Julkaistu 2.6.2025. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.rhkylmateknikka.fi/kuinka-syvally-maalampo-porataan> [viitattu 20.2.2026].

Raami Nordic Oy. 2026. Kuinka pitkä on alumiiniovien ja -ikkunoiden keskimääräinen käyttöikä taloyhtiössä? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://raami.fi/kuinka-pitka-on-alumiiniovien-ja-ikkunoiden-keskimaarainen-kayttoika-taloyhtioissa/> [viitattu 14.3.2026].

Rakennusinsinööri-toimisto Valakija Oy. Lämpökamerakuvaus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.valakija.fi/lampokamerakuvaus.html> [viitattu 14.1.2026].

Rakennusvalvonta Oulu. 2013. Ilmantiiveys. Energiakorjaus. Kortti F. PDF-dokumentti. Saatavissa: https://www.energiakorjaus.info/wp-content/uploads/2013/08/RVkortit_pientalot_F-ilmantiiveys.pdf [viitattu 21.2.2026].

Rakentaja. 2025. Energiaselvitys ilman E-lukulaskentaa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://rakentaja.fi/artikkelit/energiaselvitys-ilman-e-lukulaskentaa/> [viitattu 16.4.2026].

Rakentaja. 2025. Mitä E-luku kertoo rakennuksen energiatehokkuudesta? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://rakentaja.fi/artikkelit/mit%C3%A4-e-luku-kertoo-rakennuksen-energiatehokkuudesta/> [viitattu 14.1.2026].

Rautio, J. 2008. Lämpöpumput ja niiden taloudellisuus ja ympäristöystävällisyys erillisten pientalojen lämmityksessä. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. PDF-dokumentti. Ympäristötekniikan kandidaattityö. Saatavissa: <https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/43221/nbnfi-fe200901081010.pdf?sequence=3&isAllowed=y> [viitattu 14.1.2026].

Region Tukku Oy. 2025. Miten aurinkopaneelin asennus vaikuttaa talon arvoon? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://energiatuote.fi/miten-aurinkopaneelin-asennus-vaikuttaa-talon-arvoon/#:~:text=Tutki%20miten%20aurinkopaneelin%20asennus%20nostaa%20talon%20arvoa,arvonnousuun%20ja%20milloin%20investointi%20on%20taloudellisesti%20kannattavin.> [14.3..2026].

Rintala, J. & Suokko, T. 2008. Pohjavesinäytteenotto – Nykytila ja kehitystarpeet. Suomen ympäristö. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://helda.helsinki.fi/server/api/core/bitstreams/43858610-6efc-48f0-bfd0-28ea29af45e2/content> [viitattu 14.2.2026].

Sandberg, E. 2016. Sisäilmasto ja ilmastointijärjestelmät. Ilmastointiteknikka osa 1. Forssa: Talotekniikka- Julkaisut Oy.

Satosalmi, J. 2012. Maalämmön kannattavuus. Tekninen tiedekunta. Energia-tekniikan kandidaattityö. Saatavissa: <https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/90672/Kandidaatin%20ty%C3%B6%20-%20Maal%C3%A4mm%C3%B6n%20kannattavuus.pdf?sequence=2> [viitattu 14.1.2026].

Scanoffice Oy. Aurinkopaneelien suuntaus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://scanoffice.fi/aurinkopaneelit/opas/aurinkopaneelien-asennuskohdeet/aurinkopaneelien-suuntaus-hyodynnä-aurinkoenergia-tehokkaasti/> [viitattu 13.1.2026].

Seppänen, O. 2001. Rakennusten lämmitys. Jyväskylä: Gummerrus kirjapaino Oy.

Smart Heating Oy. Kustannustehokas ja ympäristöystävällinen maalämpöjäähdytys takaa mukavan asumisen. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.smartheating.fi/en/cost-effective-and-environmentally-friendly-geothermal-cooling-for-comfortable-living/> [viitattu 11.3.2026].

Solle Oy. 2025. Aurinkopaneelien käyttöikä – Miten pitkään todella kestävät? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://solle.fi/aurinkopaneelien-kayttoika/#:~:text=Keskim%C3%A4%C3%A4r%C3%A4inen%20k%C3%A4ytt%C3%B6ik%C3%A4:%20Aurinkopaneelien%20keskim%C3%A4%C3%A4r%C3%A4inen%20k%C3%A4ytt%C3%B6ik%C3%A4%20on%20noin,vuotta%2C%20mutta%20huolellinen%20yll%C3%A4pito%20voi%20pident%C3%A4%C3%A4%20t%C3%A4t%C3%A4.> [viitattu 14.3.2026].

Sotkamon Porakaivo Oy. Lämpökaivot. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://sotkamonporakaivo.fi/lampokaivot/> [viitattu 20.2.2026].

Suodenjoki, J. 2025. Aurinkopaneelien invertterin sijoitus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://solle.fi/aurinkopaneelien-invertterin-sijoitus/> [viitattu 13.1.2026].

Suunnittelutoimisto Rusttet Oy. 2025. Nostaako energiaremontti asunnon arvoa? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://rusttet.fi/nostattaako-energiaremontti-asunnon-arvoa/#:~:text=Energiaremontti%20nostaa%20asunnon%20arvoa%205%2D15%25%20parantamalla%20energiatehokkuutta,kannattaa%20tehd%C3%A4%20ja%20miten%20investointi%20maksaa%20itsens%C3%A4> [viitattu 14.3.2026].

Sähkö sopimukset. Sähkön siirtohintaa Suomessa alueittain. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://sahkosopimukset.com/sahkon-siirto/#:~:text=Table title:%20S%C3%A4hk%C3%B6n%20siirtohintaa%20Suomessa%20alueittain%20Table content:%20header:,maksu%20snt%20/%20kWh:%203%2C99%20snt%20%7C](https://sahkosopimukset.com/sahkon-siirto/#:~:text=Table%20title:%20S%C3%A4hk%C3%B6n%20siirtohintaa%20Suomessa%20alueittain%20Table%20content:%20header:,maksu%20snt%20/%20kWh:%203%2C99%20snt%20%7C) [viitattu 4.3.2026].

Talotekniikka info. Huippuimurin tai painovoimaisen ilmanvaihdon korvaaminen tulo- poisto -ilmanvaihtolaitteella. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://talotekniikkainfo.fi/ratkaisut-etusivu/huippuimurin-tai-painovoimaisen-ilmanvaihdon-korvaaminen-tulo-poisto> [viitattu 14.1.2026].

Taloustaito. 2019. Energiatodistus jää usein hankkimatta – voiko siitä seurata rapsut? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.taloustaito.fi/koti/energia-todistus-jaa-yha-usein-hankkimatta--voiko-siita-seurata-rapsut/#0ab4d2ab> [viitattu 14.1.2026].

Thermia Finland Oy. Miten maalämpö toimii? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.thermia.fi/maalampo/maalampo1/miten-maalampo-toimii/> [viitattu 20.2.2025].

Tuulitutka Oy. 2024. Energiatodistus – Kaikki mitä sinun on tärkeää tietää. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tuulitutka.fi/energiatodistus-kaikki-mita-sinun-on-tarkea-tietaa/#0-mik%C3%A4-on-energiatodistus-> [viitattu 14.1.2026].

Työ- ja elinkeinoministeriö. Energiatehokkuus. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://tem.fi/energiatehokkuus> [viitattu 14.1.2026].

Urakkamaailma. Valesokkeli. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.urakkamaailma.fi/valesokkel> [viitattu 8.3.2026].

User Manual. Hybrid 55KW PV Inverter. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://enertik.com/wp-content/uploads/sites/2/documentos/manuales/manual-inversor-solar-hibrido-hgi-55k-48.pdf> [viitattu 13.1.2026].

Valtioneuvosto. 2011. Lämpökaivojen poraamiseen jatkossa toimenpidelupa. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://valtioneuvosto.fi/-/atgardstillstand-i-fortsattningen-for-borning-av-varmebrunnar> [viitattu 13.1.2026].

Valtioneuvoston asetus rakennuksissa käytettävien energiamuotojen kertomien lukuarvoista. 17.3.2011. 788/2017.

Vattenfall. 2025. Aurinkoenergia Suomessa ja muualla Euroopassa- tulevaisuus näyttää valoisalta myös pohjoisilla leveyspiireillä. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vattenfall.fi/fokuksessa/aurinkosahko/aurinkoenergia-suomessa-ja-muualla-euroopassa/> [viitattu 13.1.2026].

Velco Oy. Korvausilmaventtiilien asennus ja sijoittelu. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.velco.fi/korvausilmaventtiilien-sijoittelu#:~:text=Korvausilmaventtiilin%20paras%20sijoituspaikka%20on%20ikkunan,mahdollisimman%20kauas%20poistoilmaventtiilist%C3%A4%20tai%20hormista.> [viitattu 27.3.2026].

Vesivek Oy. Mikä on valesokkeli eli piilosokkeli? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.vesivek.fi/valesokkeli/> [viitattu 8.3.2026].

Virkamäki, P. 2014. Ikkunoiden ja ovien korjaus- ja muutoshankkeiden ohjeistus. WWW-dokumentti. Saatavissa: https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Ikkunoiden-ja-ovien-korjaus--ja-muutoshankkeiden-ohjeistus-7EFDE1C3_86A8_4928_B227_5847B58BF9F8-104545.pdf/1740d599-d174-ced1-5e05-3bc327b2ac40/Ikkunoiden-ja-ovien-korjaus--ja-muutoshankkeiden-ohjeistus- [viitattu 14.1.2026].

Virtanen, T. 2024. Energiaremontti omakotitaloon: Tehokkaat toimenpiteet energiatehokkuuden parantamiseksi. TaloTalo. WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://talotalo.fi/energiaremontti-omakotitaloon> [viitattu 14.1.2026].

Väre Oy. Sähkön hintaennuste 2026 – nouseeko sähkön hinta? WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://vare.fi/sahkon-hinta/sahkon-hintaennuste/#:~:text=P%C3%B6rssi%C3%A4hk%C3%B6n%20keskihinta%20vuonna%202022%20oli,5%2C68%20snt/kWh.> [viitattu 4.3.2026].

Ympäristöministeriö. 2018. Tasauslaskentaopas. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tasauslaskentaopas-2018-310317-181217-\(002\)-8DA891B6_94AC_4367_9E45_D59ECED00CCF-133703.pdf/acb4fd5e-e622-c6e7-c0f0-97aa59de0886/Tasauslaskentaopas-2018-310317-181217-\(002\)-8DA891B6_94AC_4367_9E45_D59ECED00CCF-133703.pdf?t=1603260250564](https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Tasauslaskentaopas-2018-310317-181217-(002)-8DA891B6_94AC_4367_9E45_D59ECED00CCF-133703.pdf/acb4fd5e-e622-c6e7-c0f0-97aa59de0886/Tasauslaskentaopas-2018-310317-181217-(002)-8DA891B6_94AC_4367_9E45_D59ECED00CCF-133703.pdf?t=1603260250564) [viitattu 15.1.2026].

Ympäristöministeriö. 2025. Rakentamislaki sujuvoittaa rakentamista ja edistää päästövähennyksiä ja kiertotaloutta. WWW-dokumentti. Saatavissa: [https://ym.fi/rakentamislaki#:~:text=%20rakentamism%C3%A4%C3%A4r%C3%A4yksi%C3%A4%20\(esimerkiksi%20paloturvallisuusm%C3%A4%C3%A4r%C3%A4yksi%C3%A4\)%20*%20kaavam%C3%A4%C3%A4r%C3%A4yksi%C3%A4%20*%20rakennusj%C3%A4rjestyst%C3%A4](https://ym.fi/rakentamislaki#:~:text=%20rakentamism%C3%A4%C3%A4r%C3%A4yksi%C3%A4%20(esimerkiksi%20paloturvallisuusm%C3%A4%C3%A4r%C3%A4yksi%C3%A4)%20*%20kaavam%C3%A4%C3%A4r%C3%A4yksi%C3%A4%20*%20rakennusj%C3%A4rjestyst%C3%A4) [viitattu 13.1.2026].

Ympäristöministeriön asetus uuden rakennuksen energiatehokkuudesta. 27.12.2017. 1010/2017.

ENERGIATODISTUS 2018

LUONNOSVERSIO - virallinen todistus ARA:n valvontajärjestelmästä

Rakennuksen nimi ja osoite:	Omakotitalo Tahintie 62 A 76100
Pysyvä rakennustunnus:	
Rakennuksen valmistumisvuosi:	1988
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka:	
Yhden asunnon talot (käyttötarkoitusluokka 1 a-c)	
Todistustunnus:	
Energiatodistus on laadittu:	
Olemassa olevalle rakennukselle, havainnointikäynnin päivänmäärä:	09.11.2025

	Energiatohokkuusluokka
A	
B	
C	
D	
E	E 2018
F	
G	

Rakennuksen laskennallinen energiatohokkuuden vertailuluku eli E-luku	kWh _E /m ² vuosi
Uuden rakennuksen E-luvun vaatimus	251
(Huom! Ylläoleva on 2018 säädöksen vaatimustaso mahdolliset helpotukset huomioiden)	110

Todistuksen laatija:

Yritys:

Sähköinen allekirjoitus:

Todistuksen laatimispäivä:

11.11.2025

Viimeinen voimassaolopäivä:

11.11.2035

Huom! Todistuksessa esitetyt lukuja/laskentatuloksia ei tule käyttää Lämpöpumppujen/lämmitysjärjestelmän valintaan.

YHTEENVETO RAKENNUKSEN ENERGIATEHOKKUUDESTA

Laskennallinen ostoenergiankulutus ja energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)

Lämmitetty nettoala, m ²	156.7
Lämmitysjärjestelmän kuvaus	Sähkölämmitys / Sähkö
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus	Koneellinen poisto

Käytettävä energiamuoto	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia		Energiamuodon kerroin	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus
	kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)		
Sähkö	30690	196	1.20	235.0
Puu	5000	32	0.50	16.0
Sähkön kulutukseen sisältyvä valaistus- ja kuluttajalaitesähkö	3294	21.0		
Energiatehokkuuden vertailuluku (E-luku)				251

Rakennuksen energiatehokkuusluokka

Käytetty E-luvun luokittelusteikko Erilliset pientalot

Luokkien rajat asteikolla

A: ...79	B: 80 ... 124	C: 125 ... 162
D: 163 ... 242	E: 243 ... 372	F: 373 ... 442
G: 443 ...		
Tämän rakennuksen energiatehokkuusluokka		
E		

E-luku perustuu rakennuksen laskennallisiin kulutuksiin ja energiamuotojen kertoimiin. Kulutus on laskettu vakioidulla käytöllä lämmitettyä nettoalaa kohden, jolloin eri rakennusten E-luvut ovat keskenään vertailukelpoisia. Vakiodusta 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, sulanapitolämmitykset ja ulkovalot eivät sisälly E-lukuun.

TOIMENPIDE-EHDOTUKSIA E-LUVUN PARANTAMISEKSI

Keskeiset suositukset rakennuksen E-lukua parantaviksi toimenpiteiksi (ei koske uusia rakennuksia)

Ikkunoiden ja ovien uusiminen. Maalämmön lisääminen sekä LTO järjestelmän asentaminen (tulo poisto kanavisto).
Aurinkosähkön lisääminen.

Suosituksia on esitetty yksityiskohtaisemmin sivuilla 6 ja 7, kohdassa "Toimenpide-ehdotukset E-luvun parantamiseksi".

E-LUVUN LASKENNAN LÄHTÖTIEDOT				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitusluokka	Yhden asunnon talot (käyttötarkoitusluokka 1 a-c) (Erilliset pientalot)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1988	Lämmitetty nettoala	156.7	m ²
Rakennusvaihe				
Ilmanvuotoluku q50	4.37	m ³ /(h m ²)		
	A m ²	U W/(m ² K)	UxA W/K	Osuus lämpöhäviöstä %
Ulkoseinät	111.40	0.32	35.39	21.28
Yläpohja	156.70	0.09	14.10	8.48
Alapohja	156.70	0.36	56.41	33.92
Ikkunat	17.35	2.10	36.44	21.91
Ulko-ovet	6.33	1.40	8.87	5.33
Kylmäsiilat	-	-	15.12	9.09
Ikkunat ilmansuunnittain				
	A m ²	U W/(m ² K)	g_{kohtisuora}-arvo	
Pohjoinen	-	-	-	
Itä	-	-	-	
Etelä	-	-	-	
Länsi	-	-	-	
Koillinen	8.48	2.10	0.70	
Kaakko	1.31	2.10	0.70	
Lounas	7.56	2.10	0.70	
Luode				
Ilmanvaihtojärjestelmä				
Ilmanvaihtojärjestelmän kuvaus:	Koneellinen poisto			
	Ilmavirta tulo/poisto (m ³ /s) / (m ³ /s)	Järjestelmän SFP-luku kW/(m ³ /s)	LTO:n lämpötilasuhde	Jäätymisenesto
Pääilmanvaihtokoneet	0.000 / 0.063	1.5	-	C
Erillispoistot			-	
Ilmanvaihtojärjestelmä	0.000 / 0.063	1.5	-	
Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n vuosihyötysuhde:		77.9 %		
Lämmitysjärjestelmä				
Lämmitysjärjestelmän kuvaus:	Sähkölämmitys / Sähkö			
	Tuoton hyötysuhde	Jaon ja luovutuksen hyötysuhde	Lämpökerroin (1)	Apulaitteiden sähkönkäyttö (2) kWh/(m ² vuosi)
	-	-		
Tilojen ja iv:n lämmitys	1.00	85 %		0.50
LKV:n valmistus	1.00	85 %		0.00
(1) vuoden keskimääräinen lämpökerroin lämpöpumpulle				
(2) lämpöpumpputjärjestelmissä voi sisältyä lämpöpumpun vuoden keskimääräiseen lämpökertoimeen				
	Määrä kpl	Tuotto kWh		
Varaava tulisija	1	3000.00		
Ilmalämpöpumppu	1	5000.00		
Jäähdytysjärjestelmä				
	Jäähdytyskauden painotettu kylmäkerroin			
Jäähdytysjärjestelmä	-			
Lämmin käyttövesi				
	Ominaiskulutus dm ³ /(m ² vuosi)	Lämmitysenergian nettotarve kWh/(m ² vuosi)		
Lämmin käyttövesi	391.00	23		
Sisäiset lämpökuormat eri käyttöasteilla				
	Käyttöaste	Henkilöt W/m ²	Kuluttajalaitteet W/m ²	Valaistus W/m ²
Henkilöt ja kuluttajalaitteet	-	2.00	3.00	
Valaistus	60 %			6.00
	10 %			

E-LUVUN LASKENNAN TULOKSET				
Rakennuskohde				
Rakennuksen käyttötarkoitukseluokka	Yhden asunnon talot (käyttötarkoitukseluokka 1 a-c) (Erilliset pientalot)			
Rakennuksen valmistumisvuosi	1988			
Lämmitetty nettoala, m ²	156.7			
E-luku, kWhE/(m ² vuosi)	251			
E-luvun erittely				
Käytettävät energiamuodot	Vakioidulla käytöllä laskettu ostoenergia kWh/vuosi	Energiamuodon Kerroin -	Energiamuodon kertoimella painotettu energiankulutus	
			kWhE/vuosi	kWhE/(m ² vuosi)
Sähkö	30690	1.20	36828	235.0
Uusiutuva polttoaine (Puu)	5000	0.50	2500	16.0
YHTEENSÄ	35690		39328	251.0
Rakennuksen ympäristössä olevasta energiasta otettu energia, hyödynnetty osuus (kuukausitason erittely lisätiedoissa)				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Lämpö ulkoilmasta		3214	20.51	
Rakennuksen teknisten järjestelmien energiakulutus				
		Sähkö kWh/(m ² vuosi)	Lämpö kWh/(m ² vuosi)	Kaukojäähdytys kWh/(m ² vuosi)
Lämmitysjärjestelmä				
Tilojen lämmitys (1)		0.5	120.0	
Tuloilman lämmitys			37.7	
Lämpimän käyttöveden valmistus				
Ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergiakulutus		5.3		
Jäähdytysjärjestelmä				
Kuluttajalaitteet ja valaistus		21.0		
YHTEENSÄ		26.8	157.7	0
(1) Ilmanvaihdon tuloilman lämpeneminen tilassa ja korvausilman lämmitys kuuluu tilojen lämmitykseen				
Energian nettotarve				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Tilojen lämmitys (2)		23987	153	
Ilmanvaihdon lämmitys (3)		0	0	
Lämpimän käyttöveden valmistus		3570	23	
Jäähdytys		0	0	
(2) sisältää vuotoilman, korvausilman ja tuloilman lämpenemisen tilassa				
(3) laskettu lämmöntalteenoton kanssa				
Lämpökuormat				
		kWh/vuosi	kWh/(m ² vuosi)	
Aurinko		1375	8.77	
Ihmiset		1647	10.51	
Kuluttajalaitteet		2471	15.77	
Valaistus		824	5.26	
Lämpimän käyttöveden kierrosta ja varastoinnin häviöstä		850	5.42	
Laskentatyökalun nimi ja versionumero				
Laskentatyökalun nimi ja versionumero	www.laskentapalvelut.fi, versio 1.5 (8.1.2023)			

TOTEUTUNUT ENERGIANKULUTUS

Saatavilla olevat ostoenergian määrät ilmoitetaan sellaisenaan ilman lämmöntarvelukukorjausta.
Ostoenergian määrät ilmoitetaan energiatodistuksen laatimista edeltävältä täydeltä kalenterivuodelta.

Toteutunut ostoenergiankulutus

Lämmitetty nettoala 156.7 m²

Energiaverkoista ostettu energia

Kokonaissähkö

kWh/vuosi

7000

kWh/(m²vuosi)

44.67

Ostetut polttoaineet (1)

polttoaineen
määrä
vuodessa

yksikkö

muunnos-
kerroin
kWh:ksi

kWh/vuosi

kWh/(m²vuosi)

Polttopuu

13

pino-m³

1300

16900

107.8

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

Toteutunut ostoenergia yhteensä

Sähkö yhteensä

Kaukolämpö yhteensä

Polttoaineet yhteensä

Kaukojäähdytys

YHTEENSÄ

kWh/vuosi

7000

kWh/(m²vuosi)

44.67

16900

107.85

23900

152.52

Toteutunut energiankulutus riippuu mm. rakennuksen käyttäjien lukumäärästä ja käyttötottumuksista, käyttöajoista, sisäisistä kuormista, rakennuksen sijainnista ja vuotuisista sääolosuhteista. Todistusta laadittaessa energiankulutus lasketaan Etelä-Suomen säätiedoilla ja siten, että rakennuksen käyttö on vakioitu.

Yllä olevassa taulukossa ilmoitetut luvut saattavat sisältää kulutusta, joka ei sisälly laskennalliseen ostoenergiankulutukseen. Taulukosta voi myös puuttua energiankulutuksia, joiden kulutustietoja ei ollut saatavilla todistusta laadittaessa. Näiden syiden vuoksi toteutunut ostoenergiankulutus ei ole verrattavissa laskennalliseen ostoenergian kulutukseen.

TOIMENPIDE-EHDOTUKSET E-LUVUN PARANTAMISEKSI

Toimenpide-ehdotukset tähtäävät E-luvun parantamiseen, joten ne arvioidaan rakennuksen vakioidulla käytöllä.

Osio ei koske uusia rakennuksia.

Huomiot - ulkoseinät, ulko-ovet ja ikkunat

Ikkunoiden ja ovien uusiminen.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1	Ikkunoiden ja ovien uusiminen			
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1		3760		-28
2				
3				

Huomiot - ylä- ja alapohja

Yläpohja lisäeristetty 2022, ei toimenpide ehdotuksia.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1				
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1				
2				
3				

Huomiot - tilojen ja käyttöveden lämmitysjärjestelmät

Maalämpöpumpun lisääminen.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1	Maalämpöpumppuun vaihtaminen (tilat+käyttövesi)			
2				
3				
	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1		16048		-125
2				
3				

Huomiot - ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät

Koneellinen tulo ja poisto on toteutettavissa. Koneellinen tulo- poistoilmanvaihto LTO:n lisääminen.

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1 Koneellinen tulo ja poisto lisääminen

2

3

	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1		9188		-70
2				
3				

Huomiot - valaistus, jäähdytysjärjestelmät, sähköiset erillislämmitykset ja muut järjestelmät

Aurinkopaneelien lisäys noin 38 meliömetriä

Toimenpide-ehdotukset ja arvioidut ostoenergian muutokset

1 Aurinkopaneelit

2

3

	Lämpö, ostoenergian muutos	Sähkö, ostoenergian muutos	Jäähdytys, ostoenergian muutos	E-luvun muutos
	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWh/vuosi	kWhE/m ² vuosi
1		4058		-31
2				
3				

Suosituksia rakennuksen käyttöön ja ylläpitoon

Lämpökuvaus olisi hyvä tehdä, jotta saisi tietää onko kylmiä kohtia rakenteissa, koska talo on jo iältään 36 vuotta vanha. Tämän lisäksi vuosittainen savuhormien nuohous (varaava tulisija ja sauna). Myös silmämääräinen salaojien tarkkailu on tarpeen.

Lisätietoja energiatehokkuudesta

Motiva Oy - Asiantuntija energian ja materiaalien tehokkaassa käytössä www.motiva.fi

LISÄMERKINTÖJÄ