

Opinnäytetyö (AMK)

Rakennustekniikka

Talonrakennustekniikka

2022

Matti Salla

U-ARVON PARANTAMINEN KORJAUSRAKENTAMISESSA

Matti Salla

U-ARVON PARANTAMINEN KORJAUSRAKENTAMISESSA

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää esimerkkikohteen avulla rakennuksen eri rakennusosien U-arvojen parantamisen vaikutusta rakennuksen vaipan lämpöhäviöihin ja tämän avulla arvioida rakennusosien energiaremonttien taloudellista kannattavuutta.

Tarkastelu suoritettiin rakennusosakohtaisesti yläpohjalle, ulkoseinille, ulko-oville ja ikkunoille. Laskelmat tehtiin samaa esimerkkikohtetta käyttäen kolmelle eri paikkakunnalle: Turku, Jyväskylä ja Sodankylä. Eri paikkakunnat edustavat Suomen erilaisia sääoloja ja lämmitystarvetta.

Laskelmat suoritettiin käyttäen U-arvon muutokseen ja lämmitystarvelukuun perustuvaa menetelmää, jossa selvitetään rakennusosien vuotuiset lämpöhäviöt.

Yläpohjan eristävyysparantaminen olisi esimerkkikohteessa kannattavaa ja helposti toteutettavissa erillisenä toimenpiteenä. Ulkoseinien parannukset ovat vaikeasti toteutettavissa erillisenä toimenpiteenä. Ulkoseinien lämmöneristävyyttä kannattaa ehdottomasti parantaa mahdollisuuksien mukaan esimerkiksi julkisivuremontin yhteydessä.

Työssä saatiin selkeä käsitys siitä, ettei ulko-ovien tai ikkunoiden uusiminen ole perusteltua tavoiteltaessa lämmityksessä saavutettavia säästöjä.

ASIASANAT:

energiänsäästö, energiatehokkuus, lisäeristäminen, U-arvo

BACHELOR'S THESIS | ABSTRACT

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Civil Engineering | Structural Engineering

2022 | 28 pages

Matti Salla

IMPROVING THE U-VALUE IN REPAIR CONSTRUCTION

The aim of this thesis was to determine the effect of improving the U-values of the different structural elements of the building on the heat loss of the building envelope with the help of a case building and to evaluate the economic profitability of the energy repairs of structural elements.

The review was carried out on an element-by-element basis for the attic joists, exterior walls, exterior doors and windows. The calculations were conducted using the same case building for three different locations, Turku, Jyväskylä and Sodankylä. Different localities represent different weather conditions and heating needs. The calculations were performed using the method based on the change in U-value and the heating degree days, which determines the annual heat losses of the structural components.

Improving the insulation of the attic joists would be profitable and easy to implement as a separate measure in the case building. Improvements to external walls are difficult to implement as a separate measure. The thermal insulation of exterior walls should definitely be improved, if possible, for example, at the same time with facade renovations.

The work provided a clear understanding that the replacement of exterior doors or windows is not justified in pursuit of savings in heating.

KEYWORDS:

energy saving, energy efficiency, additional insulation, U-value

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	6
2 LÄMMÖNSIIRTYMINEN	8
3 KÄYTETYT MENETELMÄT	9
3.1 U-arvo	9
3.2 Lämmitystarveluku eli astepäiväluku	10
3.3 Rakennusosakohtaiset vaatimukset korjausrakentamisessa	11
4 ESIMERKKIKOHDE	12
5 U-ARVOJEN PARANNUKSET RAKENNUSOSITTAIN	14
5.1 Yläpohja	16
5.1.1 Yläpohjan U-arvon puolitus	16
5.1.2 Yläpohjan parannus uudiskohdetta vastaavalle tasolle	17
5.2 Ulkoseinät	18
5.2.1 Ulkoseinien U-arvon puolitus	19
5.2.2 Ulkoseinien parannus uudiskohdetta vastaavalle tasolle	20
5.3 Ulko-ovet	21
5.3.1 Ulko-ovien parannus uudiskohdetta vastaavalle tasolle	21
5.4 Ikkunat	22
5.4.1 Ikkunoiden parannus uudiskohdetta vastaavalle tasolle	22
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	24
7 YHTEENVETO	26
LÄHTEET	28

KAAVAT

Kaava 1. Lämmönläpäisykertoimen laskentakaava.	9
Kaava 2. Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen laskentakaava.	10
Kaava 3. Rakenteen ainekerroksen lämmönvastuksen laskentakaava.	10
Kaava 4. Kaava arvioidusta vuotuisesta lämpöhäviön pienentymisestä, kWh/m ² .	15

TAULUKOT

Taulukko 1. Eräiden lämmöneristysmateriaalien lämmönjohtavuuksia.	8
Taulukko 2. U-arvoille asetetut vaatimukset korjausrakentamisen yhteydessä.	11
Taulukko 3. Käytettävät lämmönläpäisykertoimet eri rakennusosille, W/m ² K.	14
Taulukko 4. Lämmitystarveluvut Turulle ja kahdelle vertailukaupungille vuosilta 2011–2020 ja niiden keskiarvot, °Cvrk.	15
Taulukko 5. Yläpohjan U-arvon parannus minimivaatimustasolle.	17
Taulukko 6. Yläpohjan U-arvon parannus uudiskohdetta vastaavalle tasolle.	18
Taulukko 7. Ulkoseinien U-arvon parannus minimivaatimustasolle.	19
Taulukko 8. Ulkoseinien U-arvon parannus uudiskohdetta vastaavalle tasolle.	20
Taulukko 9. Ulko-ovien uusiminen, säästetty energia vuodessa.	21
Taulukko 10. Ikkunoiden uusiminen, säästetty energia vuodessa.	23

1 JOHDANTO

Suomen kylmissä oloissa rakennusten lämmitykseen tarvitaan vuosittain paljon energiaa, noin 26 % koko Suomen kokonaisenergiankulutuksesta. Tästä kertoo esimerkiksi se, että ulkoseinien rungon paksuuden määrittää lähinnä eristeiden paksuus, ei niinkään rungolle aiheutuvat kuormat.

Ilmastonmuutos luo paineita pienentää energiankulutusta ja sitä kautta pienentää myös rakennusten lämmityksestä aiheutuvia kasvihuonepäästöjä. Yksi parhaista keinoista tähän on rakennusten lämpöhäviöiden pienentäminen. Eristystä koskeva lainsäädäntö onkin tiukentunut huomattavasti vuosien varrella. 70-luvun energiakriisi vauhditti rakennusten energiamääräysten tiukentamista ja ensimmäiset Suomen rakentamismääräyskoelmaan perustuvat määräykset tulivat vireille vuonna 1976. Tätä ennen käytettiin Suomen Rakennusinsinöörien Liiton RIL ry:n antamia ohjeita.

Suomessa on paljon vanhempaa rakennuskantaa, ajalta jolloin määräykset eivät olleet lähellekään nykytasoa tai rakennettiin RIL:n ohjeiden perusteella. Nimenomaan tässä vanhemmassa rakennuskannassa on paljon säästöpotentiaalia lämmitykseen kulutettavan energian suhteen.

Monien vanhojen rakennusten rakennusosat ovat lähellä teknisen käyttöikänsä loppupäätä. Rakennusten peruskorjauksen yhteydessä olisi aina syytä tutkia energiankulutusta. Hyviä kannustimia energian säästämiseen ovat rahalliset säästöt. Energian hinnan uskotaan nousevan tulevaisuudessa, jolloin säästöjen taloudellinen osuus kasvaa. Säästetty kilowattitunti on halvin kilowattitunti. Myös asumismukavuus paranee huomattavasti lisäeristämisen myötä.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on tarkastella U-arvon parantamisella saavutettavia hyötyjä ja pohtia investointien taloudellista kannattavuutta. Esimerkkikohteena on Turussa sijaitseva vuonna 1978 valmistunut 198 m²:n kokoinen yksikerroksinen omakotitalo. Esimerkkikohteen ulkovaippaan ei ole tehty energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä. Rakennuksen tekniikkaa on kuitenkin modernisoitu esimerkiksi lämmöntalteenotolla varustetulla koneellisella ilmanvaihdoilla sekä ilmalämpöpumpulla.

Opinnäytetyössä tarkastellaan rakenteellisen energiatehokkuuden parantamisen vaikutuksia energiankulutukseen, mahdollisuuksia ja taloudellista kannattavuutta. Tarkasteluun on otettu ulkovaipan rakennusosittain tapahtuva U-arvon parantaminen. Tämä voi

tapahtua esimerkiksi sisä- tai ulkopuolisella lisäeristämällä, mahdollisten sisäpuolisten korjausten tai julkisivuremonttien yhteydessä. U-arvon parannus ikkunoiden ja ulkovi-
o-
vien osalta tapahtuu uusimalla ne nyky määräysten mukaisiksi.

Tutkimus rajoittuu rakennusosien lämmönjohtavuuden tarkasteluun ja tämän ominaisuuden parantamisella saavutettaviin teoreettisiin kustannussäästöihin lämmityskustannusten osalta. Esimerkiksi rakenteiden kosteustekniseen toimintaan ei oteta kantaa, ja se tulee aina selvittää tapauskohtaisesti tarkemmilla laskelmilla ja tutkimuksilla. Tutkimuksessa ei myöskään oteta kantaa rakenteiden ilmatiivyyteen liittyvien seikkojen vaikutuksesta lämmityskustannuksiin. Jäähdytystarpeen muutoksen vaikutusta ei oteta tarkastelussa huomioon.

Esimerkkilaskelmat ovat suuntaa antavia ja yksinkertaistettuja esimerkkejä tulevien energiaremonttien päätöksenteon tueksi. Tutkimuksessa ei oteta tarkemmin kantaa energian tulevaisuuden hintakehitykseen, remonttien vaikutusta kiinteistön arvon kehitykseen tai rahan arvon muutoksiin.

2 LÄMMÖNSIIRTYMINEN

Lämpötilaerot pyrkivät aina tasaantumaan, johtumisen suunta on lämpimämmästä viileämpään. Lämpö voi siirtyä kolmella tavalla: johtumalla, säteilemällä tai konvektiona. Lämmön johtuminen on atomien värähtelyliikettä. (Siikanen 2014.) Tässä työssä tarkastellaan lämmönsiirtymistä johtumalla ja sen vaikutusta energian kulutukseen.

Rakenteissa lämmönjohtumista pyritään pienentämään sellaisilla ainekerroksilla, jotka eristävät hyvin lämpöä. Tällaisten materiaalien ominaispiirre on, että ne ovat huokoisia. Huokosissa oleva ja paikallaan pysyvä ilma tai kaasu estää lämpöä johtumasta aineen lävitse.

Materiaalien eristyskykyä kuvataan materiaalin lämmönjohtavuudella. Mitä pienempi lämmönjohtavuus materiaalilla on, sitä paremmin se toimii lämmöneristeenä. Lämmöneristeen lämmönjohtavuuden laskenta-arvona käytetään normaalisen lämmönjohtavuuden (λ_n) arvoa. Esimerkiksi betonin lämmönjohtavuus on noin 1,7 W/mK, kun taas mineraalivillalla lämmönjohtavuus on noin 0,55 W/mK. Huokoinen mineraalivilla on täten huomattavasti parempi lämmöneriste kuin paljon tiheämpi betoni. (Taulukko 1.)

Taulukko 1. Eräiden lämmöneristysmateriaalien lämmönjohtavuuksia (Ratu 0437, 2015).

Lämmöneristysmateriaalien normaalisia lämmönjohtavuuksia (λ_n) W/(m*K)	
Sahanpuru	0,08
Mineraalivillalevy	0,055
Polyuretaani	0,033
Puhallusvillat yläpohjassa (lasi-, kivi- ja selluvilla)	0,06

3 KÄYTETYT MENETELMÄT

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan U-arvon parantamisen ja paikkakuntaakohtaisen lämmitystarveluvun avulla vaikutuksia johtumalla tapahtuviin lämpöhäviöihin. Tarkastelu tehdään rakennusosakohtaisesti U-arvoa parantamalla vaatimusten mukaisiksi.

3.1 U-arvo

U-arvolla kuvataan hyvin rakennuksen rakenteellista energiatehokkuutta. Mitä pienempi U-arvo on, sitä paremmin kyseinen rakennusosa estää lämpöä johtumasta rakennuksen ulkovaipan läpi.

Kaavoissa käytettyjen merkkien selitykset:

- U rakennusosan lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2K)$
- R_T rakennusosan kokonaislämmönvastus, $(m^2K)/W$
- R_{si} sisäpuolinen pintavastus, $(m^2K)/W$
- R_{se} ulkopuolinen pintavastus, $(m^2K)/W$
- R_n ainekerroksen lämmönvastus, $(m^2K)/W$
- d_1 ainekerroksen paksuus, m
- λ_1 ainekerroksen lämmönjohtavuuden suunnitteluarvo, $W/(m \times K)$

Rakennusosan lämmönläpäisykerroin eli U-arvo lasketaan kaavalla 1.

$$U = 1/R_T$$

Kaava 1. Lämmönläpäisykerroimen laskentakaava (RakMK C4, 5).

Rakennusosan kokonaislämmönvastus R_T lasketaan kaavalla 2.

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

Kaava 2. Rakennusosan kokonaislämmönvastuksen laskentakaava (RakMK C4, 5).

Eri rakennekerrosten lämmönvastukset R_n lasketaan kaavalla 3.

$$R_n = d_1/\lambda_1$$

Kaava 3. Rakenteen ainekerroksen lämmönvastuksen laskentakaava (RakMK C4, 5).

3.2 Lämmitystarveluku eli astepäiväluku

Rakennuksen lämmitykseen käytetyn energian määrä on likipitään verrannollinen sisä- ja ulkolämpötilojen erotukseen. Lämmitystarveluvulla kuvataan ulkolämpötilan ja rakennuksen sisälämpötilan eroa. Lämmitystarveluvun ja lämmönläpäisykertoimen eli U-arvon avulla voidaan arvioida rakennuksen vaipan läpi johtumalla tapahtuvien lämpöhäviöiden vaikutusta energiankulutukseen.

Päivittäiset lämpötilojen erotukset lasketaan yhteen, josta saadaan jokaiselle kuukaudelle oma lämmitystarveluku. Nämä yhteen laskemalla saadaan vuotuinen lämmitysenergian tarve. Lämmitystarveluvun laskennassa on oletettu, ettei rakennusta lämmitetä vuoden jokaisena päivänä, esimerkiksi kesällä. Siksi lämmitystarveluvun laskennassa ei oteta huomioon päiviä, joiden keskilämpötila on keväällä yli + 10 °C ja syksyllä yli + 12 °C.

Tässä tutkimuksessa käytetään lämmitystarvelukua S17, joka kuvaa +17 °C:een sisälämpötilan ja ulkolämpötilan erotusta. Oletetun sisälämpötilan + 17 °C ja todellisen sisälämpötilan erotus oletetaan katettavan rakennuksen sisäisillä lämpökuormilla, kuten laitteiden, valaistuksen ja ihmisten tuottama lämpö. Lämmitystarveluvun yksikkö on °Cvrk. (Ilmatieteenlaitos 2021.)

3.3 Rakennusosakohtaiset vaatimukset korjausrakentamisessa

Luvanvaraisten korjaustoimenpiteiden suunnittelun yhteydessä tulee esittää rakennuksen energiatehokkuuden parantamiseksi aiotut toimenpiteet. Toimenpiteiden on oltava taloudellisesti, toiminnallisesti ja teknisesti järkeviä toteutettavaksi, jotta energiaremonttiin on energiamääräysten perusteella ryhdyttävä. (YMa 4/13, YMa 2/17.)

Rakennuksen energiatehokkuutta voidaan parantaa korjausrakentamisessa rakennusosittain. Tällöin on noudatettava taulukon 2 mukaisia vaatimuksia U-arvoille. Ikkunoiden ja ulko-ovien on siis vaihdettaessa täytettävä U-arvon osalta uudisrakentamista koskevat määräykset. Liitokset tulee tehdä tiiveiksi, jotta eristyskykyä heikentävät ilmavirtaukset eristekerrokseen estetään. (YMa 4/13.)

Taulukko 2. U-arvoille asetetut vaatimukset korjausrakentamisen yhteydessä (YMa 4/13).

Rakennusosa	Rakennusosakohtaiset vaatimukset
Yläpohja	Alkuperäinen U-arvo x 0,5, kuitenkin enintään 0,09 W/(m ² K)
Ulkoseinä	Alkuperäinen U-arvo x 0,5, kuitenkin enintään 0,17 W/(m ² K)
Alapohja	Parannettava mahdollisuuksien mukaan
Ulko-ovet	Uusittaessa U-arvo 1,0 W/(m ² K) tai parempi
Ikkunat	Uusittaessa U-arvo 1,0 W/(m ² K) tai parempi

Toimenpiteet on valittava ja suoritettava siten, että varmistutaan rakenteiden oikeainlaisesta kosteus-, ääni- ja lämpöteknisestä toiminnasta. Lisäksi tulee varmistua rakenteen paloteknisestä eristävydestä. (YMa 4/13.)

4 ESIMERKKIKOHDE

Tutkimuksen esimerkkikohteena on Turussa sijaitseva vuonna 1978 valmistunut yksikerroksinen omakotitalo. Rakennuksen lattiapinta-ala on 198 m². Rakennuslupa on myönnetty vuonna 1976. Lämmitysmuotona on suora sähkölämmitys. Rakenteelliset ratkaisut ovat eristävyys osalta alkuperäisessä kunnossa, kuten myös ulko-ovet ja ikkunat. Kohteen omistajan suunnitelmissa on parantaa rakenteellista eristävyttä lisäeristämällä tulevan julkisivuremontin ja sisäpuolisten remonttien yhteydessä. Ulko-ovien ja ikkunoiden vaihto on lähivuosina ajankohtaista. Rakennuksen tekniikkaa on modernisoitu esimerkiksi lämmöntalteenotolla varustetulla koneellisella ilmanvaihdolla sekä ilmalämpöpumpulla.

Esimerkkikohteessa on tuulettuva yläpohja. Yläpohjan pinta-ala lasketaan ulkoseinien sisämittojen mukaan. Kattoikkunoiden pinta-alat tulee vähentää yläpohjan pinta-alasta. Läpivientien, esimerkiksi hormien, kanavien ja tuuletusputkien, pinta-aloja ei vähennetä. (YMa 1048/2017). Esimerkkikohteen yläpohjan pinta-ala on näin laskettuna 198 m².

Ulkoseinissä on puurunko ja lautaverhoilu. Seinien sisäpuolella on lastulevy. Ulkoseinien pinta-ala lasketaan sisäpuolelta yläpohjan alapinnasta alapohjan lattiapintaan, ulko-ovien ja ikkunoiden pinta-alat vähentäen (YMa 1048/2017). Kohteen ulkoseinien yhteenlaskettu pinta-ala on 137 m².

Kohteen puiset ulko-ovet ovat alkuperäiset ja niitä on yhteensä kolme kappaletta. Puisien ulko-ovien tekninen käyttöikä normaalissa rasitusluokassa on 40 vuotta (RT 18-10922 2008, 7). Ulko-ovien tekninen käyttöikä on näin ollen ylittynyt kolmella vuodella. Ulko-oville suoritettiin aistinvarainen kuntotutkimus. Kaikkien ulko-ovien reunoilla tuntui selkeää vedon tunnetta ja ne olivat kärsineet estettisiä vaurioita, esimerkiksi lemmikkieläinten kynsien aiheuttamia jälkiä. Aistinvaraisen kuntotutkimuksen perusteella asunnon kaikki kolme ulko-ovea olisi aiheellista vaihtaa uusiin. Myös teknisen käyttöiän ylitys puoltaa ulko-ovien vaihtamista. Ovien pinta-ala lasketaan karmien ulkomittojen mukaan (YMa 1048/2017). Kohteen kolmen ulko-oven yhteenlaskettu pinta-ala on 11 m².

Kohteessa on alkuperäiset puurunkoiset ikkunat, joita on yhteensä 15 kappaletta. Puuikkunoiden tekninen käyttöikä normaalissa rasitusluokassa on 50 vuotta (RT 18-10922, 2008, 7). Ikkunoilla on näin ollen teknistä käyttöikää jäljellä vielä noin seitsemän vuotta. Ikkunoille suoritettiin aistinvarainen kuntotutkimus. Osassa ikkunoita tuntui selkeää

vedon tunnetta ja muutamassa oli lasien väliin kertynyttä kosteutta. Aistinvaraisen kuntotutkimuksen perusteella ikkunoiden vaihtoa olisi syytä harkita mahdollisen julkisivuremontin yhteydessä, vaikka ne eivät ole vielä aivan saavuttaneet teknisen käyttöikänsä loppua. Ikkunoiden mahdollisen vaihdon perusteena kannattaa miettiä myös esteettisiä seikkoja ja niiden sointuvuutta uuteen julkisivuun. Ikkunoiden pellitykset ja smyygilaudoitukset tulee joka tapauksessa uusia uuden julkisivun myötä, joten tämäkin seikka puoltaisi ikkunoiden vaihtoa. Ikkunoiden pinta-alat lasketaan karmien ulkomittojen mukaan (YMa 1048/2017). Kohteen ikkunoiden yhteenlaskettu pinta-ala on 22,6 m².

5 U-ARVOJEN PARANNUKSET RAKENNUSOSITTAIN

Esimerkkikohteesta ei ollut saatavilla rakennepiirustuksia, eikä rakennekerroksia tutkittu todellisten U-arvojen selvittämiseksi. Laskelmissa käytettävät rakennusluvan vireilletulo- vuoteen perustuvat lämmönläpäisykertoimet on esitetty taulukossa 3.

Taulukko 3. Käytettävät lämmönläpäisykertoimet eri rakennusosille, W/m²K (YMa 1048/2017).

Rakennusosa	Rakennusluvan vireilletulovuosi								
	-1969	1969-1975	1976-1977	1978-1984	1985-2003	10/2003-2007	2008-2009	2010-2011	2012-
	Lämpimät tilat								
Ulkoseinät	0,81	0,81	0,70	0,35	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Maanvarainen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ryömintätilallinen alapohja	0,47	0,47	0,40	0,40	0,40	0,20	0,20	0,17	0,17
Ulkoilmaan rajoittuva alapohja	0,35	0,35	0,35	0,29	0,22	0,16	0,16	0,09	0,09
Yläpohja	0,47	0,47	0,35	0,29	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Ovi	2,20	2,20	1,40	1,40	1,40	1,40	1,40	1,00	1,00
Ikkuna	2,80	2,80	2,10	2,10	2,10	1,40	1,40	1,00	1,00

Laskelmissa on käytetty lämmitystarvelukuun perustuvaa arviota remonttien vaikutuksesta kyseisten rakennusosien vuotuisiin lämpöhäviöihin. Lämmitystarveluvut perustuvat vuosien 2011–2020 keskimääräisten ulkolämpötilojen ja +17 °C:een sisälämpötilan perusteella laskettuihin lämmitystarvelukuihin tämän kymmenen vuoden tarkastelujakson keskiarvoina. Laskelmiin on otettu tarkasteluun mukaan esimerkkikohteen todellisen sijainnin (Turku) lisäksi vertailukohteiksi Jyväskylä ja Sodankylä, jotka edustavat erilaisia sääolosuhteita ja lämmitystarvetta.

Laskelmissa käytetyt lämmitystarveluvut eri paikkakunnille on esitetty taulukossa 4.

Taulukko 4. Lämmitystarveluvut Turulle ja kahdelle vertailukaupungille vuosilta 2011–2020 ja niiden keskiarvot, °Cvrk (Ilmatieteenlaitos 2021).

	Lämmitystarveluku °Cvrk		
	Turku	Jyväskylä	Sodankylä
2020	3180	3915	5253
2019	3614	4376	6067
2018	3737	4405	5620
2017	3725	4458	5965
2016	3772	4540	5542
2015	3284	3975	5411
2014	3592	4349	5635
2013	3769	4312	5648
2012	4019	4936	6186
2011	3629	4356	5415
Keskiarvo	3632	4362	5674

Kaavassa käytettyjen merkkien selitykset:

- S_{17} lämmitystarveluku eli astepäiväluku (°Cvrk)
- U_v vanhan rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m²K)
- U_u uuden rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m²K)
- 24 tuntien määrä vuorokaudessa (h/vrk)
- 1000 kerroin, jolla muunnetaan watit kilowateiksi

U-arvon muutoksen ja lämmitystarveluvun avulla saadaan kaavalla 4 laskettua arviot vuotuisista lämpöhäviöistä neliometriä kohden.

$$Q' = 24h/vrk * S_{17}(U_v - U_u)/1000$$

Kaava 4. Kaava arvioidusta vuotuisesta lämpöhäviön pienentymisestä, kWh/m² (Ojanen ym. 2017, 76).

Esimerkkikohteessa lämmönjakotapana on suora sähkölämmitys. 18 000 kWh vuodessa kuluttavan pientalon sähkön hinta, sisältäen sähköenergian, siirtomaksun ja veron, on viime vuodet ollut noin 0,15 euroa/kWh (Tilastokeskus 2021). Laskelmissa ei oteta huomioon sähkön hinnan mahdollisia muutoksia tulevaisuudessa, joten laskelmat ovat sen suhteen vain suuntaa antavia ja tueksi pohdittaessa lisälämmöneristyksen kannattavuutta.

5.1 Yläpohja

Esimerkkikohteen alkuperäisen yläpohjan yhteenlaskettu pinta-ala on 198 m². Laskelmissa niille käytetään rakennusluvan vireilletulovuoden perusteella taulukon 3 mukaista U-arvoa 0,35 W/m²K. Täten yläpohjan U-arvon on korjauksen jälkeen oltava 0,17 W/m²K tai parempi (Yma 4/13).

Kaavalla 4 saadaan laskettua yläpohjan U-arvon parannuksen vaikutus vuotuisiin lämpöhäviöihin yläpohjan pinta-alaa kohden.

5.1.1 Yläpohjan U-arvon puolitus

Taulukossa 5 on esitetty laskenta-arvot ja laskelmien tulokset tilanteesta, jossa esimerkkikohteen yläpohjan U-arvoa parannetaan korjausrakentamista koskevien määräysten mukaiselle minimitasolle. Yläpohjan U-arvon parantaminen minimitasolle tarkoittaa U-arvon puolittamista alkuperäisestä.

Yläpohjan U-arvo puolitetaan taulukon 3 mukaisesta arvosta 0,35 W/m²K minimivaatimustasolle ($0,35 / 2 = 0,175$) 0,17 W/m²K. U-arvon parannus on tässä tapauksessa 0,18 W/m²K.

Taulukko 5. Yläpohjan U-arvon parannus minimivaatimustasolle.

Yläpohja minimivaatimustasoon 0,17 W/m²K	
U-arvon parannus (W/m ² K)	0,18
Q´ Turku (kWh/m ²)	16
Q´ Jyväskylä (kWh/m ²)	19
Q´ Sodankylä (kWh/m ²)	25
Pinta-ala (m ²)	198
Vuotuinen säästetty energia (kWh)	
Turku	3107
Jyväskylä	3731
Sodankylä	4853

Yläpohjan U-arvon parantamisella minimivaatimustasolle voidaan laskelmien perusteella saavuttaa vuotuisena energiansäästönä Turussa sijaitsevassa esimerkikohteessa 3 107 kWh. Vertailun vuoksi, jos kyseinen rakennus sijaitsi Jyväskylässä, vuotuinen säästö olisi 3 731 kWh ja Sodankylässä 4 853 kWh. 0,15 euroa/kWh sähkön hinnalla vuosittaiseksi säästökseen saataisiin

- Turussa 466 euroa
- Jyväskylässä 560 euroa
- Sodankylässä 728 euroa.

5.1.2 Yläpohjan parannus uudiskohdetta vastaavalle tasolle

Yläpohjan U-arvo parannetaan taulukon 3 mukaisesta arvosta 0,35 W/m²K uudiskohdetta vastaavalle tasolle 0,09 W/m²K. U-arvon parannus on tässä tapauksessa 0,26 W/m²K.

Taulukossa 6 on esitetty laskenta-arvot ja laskelmien tulokset tilanteesta, jossa esimerkikohteen yläpohjan U-arvoa parannetaan uudiskohdetta vastaavalle vaatimustasolle.

Taulukko 6. Yläpohjan U-arvon parannus uudiskohtetta vastaavalle tasolle.

Yläpohja uudiskohteen vaatimustasoon 0,09 W/m²K	
U-arvon parannus (W/m ² K)	0,26
Q´ Turku (kWh/m ²)	23
Q´ Jyväskylä (kWh/m ²)	27
Q´ Sodankylä (kWh/m ²)	35
Pinta-ala (m ²)	198
Vuotuinen säästetty energia (kWh)	
Turku	4487
Jyväskylä	5389
Sodankylä	7010

Jos yläpohjan U-arvo parannettaisiin uudisrakennusta vastaavalle tasolle, olisi vuotuinen energiasäästö Turussa sijaitsevassa esimerkkikohteessa laskelmien perusteella 4 487 kWh. Vertailun vuoksi, jos kyseinen rakennus sijaitsisi Jyväskylässä, vuotuinen säästö olisi 5 389 kWh ja Sodankylässä 7 010 kWh. 0,15 euroa/kWh sähkön hinnalla vuosittaiseksi säästökseen saataisiin

- Turussa 673 euroa
- Jyväskylässä 808 euroa
- Sodankylässä 1 052 euroa.

5.2 Ulkoseinät

Esimerkkikohteen alkuperäisten ulkoseinien yhteenlaskettu pinta-ala on 137 m². Laskelmissa niille käytetään rakennusluvan vireilletulovuoden perusteella taulukon 3 mukaista U-arvoa 0,7 W/m²K. Täten ulkoseinien U-arvon on korjauksen jälkeen oltava 0,35 W/m²K tai parempi (Yma 4/13).

Kaavalla 4 saadaan laskettua ulkoseinien U-arvon parannuksen vaikutus vuotuisiin lämpöviöihin ulkoseinien pinta-alaa kohden.

5.2.1 Ulkoseinien U-arvon puolitus

Taulukossa 7 on esitetty laskenta-arvot ja laskelmien tulokset tilanteesta, jossa esimerkkikohteen ulkoseinien U-arvoa parannetaan korjausrakentamista koskevien määräysten mukaiselle minimitasolle. Ulkoseinien U-arvon parantaminen minimitasolle tarkoittaa U-arvon puolittamista alkuperäisestä.

Taulukko 7. Ulkoseinien U-arvon parannus minimivaatimustasolle.

Ulkoseinät minimivaatimustasoon 0,35 W/m²K	
U-arvon parannus (W/m ² K)	0,35
Q´ Turku (kWh/m ²)	31
Q´ Jyväskylä (kWh/m ²)	37
Q´ Sodankylä (kWh/m ²)	48
Pinta-ala (m ²)	137
Vuotuinen säästetty energia (kWh)	
Turku	4180
Jyväskylä	5020
Sodankylä	6530

Ulkoseinien U-arvo puolitetaan taulukon 3 mukaisesta arvosta 0,7 W/m²K minimivaatimustasolle ($0,7 / 2 = 0,35$) 0,35 W/m²K. U-arvon parannus on tässä tapauksessa 0,35 W/m²K.

Ulkoseinien U-arvon parantaminen minimivaatimustasolle voidaan laskelmien perusteella saavuttaa vuotuisena energiansäästönä Turussa sijaitsevassa esimerkkikohteessa 4 180 kWh. Vertailun vuoksi, jos kyseinen rakennus sijaitsisi Jyväskylässä, vuotuinen säästö olisi 5 020 kWh ja Sodankylässä 6 530 kWh. 0,15 euroa/kWh sähkön hinnalla vuosittaiseksi säästökseen saataisiin

- Turussa 627 euroa
- Jyväskylässä 753 euroa

- Sodankylässä 980 euroa.

5.2.2 Ulkoseinien parannus uudiskohdetta vastaavalle tasolle

Ulkoseinien U-arvoa parannetaan taulukon 3 mukaisesta arvosta 0,7 W/m²K uudiskohdetta vastaavalle tasolle 0,17 W/m²K. U-arvon parannus on tässä tapauksessa (0,7 - 0,17 = 0,53) 0,53 W/m²K.

Taulukossa 8 on esitetty laskenta-arvot ja laskelmien tulokset tilanteesta, jossa esimerkkikohteen ulkoseinien U-arvoa parannetaan uudiskohdetta vastaavalle vaatimustasolle.

Taulukko 8. Ulkoseinien U-arvon parannus uudiskohdetta vastaavalle tasolle.

Ulkoseinät uudiskohteen vaatimustasoon 0,17 W/m²K	
U-arvon parannus (W/m ² K)	0,53
Q´ Turku (kWh/m ²)	46
Q´ Jyväskylä (kWh/m ²)	55
Q´ Sodankylä (kWh/m ²)	72
Pinta-ala (m ²)	137
Vuotuinen säästetty energia (kWh)	
Turku	6329
Jyväskylä	7601
Sodankylä	9888

Jos ulkoseinien U-arvo parannettaisiin uudisrakennuksen määräyksiä vastaavalle tasolle, olisi vuotuinen energiasäästö Turussa sijaitsevassa esimerkkikohteessa laskelmien perusteella 6 329 kWh. Vertailun vuoksi, jos kyseinen rakennus sijaitisi Jyväskylässä, vuotuinen säästö olisi 7 601 kWh ja Sodankylässä 9 888 kWh. 0,15 euroa/kWh sähkön hinnalla vuosittaiseksi säästöksi saataisiin

- Turussa 949 euroa
- Jyväskylässä 1 140 euroa

- Sodankylässä 1 483 euroa.

5.3 Ulko-ovet

Esimerkkikohteen vanhojen ulko-ovien yhteenlaskettu pinta-ala on 11 m². Laskelmissa niille käytetään rakennusluvan vireilletulovuoden perusteella taulukon 3 mukaista U-arvoa 1,40 W/m²K.

Uusien ulko-ovien U-arvon on oltava taulukon 3 mukaisesti 1,00 W/m²K tai parempi (YMa 4/13). Uusien ulko-ovien U-arvon parannus on tällöin vähintään 0,4 W/m²K.

Kaavalla 4 saadaan laskettua uusien ulko-ovien vaikutus vuotuisiin lämpöhäviöihin ulko-ovien pinta-alaa kohden.

5.3.1 Ulko-ovien parannus uudiskohdetta vastaavalle tasolle

Taulukossa 9 on esitetty laskenta-arvot ja laskelmien tulokset tilanteesta, jossa vanhat ulko-ovet uusitaan. U-arvoa parannetaan alkuperäisestä arvosta 1,4 W/m²K uudiskohdetta vastaavaan vaatimustasoon 1,0 W/m²K. U-arvon parannus on tässä tapauksessa 0,4 W/m²K.

Taulukko 9. Ulko-ovien uusiminen, säästetty energia vuodessa.

Ulko-ovet uudiskohteen vaatimustasoon 1,00 W/m²K	
U-arvon parannus (W/m ² K)	0,40
Q´ Turku (kWh/m ²)	35
Q´ Jyväskylä (kWh/m ²)	42
Q´ Sodankylä (kWh/m ²)	54
Pinta-ala (m ²)	11
Vuotuinen säästetty energia (kWh)	
Turku	384
Jyväskylä	461
Sodankylä	599

Ulko-ovien vaihdolla uusiin, vähintään nykyisen uudiskohteen vaatimustasolle ja samalla minimivaatimustasolle, saavutettaisiin laskelmien perusteella vuotuisena energiansäästönä Turussa sijaitsevassa esimerkkikohteessa 384 kWh. Vertailun vuoksi, jos kyseinen rakennus sijaitisi Jyväskylässä, vuotuinen säästö olisi 461 kWh ja Sodankylässä 599 kWh. 0,15 euroa/kWh sähkön hinnalla vuosittaiseksi säästöksi saataisiin

- Turussa 58 euroa
- Jyväskylässä 69 euroa
- Sodankylässä 90 euroa.

5.4 Ikkunat

Esimerkkikohteen vanhojen ikkunoiden yhteenlaskettu pinta-ala on 22,6 m². Laskelmissa niille käytetään rakennusluvan vireilletulovuoden perusteella taulukon 3 mukaista U-arvoa 2,10 W/m²K.

Uusien ikkunoiden U-arvon on oltava taulukon 3 mukaisesti 1,00 W/m²K tai parempi (YMa 4/13). Uusien ikkunoiden U-arvon parannus on tällöin vähintään 1,10 W/m²K.

Kaavalla 4 saadaan laskettua uusien ikkunoiden vaikutus vuotuisiin lämpöhäviöihin ikkunoiden pinta-alaa kohden.

5.4.1 Ikkunoiden parannus uudiskohdetta vastaavalle tasolle

Taulukossa 10 on esitetty laskenta-arvot ja laskelmien tulokset tilanteesta, jossa vanhat ikkunat uusitaan. U-arvoa parannetaan alkuperäisestä arvosta 2,1 W/m²K uudiskohdetta vastaavaan vaatimustaasoon 1,0 W/m²K. U-arvon parannus on tässä tapauksessa (2,1 - 1,0 = 1,1) 1,1 W/m²K.

Taulukko 10. Ikkunoiden uusiminen, säästetty energia vuodessa.

Ikkunat uudiskohteen vaatimustasoon 1,00 W/m²K	
U-arvon parannus (W/m ² K)	1,10
Q´ Turku (kWh/m ²)	96
Q´ Jyväskylä (kWh/m ²)	115
Q´ Sodankylä (kWh/m ²)	150
Pinta-ala (m ²)	22,6
Vuotuinen säästetty energia (kWh)	
Turku	2167
Jyväskylä	2603
Sodankylä	3385

Ikkunoiden vaihdolla uusiin, vähintään nykyisen uudiskohteen vaatimustasolle ja samalla minimivaatimustasolle, saavutettaisiin laskelmien perusteella vuotuisena energiansäästönä Turussa sijaitsevassa esimerkkikohteessa 2 167 kWh. Vertailun vuoksi, jos kyseinen rakennus sijaitsisi Jyväskylässä, vuotuinen säästö olisi 2 603 kWh ja Sodankylässä 3 385 kWh. Sähkön hinnalla 0,15 euroa/kWh vuosittaiseksi säästökseen saataisiin

- Turussa 325 euroa
- Jyväskylässä 390 euroa
- Sodankylässä 508 euroa.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Suoritettujen laskelmien perusteella yläpohjan lisäeristäminen olisi hyvin varteenotettava vaihtoehto mietittäessä kohteen energiatehokkuuden parantamista. Esimerkkikohteen yläpohjan lisäeristäminen voitaisiin toteuttaa esimerkiksi puhallusvillalla. Puhallusvillalla ulkopuolelta eristäminen olisi esimerkkikohteessa helposti toteutettavissa erillisenä toimenpiteenä, ilman muita suuria korjauksia. Puhallusvillalla ulkopuolelta eristettäessä ei pitäisi syntyä ongelmia rakenteen teknisessä toimivuudessa. Rakenteen kosteustekninen toiminta on kuitenkin aina selvittävä ja tutkittava ennen uuden eristeen asentamista. Esimerkkikohteessa ilmanvaihtokanavisto kulkee kylmällä ullakolla nykyisten eristeiden yläpuolella ja uusi puhallusvilla lisäisi näiden kanavistojen eristystä, jolloin saataisiin lisähyötyä. Edellä esitetyn perusteella suositellaan vahvasti esimerkkikohteen omistajaa pyytämään tarjous puhallusvillalla suoritettavasta lisäeristyksestä. Puhallusvillaa mainostetaan myös itse asennettavaksi, joten lisäeristämisen kustannuksissa on mahdollista säästää myös suorittamalla työ itse.

Ulkoseinien U-arvon parantamisella saataisiin laskelmien perusteella yläpohjan U-arvon parannukseen verrattuna euromääräisesti enemmän säästöjä. Ulkoseinien U-arvon parannus yksittäisenä toimenpiteenä ei kuitenkaan ole yhtä helposti toteutettavissa kuin yläpohjan. Ainoa järkevä tapa toteuttaa ulkoseinien U-arvon parantaminen on esimerkiksi julkisivuremontin tai muun vastaavan remontin yhteydessä suoritettava lisäeristäminen. Julkisivuremontin tullessa ajankohtaiseksi on erittäin suositeltavaa pohtia ulkoseinien U-arvon parantamista. Sisäpuolisten remonttien yhteydessä tehtävän sisäpuolisen lisäeristämisen osalta tulee tehdä huolelliset suunnitelmat ja tutkimukset, joissa kiinnitetään erityistä huomiota rakenteen kosteustekniseen toimivuuteen.

Kohteen ulko-ovien vaihdolle ei ole perusteita tarkasteltaessa lämmityskustannuksissa syntyviä säästöjä. Lämmönjohtumisen pienenemisen kautta saatavat säästöt eivät tule ulko-ovien teknisen käyttöiän aikana maksamaan itseään takaisin. On kuitenkin huomioitava, että uudet ulko-ovet ovat myös muilta osin, esimerkiksi tiiveydeltään vanhoja ovia paremmat. Tutkimuskohteessa ulko-ovet ovat esteettisesti parhaat päivänsä nähneet, sekä ylittäneet teknisen käyttöikänsä. Näiden ei-taloudellisten syiden perusteella ulko-ovien vaihto olisi suotavaa, energiansäästöllisesti ei niinkään. Myös tulevan mahdollisen julkisivuremontin yhteydessä ulko-ovien vaihto on perusteltua, jotta julkisivusta saadaan ulkonäöllisesti yhtenäisempi ja viimeistelty. Suositellaan esimerkkikohteen omistajaa

pyytämään tarjous ulko-ovien vaihdosta ja vähintään tarkistamaan ulko-ovien tiiveys ja selvittämään tarvittavat toimenpiteet ulko-ovien tiiveyden parantamiseksi.

Laskelmien tulosten perusteella vanhojen ikkunoiden vaihtoa on vaikea perustella säävutettuina säästöinä lämmityskustannuksissa. Vaikka säästöjä syntyy kohteen sijaitessa Turussa 325 euroa tai Sodankylässä 508 euroa vuodessa, on ikkunaremontin kustannukset tähän nähden kovin suuret. Ikkunat kannattaa kohteessa vaihtaa vasta, kun ne ovat todella sen tarpeessa. Ikkunoiden vaihto voisi olla perusteltua suorittaa mahdollisen julkisivuremontin yhteydessä, jotta julkisivusta saadaan ulkonäöllisesti yhtenäisempi. Kohteen omistajalle suositellaan vähintään ikkunoiden tiiveyden parantamista esimerkiksi uusimalla tiivisteet tarvittavilta osin.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada käsitys tutkittavan rakennuksen rakennusosien U-arvojen parantamisella saavutettavista hyödyistä lämmitykseen käytettävän energian suhteen. Tulosten avulla arvioitiin ulkovaipan eri rakennusosien energiaremonttien taloudellista kannattavuutta.

Tutkimuksessa tutkittiin vain rakenteiden läpi johtumalla aiheutuvia lämpöhäviöitä. Rakennuksen tiiveyttä ei tutkittu, eikä näin ollen vuotoilman kautta tapahtuvia lämpöhäviöitä otettu laskelmissa huomioon. Rakennuksen tiiveys saattaa joillakin lisäeristystavoilla parantua huomattavasti. Ikkunan ja ulko-ovien tutkimusten yhteydessä tiiveyden tärkeyttä tuotiin esille.

Olemassa olevia rakenteita ei selvitetty, vaan U-arvot oletettiin rakennusluvan vireilletulovuoden mukaisiksi. Tämä aiheuttaa epävarmuutta laskelmien tarkkuudelle, varsinkin yläpohjan ja ulkoseinien osalta. Rakennusluvan vireilletulovuoden aikoihin elettiin eräänlaista murroskautta, joten rakennuksen todellinen U-arvo saattaa olla merkittävästi parempi, kuin mitä laskelmissa on käytetty. Rakennusosien todelliset rakenteet selvittämällä saataisiin tehtyä tarkemmat laskelmat, joten tämä kannattaa ja tuleekin tehdä ennen remontteihin ryhtymistä. Uudet laskelmat on helppo tehdä tämän opinnäytetyön yhteydessä luoduilla excel-laskentataulukoilla.

Menetelmänä käytettiin lämmitystarvelukuun ja U-arvoon perustuvaa laskentatapaa, joka perustuu vuotuisten ulkolämpötilojen ja +17°C sisälämpötilan eroon, sekä U-arvon parannukseen. Laskelmien avulla saatiin yläpohjan ja ulkoseinien osalta haarukka mahdollisista energiasäästöistä. Laskelmat toteutettiin vertailemalla esimerkkikohteen eristyksen lähtötasoa asetusten mukaiseen minimivaatimustasoon eli jos U-arvo puolitettaisiin sekä jos kohde eristettäisiin uudiskohdetta vastaavalle tasolle. Ulko-ovien ja ikkunoiden osalta vaatimustaso on uudisrakentamisen vaatimuksia vastaava taso.

Tutkimuksen esimerkkikohte sijaitsee Turussa. Tutkimuksessa saatuja tuloksia verrattiin tilanteisiin, jossa täysin vastaava rakennus sijaitsisi Jyväskylässä tai Sodankylässä. Pohjoisemmaksi mentäessä energiaremontin kannattavuus paranee.

Yläpohja kannattaa esimerkkikohteessa ehdottomasti lisäeristää ja työ on helppo suorittaa erillisenä toimenpiteenä. Ulkoseinät kannattaa lisäeristää mahdollisuuksien mukaan muiden remonttien yhteydessä. Taloudellisten säästöjen toivossa ikkunoita ja ulko-ovia

ei kannatta vaihtaa, mutta tiiveyden tarkistus on suositeltavaa. Ikkunoiden ja ovien uusiminen on ajankohtaista käyttöiän tullessa päätökseen tai ulkonäöllisistä syistä.

Energiaremonttien kannattavuutta pohtiessa, on hyvä ottaa huomioon myös esimerkiksi asumismukavuuden parantaaminen pienentyneenä vedon tunteena. Lisäksi remonttien kannattavuuden pohdinnan tueksi olisi hyvä suorittaa kohteessa lämpökameralla suoritettavat kuvaukset, näin ollen saataisiin lisätietoa esimerkiksi mahdollisista kylmäsilloista ja vuotokohdista.

Eristepaksuuksiin tai -materiaaleihin ei tutkimuksessa otettu kantaa. Nämä valinnat riippuvat siitä, mille rakennusosalle remontti tehdään, miten se tehdään, mille tasolle U-arvo halutaan ja mikä on olemassa oleva rakenne. Rakennus on kokonaisuus ja mahdollisten energiaremonttien vaikutus kokonaisuuden toimivuuteen tulee selvittää, jotta vältetään mm. homeongelmilta.

Esimerkkilaskelmat ovat suuntaa antavia ja yksinkertaistettuja esimerkkejä tulevien energiaremonttien päätöksenteon tueksi. Tutkimuksessa ei otettu tarkemmin kantaa esimerkiksi energian hintakehitykseen tulevaisuudessa, rahan arvon muutoksiin tai siihen, miten remontit vaikuttavat asunnon arvoon. Nämäkin asiat on myös tarpeen ottaa huomioon päätöstenteossa.

LÄHTEET

Ilmatieteenlaitos 2021. Lämmitystarveluku eli astepäiväluku. Viitattu 24.11.2021 https://www.ilmatieteenlaitos.fi/lammitystarveluvut?6Q0hW0Ue3EKANmx4TUFVNx_q=y%253D2011

Ojanen, T.; Nykänen, E. & Hemmilä, K. 2017. Rakenteellinen energiatehokkuus korjausrakentamisessa. Opas. Saatavilla https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/oppaat-ohjeet/rek_27042017.pdf

RakMK C4. 2002. Lämmöneristys. Ohjeet 2003. Ympäristöministeriön asetus lämmöneristyksestä. Annettu Helsingissä 30.10.2002. Suomen rakentamismääräyskokoelma.

Ratu 0437. 2015. Rakennustieto. Lämmöneristys.

RT 18-10922. 2008. Kiinteistön tekniset käyttöiät ja kunnossapitajaksot. Helsinki: Rakennustieto.

Siikanen, U. 2014. Rakennusfysiikka. Perusteet ja sovelluksia. Helsinki: Rakennustieto.

Sisäilmayhdistys 2021. Rakenteiden lämpötekniikka. Viitattu 9.12.2021 <https://www.sisailmayhdistys.fi/Terveelliset-tilat/Kosteusvauriot/Kosteustekninen-toiminta/Rakenteiden-lampotekniikka>

Tilastokeskus 2021. Sähkön hinta kuluttajatyypeittäin. Helsinki: Tilastokeskus. Viitattu 30.11.2021 http://www.stat.fi/til/ehi/2021/02/ehi_2021_02_2021-09-09_kuv_005_fi.html

YMa 1010/2017. Ympäristöministeriön asetus uuden asunnon energiatehokkuudesta. Helsingissä 20.12.2017. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171010>.

YMa 1048/2017. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatodistuksesta. Helsingissä 20.12.2017. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20171048>.

YMa 2/17. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annetun ympäristöministeriön asetuksen muuttamisesta. Helsingissä 12.5.2017. Saatavilla <https://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/700001/43242>

YMa 4/13. Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Helsingissä 27.02.2013. Saatavilla https://www.edilex.fi/data/rakentamismaaraykset/25_2_2013YM_asetus_lopullinen_FIN_2.pdf.