

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma

Hannu Ahonen

KORJAUSRAKENTAMISEN ENERGIAEHOVUUSMÄÄRÄYSTEN VAIKUTUKSET MINIMIVAATIMUSTEN MUKAISESTI KORJATTUUN ASUINKERROSTALOON

Opinnäytetyö
Elokuu 2015



OPINNÄYTETYÖ
Elokuu 2015
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Karjalankatu 3
80200 JOENSUU
+358 50 260 6800

Tekijä(t)
Hannu Ahonen

Nimeke
Korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräysten vaikutukset minimivaatimusten mukaisesti korjattuun asuinkerrostaloon

Tiivistelmä

Tämän laskennallisen opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tyypillisen 1970-luvulla rakennetun kolmikerroksinen asuinkerrostalon energiahäviöt ja korjatuista rakennusosista kertyneet vuotuiset säästöt. Laskennan kohteeseen oli vuonna 2013 tehty sisäpuolinen peruskorjaus.

Tässä opinnäytetyössä vertailtiin kuukausitasoisesti johtumislämpöhäviötä laskentamenetelmänä käyttäen Excel-taulukkolaskentaohjelmaa. Työssä tutkittiin eri rakennusosien ja ilmanvaihdon vaikutuksia vuotuisiin energiansäästöihin. Ilmanvaihtojärjestelmällä oli tärkein merkitys asuinkerrostalon energian säästämiseen.

Energian säästämisen kannalta tulee kiinnittää huomiota siihen, kuinka ilmanvaihto toteutetaan, koska ilmanvaihtojärjestelmä kuluttaa suurimman osan lämpöenergiasta. Korjattaessa 1970-luvun energiamääräyksien mukaisia rakennuksia rakenteiden lämmönläpäisykertoimilla ei ole niin suurta merkitystä energiankulutukseen kuin ilmanvaihdon toteutuksella on.

Kieli

suomi

Sivuja 47

Liitteet 3

Asiasanat

Energiakulutus, korjauskustannus, energiansäästö



THESIS
August 2015
Degree Programme in Civil Engineering
Karjalankatu 3
FI80200 JOENSUU
FINLAND
+35850 260 6800

Author(s)
Hannu Ahonen

Title
The Effects of the Energy Efficiency Regulations in Conservation on a Block of Flats repaired to meet Minimum Requirements.

Abstract

This thesis is a calculated-based report and its purpose was to study the loss of energy on a typical triple floor block of flats, built in 1970. The aim was also to study the saving of the energy in repaired elements of construction in a year. An internal renovation of the building was done in 2013.

This thesis compared monthly heat transmission loss by using Microsoft Excel spreadsheet for calculating. This thesis studied different functional elements and their ventilation and their effects on the annual energy saving. The ventilation had the most significance meaning for the energy saving. Attention must be paid to how the ventilation is realized because most of the energy goes to the ventilation.

While repairing buildings which belong to the energy directive in the 1970's, the ventilation implementation has more significance meaning to energy consumption than buildings U-value.

Language

Finnish

Pages 47

Appendices 3

Keywords

Energy consumption, corrections expense, energy saving

Sisällysluettelo

Termi – ja symboliluettelo	6
1 Johdanto	8
2 Energiatehokkuus huomioon luvanvaraisessa korjausraken- tamisessa	10
2.1 Energiatehokkuus	10
2.2 Energiatehokkuus korjaus- ja muutostöissä	11
3 Minimivaatimukset korjausrakentamisessa	13
3.1 Rakennusosa- ja järjestelmäkohtaiset vaatimukset	13
3.2 Ulkoseinien vaatimukset	13
3.4 Yläpohjan vaatimukset.....	17
4 Tarkasteltava kohde.....	19
4.1 Lähtötiedot Asunto Oy Porrassalmenkatu 43 Mikkeli.....	20
4.2 Julkisivu	20
4.3 Parvekkeet.....	21
4.4 Ikkunat ja parvekeovet.....	21
4.5 Vesikatto	21
4.6 Ilmanvaihto	22
5 Korjaustöiden sisältö	23
5.1 Julkisivun muutostyöt.....	23
5.2 Parvekkeiden muutostyöt	23
5.3 Vesikaton muutostyöt	23
5.4 Ilmanvaihdon uusiminen	24
6 Rakennusosien lämmitysenergian nettotarve	24
6.1 Rakenteiden läpi johtuva lämmitysenergia	24
6.2 Ulkoseinän johtumishäviöt	25
6.3 Yläpohjan johtumishäviöt	26
6.4 Alapohjan johtumishäviöt	27
6.6 Ikkunoiden johtumishäviöt	30
6.7 Parvekkeiden ovien johtumishäviöt.....	31
6.8 Ilmanvaihdon energiankulutus	33
7 Tulosten tarkastelu ja takaisinmaksuaika.....	37
7.1 Tarkastelu	37
7.2 Takaisinmaksuaika	43
Lähteet.....	46

Liitteet

Liite 1. Julkisivukuvat

Liite 2. Pohjakuvat

Liite 3. Kaukolämmön hinta

Termi – ja symboliluettelo

1000	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos watista kilowattitunneiksi
A_i	rakennusosan i pinta-ala, m^2
c_{pi}	ilman ominaislämpökapasiteetti, $1000 J/(kg K)$
ρ_i	ilman tiheys, $1,2 kg/m^3$
P_{muu}	muiden ilmanvaihtojärjestelmän laitteiden kuin puhaltimien ja puhaltimen tehon säätö- laitteiden sähköteho, W
$Q_{alapohja}$	johtumislämpöhäviö alapohjien läpi, kWh
Q_{ikkuna}	johtumislämpöhäviö ikkunoiden läpi, kWh
Q_{iv}	ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh
$Q_{iv, tuloilma}$	tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh
Q_{ovi}	johtumislämpöhäviö ulko-ovien läpi, kWh
$Q_{ulkoseinä}$	johtumislämpöhäviö ulkoseinien läpi, kWh
$Q_{yläpohja}$	johtumislämpöhäviö yläpohjien läpi, kWh
q_v	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ilmavirta, m^3/s
$q_{v, poisto}$	poistoilmavirta, m^3/s
$q_{v, tulo}$	tuloilmavirta, m^3/s
SFP	puhaltimen tai ilmanvaihtokoneen ominaissähköteho, $kW/(m^3/s)$
T_{lto}	lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, $^{\circ}C$
$T_{maa, kuukausi}$	alapohjan alapuolisen maan kuukausittainen keskilämpötila, $^{\circ}C$
$T_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, $^{\circ}C$

T_s	sisäilman lämpötila, °C
T_{sp}	sisäänpuhalluslämpötila, °C
T_u	ulkoilman lämpötila, °C
t_d	ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h
t_v	ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk
U_i	rakennusosan lämmönläpäisykerroin, W/(m ² K)
$W_{ilmanvaihto}$	ilmanvaihtojärjestelmän sähköenergian kulutus, kWh/a tai kWh
$W_{iv, muu}$	muu ilmanvaihtojärjestelmän sähkönkulutus, kWh
Δt	ajanjakson pituus, h
$\Delta t_{maa, kuukausi}$	kuukausi alapohjan alapuolisen maan kuukausittaisen keskilämpötilan ja vuotuisen keskilämpötilan ero (taulukko 8), °C
$\Delta t_{maa, vuosi}$	alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, °C
$\Delta t_{puhallin}$	lämpötilan nousu puhaltimessa, °C
$\eta_a, ivkone$	ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde

1 Johdanto

Valtakunnalliset rakentamismääräykset ovat aiemmin koskeneet pääasiassa uudisrakentamista, mutta syyskuun 2013 alusta voimaan tulleen uuden asetuksen mukaan energiatehokkuus tulee ottaa huomioon myös luvanvaraisissa korjaushankkeissa, käyttötarkoituksen muutoksissa ja teknisten järjestelmien korjaamisessa. [1.]

Rakennusten energiakorjausten tulee olla kuitenkin taloudellisesti, toiminnallisesti ja teknisesti järkeviä. Asuinrakennuksissa taloudellisuuden tarkastelussa käytetään yleensä 30 vuoden takaisinmaksuaikaa. Kannattavuus paranee huomattavasti kun energiaparannukset tehdään muun korjauksen yhteydessä. Kiinteistön pitkän tähtäimen suunnitelmaan kannattaa sisällyttää suunniteltujen lisäksi myös kaikki jo tehdyt energiatehokkuustoimet, sillä niitä voidaan hyödyntää lupavaiheessa tarvittavan energiaselvityksen laatimisessa. [2.]

Olemassa olevan rakennuskannan korjaaminen yleistyy. Asiantuntijat ovat arvioineet korjausrakentamisen kasvavan 2–3 prosenttia vuodessa. Asuinrakennuksissa korjausrakentaminen on jo ohittanut määrällisesti uudistuotannon. Nyt ja tulevaisuudessa tyypilliset korjaushankkeet liittyvät rakennusten julkisivujen ja putkistojen korjaamiseen, erityisesti 1960–1980-lukujen kerros- ja rivitaloissa. (Pylsy 2014.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella Mikkelissä olevan asuinkerrostalon Asunto Oy Porrassalmenkatu 43 vuonna 2013 tehdyn peruskorjauksen vaikutusta energiansäästöön ja sen kannattavuutta, mikä osaltaan helpottaa seuraavien kohteiden korjaustavan valinnoissa. Asuinkerrostalosta saadaan yksikkötietoa, jota voidaan hyödyntää 1960–1970-luvulla rakennettuihin asuinkerrostaloihin.

Tämä opinnäytetyö pohjautuu jo käyttöön otettuun rakentamismääräyskokoelman osaan D5. Tutkimusmenetelmä on laskennallinen ja työ tehtiin Excel-
taulukkolaskentaohjelmalla. Toimenpiteiden perustana toimivat rakennuksen johtumishäviöistä lasketut nettoenergian kulutustiedot sekä peruskorjauksista tulleet rakennuskustannukset.

2 Energiatehokkuus huomioon luvanvaraisessa korjausrakentamisessa

2.1 Energiatehokkuus

Uudelleenlaadittu rakennusten energiatehokkuusdirektiivi annettiin 19. päivänä joulukuuta 2010. Direktiivissä edellytetään rakennusten energiatehokkuuden parantamista rakennuksen korjaus- ja muutostyön yhteydessä. Direktiivin toimeenpanolla arvioidaan saavutettavan noin viiden prosentin vähennys Euroopan Unionin loppuenergian kulutuksessa ja neljästä viiteen prosentin vähennys hiilidioksidipäästöissä vuoteen 2020 mennessä [2.]

Ympäristöministeriön asetus rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä annettiin 27. helmikuuta 2013. Asetus viimeistelee ns. korjausrakentamisen energiatehokkuusmääräyksiä koskevan uudistuksen. [3.]

Energiatehokkuudelle on määritelty vähimmäisvaatimukset, kun kyse on rakennuksen luvanvaraisesta korjaamisesta, käyttötarkoituksen muuttamisesta tai teknisten järjestelmien uusimisesta. Tällaisia ovat esimerkiksi laajat peruskorjaukset, rakennuksen ulkovaipan korjaukset ja teknisten järjestelmien uusiminen, jolloin tarvitaan yleisimmin rakennus- tai toimenpidelupaa. Korjausrakentamiseen ryhtyminen säilyy edelleenkin vapaaehtoisena ja kiinteistön omistaja päättää, milloin ja missä laajuudessa hän ryhtyy korjaamaan ja mitkä ovat parhaat keinot parantaa energiatehokkuutta säädösten puitteissa. [3.]

Energiatehokkuutta parantavia toimenpiteitä ei tarvitse toteuttaa, mikäli ne eivät ole teknisesti, toiminnallisesti tai taloudellisesti mahdollisia. Tärkeää on myös huomioida rakennuksen ominaispiirteet ja käyttötarkoitus. Energiatehokkuutta kannattaa parantaa osana normaalia korjausrakentamista ja suunnitelmallista kiinteistön kunnossapitoa. [3.]

Viranomaisten käytössä olevien rakennusten osalta asetus tuli voimaan 1.6.2013 ja muiden rakennusten osalta 1.9.2013. Asetus ei koske hankkeita, joiden lupahakemus on jätetty ennen asetuksen voimaantuloa. Ympäristöministeriö valmistelee opasmateriaalia muun muassa kuntien rakennusvalvonnoille ja suunnittelijoille määräysten soveltamisen tueksi. [1.]

Määräykset eivät koske vain kesäaikaiseen käyttöön varusteltuja loma-asuntoja, suojeltuja tai pieniä, kooltaan alle 50 m²:n rakennuksia. Ne eivät myöskään koske muun muassa kasvihuoneita, hartauden harjoittamiseen tai uskonnolliseen toimintaan käytettäviä rakennuksia eikä tietyntalaitoksia. [1.]

2.2 Energiatehokkuus korjaus- ja muutostöissä

Maankäyttö- ja rakennuslain mukaan rakennuksen korjaus- ja muutostöitä koskevia säännöksiä on vähän. Korjausrakentamisen sääntelyn keskeisenä periaatteena on ollut joustavuus, mikä näkyy muun muassa rakennuksen ominaisuuksien huomioon ottamisen edellyttävissä säännöksissä. Lähtökohtaisesti rakentamismääräyksiä sovelletaan rakennuksen korjaus- ja muutostöissä vain siltä osin kuin toimenpiteen laatu ja laajuus sekä rakennuksen tai sen osan mahdollisesti muutettava käyttötapa edellyttävät, jollei määräyksissä nimenomaisesti toisin määrätä. [2.]

2.3 Kolme vaihtoehtoista tapaa energiatehokkuuden parantamiseen

Ympäristöministeriön on määritelly kolme vaihtoehtoista tapaa parantaa energiatehokkuutta.

Ensimmäisenä vaihtoehtona on parantaa korjattavien tai uusittavien rakennusosien lämmönpitävyyttä vaatimusten mukaisiin arvoihin. Toisena vaihtoehtona on parantaa energiatehokkuutta kyseiselle rakennustyyppille määritellylle tasolle. Tällöin tarkastellaan koko rakennuksen vuosittaista, normaalikäytössä syntyvää laskennallista energiankulutusta suhteessa rakennuksen pinta-alaan. Kolmantena vaihtoehtona on laskea rakennukselle ominainen, rakentamisajankohdan mukaisilla tai viimeisimmän käyttötarkoituksen muutoksen mukaisilla ratkaisuilla laskettu kokonaisenergian kulutus eli E-luku ja pienentää sitä kyseiselle rakennustyyppille asetetun tason mukaisesti. [4.]

Teknisten järjestelmien uusimiselle on määritelly omat vähimmäisvaatimukset.

On tärkeää varmistaa, että rakennuksen tekniset järjestelmät kuten lämmitys ja ilmanvaihto toimivat ja niiden perussäädöt tarkistetaan aina, kun rakennukseen lisätään eristeitä tai sen ilmanpitävyyttä parannetaan tai järjestelmiä uudistetaan. Tämä on erittäin tärkeää hyvän sisäilman ja asumismukavuuden kannalta. Määräykset mahdollistavat joustavasti erilaisten teknisten kysymysten kuten kosteusasioiden ja mobiililaitteiden kuuluvuuden huomioon ottamisen suunnittelussa. ([4.]

Energiatehokkuusmääräykset ovat osa EU:n rakennusten energiatehokkuusdirektiivin toimeenpanoa ja edistävät samalla Suomen omia tavoitteita energiatehokkuuden parantamiseksi. Korjausrakentamisella on ratkaiseva merkitys Suomen energiakulutukseen, sillä rakennuksissa kuluu nykyään 40 % energian kokonaiskulutuksesta. [4.]

3 Minimivaatimukset korjausrakentamisessa

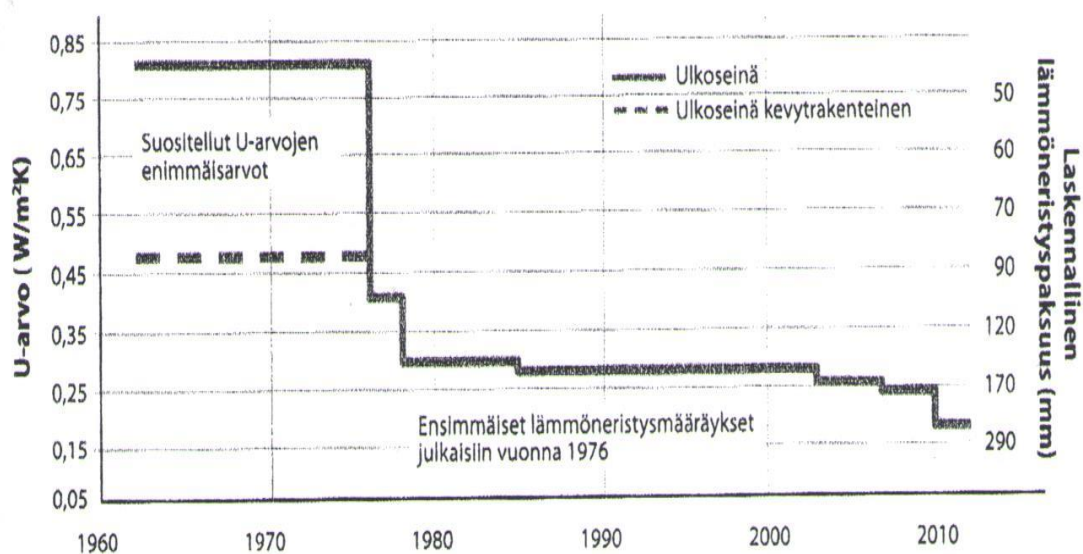
3.1 Rakennusosa- ja järjestelmäkohtaiset vaatimukset

Jos ryhtyy vastaamaan energiatehokkuusvaatimukseen rakennusosa- tai järjestelmäkohtaisesti, tarkoittaa se kaikessa yksinkertaisuudessa sitä, että luvanvaraisten korjausten kohteena olevien rakennusosien tai teknisten järjestelmien on täytettävä niille asetetut energiatehokkuuden minimivaatimukset. Rakennusosakohtaiset minimivaatimukset koskevat lämmöneristävyyden parantamista ulkoseinissä, yläpohjassa tai ikkunoissa ja ulko-ovissa. Alapohjan lämmöneristävyyden parantamiselle ei ole vaatimuksia, mutta lämmöneristystä ei saa kuitenkaan heikentää. Teknisten järjestelmien peruskorjausta, uudistamista tai uusimista koskevia vaatimuksia on taas annettu ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmille, lämmitysjärjestelmille ja vesi- ja viemärijärjestelmille. [7, 26.]

3.2 Ulkoseinien vaatimukset

Asuinkerrostalojen ulkoseinä rakennettiin 1960–1970-luvulla pääosin betonista. Tyypillisesti ulkoseinät olivat betonisandwich–rakenteista joko maalattuja, pesu-betonisena tai keraamisella laatalla verhottuna. Vaihtoehtoisena rakenteena edustivat kuorimuurit, tiilimuuraukset ja rapatut ulkoseinät. Ulkoseinien lämmöneristävyys parani merkittävästi vuonna 1976, kun ensimmäiset lämmöneristysmääräykset annettiin.

Kuvassa 1 on ulkoseinien U-arvo eri vuosikymmeninä rakennetuissa taloissa. Eristyksen paksuutta arvioidessa lämmöneristeen lämmönjohtavuutena on käytetty arvoa 0,045 W/mK. [7, 29.]



Kuva 1 Lämpöeristeiden kehitystä eri aikakausilla. [9, 70.]

Kun toteutetaan luvanvarainen ulkoseinäremontti, jossa on mahdollista parantaa energiatehokkuutta, on lämmönerittävyyttä parannettava seuraavasti:

- Ulkoseinän U-arvoa on parannettava 0,5-kertaiseksi alkuperäisestä, kuitenkin enintään arvoon 0,17 W/m²K.
- Jos rakennuksen käyttötarkoitus muutetaan, U-arvo on parannettava alkuperäisestä 0,5-kertaiseksi, kuitenkin vähintään arvoon 0,60 W/m²K. [7, 28.]

Määräykset siis edellyttävät ulkoseinän alkuperäisen U-arvon puolittamista. Alarajaksi on annettu 0,17 W/m²K, jota paremmaksi ei seinän lämmöneristävyyttä tarvitse parantaa. [7, 28.]

Taulukossa 1 on arvioitu lämmitysenergian säästöpotentiaalia eri aikakausien esimerkkikerrostaloissa, kun ulkoseiniä korjataan keskiraskaasti.

Taulukko 1. Lämmitysenergian säästöpotentiaali korjattaessa ulkoseiniä keskiraskaasti. [7, 33.]

	Lähtötilanne		Korjauksen jälkeen			
	U-arvo (W/m ² K)	Kaukolämpö (kWh/m ² /v)	U-arvo (W/m ² K)	Lisälämmöneristys (mm)	Kaukolämpö (kWh/m ² /v)	Säästö lämmitys- energiassa (%)
Kerrostalo1960	0,81	229	0,41	50	197	14
Kerrostalo1977	0,40	173	0,20	100	158	9
Kerrostalo1984	0,35	166	0,18	120	153	8
Kerrostalo1990	0,28	157	0,17	100	149	5

Taulukon 1 esimerkkitapauksissa keskiraskailla korjauksilla saavutettaisiin suuruusluokaltaan noin 5–14 prosentin säästö ostetusta kaukolämmöstä, joten pelkän energiansäästön takia ulkoseiniä ei kannata ryhtyä korjaamaan.

3.3 Ikkunat ja ovien vaatimukset

Ikkunat olivat Suomessa yleensä kaksilasisia puuikkunoita aina 1970-luvun puoliväliin asti (U- arvo 2,7–3,0 W/m²K). Tämän jälkeen ikkunoita alettiin muuttaa kolmilasisiksi (U-arvo 2,0–2,5 W/m²K). 1980-luvulla otettiin seuraava harppaus ja siirryttiin käyttämään erikoislaselementtiä, joka koostuu kahdesta sisemmästä lasista ja niiden välissä olevasta eristävästä kaasulla täytetystä tilasta (U-arvo 1,8–2,1 W/m²K). 1990-luvulla puu-alumiini-ikkunat korvasivat puurakenteen.

Nykypäivänä tyypillinen ikkunan lämmöneristävyys on noin kolme kertaa parempi kuin 1970-luvun ikkunassa. Nykypäivän perusikkunan U-arvo on 1,0 W/m²K, joka on myös Suomen rakennusmääräyskokoelmassa asetettu vaatimustaso korjausrakentamiselle.[9, 76.]

Ikkunoiden uusimisen vaikutus lämmitysenergian kulutukseen riippuu lähtötilanteesta, muun muassa ikkunoiden lämmöneristävyydestä ja ikkunapinta-alasta. Ikkunoiden U-arvot ovat parantuneet huomattavasti viimeisen 40 vuoden aikana. 1970-luvun alkupuolelta 2010-luvulle tultaessa ikkunoiden U-arvot ovat pudonneet arvosta $3,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ arvoon $1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. [7, 35.]

Taulukossa 2 on arvioitu, minkä verran eri aikakausien kerrostaloissa voitaisiin säästää lämmitysenergiaa uusimalla ikkunat.

Taulukko 2. Lämmitysenergian säästöpotentiaali uusittaessa kerrostalon ikkunat.

	Lähtötilanne		Korjauksen jälkeen		
	U-arvo ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Kaukolämpö ($\text{kWh/m}^2/\text{v}$)	U-arvo ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Kaukolämpö ($\text{kWh/m}^2/\text{v}$)	Säästö lämmitys- energiassa (%)
Kerrostalo1960	2,8	229	1,0	193	16
Kerrostalo1977	2,1	173	1,0	153	12
Kerrostalo1984	2,1	166	1,0	147	11
Kerrostalo1990	2,1	157	1,0	138	12

Taulukosta 2 nähdään, että ikkunoiden uusimisella voidaan saavuttaa tietynlaisissa kiinteistöissä noin 10–16 prosentin säästö kaukolämmön kulutuksessa. Käytännössä ehjiä ikkunoita ei kannata uusia pelkästään energiansäästön takia, vaan ikkunoiden uusimiselle on oltava myös jokin muu syy. [7, 38.]

3.4 Yläpohjan vaatimukset

Ennen vuotta 1985 rakennettujen talojen yläpohjien lämmöneristävyysvaatimus oli 0,35–0,47 W/m²K, joten yläpohjaeriste saattoi olla paksuudeltaan vain 100 millimetriä. Vuonna 1985 annettujen lämmöneristysmääräyksen mukaan yläpohjan lämmöneristysvaatimukseksi tuli 0,22 W/m²K, joka tarkoittaa noin 160–200 millimetristä lämmöneristyskerrosta. [9, 82.]

Nykyään luvanvaraisessa hankkeessa, jossa yläpohjan energiatehokkuutta on mahdollista parantaa, on yläpohjan alkuperäinen U-arvon puolitettava. Yläpohjan lämmöneristävyttä ei kuitenkaan tarvitse parantaa arvoa 0,09 W/m²K paremmaksi. U-arvo lasketaan Suomen rakentamismääräyskokoelman C4(2012) mukaisesti, ja siinä otetaan huomioon rakenteeseen lisättyjen ja mahdollisesti siitä poistettujen materiaalikerrosten ominaisuudet. [7, 39.]

Taulukossa 3 on arvioitu yläpohjan lisälämmöneristämisen vaikutusta lämmitysenergian kulutukseen eri aikakausien kerrostaloissa.

Taulukko 3. Yläpohjan lisälämmöneristämisen vaikutus lämmitysenergian kulutukseen kerrostalossa.

	Lähtötilanne		Korjauksen jälkeen			
	U-arvo (W/m ² K)	Kaukolämpö (kWh/m ² /v)	U-arvo (W/m ² K)	Lisälämmöneristys (mm)	Kaukolämpö (kWh/m ² /v)	Säästö lämmitysenergiassa (%)
Kerrostalo1960	0,47	229	0,24	80	219	4
Kerrostalo1977	0,35	173	0,18	100	165	5
Kerrostalo1984	0,29	166	0,15	120	160	4
Kerrostalo1990	0,22	157	0,11	170	153	3

Taulukosta 3 nähdään, että asuinkerrostalossa yläpohjan osuus lämpöhäviöstä on pieni. Lisälämmöneristäminen ei auta säästämään lämmitysenergiaa kuin muutamia prosentteja. [7, 42.]

3.5 Ilmanvaihtojärjestelmän vaatimukset

Asuinkerrostalojen yleisin ilmavaihtoratkaisu oli aina 1960-luvun alkuun asti painovoimainen ilmanvaihto. Tämän jälkeen yleistyivät koneellisesti poistoilmavaihtojärjestelmät yhteiskanavapoistolla, ja ne olivat puolestaan vallitseva ratkaisu aina 2000-luvun alkuvuosiin asti. Energiatalouden kannalta molempien näiden järjestelmien ongelmana on se, että poistoilman lämpö menee täysin hukkaan. Vasta 2000-luvun alun jälkeen rakentamismääräysten kiristyttyä alkoi myös asuinkerrostaloihin ilmestyä koneellisia tulo-poisto-ilmanvaihtojärjestelmiä jossa poistoilman lämpö otetaan talteen ja hyödynnetään edelleen. [9, 85.]

Kun rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmää peruskorjataan tai uusitaan siten, että siihen tarvitaan viranomaisen lupa, on noudatettava seuraavia energiatehokkuusvaatimuksia:

- Poistoilmasta on saatava lämpöä talteen määrä, joka vastaa vähintään 45 prosenttia ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsemasta lämpömäärästä.
- Koneellisen tulo- ja poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 2,0 kW/(m³/s).
- Koneellisen poistoilmajärjestelmän ominaissähköteho saa olla enintään 1,0 kW/(m³/s).

Tämän lisäksi ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelussa on otettava huomioon ja sovellettava Suomen rakennusmääräyskokoelman osaa D2 (2012). [7, 43.]

Lämmön talteenotolla varustetun koneellisen tulo-poistoilmavaihdon vaikutusta lämmitysenergian kulutukseen on arvioitu taulukossa 4. Esimerkkikerrostalossa on oletettu lähtötilanteessa olevan koneellinen poistoilmavaihtojärjestelmä, mutta ei lämmön talteenottoa. Pylsyn (2014, 44) mukaan korjausvaihtoehdolle on laskettu kaksi eri lämmön talteenoton vuosihyötysuhdetta: 45 % ja 70 %. Laskelmissa on oletettu, että rakennuksen ilmavaihtuvuus vastaa korjauksen jälkeen uudisrakentamisen tasoa; tällöin sisäilma vaihtuu noin kerran kahdessa tunnissa. Lähtötilanteen ilmanvaihtuvuutena on käytetty arvoa 0,4 1/h.

Taulukko 4. Lämmön talteenotolla varustetun koneellisen tulo-poistoilmanvaihdon vaikutus lämmitysenergian kulutukseen kerrostalossa.

	Lähtötilanne		Korjauksen jälkeen					
			Vaihtoehto 1			Vaihtoehto 2		
	LTO (%)	Kauko-Lämpö (kWh/m ² /v)	LTO (%)	Kauko-lämpö (kWh/m ² /v)	Säästö lämmitys-energiassa (%)	LTO (%)	Kauko-lämpö (kWh/m ² /v)	Säästö lämmitys-energiassa (%)
Kerrostalo1960	0	229	45	204	11	70	191	17
Kerrostalo1977	0	173	45	151	13	70	137	21
Kerrostalo1984	0	166	45	145	13	70	131	21
Kerrostalo1990	0	157	45	137	13	70	123	22

Taulukosta 4 nähdään, että tehokkaalla lämmön talteenotolla voidaan saavuttaa kerrostalossa noin 20 prosentin säästö kaukolämmön kulutuksessa. Jos lämmön talteenoton tehokkuus vastaa määräysten minimitasoa, jää säästö 10–15 prosenttiin. [7, 48.]

3.6 Vesi- ja viemärijärjestelmän vaatimukset

Vesi- ja viemärijärjestelmän uusimiseen liittyvät energiatehokkuusvaatimukset ovat selkeät. Uusittaessa vesi- ja viemärijärjestelmää sovelletaan uudisrakentamisen määräyksiä eli Suomen Rakentamismääräyskokoelman osaa D1(2007) ja siihen vuonna 2011 lisättyä huoneistokohtaiseen vedenmittaukseen liittyvää muutosta. [7, 49.]

4 Tarkasteltava kohde

4.1 Lähtötiedot Asunto Oy Porrassalmenkatu 43 Mikkeli

Asunto Oy Porrassalmenkatu 43 on valmistunut vuonna 1970. Rakennuksen lämmitysmuotona toimii vesikeskuslämmitys/kaukolämmitys ja ilmanvaihtojärjestelmänä on koneellinen poistoilmanvaihto. Asuinhuoneistoja on kaikkiaan 40 kolmessa kerroksessa. Kiinteistöön kuuluu yksi liikehuoneisto, joka sijoittuu pohjakerrokseen.

Rakennuksen lämmitetty nettoala, joka lasketaan lämmitettyjen kerrostasojen summana, kerrostasoja ympäröivien ulkoseinien sisäpinnat mukaan laskettuna on 2311 m² ja rakennuksen ilmatilavuus on 6950 m³. Kiinteistö kuuluu käyttötarkoitukseluokkaan 2: Asuinkerrostalo.

4.2 Julkisivu

Rakennuksen kantava runkojärjestelmä on niin sanottu ”kirjahyllyrunko”. Kirjahyllyrungon kantavat pystyrakenteet ovat teräsbetoniseiniä, jotka muodostavat yhdessä välipohjien ja yläpohjan kanssa avoimen hyllymäisen lokeroston. Kerrostalon ulkoseinärakenteina ovat itsekantavat sandwich-elementit. Betonisen sisäkuoren paksuus on 80 millimetriä pitkillä sivuilla ja päädyissä 160 millimetriä. Ulkokuoren paksuus on 50 millimetriä. Betonielementtien välissä on lämmöneristeenä mineraalivilla, jonka paksuus on 90 millimetriä. Betonipinnat on maalattu ulkopuolelta orgaanisella maalilla. Pinnan strukturina on harjattu sekä sileä pinta.

4.3 Parvekkeet

Asuntoparvekkeiden takaseinät ovat kokonaisuudessaan puuelementtejä, joiden ulkopinnassa on maalattu paneeli. Elementti on lämmöneristetty mineraalivillalla ja sisäpinnassa on maalattu lastulevy. Huoneistoparvekkeiden kantavana rakenteena ovat betonilaatat, jotka on tuettu rakennuksen runkoon rataakiskoilla ja teräksillä. Parvekelaattojen yläpinnat ovat maalattua betonia ja alapinnat ovat puhtaalla betonipinnalla.

4.4 Ikkunat ja parvekeovet

Ikkunat ovat kaksilasisia sisäaukenevia huullettuja kaksipuitteisia puuikkunoita, joiden karmisyvyys on ainoastaan 90 mm ja ovat maalattuja. Ikkunoissa on avattavat tuuletusikkunat.

Parvekeovet ovat umpinaisia sisään ja ulospäin aukenevia paneeliverhottuja puuovia.

4.5 Vesikatto

Vesikaton rakenteena ovat puiset kattotuolit. Vesikate on useampikerroksinen bitumihuopa, jonka alustana on raakaponttilaudoitus. Yläpohjan lämmöneristeenä on 150 millimetriä mineraalivillaa, jonka alla on 190 mm:n teräsbetonilaatta.

4.6 Ilmanvaihto

Rakennuksessa on koneellinen poistoilmajärjestelmä, joka ottaa korvausilman-
sa suoraan ulkoa. Lämmöntalteenottoa ei ole.

Rakennuksen pinta-alat rakenteittain ja lämmönjohtavuusarvot ennen ja jälkeen
peruskorjauksen on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Rakenteiden pinta-alat ja lämmönjohtavuudet ennen korjausta ja
korjauksen jälkeen.

Rakenne	A (m ²)	Vanha U(W/m ² /K)	Uusi U(W/m ² /K)
Ulkoseinä	756	0,29	0,29
Yläpohja	598	0,47	0,23
Alapohja	553	0,41	0,41
Ikkunat	265	2,1	1,0
Ovet	79	2,0	1,0

5 Korjaustöiden sisältö

5.1 Julkisivun muutostyöt

Julkisivuille ja sokkeleille ei tehty mitään toimenpiteitä, koska huoltomaalaus oli suoritettu 2008.

5.2 Parvekkeiden muutostyöt

Parvekkeiden korjauksen yhteydessä takaseinien villat levytyksineen vaihdettiin, samalla asennettiin uudet alumiinilasikaiteet ja parvekelasijärjestelmät kaikkiin asuntoparvekkeisiin. Lattian pinnoitus tehtiin polyuretaanipinnoitteella.

5.3 Ikkunat ja parvekeovien uusiminen

Ikkunat uusittiin nykyaikaiseksi puualumiini-ikkunoiksi sekä varustettiin Biobekorvausilmaventtiileillä ja sälekaihtimella.

Parvekeovet uusittiin yksilehtiseksi puualumiinioveksi sekä sähkekaihtimella.

Ikkunoiden ja ovien lämmönläpäisyarvoksi saatiin alle 1 W/m²K.

5.3 Vesikaton muutostyöt

Vesikaton reunoja korotettiin ja uudeksi katemateriaaliksi tuli kaksinkertainen kumibitumikermi. Viemäreiden läpiviennit uusittiin ja viemäriin asennettiin pakkasmanttelit. Yläpohjaan lisättiin lisälämmöneristämiseksi 200 millimetriä puhallusvillaa.

5.4 Ilmanvaihdon uusiminen

Asunnot varustettiin Vallox 70K merkkisellä huoneistokohtaisella ilmanvaihto koneella, jossa on tulo- ja poistoilmanvaihto sekä lämmöntalteenotto. Lämmitys-järjestelmä uusittiin osittain putkien osalta sekä järjestelmä tasapainotettiin ja säädettiin.

6 Rakennusosien lämmitysenergian nettotarve

6.1 Rakenteiden läpi johtuva lämmitysenergia

Rakennuksissa tapahtuu lämmönsiirtymistä johtumalla rakenteiden läpi, kon-ventiona eli virtauksena tai säteilemällä. Lämmöneristävyysarvoltaan heikkojen rakennusosien kautta kulkeutuva energia aiheuttaa suurimman osan rakennus-ten hukkaan menneestä energiasta. Työssä laskettiin rakennusosittain raken-nuksen yläpohjan, ikkunoiden, parvekeovien sekä ilmanvaihdosta syntyneet lämpöhäviö erot.

Laskelmissa on huomioitu, että vaikka ulkoseinälle ja alapohjalle ei ole tehty mitään, ne on kirjattu silti laskelmaan alkuperäisillä U-arvoilla, jottei tulos vääris-ty.

Energiankulutuksen laskelmissa käytettiin D3:n (2012) taulukon L2.3 kuukauti-sia ulkoilman keskilämpötiloja, jotka pohjautuvat Jyväskylän lentoaseman (sää-vyöhyke III) säähavainto mittauksiin vuosilta 1980–2009.

Laskentamallina käytetyn asuinkerrostalon rakenteiden pinta-alat ja lämmönjoh-tavuudet esiteltiin aiemmin taulukossa 5.

6.2 Ulkoseinän johtumishäviöt

Rakennuksen kaikkien ulkoseinän lämmönläpäisykerroin on yhtä suuri. Pinta-alana voidaan näin käyttää rakennuksen kaikkien ulkoilmaan rajoittuvien ulkoseinien yhteenlaskettua pinta-alaa.

Ulkoseinän ulkoilmaan rajoittuvan seinän johtumishäviö Q lasketaan kaavalla 1.

$$Q = U_i A_i (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (1)$$

jossa U_i rakennusosan lämmönläpäisykerroin, $W/(m^2 K)$

A_i rakennusosan i pinta-ala, m^2

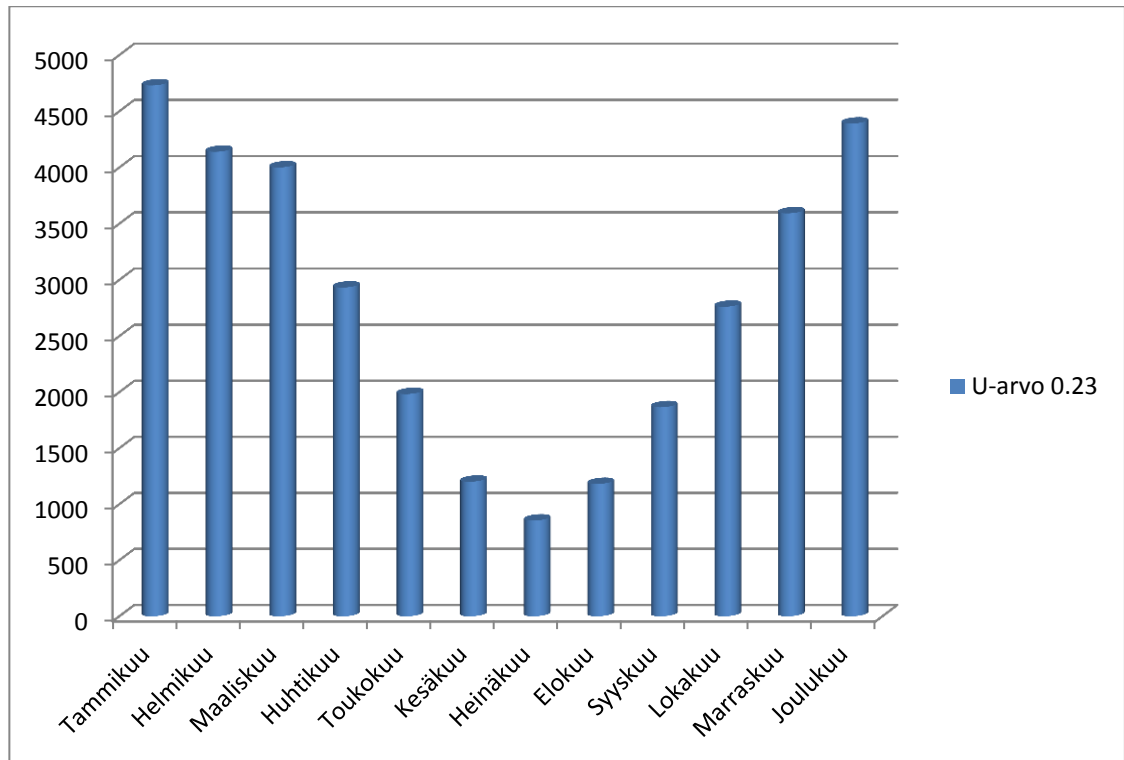
T_s sisäilman lämpötila, $^{\circ}C$

T_u ulkoilman lämpötila, $^{\circ}C$

Δt ajanjakson pituus, h

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Kuvassa 2 on esitetty johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ulkoseinän läpi kuukausikohtaisesti.

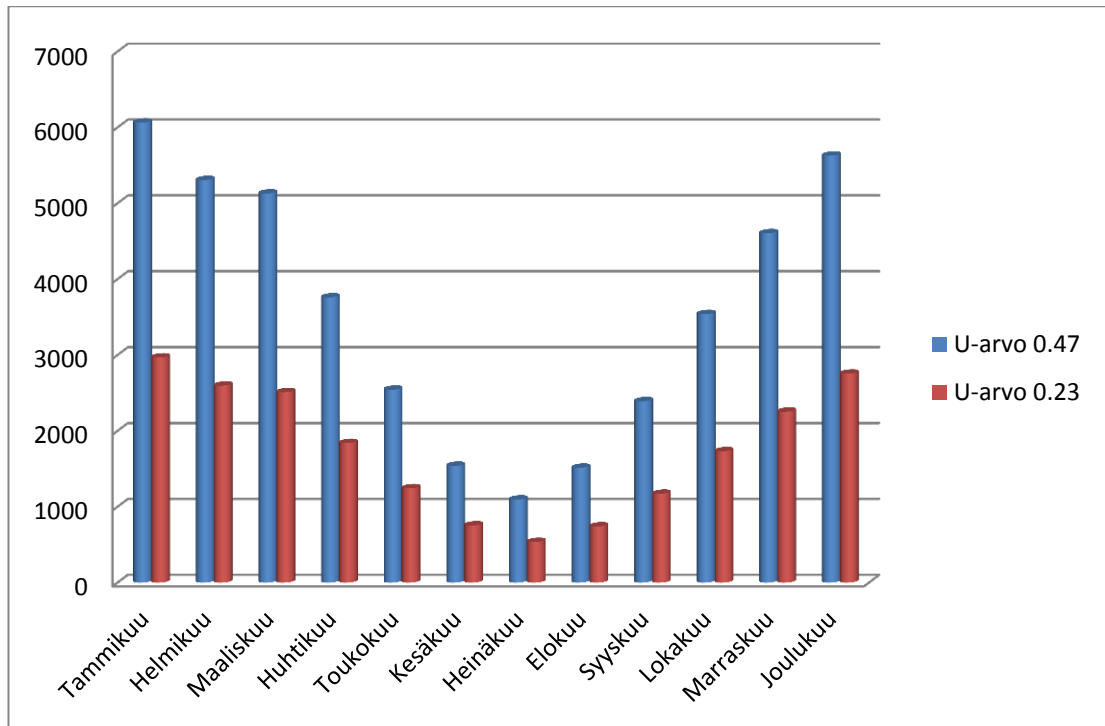


Kuva 2. Ulkoseinän johtumishäviöt kuukausittain kWh.

6.3 Yläpohjan johtumishäviöt

Yläpohjan johtumishäviöt lasketaan myös kaavalla 1.

Kuvassa 3 on esitetty johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan yläpohjan läpi kuukausikohtaisesti.



Kuva 3. Yläpohjan johtumishäviöt kuukausittain kWh ennen korjausta ja korjauksen jälkeen.

6.4 Alapohjan johtumishäviöt

Alapohjan lämpöhäviöiden laskennassa käytettävä ulkolämpötila riippuu alapohjan toteutustavasta. Tässä rakennuksessa on maanvarainen alapohja, jolloin ulkolämpötilana käytetään alapohjan alapuolisen maan lämpötilaa.

Maanvastaisten alapohjien kautta johtuva energia voidaan laskea rakentamismääräyskokoelman osan D5 (2012) kaavan (3.4) mukaisesti käyttämällä kaavassa ulkoilman lämpötilan sijasta alapohjan alapuolisen maan lämpötilaa. Alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila lasketaan ulkoilman vuotuisesta keskilämpötilasta kaavalla (3.6)

$$T_{maa,vuosi} = T_{u,vuosi} + \Delta T_{maa,vuosi} \quad (3.6)$$

jossa $T_{maa,vuosi}$ *alapohjan alapuolisen maan vuotuinen keskilämpötila, °C*

$T_{u,vuosi}$ *ulkoilman vuotuinen keskilämpötila, °C*

$\Delta T_{maa,vuosi}$ *alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero, °C*

Kaavassa (3.6) tarvittava ulkolämpötilan vuotuinen keskilämpötila on 5,57 °C. Tämä arvo saadaan D3:n (2012) taulukosta L.2.2. [5.]

Kaavassa tarvitaan lisäksi alapohjan alapuolisen maan ja ulkoilman vuotuisen keskilämpötilan ero. Tämän eron arvona voidaan käyttää D5 (2012) luvun 3.2.4 ohjearvoa 5 °C. [6.]

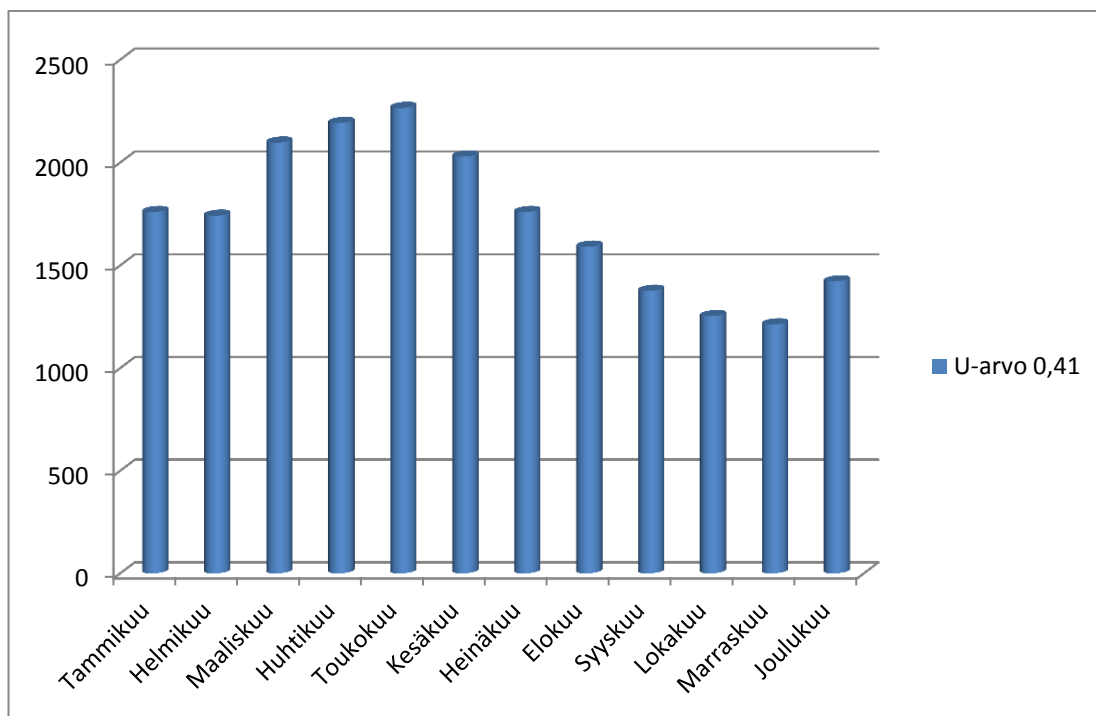
$$T_{maa} = 5,57 + 5 = 10,57 \text{ °C}$$

Johtumislämpöhäviö alapohjan läpi voidaan nyt laskea myös kaavalla (1.) käyttämällä ulkolämpötilana taulukossa 6 olevia maan kuukausittaista keskilämpötilaa.

Taulukko 6. Alapohjan alapuolisen maan kuukautiset lämpötilat.

Kuukausi	Alapohjan alapuolisen maan lämpötila $T_{\text{maa,kuukausi}}$ °C	Maan vuosi- ja kuukausilämpötila erotus $\Delta T_{\text{maa,kuukausi}}$ °C
Tammikuu	10,57	0,00
Helmikuu	9,57	-1,00
Maaliskuu	8,57	-2,00
Huhtikuu	7,57	-3,00
Toukokuu	7,57	-3,00
Kesäkuu	8,57	-2,00
Heinäkuu	10,57	0,00
Elokuu	11,57	1,00
Syyskuu	12,57	2,00
Lokakuu	13,57	3,00
Marraskuu	13,57	3,00
Joulukuu	12,57	2,00
Koko vuosi	10,57	0,00

Kuvassa 4 on esitetty alapohjan johtumislämpöhäviöt kuukausikohtaisesti.

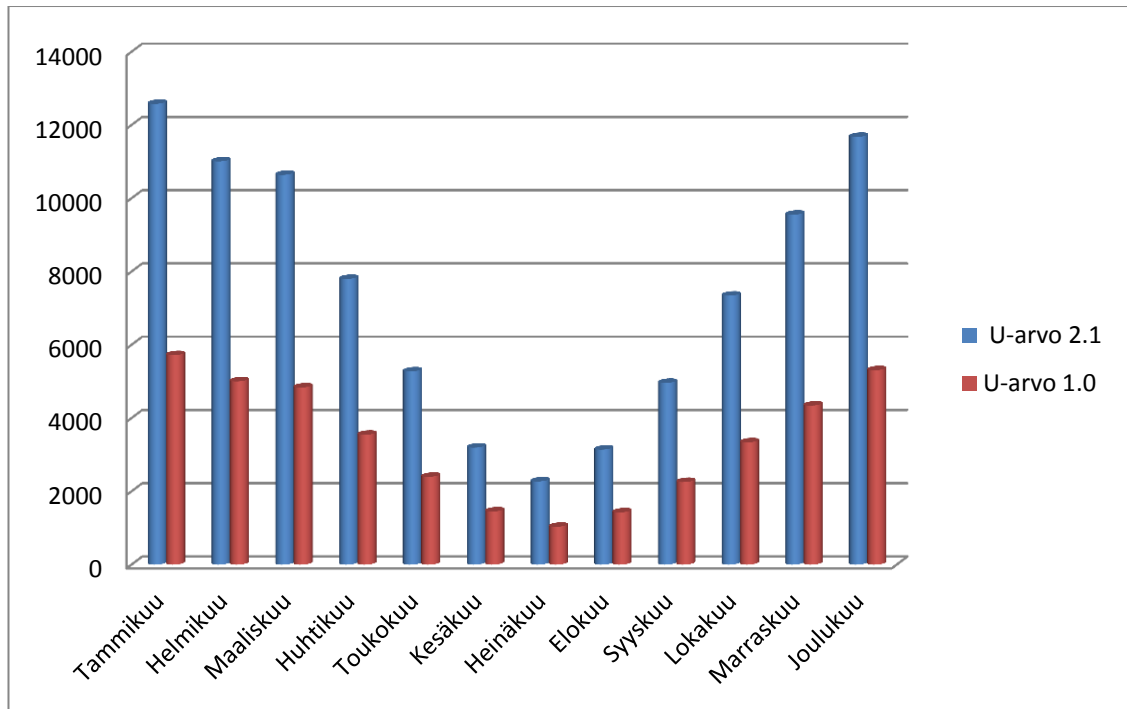


Kuva 4. Alapohjan johtumishäviöt kuukausittain kWh.

6.6 Ikkunoiden johtumishäviöt

Johtumislämpöhäviöt ikkunoiden läpi lasketaan myös kaavalla 1.

Kuvassa 5 on esitetty johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan ikkunoiden läpi kuukausikohtaisesti.

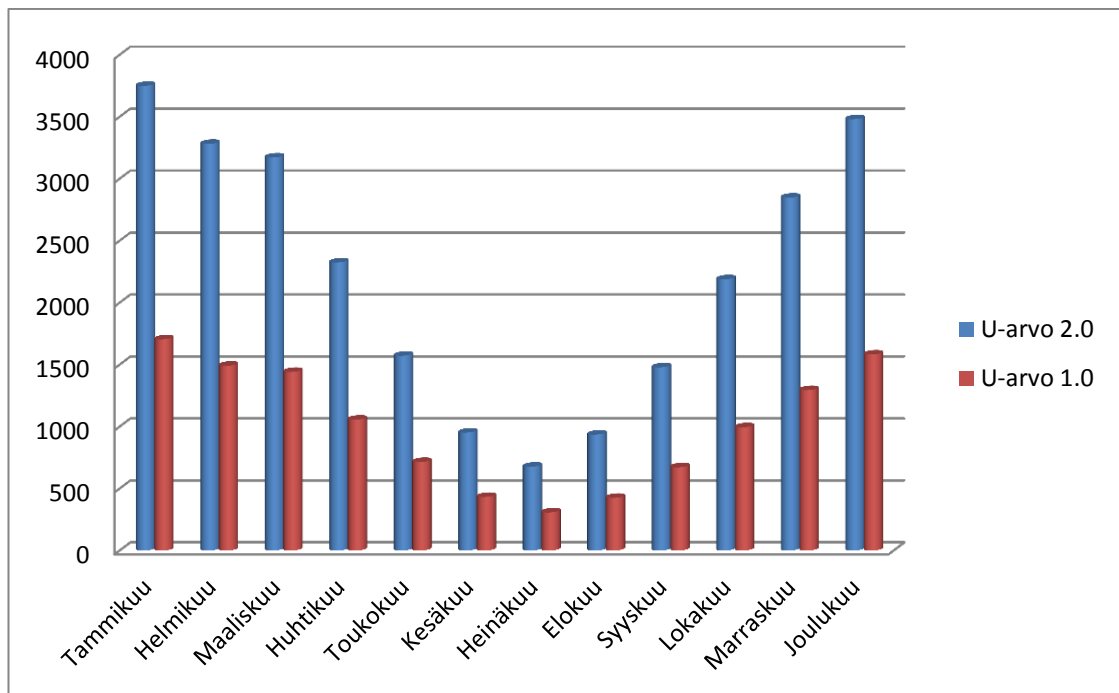


Kuva 5. Ikkunoiden johtumishäviöt kuukausittain kWh ennen korjausta ja korjauksen jälkeen.

6.7 Parvekkeiden ovien johtumishäviöt

Johtumislämpöhäviöt ovien läpi lasketaan myös kaavalla 1.

Kuvassa 6 on esitetty johtumislämpöhäviöt ulkoilmaa vasten olevan parvekkeiden ovien läpi kuukausikohtaisesti.

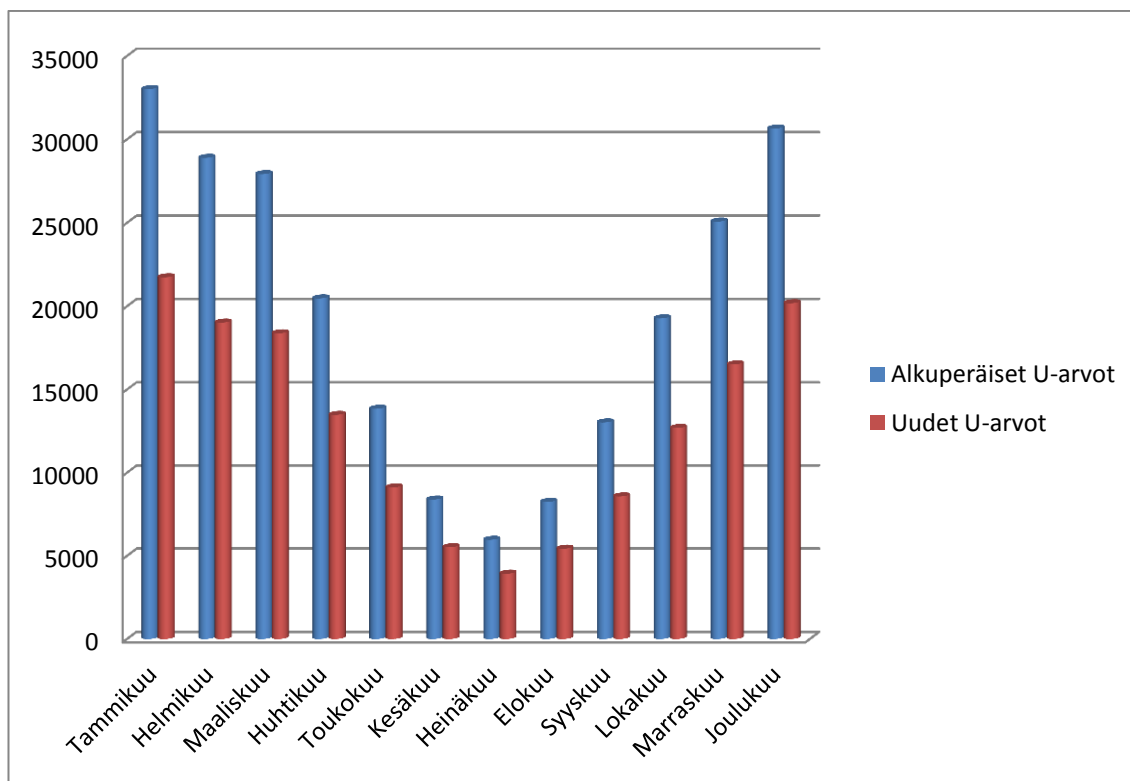


Kuva 6. Parvekkeiden ovien johtumishäviöt kuukausittain kWh ennen korjausta ja korjauksen jälkeen.

6.7 Kylmäsiljat

Kylmäsiltojen laskenta tehdään (YM asetus 176/2013) liitteen 1 kohdan 2.2.3 yksinkertaistetun laskentatavan mukaisesti. Laskentatavassa kylmäsiltojen vaikutus arvioidaan lisäämällä 10 % ulkovaipan johtumislämpöhäviöön.

Kuvassa 7 on esitetty kylmäsiltojen johtumislämpöhäviöt kuukausikohtaisesti.



Kuva 7. Kylmäsiltojen johtumishäviöt kWh ennen korjausta ja korjauksen jälkeen.

6.8 Ilmanvaihdon energiankulutus

Ennen sisäpuolista peruskorjausta rakennuksessa oli koneellinen poistoilmavaihto jonka korvausilma otettiin suoraan ulkoa, käytettiin D5 (2012) kaavassa (3.14) sisäänpuhalluslämpötilana ulkoilman kuukautista keskilämpötilaa. Tulo- ja poistoilmavirtana asetettiin laskennassa yhtä suuriksi $0,92 \text{ m}^3/\text{s}$, joten korvausilmavirtaa ei syntynyt. Rakennuksen sisälämpötilana käytettiin $21 \text{ }^\circ\text{C}$.

Tuloilman lämpeneminen tilassa lasketaan D5 (2012) kaavalla (3.14).

$$Q_{iv,tuloilma} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} (T_s - T_{sp}) \Delta t / 1000 \quad (3.14)$$

jossa	$Q_{iv,tuloilma}$	<i>tilassa tapahtuvan tuloilman lämpenemisen lämpöenergian tarve, kWh</i>
	t_d	<i>ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhte, h/24h</i>
	t_v	<i>ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhte, vrk/7 vrk</i>
	ρ_i	<i>ilman tiheys, 1,2 kg/m³</i>
	c_{pi}	<i>ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)</i>
	$q_{v,tulo}$	<i>tuloilmavirta, m³/s</i>
	T_s	<i>sisäilman lämpötila, °C</i>
	T_{sp}	<i>sisäänpuhalluslämpötila, °C</i>
	Δt	<i>ajanjakson pituus, h</i>
	1000	<i>kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi</i>

Ilmanvaihtojärjestelmän uusimisen jälkeen lämmitysenergian nettotarve eli ilmanvaihtokoneessa tapahtuva tuloilman lämmittäminen lasketaan erikseen jokaiselle ilmanvaihtokoneelle kaavalla (3.11, 3.12), sillä ilmanvaihtokoneessa tuloilman lämmittämiseen voidaan käyttää eri energiamuotoa kuin tilojen lämmitykseen. Lisäksi ilmanvaihtokoneen ja tilojen lämmönjakelujärjestelmien hyötysuhteet poikkeavat toisistaan. Laskelmassa tuloilma lämpenee tulopuhaltimen vaikutuksesta 0,5 °C D5 (2012) kohdan 3.4.1 mukaisesti. Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilana käytettiin rakentamismääräyskokoelman D5 mukaista lämpö-

tilaa 18 °C. Lämmön talteenoton vuosihyötysuhteena käytettiin 60 % ja käyttöaika oli 24 tuntia viikon jokaisena päivänä. Tulo- ja poistoilmavirtana asetettiin laskennassa yhtä suuriksi 0,056 m³/s, joten korvausilmavirtaa ei syntynyt. Rakennuksen sisälämpötilana käytettiin 21 °C.

Laskennassa kesä-, heinä- ja elokuussa lämmöntalteenotto ja ilmanvaihdon jälkilämmitys ovat pois käytöstä.

$$Q_{iv} = t_d t_v \rho_i c_{pi} q_{v,tulo} ((T_{sp} - \Delta T_{puhallin}) - T_{lto}) \Delta t / 1000 \quad (3.11)$$

jossa	Q_{iv}	<i>ilmanvaihdon lämmitysenergian nettotarve, kWh</i>
	t_d	<i>ilmanvaihtolaitoksen keskimääräinen vuorokautinen käyntiaikasuhde, h/24h</i>
	t_v	<i>ilmanvaihtolaitoksen viikoittainen käyntiaikasuhde, vrk/7 vrk</i>
	ρ_i	<i>ilman tiheys, 1,2 kg/m³</i>
	c_{pi}	<i>ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 J/(kg K)</i>
	$q_{v,tulo}$	<i>tuloilmavirta, m³/s</i>
	T_{sp}	<i>sisäänpuhalluslämpötila, °C</i>
	$\Delta T_{puhallin}$	<i>lämpötilan nousu puhaltimessa, °C</i>
	T_{lto}	<i>lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C</i>
	Δt	<i>ajanjakson pituus, h</i>
	1000	<i>kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi</i>

$$T_{lto} = T_u + \eta_{a,iv} (T_s - T_u) \quad (3.12)$$

jossa T_{lto} lämmöntalteenottolaitteen jälkeinen lämpötila, °C

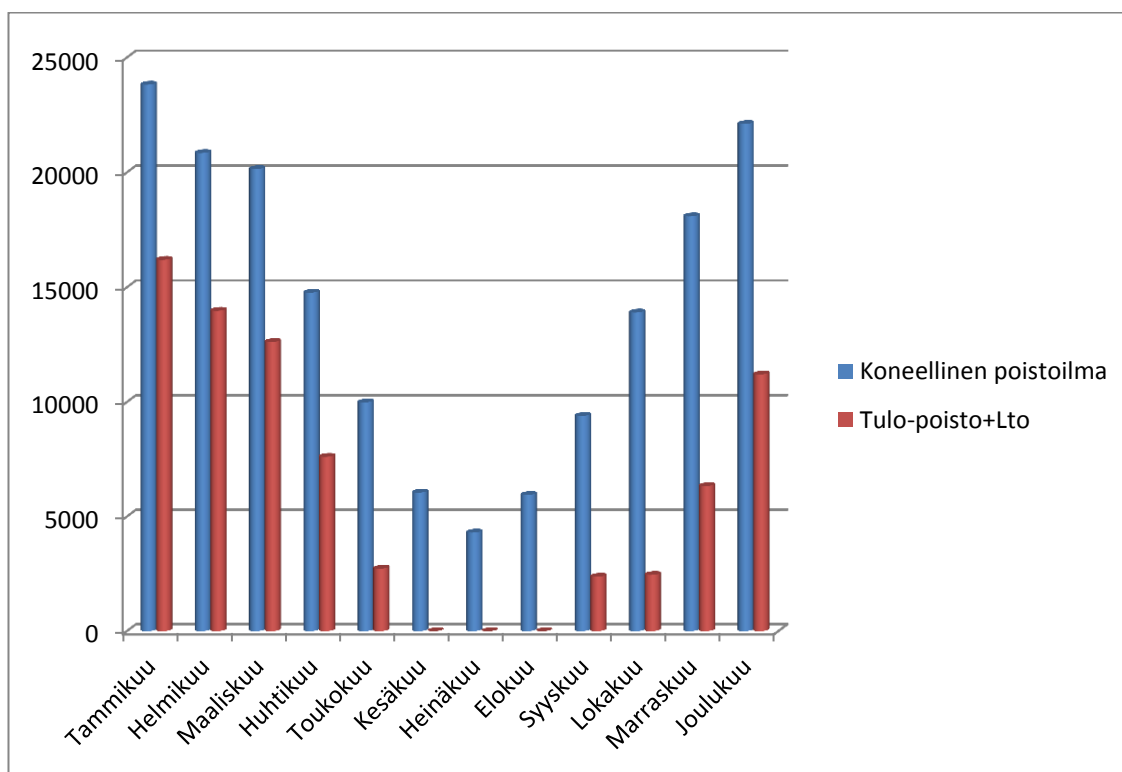
T_u ulkoilman lämpötila, °C

$\eta_{a,iv}$ ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton poistoilman vuosihyötysuhde

T_s sisäilman lämpötila, °C

T_u ulkoilman lämpötila, °C

Kuvassa 8 on esitetty tuloilman lämmittämisen lämmitystarvetta kuukausikohtaisesti.

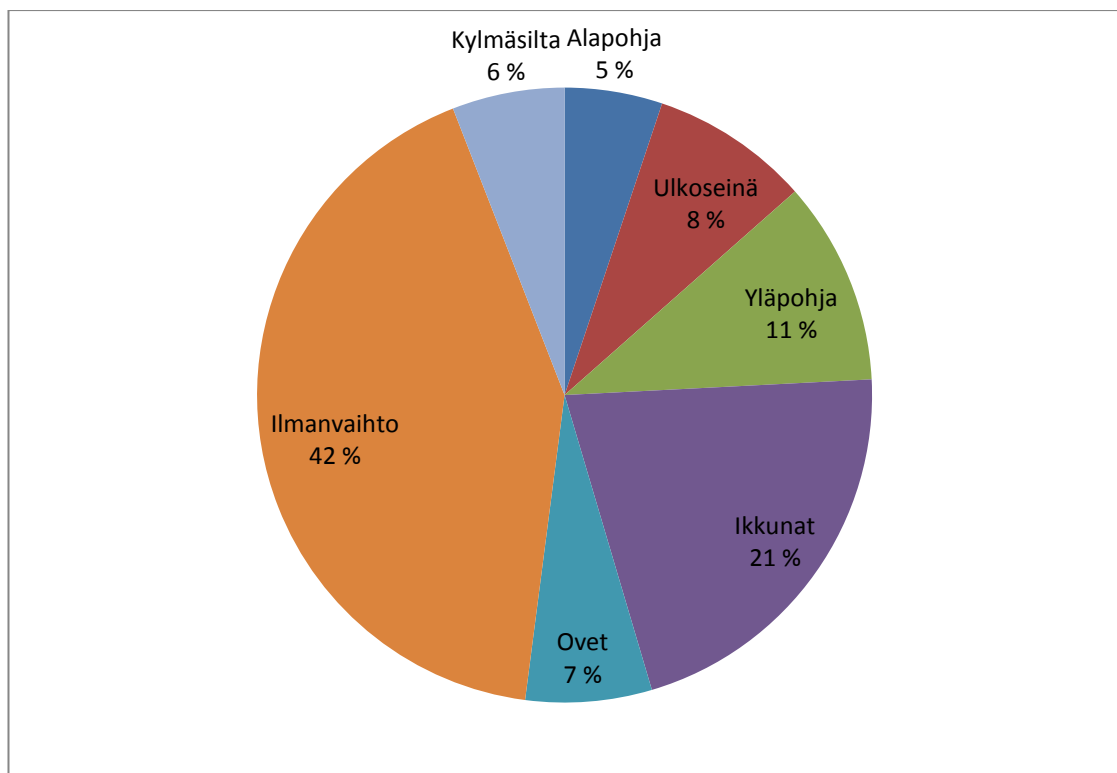


Kuva 8. Ilmanvaihdon lämmitysenergian tarve kWh ennen korjausta ja korjauksen jälkeen.

7 Tulosten tarkastelu ja takaisinmaksuaika

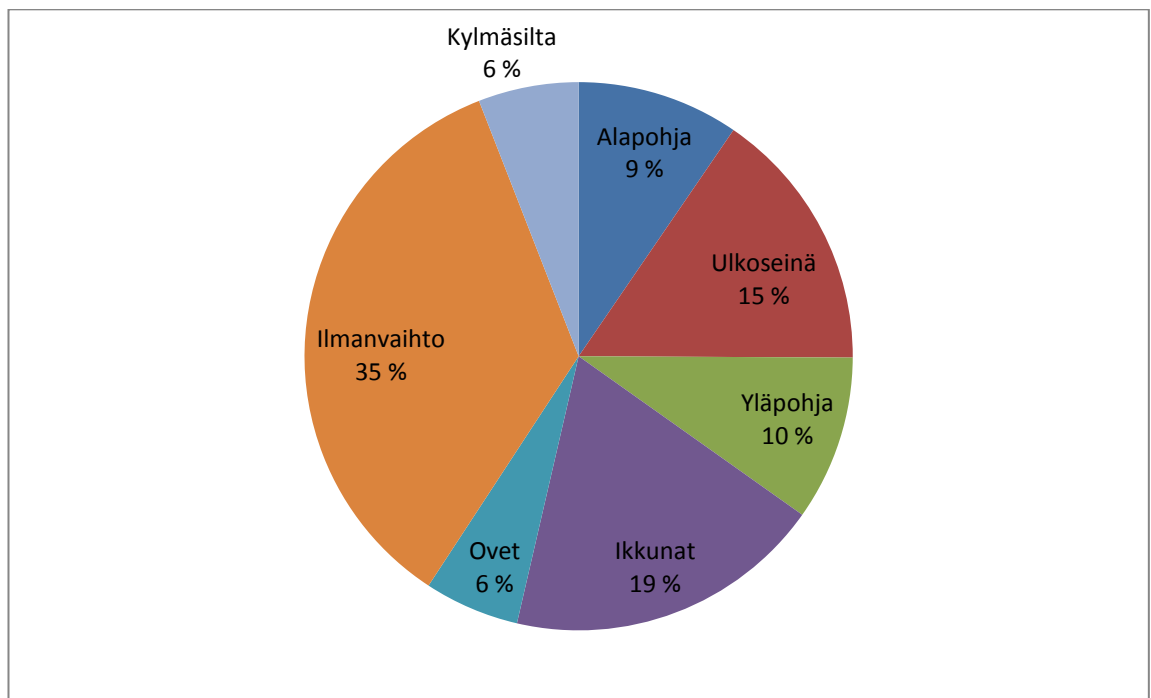
7.1 Tarkastelu

Laskelmilla vertailtiin rakennuksen eri rakenneosien vaikutusta energian säästöihin. Laskelmista tuli selvästi esille, että lähtötilanteessa koneellinen poistoilmanvaihto ja ikkunat muodostavat suurimman osuuden lämpöhäviöistä. Kyseiset tarkastelun kohteet muodostivat 63 prosenttia koko lämpöhäviöistä. Koneellinen poistoilmanvaihto oli suurin yksittäinen lämpöhäviön aiheuttaja 42 prosentin osuudella. Ulkoseinän, yläpohjan, parvekeovien, alapohjan ja kylmäsiltojen lämpöhäviöt suhteellisen vähäiset, jotka vaihtelivat 5–11 prosentin välillä. Prosenttiset lämpöhäviöt on esitetty kuvassa 9.



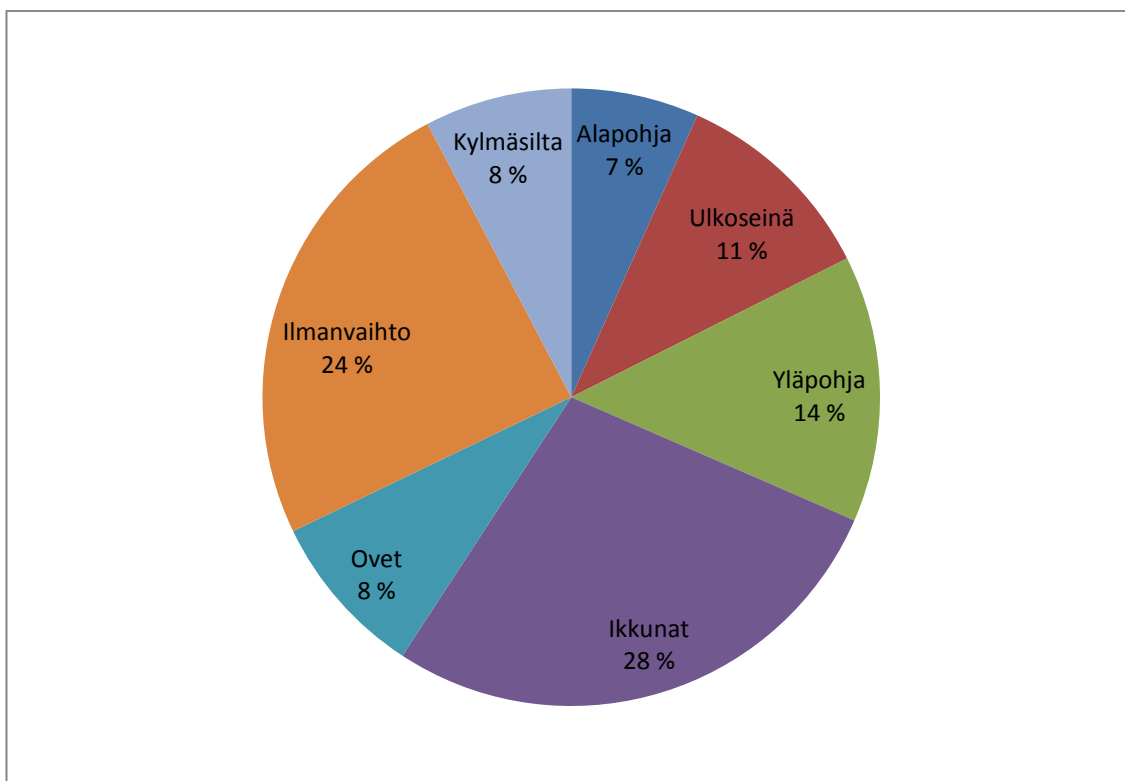
Kuva 9. Lähtötilanteen lämpöhäviöiden osuudet.

Rakenneosien U-arvojen parantamisen ja uuden ilmanvaihtojärjestelmän asennuksen jälkeen lämpöhäviöiden osuudessa tapahtui osuusvaihtelua. Ilmanvaihto ja ikkunat muodostivat suurimman lämpöhäviön 59 prosentin osuudella. Ilmanvaihdon osuus laski vain 6 prosenttia ollen 38 prosenttia. Ilmanvaihdon osuuden pieni laskeminen johtui muiden rakennusosien parantuneesta lämmönjohtavuudesta. Ulkoseinän, yläpohjan, parvekeovien, alapohjan ja kylmäsiltojen lämpöhäviön vaihtelu väli kasvoi 6–15 prosenttiin. Peruskorjauksen jälkeiset prosenttiset lämpöhäviöt on esitetty kuvassa 10.



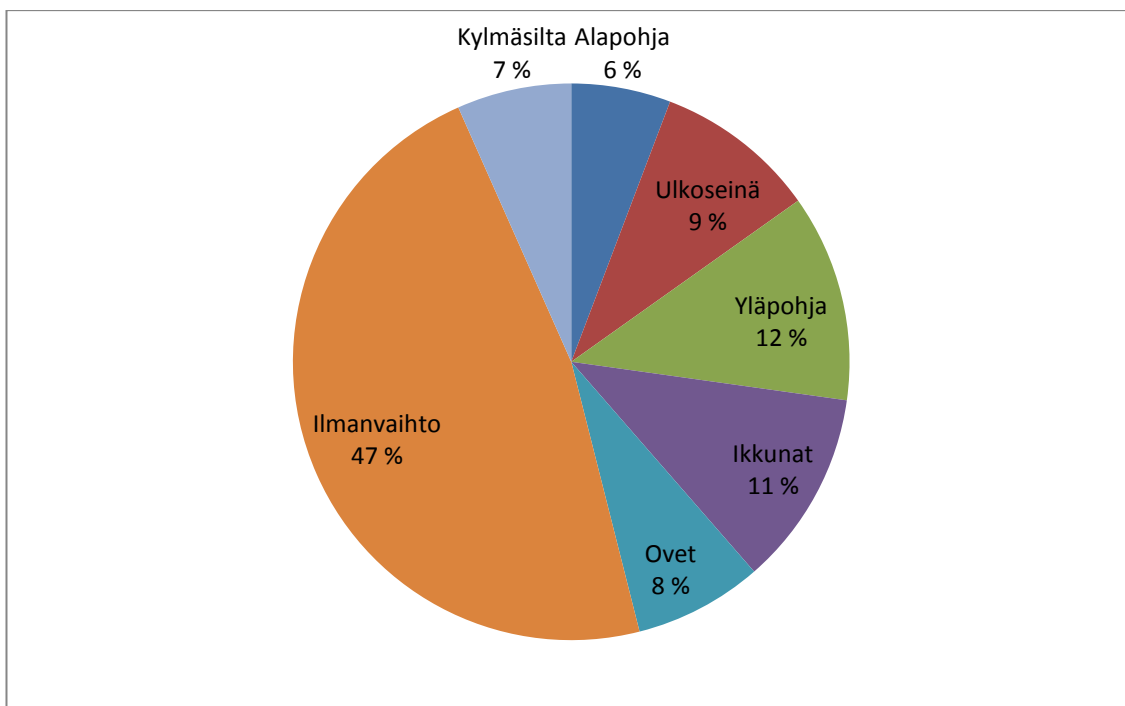
Kuva 10. Lämpöhäviöiden osuudet peruskorjauksen jälkeen.

Lämmönhäviöiden osuus vaihtelu muuttuisi ilmanvaihdon hyväksi, jos koneellinen poistoilmanvaihto uusitaan koneelliseen tulo- ja poistoilmajärjestelmään, jossa on lämmöntalteenotto. Ilmanvaihdon osuus laskisi 18 prosenttia ollen 24 prosenttia ja ikkunoiden osuus kasvaisi 28 prosenttiin. Muiden rakennusosien vaihteluväleissä ei tapahtunut suuria muutoksia. Ilmanvaihtojärjestelmän vaihtamisella tulleet lämpöhäviöprosentit on esitelty kuvassa 11.

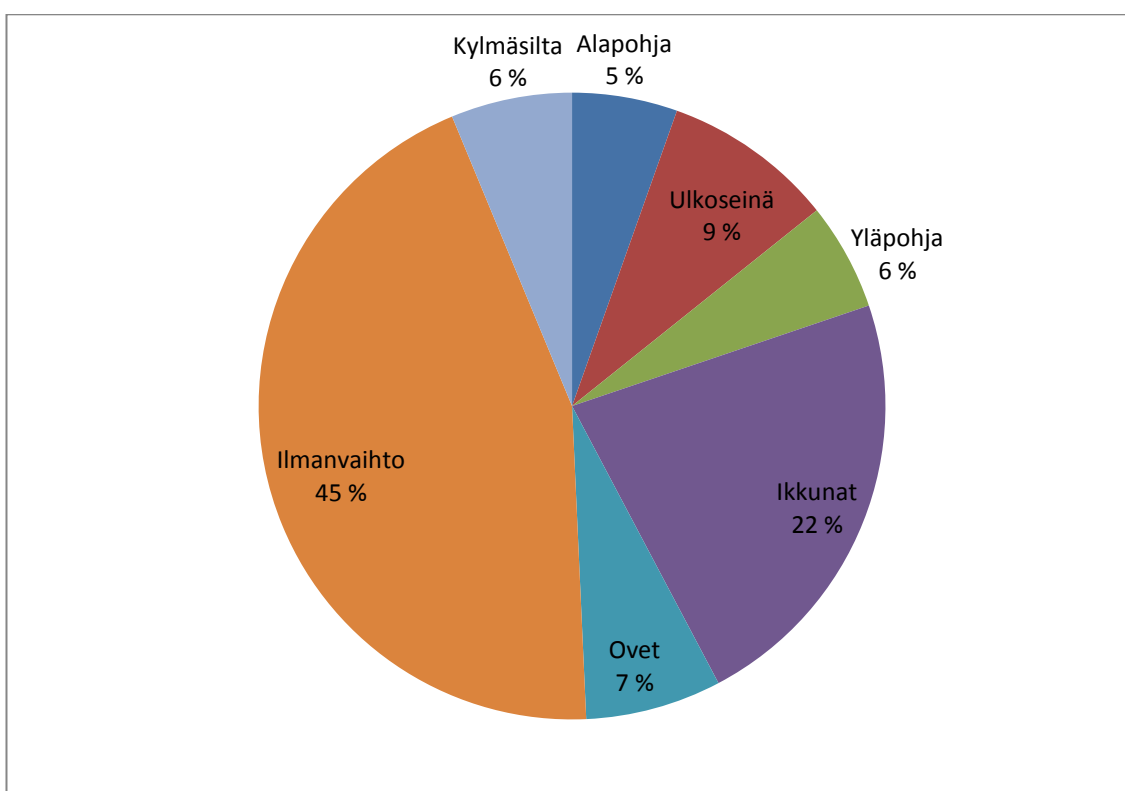


Kuva 11. Lämpöhäviöiden osuudet ilmanvaihtojärjestelmän uusimisen jälkeen.

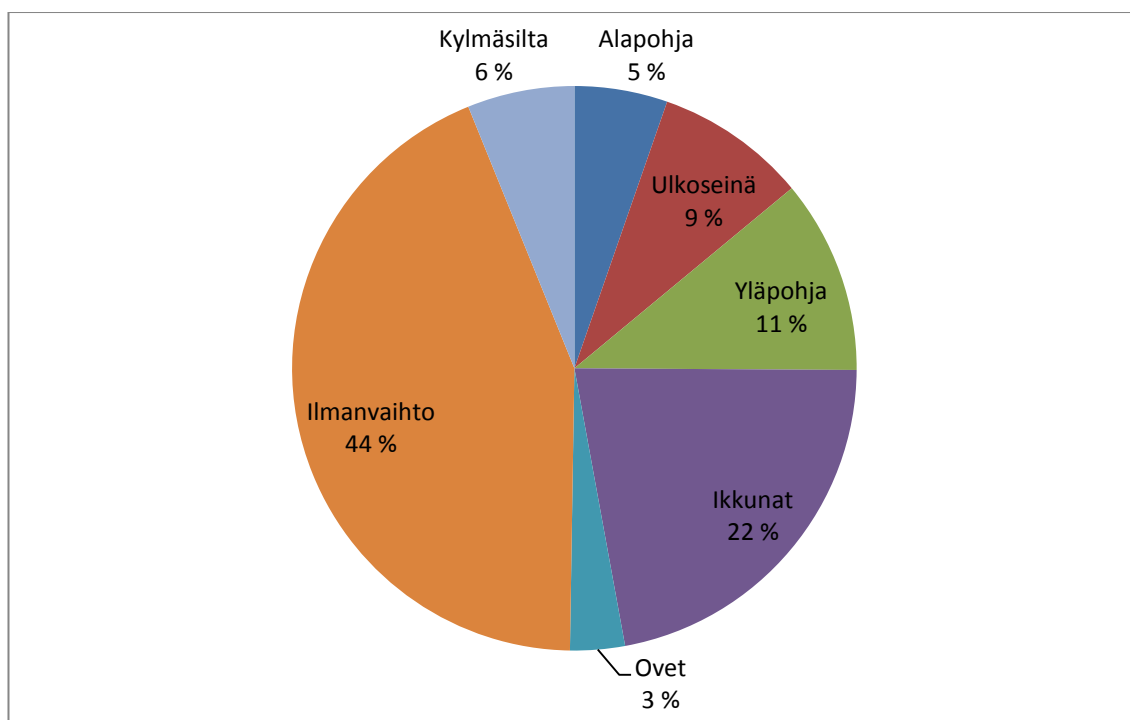
Muiden rakennusosien yksittäisellä uusimisella kyseisen osan lämpöhäviön prosentti puolittui, mutta ei ole suurta vaikutusta lämpöhäviöiden prosentti osuuksiin. Ikkunoitten uusiminen parempaan U-arvoon kasvatti ilmanvaihdon osuuden melkein puoleen kokonaishäviöstä ollen 47 prosenttia. Rakennusosien yksittäisellä uusimisella tulleet prosentit on esitetty kuvissa 12 – 14.



Kuva 12. Lämpöhäviöiden osuudet ikkunoiden uusimisen jälkeen.



Kuva 13. Lämpöhäviöiden osuudet yläpohjan lisäeristämisen jälkeen.



Kuva 14. Lämpöhäviöiden osuudet parvekeovien uusimisen jälkeen.

Taulukossa 7 on esitelty eri rakennusosien lämmitysenergian säästöt.

Taulukko 7. Säästöt rakennusosakohtaisesti.

	Lähtötilanne		Korjauksen jälkeen			
	Rakennusosien koko kulutus (kWh/v)	Rakennusosan kulutus (kWh/v)	Rakennusosan kulutus (kWh/v)	Säästö lämmitysenergiassa (kWh/v)	Muutos rakennusosien koko kulutukseen (kWh/v)	Säästö lämmitysenergiassa (%)
Yläpohja	402927	43120	21101	22019	380908	5
Ikkunat	402927	85540	40733	44807	358120	11
Parveke ovet	402927	26732	12151	14581	388346	4
Ilmanvaihto	402927	169376	75513	93863	309064	23
Kylmäsilta	402927	23824	12832	10992	391935	3
Ulkoseinä	402927	33636	33636	-	402930	0
Alapohja	402927	20699	20699	-	402930	0
Yhteensä	402927	402927	216665	186262	216665	46

Taulukossa 7 nähdään, että rakenneosakohtaiset säästöt vaihtelivat 3 ja 23 prosentin välillä. Suurin säästö 23 prosenttia päästiin ilmanvaihtojärjestelmän uusimisella. Pelkän energiasäästön takia muiden yksittäisiä rakennusosia ei kannata uusia. Kokonaissäästö oli 46 prosenttia.

Talonrakennusalan suunnittelu ja rakentamispalveluja tarjoava Wisa Group, jolta saatujen kulutustietojen mukaan vuosien 2011–2012 keskiarvolla 337970 kWh/v ja vuoden 2014 kulutuksen 185700 kWh/v perusteella kaukolämmön kulutus on pienentynyt 45 prosenttia. Taulukossa 8 esitetty kaukolämmön kulutuksen säästö.

Taulukko 8. Kaukolämmön kulutus.

2011–2012 keskiarvo (kWh/v)	2014 kulutus (kWh/v)	Säästö lämmitys-energiassa (kWh/v)	Säästö lämmitys-energiassa (%)
337970	185700	152270	45

7.2 Takaisinmaksuaika

Takaisinmaksuajan energian yksikkönä käytettiin kilowattituntia (kWh), joka on hyvin yleinen määrite energiankulutus laskuissa. Takaisinmaksuajan laskettaessa käytettiin Etelä Savon Energian Nuuka-energiamaksluokan kaukolämpöä asiakkaitten maksamaa hintaa (liite 3.). Laskelmissa hinta on verollinen ja eikä sisällä perusmaksua. Eri työvaiheiden peruskorjaus kustannukset pohjautuu Wise Groupilta saatuihin tietoihin. Takaisinmaksuajassa ei ole huomioitu koron osuutta ja rahan arvon laskua. Taulukossa 8 on esitetty takaisin maksuajat rakennusosittain.

Taulukko 8. Säästöt ja takaisinmaksuajat

Kohde	Säästö kWh	Säästö €	Korjaus kust. €	Takaisin maksuaika/v
Ilmanvaihto	93863	6189	205000	33
Ikkunat ja ovet	59388	3916	91500	23
Yläpohja	22019	1452	4500	3
Yhteensä	175270	11557	301000	26

Taulukossa 8 nähdään, että rakennusosakohtaiset takaisinmaksuaika vaihteli 3–33 vuoden välillä. Suurin takaisinmaksuaika 33 vuotta oli ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen, joten suunnittelu vaiheessa kannattaa harkita ilmanvaihtojärjestelmän vaihtoehtoja.

8 Pohdinta

Tuloksista selvisi, että vuonna 1970-luvulla rakennetusta talosta lämmityskustannuksista lähes puolet voi mennä ilman lämmittämiseen. On sanomattakin selvää, että nykypäivän energian hinnoilla tämän suuruinen hukkaenergia tulee kalliiksi. 1970-luvun asuinkerrostaloissa hyvällä ilmanvaihtokoneella saavutetaan merkittävästi energiansäästöllisesti suurimmat säästöt energiassa. Rakennusosakohtaisen U-arvojen parantamisella ei ollut suurta merkitystä säästöihin rakennuksen energian osalta.

Seuraavan kymmenen–viidentoista vuoden kuluessa korjausrakentaminen lisääntyy Suomessa ja saavuttaa huippunsa 2020 luvulla. Suomessa on paljon 1960–1970-luvulla rakennettuja asuinkerrostaloja joihin tulee peruskorjaus ajankohtaiseksi.

Hyvin mielenkiintoista oli tutkia kulutustietoja ja verrata niitä tehtyihin toimenpiteisiin. Työ opetti, miten vaikeaa on käytännössä ennustaa pelkkien tilastojen valossa energian kulutuksen muutoksia. Yksi iso tekijä tähän on tietysti ihmisten kulutustottumukset, jotka vaihtelevat paljon. Työn hankalin osuus oli selkeästi Excel laskentakaavojen tekeminen. Siihen käytetty aika oli monin verroin enemmän kuin alun perin oli suunniteltu. Iso syy tähän oli Excelin vähäinen käyttäminen.

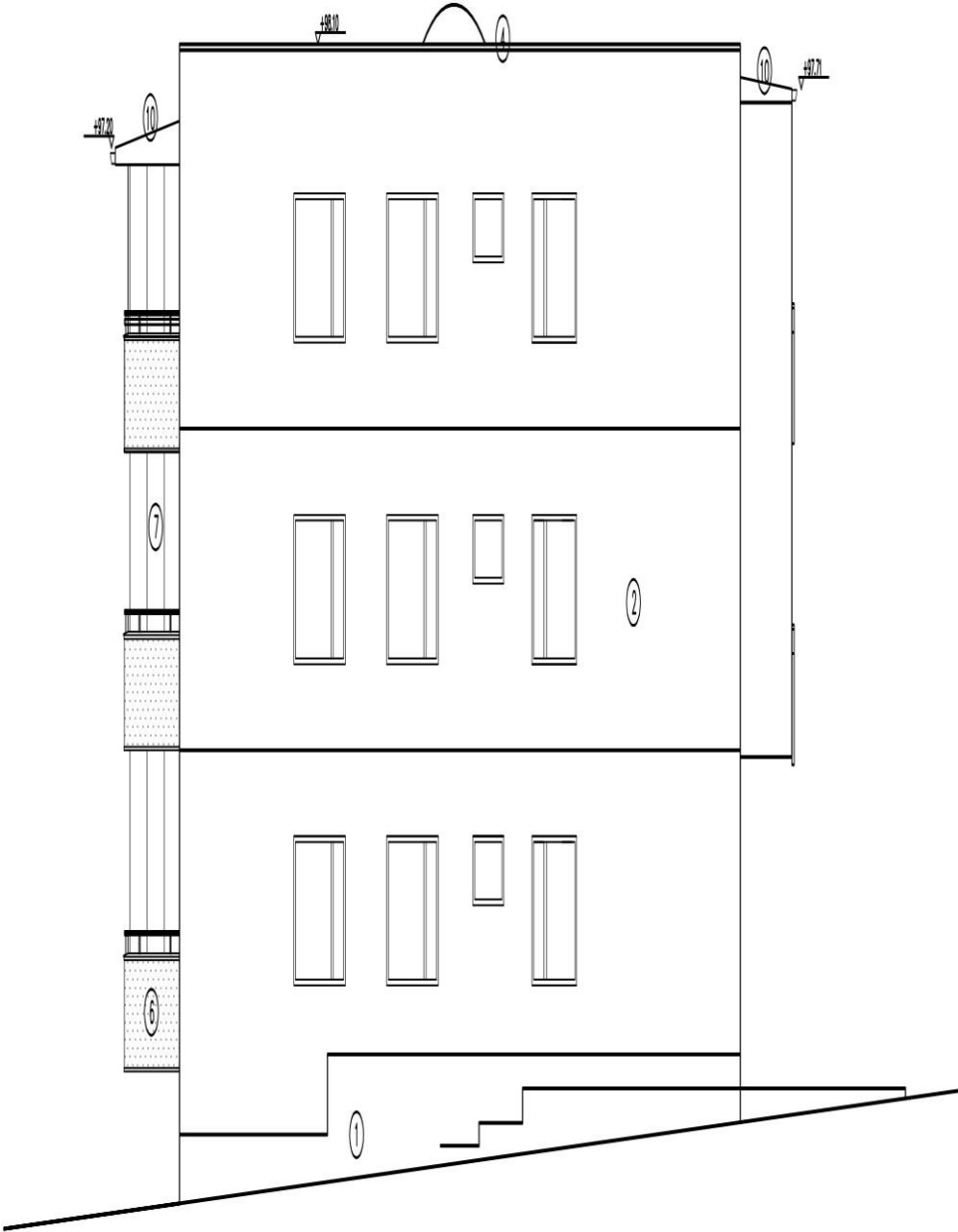
Tutkimus osoitti, että energiasäästäminen on mahdollista kerrostalojen korjaushankkeiden yhteydessä. Se vaatii asiantuntevaa suunnittelua ja tietoisesti energiaa säästävien valintojen tekemistä.

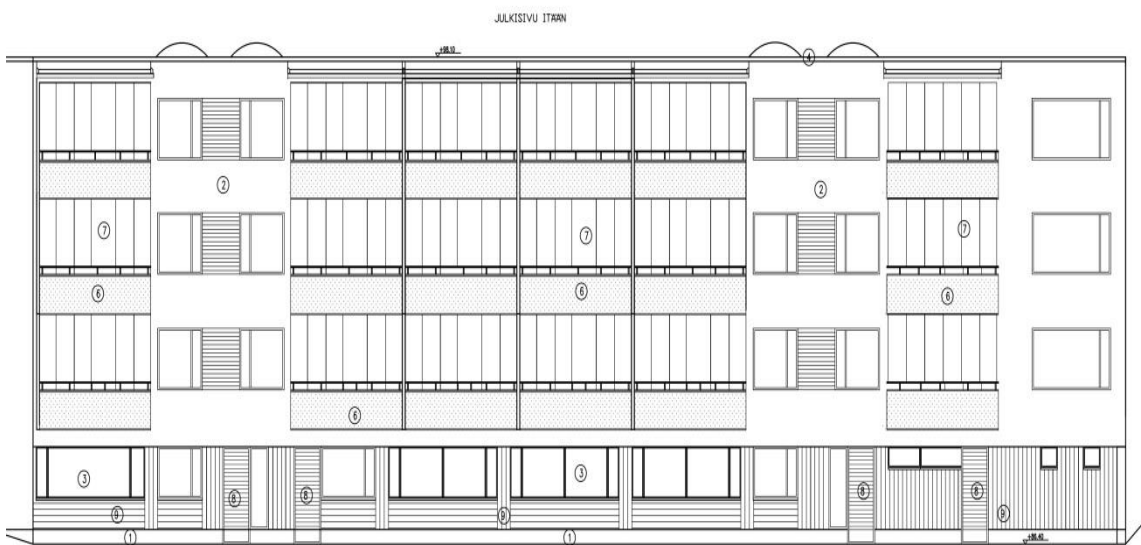
Lähteet

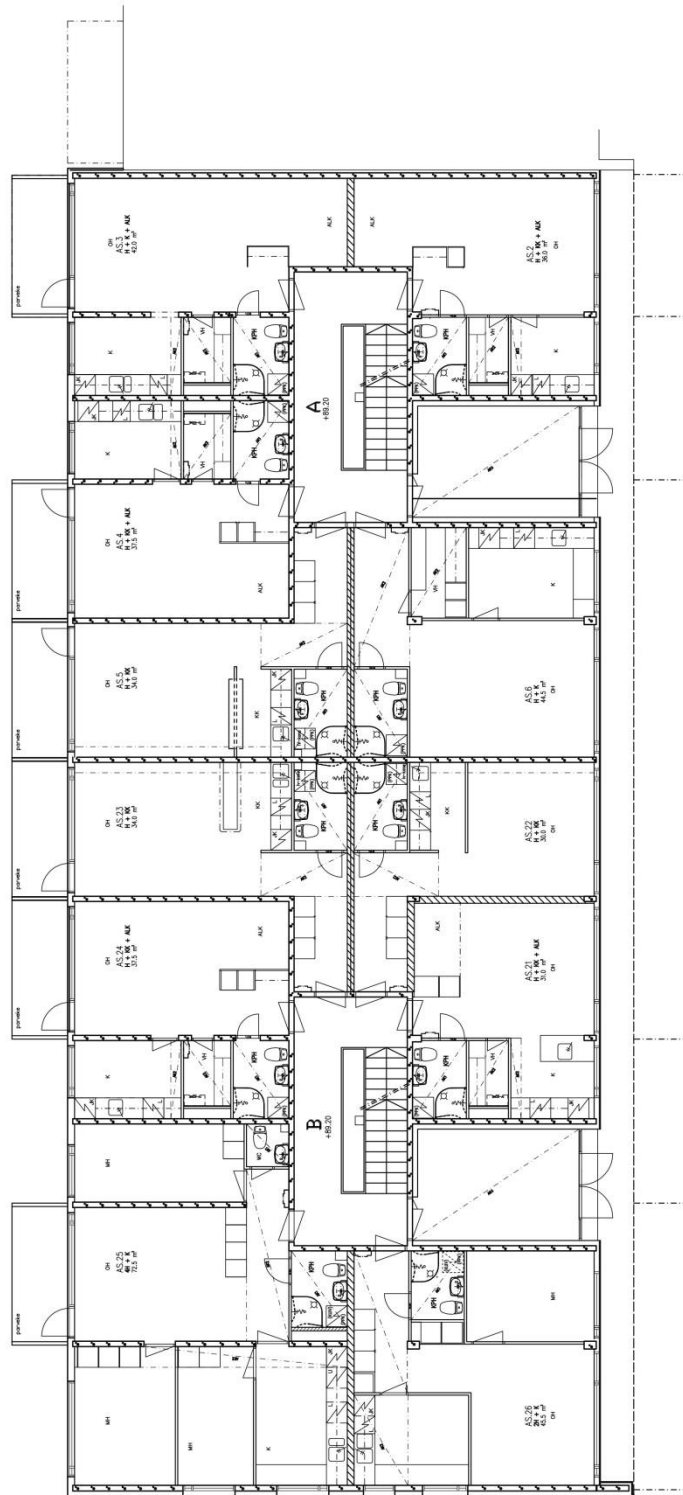
1. Ympäristöministeriö. Rakennusten energiatehokkuutta koskeva lainsäädäntö. 2013. Päivitetty 7.11.2013. [Viitattu 1.7.2015.] Saatavissa: http://ymparistoministerio.fi/fi/FI/Maankayto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakennuksen_energiatehokkuutta_koskeva_lainsaadanto.
2. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta. 2012. [Viitattu 12.7.2015.] Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2012/20120081.pdf>
3. Ympäristöministeriö. Ympäristöministeriön asetus 4/2013 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. 2013. [Viitattu 7.7.2015.] Saatavissa: [http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisessa\(3871\)](http://www.ym.fi/fi-FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Energiatehokkuus_huomioon_luvanvaraisessa(3871))
4. Korjaustieto 2013. Energiatehokkuus huomioon luvanvaraisessa korjausrakentamisessa. [Viitattu 1.7.2015.] Saatavissa: <http://www.korjaustieto.fi/component/content/1431/1138.text>
5. Ympäristöministeriö. Rakennusten energiatehokkuus määräykset ja ohjeet 2012 Suomen rakennusmääräyskokoelma D3. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: http://www.ym.fi/fi-fi/maankaytto_ja_rakentaminen/lainsaadanto_ja_ohjeet/rakentamismaarayskokoelma [Viitattu 5.7.2015]
6. Ympäristöministeriö. Suomen rakentamismääräyskokoelma D5. Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystarpeen laskenta, ohjeet. 2012. [Viitattu 19.7.2015.] Saatavissa: http://www.ym.fi/fi/FI/Maankaytto_ja_rakentaminen/Lainsaadanto_ja_ohjeet/Rakentamismaarayskokoelma.
7. Pylsy, P. Uudet energiatehokkuusmääräykset korjausrakentamisessa. Kiinteistöalan Kustannus Oy. Helsinki. 2014. 112 s. ISBN 978-951-685-352-2.
8. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta. 2012. Saatavissa: <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2012/20120081.pdf>
9. Virta, J. & Pylsy, P. Taloyhtiön energiakirja Kiinteistöalan Kustannus Oy. Helsinki. 2011. 196s. ISBN 978-981-563-819-9. Saatavissa: http://www.issuu.com/mediat/docs/taloyhtio_energiakirja/7?e=36559/26460.
10. Rakennusteollisuus 2012. Korjausrakentaminen ja energiatehokkuus. Saatavissa: file:///E:/Korjausrakentaminen_ja_energiatehokkuus_rakennusteollisuus_RT_ry.html.
11. Piispa Pasi. 2015 Projektipäällikkö, Wise Group Finland Oy. Haastattelu 23.2.2015
12. From Tero. 2015 Työpäällikkö, LUJATALO Oy. Haastattelu 8.1.2015

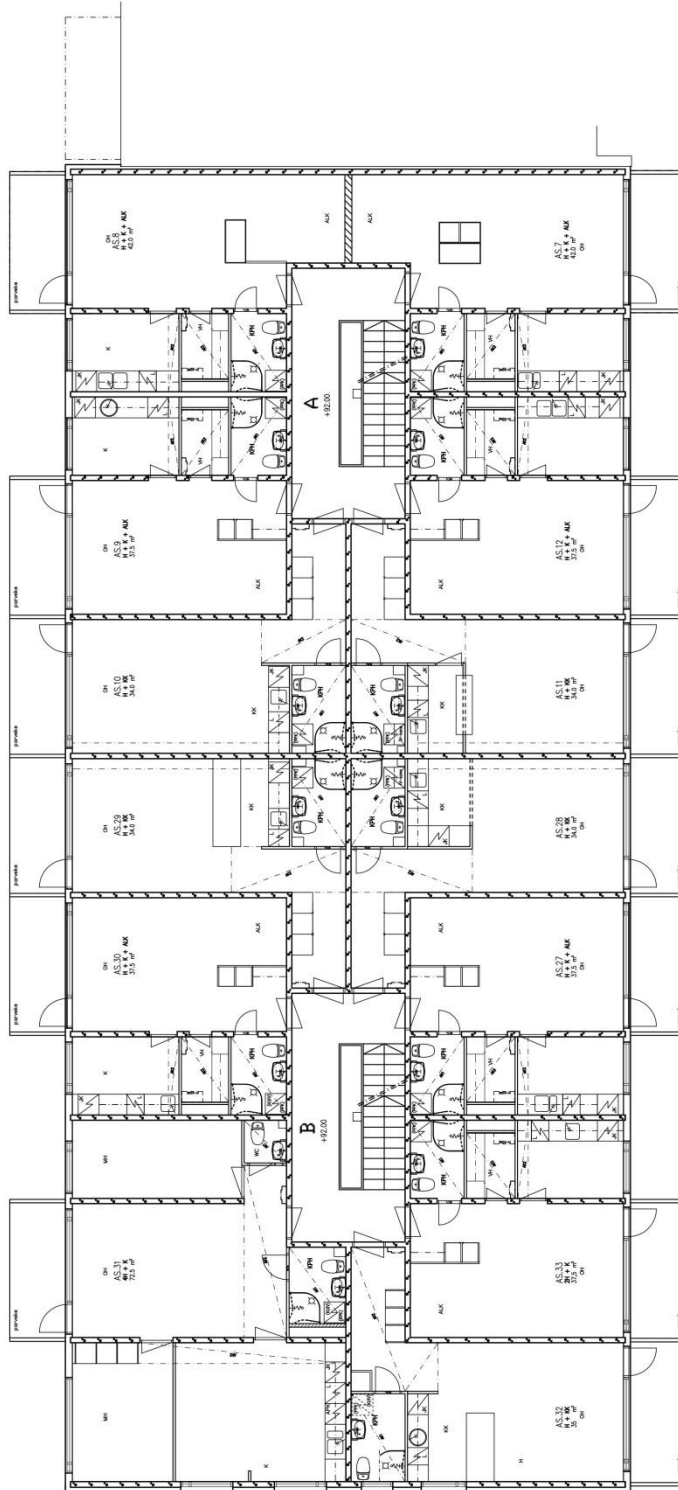
13. Korjaustieto 2014. Energiankulutus eri aikakausien rakennuksissa. Saatavissa:<http://www.korjaustieto.fi/taloyhtiöt/energiakorjaukset/energiakulutusasuinkerrostalossa>.
14. Biobe Oy. Biobe VS-korvausilmaventtiili.2014. Saatavissa:<http://www.biobe.fi/tuotteet/venttiilit/vs.htm>.
15. Vallox Oy. Vallox 70K ilmanvaihtokone. 2010. Saatavissa:
<http://www.vallox.com/vallox-70-compact>.

JULKISIVU PÖHJÄISEEN

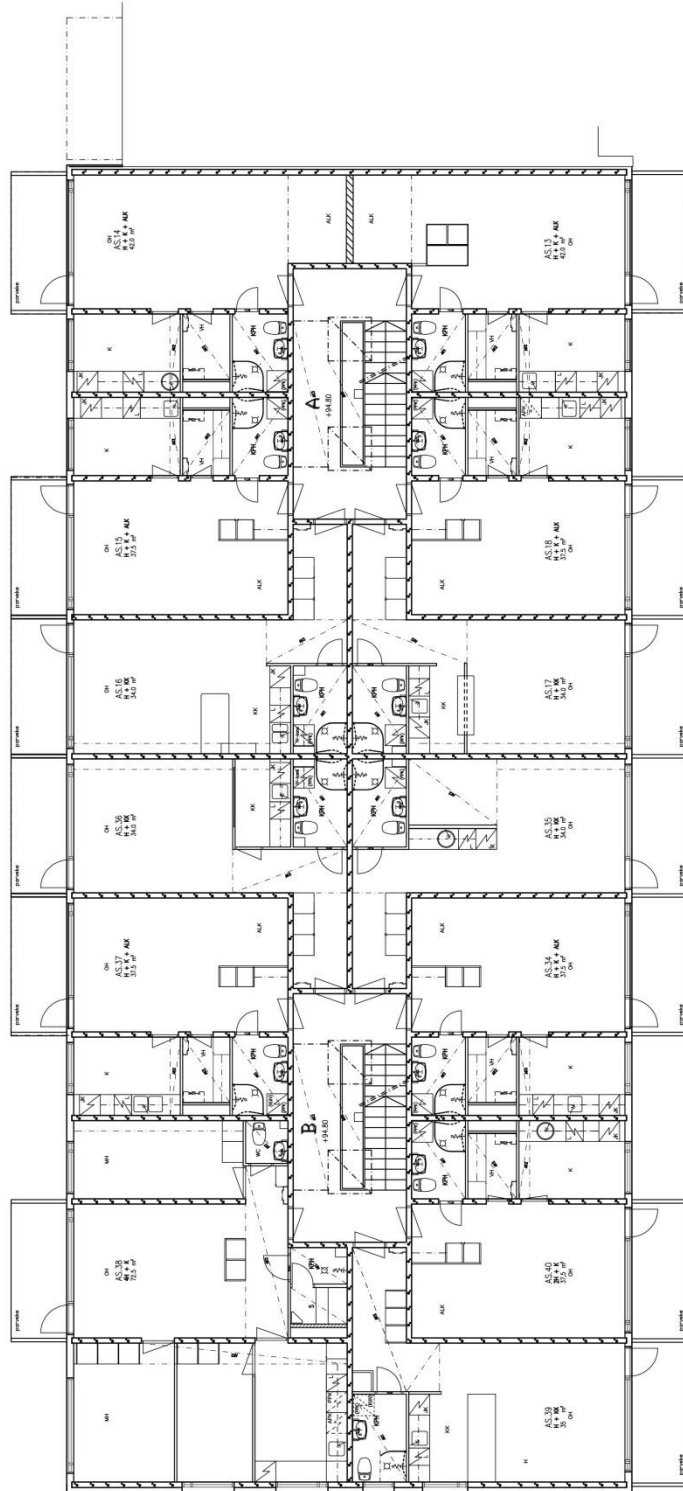








2. Kerros



3. Kerros

KAUKOLÄMPÖHINNASTO

hinnasto on voimassa 1.1.2015 alkaen

(sis. alv 24%)

KAUKOLÄMPÖHINNASTO 1.1.2015

Etelä-Savon Energia Oy:n kaukolämpöasiakkaat maksavat tilaamastaan lämpötehosta perusmaksun ja käyttämästään lämpöenergiasta energiamaksun.

RENTO-KAUKOLÄMMÖN PERUSMAKSU

Perusmaksu lasketaan eri asiakasryhmille seuraavasti:

PERUSMAKSUN LASKENTA				
TILAUSVESIVIRTA V=m ³ /h	TILAUSTEHO kW	Perusmaksu euroa/vuosi	Esimerkit	Perusmaksu euroa/vuosi
0,2-0,3	12-28	$K_1 \times (-18 + 880 \times V)$	Omakotitalo	496,12 - 772,44
0,3-0,5	28-40	$K_1 \times (-18 + 880 \times V)$	2-krs iso omakotitalo tms.	772,44 - 1 325,08
0,5-0,8	40-56	$K_1 \times (-18 + 880 \times V)$	pieni rivitalo, varastohalli	1 325,08 - 2 154,04
0,8-2,0	56-140	$K_1 \times (6 + 850 \times V)$	kerrostalot, rivitalot	2 154,04 - 5 356,84
2,0-8,0	140-560	$K_1 \times (476 + 615 \times V)$		
yli 8,0	yli 560	$K_1 \times (1988 + 426 \times V)$		

K_1 = perusmaksun kerroin

V = tilausvesivirta

Hinnaston tullessa voimaan kertoimen K_1 arvo on 3,14. Yhtiön hallitus voi tarkistaa perusmaksun kerrointa lämpöliiketoiminnan kiinteiden kustannusten hintatason muutosta vastaavalla määrällä.

NUUKA-KAUKOLÄMMÖN PERUSMAKSU on 25 % edullisempi kuin Rento-kaukolämmön.

ENERGIAMAKSU, RENTO

Energiamaksu on 58,68 € / MWh.

ENERGIAMAKSU, NUUKA

Energiamaksu on 65,94 € / MWh.

Yhtiön hallitus päättää vuosittain kulloisenkin voimassaolevan energiamaksun suuruuden yhtiön lämmönhankintakustannusten perusteella.

Maksuihin sisältyy kulloinkin voimassaolevat verot, polttoaineiden haittavero ja arvonnäisävero.



ETELÄ-SAVON ENERGIA OY

Vuorikatu 19, PL 166 | 50101 Mikkeli
Puh. (015) 1951 | faksi (015) 195 3875
ese@ese.fi | www.ese.fi