



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

ULRIKA UOTILA  
KORJAUSTOIMIEN VAIKUTUKSET LÄHIÖKERROSTALON  
TODELLISEEN ENERGIANKULUTUKSEEN  
Diplomityö

Tarkastajat: professori Matti Pentti,  
tohtori Jukka Lahdensivu  
Tarkastajat ja aihe hyväksytty  
Rakennetun ympäristön  
tiedekuntaneuvoston kokouksessa  
15.8.2012

## TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Rakennustekniikan koulutusohjelma

**UOTILA, ULRIKA:** Korjaustoimien vaikutukset lähiökerrostalon todelliseen energiankulutukseen

Diplomityö, 97 sivua

Elokuu 2012

Pääaine: Rakennustuotanto

Tarkastajat: professori Matti Pentti ja tohtori Jukka Lahdensivu

Avainsanat: energiataloudelliset valinnat, energiankulutus, korjaustarve, korjaustoiminta, energiakorjaus

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää eri korjaustoimenpiteiden vaikutusta kerrostalon energiankulutukseen sekä korjausten taloudellista kannattavuutta. Tutkimusaineistona oli yli 700 kerrostalon vuosittaiset lämmön-, veden- ja sähkönkulutustiedot. Lisäksi 119 korjatusta kerrostalokohteesta saatiin korjauskustannukset energiankulutustietojen lisäksi. Työssä myös mallinnettiin IDA-ICE -ohjelmalla kaksi erityyppistä olemassa olevaa asuinkerrostaloa ja tutkittiin eri korjaustoimenpiteiden vaikutusta energiankulutukseen.

Rakennusten lämpöenergiankulutuksissa on suuria eroja. Yleensä eniten lämpöenergiaa kuluttavat kerrostalot on rakennettu 1960 ja 1970 -luvulla. Pohjois-Suomen kerrostalokannan lämpöenergiankulutus on ilmastosta johtuen noin 20 % suurempaa kuin Etelä-Suomen kerrostalojen kulutus. Asuinkerrostalot jaetaan energiankulutuksen perusteella eri energiatehokkuusluokkiin (ET-luokkiin). Suurin osa Suomen asuinkerrostaloista kuuluu D-luokkaan eli energiaa kuluu 141-180 kWh/a/bm<sup>2</sup>. Eri korjaustoimenpiteiden vaikutukset lämpöenergiankulutukseen vaihtelevat huomattavasti eri kohteiden välillä. Yleensä on kannattavinta korjata paljon energiaa kuluttavia rakennuksia eli kerrostaloja, jotka kuuluvat esimerkiksi E- tai F-energiatehokkuusluokkiin.

Yksittäisillä korjaustoimenpiteillä on yleensä mahdollista saavuttaa enintään 10 prosentin säästö kerrostalon lämpöenergiankulutuksessa. Vain lämmöntalteenottoon siirryttäessä voidaan saavuttaa suurempia säästöjä. Yleensä korjauksia suoritetaan rakenteen vaurioitumisen vuoksi, pelkästään energiansäästön takia ei korjauksia kannata toteuttaa.

Merkittävimmin lämpöenergiankulutusta kerrostaloissa voidaan vähentää lämpötilan säädöllä asunnoissa. Monissa kerrostaloissa huonelämpötilat ovat turhan korkeita ja säädöllä voidaankin lämpöenergiankulutusta vähentää jopa 15 %. Toimenpide on myös hyvin edullinen toteuttaa. Muita kannattavimpia melko edullisia toimenpiteitä ovat lämmönsiirtimen sekä patteri- ja linjasäätöventtiilien uusiminen. Julkisivun lisälämmöneristämällä on mahdollista saavuttaa 10 % lämpöenergiesäästö. Ikkunoiden uusiminen tai etuikkunoiden asennus voi myös parhaimmillaan tuoda 10 % säästön lämpöenergiankulutukseen. Parvekelasituksella on mahdollista saavuttaa 5-10 % säästö.

## ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Civil Engineering

**UOTILA, ULRIKA:** The effects of energy renovation measures on apartment buildings.

Master of Science Thesis, 97 pages

August 2012

Major: Construction management and economics

Examiner: Professor Matti Pentti and doctor Jukka Lahdensivu

Keywords: cost-effective measures, energy consumption, renovation, repair measure

The objective of this research is to find out the energy consumption effects of different repair and cost-effective renovation measures to an apartment building. The research data contains annual heat energy, water and electricity consumption data for over 700 apartment buildings. In addition, the research data contains renovation costs of 119 repaired apartment buildings as well as their energy consumption data. Otherwise, two different kinds of apartment buildings were modeled by the IDA-ICE –program and the effects of various repair measures on heat energy consumption, were found.

There are significant heat energy consumption variations between the different apartment buildings. In general, apartment buildings that were built in 1960-1970s consume the most amount of heat energy. In addition, the heat energy consumption in apartment buildings in Northern Finland is 20 % higher than in Southern Finland because of climate. Energy Efficiency –value (ET-value) represents the energy consumption of the building. The majority of Finnish apartment buildings fall into the D-class (141-180 kWh/a/bm<sup>2</sup>) of the ET-value category. The heat energy consumption effects of repair measures fluctuate greatly between different buildings. Usually, it is most profitable to repair buildings that consume a lot heat energy such as buildings that belong to the ET-value categories, E- and F-class.

By carrying out a single repair measure, a maximum of 10% saving in heat energy consumption in the apartment building can be achieved. More heat energy can be saved using only a heat recovery ventilator. Usually, the apartment building is repaired because of damages and failures in the building. It is not profitable to repair a building with the sole purpose being to save energy.

The most significant heat energy saving measure is to set room air temperature to the correct level. In many apartments, room air temperatures are too high and the control of temperature can result in a possible 15 % saving in heat energy. This measure is also very cheap. Other cost-effective measures are to replace with a new heat exchanger and a new radiator heat control valve. The thermal insulation of the facade can cause a 10 % saving in heat energy consumption. In some cases, new windows or clear view windows can also result in a 10 % saving. By using balcony glazing it is possible to save 5 – 10 % in heat energy.

## ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitoksella ”Energiatehokas lähiökorjaaminen” –projektiin liittyen. Työn ohjaajina ja tarkastajina toimivat professori Matti Pentti ja tohtori Jukka Lahdensivu. Haluan kiittää heitä työhöni liittyvistä tarpeellisista ohjeista sekä hyvistä neuvoista ja muusta avunannosta. Tahdon kiittää myös työtovereitani sekä läheisiäni kaikesta työhöni liittyvästä avusta ja tuesta.

Tampereella 3.8.2012

Ulrika Uotila

# SISÄLLYS

Abstract .....	II
Termit ja niiden määritelmät .....	VII
1 Johdanto .....	1
1.1 Työn tavoitteet .....	1
1.2 Rajaukset .....	2
2 Tutkimusaineisto .....	3
2.1 Suomen kerrostalokanta .....	3
2.2 Kerrostalojen korjausmäärä ja -arvo .....	4
2.3 Kiinteistötietokanta ja kulutusaineisto .....	6
2.4 Korjausaineisto .....	7
3 Rakennusten energiankulutus .....	9
3.1 Lämmitystarpeen muodostuminen .....	9
3.2 Rakennuksen ja vaipan eri osien johtumishäviöt sekä muut lämmöntarpeeseen vaikuttavat tekijät .....	11
3.2.1 Ulkoseinät .....	11
3.2.2 Ikkunat ja ovet .....	12
3.2.3 Yläpohja .....	13
3.2.4 Alapohja .....	13
3.2.5 Rakennuksen geometrian vaikutus energiankulutukseen .....	13
3.2.6 Ilmanvaihto .....	14
3.2.7 Vuotoilma .....	14
3.2.8 Lämmin käyttövesi .....	15
3.3 Lämpöindeksi ja lämmönkulutus .....	19
4 Energiansäästövelvoitteet ja avustukset .....	22
5 Rakennusten energiankulutukseen vaikuttavat korjaustoimenpiteet .....	24
5.1 Lämmityslaitteiden ja -verkoston korjaukset .....	24
5.1.1 Lämmitysverkoston perussäätö .....	25
5.1.2 Kaukolämpölaitteiden (lämmönsiirtimen) uusiminen .....	26
5.2 Ilmanvaihtokorjaukset .....	26
5.2.1 Painovoimainen ilmanvaihto .....	27
5.2.2 Koneellinen ilmanvaihto .....	27
5.2.3 Painovoimaisen ilmanvaihdon korjaukset .....	27
5.2.4 Koneellisen poistoilmanvaihdon korjausmahdollisuudet .....	28
5.2.5 Nuohous ja ilmavirtojen säätö .....	29
5.2.6 Ilmanvaihdon säätö .....	29
5.2.7 Ilmanvaihdon uusimisvaihtoehdot .....	29
5.2.8 Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä .....	30
5.2.9 Huoneistokohtainen ilmanvaihto .....	31
5.2.10 Koneellisen poiston yhdistäminen huoneistokohtaisiin tuloilmakoneisiin .....	32
5.2.11 Lämmöntalteenoton kannattavuus ja rajoitukset .....	32

5.2.12	Ilmanvaihdon korjausten kannattavuus .....	33
5.3	Vesi- ja viemärilaitteiden korjaukset .....	34
5.3.1	Viemäriputkien uusiminen.....	34
5.3.2	Vesikalusteiden uusiminen .....	35
5.3.3	Huoneistokohtainen vedenkulutuksen mittaus ja laskutus .....	36
5.4	Ikkuna- ja ovikorjaukset.....	36
5.4.1	Ikkunoiden kunnossapitokorjaus .....	37
5.4.2	Ikkunoiden osittainen uusiminen .....	37
5.4.3	Ikkunoiden uusiminen.....	38
5.4.4	Ovikorjaukset.....	38
5.4.5	Parvekeovien uusiminen .....	39
5.5	Julkisivukorjaukset.....	39
5.5.1	Betonijulkisivujen turmeltumisilmiöt ja vauriot.....	40
5.5.2	Korjausratkaisut .....	41
5.5.3	Elementtisaumojen uusiminen.....	46
5.6	Yläpohja ja vesikatto.....	46
5.6.1	Yläpohjan lisälämmöneristys.....	47
5.6.2	Yläpohjan kevyet korjaukset .....	48
5.6.3	Vesikatteen korjaukset.....	48
5.7	Parvekkeet .....	49
5.7.1	Parvekelasien asennus.....	50
5.7.2	Parvekkeen taustaseinän uusiminen tai lisälämmöneristäminen .....	50
5.8	Alapohjan korjausmahdollisuudet.....	50
5.8.1	Sokkelin eristys.....	50
5.9	Laskutus huoneistokohtaisen lämmönkulutuksen perusteella .....	51
6	IDA-ICE –mallinnukset .....	52
6.1	Arkkitehdinkadun kerrostalo.....	52
6.2	Mustanlahdenkadun tornitalo.....	56
7	Tulokset.....	61
7.1	Korjauskustannukset ja energiansäästö.....	61
7.2	Korjaustoimenpiteiden vaikutukset energiankulutukseen .....	63
7.2.1	Ikkunakorjausten kannattavuus.....	64
7.2.2	Parvekelasitus .....	66
7.2.3	Parvekkeen taustaseinän lisäeristäminen .....	68
7.2.4	Ulko-ovien ja parvekkeenovien uusiminen .....	69
7.2.5	Julkisivukorjaukset .....	69
7.2.6	Alapohjan lisäeristäminen.....	73
7.2.7	Yläpohjan lisäeristäminen.....	73
7.2.8	Vesikaton korjaukset.....	74
7.2.9	Ilmanvaihtokorjaukset .....	74
7.2.10	Lämmitysjärjestelmän korjaukset.....	77
7.2.11	Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus.....	79

8	Korjaustoimenpiteiden kannattavuus .....	80
8.1	Kustannusten muodostuminen rakennuksen elinkaaren aikana.....	81
8.2	Kannattavuusjärjestys .....	81
8.3	Kannattavat korjaukset eri aikakausien kerrostaloissa.....	85
9	Huomioita ja jatkotutkimusehdotukset .....	88
	Lähteet.....	89

## TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

Astepäiväluku	Astepäiväluvulla ( $S_{20}$ ) ilmoitetaan paikkakunnan vuorokauden keskilämpötilojen ja keskimääräisten huonelämpötilojen (+20 °C) erotuksen summa.
Bruttoala	Bruttoala ( $\text{brm}^2$ ) on kerrostasoalojen summa, jota käytetään pinta-alana määrittäessä rakennuksen energiatehokkuusluokkaa.
Energiankulutus	Rakennuksen energiankulutus sisältää lämmitysenergian sekä huoneisto- ja kiinteistösähkön kulutuksen.
Energiatehokkuusluokka	Energiatehokkuusluokka (ET-luokka) määritellään energiatehokkuusluvun perusteella väliltä A-G, jossa A on vähiten energiaa kuluttava ja G paljon energiaa kuluttava. Eri rakennustyyppien energiatehokkuusluokka luokitellaan eri luokitusasteikkojen mukaan.
Eristyslasi	Eristyslasi on kahdesta tai useammasta lasista ja niiden välissä olevasta listasta yhteen koottu ilmatiivis rakenne.
Energiatehokkuusluku	Rakennuksen energiatehokkuusluku (ET-luku) ilmaisee asetuksessa säädetyllä tavalla ympäristöministeriön energiaoppaan mukaisen rakennuksen energiatehokkuuden. Se saadaan jakamalla rakennuksen tarvitsema vuotuinen energiamäärä rakennuksen bruttopinta-alalla, josta on vähennetty kylmien tilojen pinta-alat. Vuotuinen energiamäärä on rakennuksen tarvitseman vuotuisen lämpö- ja jäähdytysenergiamäärän (jos rakennuksessa jäähdytysjärjestelmä) ja kiinteistösähkön vakioidun kulutuksen summa.
Hyötyenergia	Hyötyenergia sisältää hyötylämmitysenergian sekä huoneisto- ja kiinteistösähkön.
Hyötylämmitysenergia	Hyötylämmitysenergia on se osa rakennukseen hankittua lämpöenergiaa, joka saadaan hyödynnettyä huonetilojen tai lämpimän käyttöveden lämmityksessä.
Ilmanvuotoluku $n_{50}$	Ilmanvuotoluku $n_{50}$ ilmoittaa, kuinka monta kertaa tunnissa rakennuksen ilma vaihtuu 50 pascalin ali- tai ylipaineella.



Järjestelmän lämpöhäviö	Järjestelmän lämpöhäviö ( $\text{kW/m}^2$ ) on taloteknisen järjestelmän (lämmitys, jäähdytys, lämmin käyttövesi, ilman kostutus ja kuivaus, ilmanvaihto) lämpöhäviö, jota ei voida hyödyntää kyseisessä järjestelmässä.
Koneellinen poistoilmanvaihto	Koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä on järjestelmä, jolla ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle tulee ulkoilmaa sekä ulkoilmalaitteiden kautta että rakenteiden ilmapuotoina.
Koneellinen tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmä	Koneellinen tulo-poistoilmanvaihto on järjestelmä, jossa ilma poistetaan rakennuksesta koneellisesti puhaltimen avulla ja tilalle tuodaan lämmitettyä tai jäähdytettyä ja suodatettua ulkoilmaa puhaltimen avulla.
Lamellitalo	Lamellitalo on lamelleista koostuva pitkähkö ja usein matalahko kerrostalo. Porraskäytäviä on lamellitalossa yleensä useita.
Lämmönläpäisykerroin	Lämmönläpäisykerroin eli U-arvo (aiemmin k-arvo), jonka yksikkö on $\text{W/m}^2\text{K}$ , ilmoittaa lämpövirran tiheyden, joka jatkuvuustilassa läpäisee rakennusosan, kun lämpötilaero rakennusosan eri puolilla olevien ympäristön välillä on yksikön suuruinen.
Lämmitysenergian kulutus	Lämmitysenergian kulutus koostuu tilojen lämmitykseen ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluva energiasta. Tähän lisätään vielä mahdollisen poistoilma-lämpöpumpun varaajan siirtämä sekä tilojen tai käyttöveden lämmityksessä hyödyksi saatava energia.
Lämmitystarveluku	Lämmitystarveluku (astepäiväluku) on sisä- ja ulkolämpötilojen erotuksien ja tietyn ajanjakson tulo summa. Lämmitystarveluvulla eri toteutuneiden lämmitysenergioiden kulutukset saadaan vertailukelpoisiksi keskenään.
Lämpöindeksi	Lämpöindeksi ( $\text{kWh/Rm}^3$ ) on lämmitystarveluvulla normitettu lämmönkulutus yhtä rakennuskuutiometriä kohden vuodessa.
Lämpökuormat	Lämpökuormat muodostuvat rakennusta käyttävistä ihmisistä, auringonsäteilystä, lämmityslaitteiden häviöistä, sekä

valaistuksen ja muiden sähkölaitteiden oheislämmön tuotosta.

Normeeraus	Normeerauksen (sääkorjauksen) avulla rakennusten lämmitysenergiankulutusta voi vertailla eri vuosien ja eri paikkakunnilla sijaitsevien rakennusten kesken. Normeerauksessa keskiarvolämmitystarveluku jaetaan toteutuneella lämmitystarveluvulla ja saadulla luvulla kerrotaan kulutettu lämmitysenergian määrä.
Ominaiskulutus	Ominaiskulutus tarkoittaa rakennuksen lämpöenergiankäyttöä jotakin suoriteyksikköä kohden. Esimerkiksi kulutus voidaan jakaa rakennuksen tilavuudella tai pinta-alalla.
Pistetalo	Pistetalo (tornitalo) on tornimainen kerrostalo, jossa porraskäytävä on rakennuksen keskellä ja asunnot porraskäytävän ympärillä.
SFP-luku	Ominaissähköteho SFP ( $\text{kWh/m}^3\text{s}$ ) on rakennuksen koko ilmanvaihtojärjestelmän kaikkien puhaltimien yhteenlaskettu sähköverkosta ottama sähköteho (kW) jaettuna ilmanvaihtojärjestelmän koko mitoitusjäteilmavirralla tai mitoitusulkoilmavirralla ( $\text{m}^3/\text{s}$ ).

# 1 JOHDANTO

Korjausrakentaminen on lisääntynyt viime vuosina 3-5 % vuosivauhdilla (Rakentaminen 2011-2012, 2011; Isaksson et al. 2002). Korjauksilla pyritään vastaamaan ihmisten muuttuneisiin tarpeisiin ja nostamaan rakennuskannan toiminnallista ja teknistä arvoa. Yleensä korjauksiin ryhdytään erilaisten vaurioiden ilmestyessä. Rakennuksen energiatehokkuutta pystytään parantamaan muiden korjausten yhteydessä melko helposti ja kustannustehokkaasti, varsinkin suurien korjausten jälkeen rakennuksen käyttökustannuksissa voidaan saavuttaa merkittäviä säästöjä. Korjaustoimenpiteiden valintaan vaikuttaa myös arvot ja rakennuksen suojeleminen, rakennustaiteelliset seikat ja niiden säilyttäminen alkuperäistoteutuksen mukaisena sekä alueen tai rakennuksen kehittämisen tavoitteet.

Asuinkerrostaloissa merkittäviä korjaustarpeita ilmenee yleensä noin 30–40 vuoden kuluttua rakentamisesta (Heljo & Peuhkurinen 2004). Suomen asuinkerrostalokannasta suuri osa on rakennettu 1960–1970 –luvuilla ja varsinkin tähän kantaan kohdistuu merkittäviä korjaustarpeita nyt ja lähitulevaisuudessa (Tilastokeskus). Monesti tarpeellisiakin korjauksia siirretään vuosilla eteenpäin taloudellisista syistä. Tämä kuitenkin aiheuttaa yleensä vain suurempia korjaustarpeita ja lisäkustannuksia. Korjaustarpeita syntyy muun muassa talotekniikan, julkisivujen sekä tilantarpeen muutosten osalta. Valtioneuvosto on asettanut lisäksi korjausrakentamiselle tavoitteita muun muassa energiankulutuksen ja päästöjen vähenemistä koskien. Rakennuksia ei ole yleensä taloudellista korjata vain energiansäästötavoitteiden perusteella, vaan korjauksen syynä ovat useimmiten muut välttämättömät seikat, joihin energianäkökulma on hyvä ja kustannustehokasta liittää. Energiatehokkuuden parantamista pyritään edistämään korjaus- ja energia-avustuksilla, joita kunta voi myöntää vähintään kolmesta asunnosta koostuville rakennuksille, joissa rakennuksen energiatehokkuutta pyritään parantamaan. Energia-avustuksia myönnetään esimerkiksi energiakatselmusten tekemiseen, rakennuksen ulkovaippaan ja ilmanvaihtojärjestelmiin liittyviin korjauksiin sekä lämmitysjärjestelmiin ja uusiutuviin energialähteisiin liittyviin toimenpiteisiin. Energia-avustusten myöntämisperusteet päätetään vuosikohtaisesti. (ARA 2010)

## 1.1 Työn tavoitteet

Tämän työn tarkoituksena on selvittää eri korjaustoimenpiteiden kannattavuutta energiataloudellisesta näkökulmasta. Energian hinnan nousu lisää rakennusten ylläpitokustannuksia, ja korjausten yhteydessä tehtävillä energiansäästötoimenpiteillä voidaan saada aikaan säästöjä energiakustannuksissa. Työn yhtenä tavoitteena on

asettaa eri korjaustoimenpiteet edullisuusjärjestykseen niiden kustannusten ja mahdollisesti saavutettavan energiansäästön perusteella.

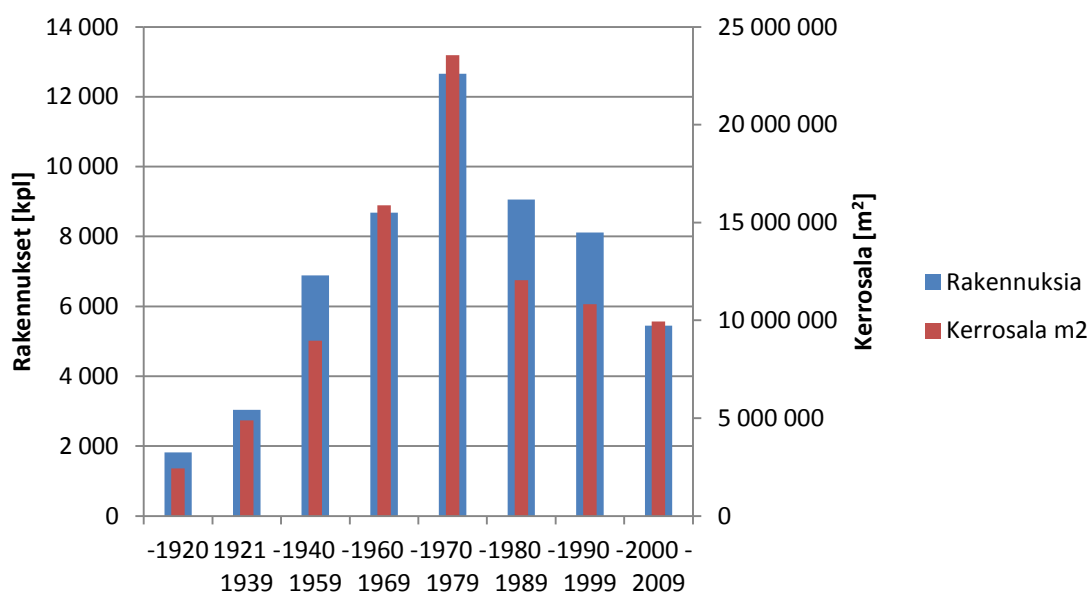
## **1.2 Rajaukset**

Tutkimuksen pääpaino on betonielementtirakenteisten lähiökerrostalojen energiankulutukseen vaikuttavissa korjauksissa. Työssä mallinnettiin kaksi erityyppistä asuinkerrostaloa IDA-ICE-ohjelmalla ja simulointien avulla tutkittiin eri korjaustoimenpiteiden vaikutusta rakennuksen energiankulutukseen. Korjauskustannuksia ja energiankulutuksen muutoksia selvitettiin myös 119 korjatusta kerrostalokohteesta koostuvan korjausaineiston perusteella, lisäksi eri aikakausilla rakennettujen kerrostalojen energiankulutuksen tutkimisessa käytettiin lähteenä yli 700 vuokrakerrostalon kulutustietoja. Työssä on keskitytty korjausten vaikutukseen lämmönkulutuksessa. Vedenkulutuksen vaikutuksia ei ole käsitelty kovin tarkasti, koska lähdemateriaalin tiedot olivat tältä osin melko suppeita.

## 2 TUTKIMUSAINEISTO

### 2.1 Suomen kerrostalokanta

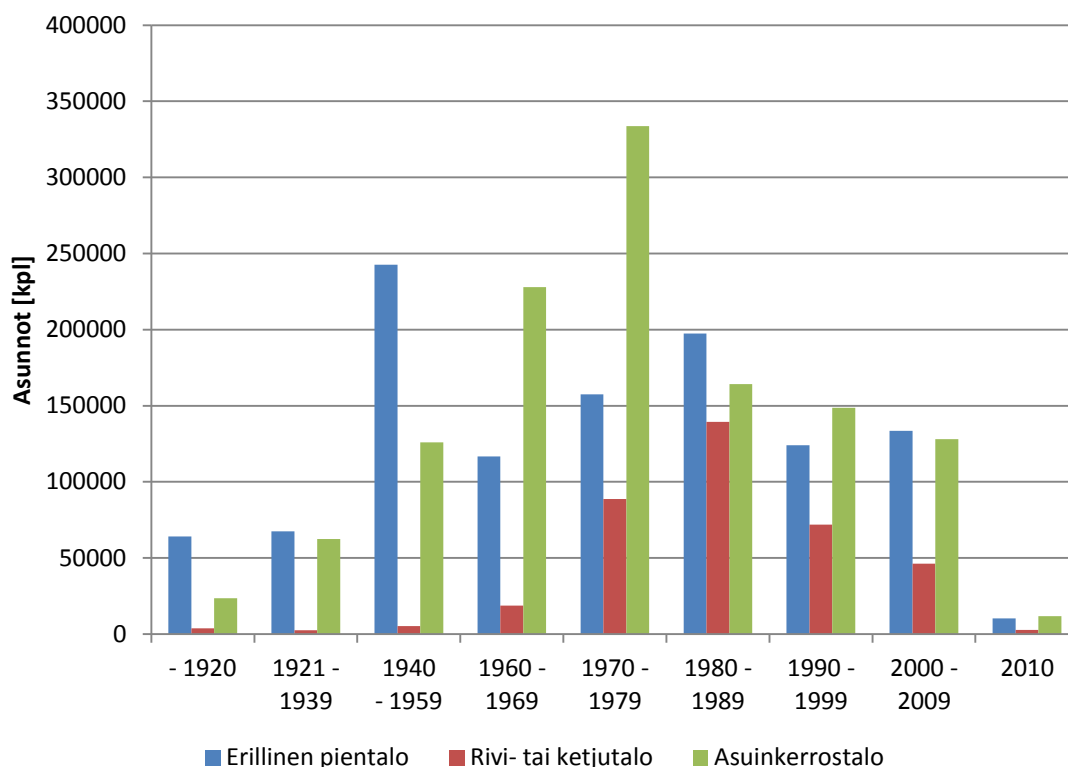
Suomessa oli tilastokeskuksen mukaan vuonna 2010 yli 56 000 vähintään kolmikerroksista kerrostaloa, kerrosalan mukaan jaoteltuna asuinkerrostalot muodostavat 21 % Suomen rakennuskannasta. Kuvassa 2.1. on esitetty eri vuosikymmeninä valmistuneiden asuinkerrostalojen lukumäärät. Suurin osa eli 26 % asuinkerrostaloalasta on 1970-luvulla rakennetuissa kerrostaloissa. Toiseksi suurin osuus on 1960-luvulla rakennetuilla kerrostaloilla, jotka muodostavat 18 % asuinkerrostalokannasta. Kolmanneksi eniten, 14 %, asuinkerrostalopinta-alaa on 1980-luvulla rakennetuissa taloissa. 1980-luvulla rakennettujen kerrostalojen lukumäärä on suurempi kuin 1960-luvulla rakennettujen, mutta pinta-alaltaan ne ovat aikaisempia selkeästi pienempiä. (Tilastokeskus 2011)



**Kuva 2.1.** Eri vuosikymmeninä valmistuneiden asuinkerrostalojen määrät ja kerrosalat Suomessa (Tilastokeskus 2011).

1960- ja 1970 -luvuilla suuri muuttoliike kaupunkiin synnytti asuntojen suuren tarpeen, joten tänä aikana kerrostalorakentaminen Suomessa oli kiivainta. Vuosien 1961 ja 1980 välisenä aikana Suomeen rakennettiin yhteensä 18 000 kerrostaloa eli lähes puolet Suomen nykyisestä kerrostalokannasta. Lähiörakentaminen alkoi 1960-luvulla, jolloin kerrostaloja alettiin rakentaa kaupunkien ulkopuolelle. Tätä ennen kerrostalot

sijoittuivat lähes aina kaupunkien keskustoihin tai niiden läheisyyteen. Elementtitekniikka yleistyi 1960-luvulla ja suuri osa työvaiheista pystyttiin suorittamaan tehtaissa, mikä nopeutti rakennustyötä. 1960- ja 1970 -luvuilla valmistuneissa kerrostaloissa onkin yhteensä yli 550 000 asuntoa eli noin viidesosa Suomen vajaasta 2,8 miljoonasta asunnosta. Eri vuosikymmeninä valmistuneiden asuntojen lukumäärät talotyypeittäin jaoteltuina on esitetty kuvassa 2.2. (Taivalantti 1997; Hagan 1996; Tilastokeskus 2011)



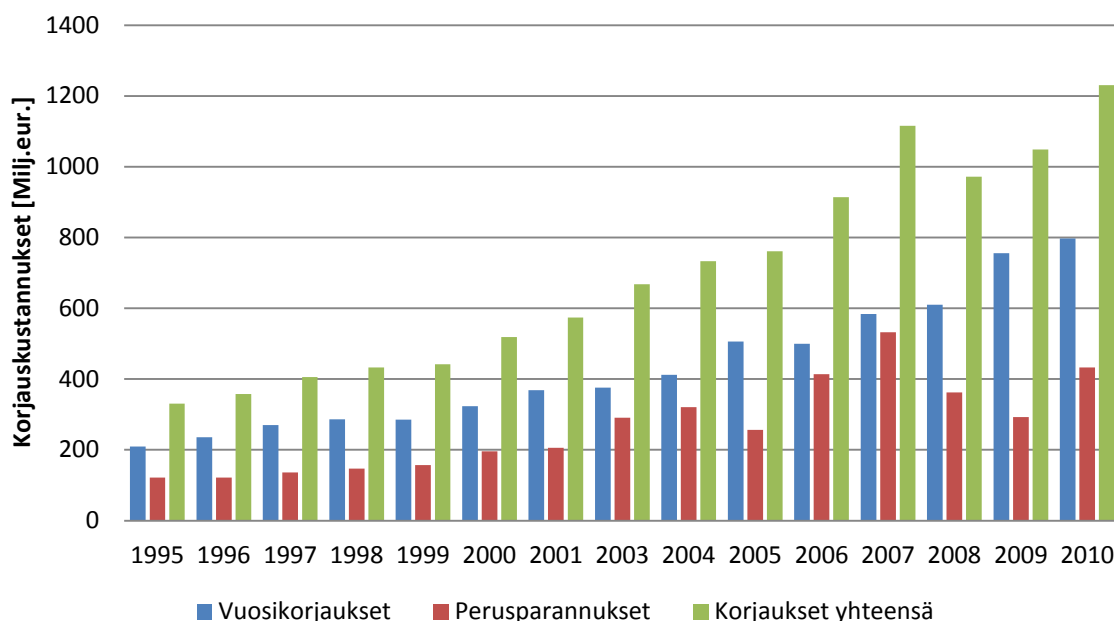
**Kuva 2.2.** Asuntojen määrät talotyyppin ja rakennusvuosikymmenen mukaan jaoteltuina. (Tilastokeskus 2011)

Kerrostalorakentaminen väheni selvästi 1970-luvun lopulla, jolloin nopea kaupungistuminen oli jo alkanut hiipua ja omakotitalo- ja rivitalorakentamisen suosio kasvaa. 1990-luvun alun lama vähensi entisestään rakentamista ja esimerkiksi vuonna 1996 rakennettiin alle 10 000 kerrostaloasuntoa. 1990-luvun lopulla muuttoliike kaupunkiin ja asuntotuotannon keskittyminen kasvukeskuksiin nosti taas kerrostalotuotannon määrää. (Kerrostalot 1880-2000, 2006; Kouhia et al. 2010)

## 2.2 Kerrostalojen korjausmäärä ja -arvo

Korjausrakentamisen arvo oli Suomessa vuonna 2010 noin 9,5 miljardia euroa ja tästä noin 5,3 miljardia euroa oli asuinrakennusten korjaamista, korjaukset lisääntyivät edellisvuodesta noin 5 prosenttia. Vuonna 2011 korjausrakentamisen kasvun ennakoitaan olevan noin 3 prosenttia ja seuraavina vuosina parin prosentin luokkaa.

Kerrostaloja korjattiin vuonna 2010 2,75 miljardin euron arvosta, taloyhtiöiden teettämien korjausten ennakoidaan lisääntyvän korjausikään tulevien yhtiöiden määrän kasvun johdosta (Rakentaminen 2011). Kuvassa 2.3. on esitetty asunto-osakeyhtiöiden teettämien korjausten kustannuksia eri vuosilta. Asuinrakennusten korjausten arvo oli samaa luokkaa kuin uudisasuntojen rakentamisen arvo. Asuntojen korjausmäärät ovat kasvussa, mutta toimitilojen korjaus vähenee. (Rakentaminen 2011; Rakentaminen 2011-2012)



**Kuva 2.3.** Asunto-osakeyhtiöiden teettämien korjausten kustannukset (Tilastokeskus 2012).

Tällä hetkellä julkisivujen ja parvekkeiden korjaustarpeen arvo on noin 3,5 miljardia euroa. Mikäli julkisivukorjaukset lopetettaisiin, korjaustarpeen arvo nousisi noin 1,8 % vuodessa. Vuonna 2050 korjaustarpeen arvioidaan olevan noin 7 miljardia euroa. Jos julkisivuista korjattaisiin vuosittain 1,8 %, ja julkisivujen tekninen kunto säilytettäisiin näin ennallaan, korjauskustannuksia kertyisi noin 63 miljoonaa euroa vuosittain. Ennakoimalla korjauksia paremmin julkisivukorjausten kustannuksia voitaisiin pienentää 10–20 %. Tällöin raskaiden korjausten määrää voitaisiin vähentää. Suojaavia korjaustapoja kannattaisi käyttää enemmän uudemmassa rakennuskannassa, jolloin suojaamisella voitaisiin saavuttaa enemmän etuja. (Rakentaminen 2011; Rakentaminen 2011-2012; Köliö 2010)

Kustannuksilla mitattuna noin kaksi kolmasosaa korjauksista on rakennusteknistä korjaamista. Talotekniikkakorjauksia on noin neljäsosa. Loput korjaustoimenpiteet käsittävät muun muassa piha-alueen korjaustöitä. Ulkovaipan korjaustoimenpiteiden osuus koko korjaustoiminnasta on noin kolmasosa ja ne painottuvat erityisesti 1960- ja 1970-luvuilla rakennettuihin taloihin. Myös ikkuna- ja ovikorjauksia tehdään eniten

1960- ja 1970-luvuilla valmistuneisiin taloihin. Tulevaisuudessa kerrostalojen korjaustarpeen oletetaan kohdistuvan erityisesti julkisivuihin sekä LVI-järjestelmiin. (Korjausrakentaminen 2000-2010; Korjausrakentamisen strategian toimeenpanosuunnitelma 2009–2017)

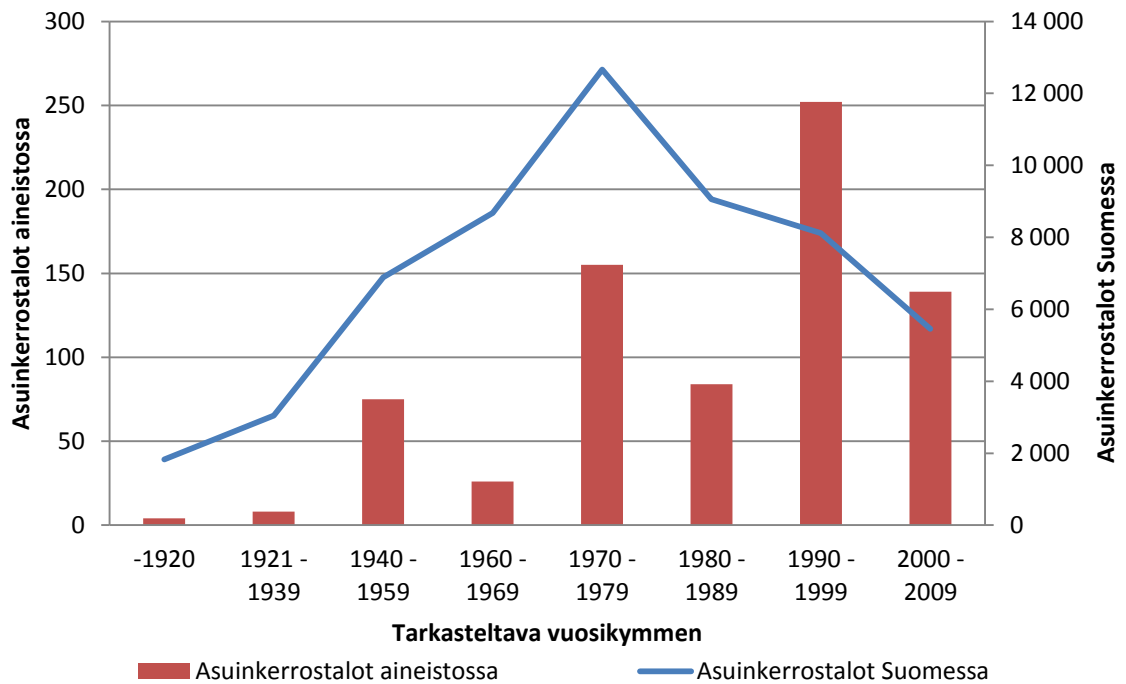
### 2.3 Kiinteistötietokanta ja kulutusaineisto

Kiinteistötietokanta sisältää 727 VVO:n omistaman vuokrakerrostalokiinteistön lämmitysenergian-, veden- ja kiinteistösähkön kulutustiedot vuosikohtaisesti. Rakennuksista 716 on asuinkerrostaloja ja asuinliiketaloja on 11 kappaletta. Tietokannassa olevat kiinteistöt kattavat lähes koko Suomen, suurin osa aineiston kiinteistöistä on kuitenkin pääkaupunkiseudulla ja muissa suurissa Suomen kaupungeissa. Taulukossa 2.4. on esitetty rakennusten sijaintipaikkakunnat. Aineistossa olevat vanhimmat kerrostalot ovat 1900-luvun alussa rakennettuja ja uusimmat 2000-luvulla valmistuneita. Kuvassa 2.5. kulutusaineiston kerrostalot on jaoteltu rakennusvuosikymmenen mukaan, kuvassa on esitetty myös Suomen kerrostalojakauma. Aineistossa on paljon 1990- ja 2000-luvulla rakennettuja kerrostaloja, joten rakennusvuoden mukaan jaoteltuna aineisto ei vastaa Suomen kerrostalokannan jakaamaa. 1960-luvulla ja tätä aiemmin rakennettuja kerrostaloja on aineistossa melko vähän, minkä vuoksi laajoja yleistyksiä tuon aikakauden taloista ei voida tehdä. Kaikki aineiston kerrostalot kuuluvat KuluNET-etäseurantajärjestelmään, jonka kautta kulutustiedot on kerätty. Kulutusaineistosta ei saatu käyttöön asuinhuoneistokohtaisia lämpötilatietoja.

*Taulukko 2.4. Kiinteistötietokannan kerrostalojen sijaintipaikkakunnat.*

<b>Kaupunkien jaottelu</b>	<b>kpl</b>
Helsinki, Espoo, Kauniainen, Kirkkonummi	147
Vantaa, Kerava, Porvoo, Järvenpää, Nurmijärvi, Lohja	172
Turku, Salo, Raisio, Pori, Rauma	40
Hämeenlinna, Lahti, Heinola, Hyvinkää, Riihimäki	86
Kouvola, Kotka, Lappeenranta, Mikkeli, Imatra	62
Tampere, Pirkkala	67
Jyväskylä, Tikkakoski	38
Joensuu, Kuopio, Pieksämäki, Siilinjärvi	44
Oulu, Rovaniemi, Kemi	71





*Kuva 2.5. Kiinteistöietokannan kerrostalot jaoteltuina rakennusvuoden mukaan (Tilastokeskus 2011).*

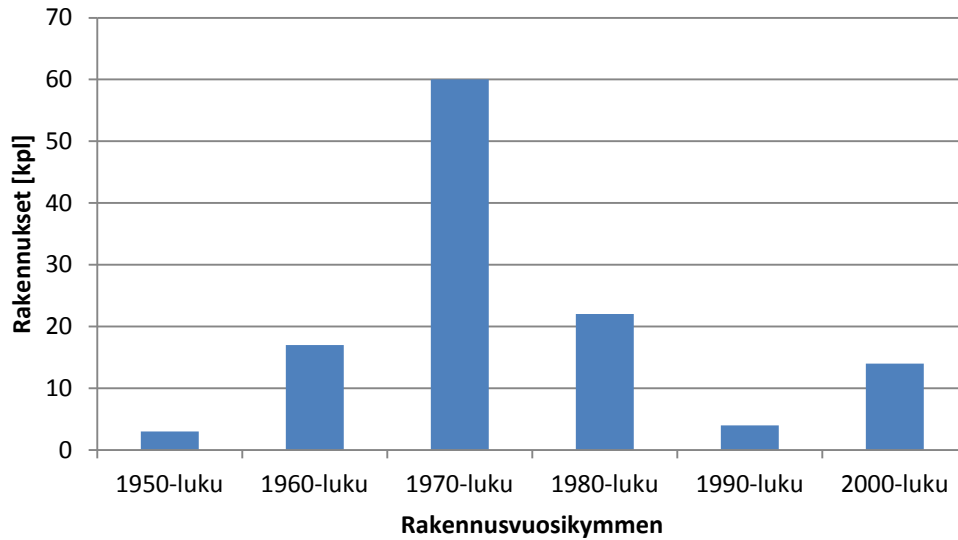
## 2.4 Korjausaineisto

Korjausaineisto koostuu 119 korjatun kerrostalokohteen energiankulutustiedoista sekä korjausten kustannustiedoista. Kohteet sijaitsevat eri puolella Suomea ja niistä vanhimmat on rakennettu vuonna 1958 ja uusimmat vuonna 2006. Taulukossa 2.6. kohteet on jaoteltu sijaintipaikan mukaan ja kuvassa 2.7. rakennusvuosikymmenen mukaan.

*Taulukko 2.6. Korjatut kohteet jaoteltuna sijaintipaikan mukaan.*

Kaupunkien jaottelu	kpl
Espoo, Helsinki, Kauniainen ja Kirkkonummi	23
Vantaa, Porvoo, Nurmijärvi, Kerava, Järvenpää	12
Lahti, Hämeenlinna	6
Kuopio, Siilinjärvi	9
Oulu	14
Turku, Salo, Raisio, Pori	12
Rovaniemi	12
Tampere	18
Jyväskylä	13

Aineistossa on selvästi eniten 1970-luvulla rakennettuja kerrostaloja, myös 1980- ja 1960-luvulla rakennettuja kohteita on paljon.



**Kuva 2.7.** Korjatut kohteet rakennusvuosikymmenen mukaan jaoteltuina.

Kohteissa oli tehty yhteensä 643 eri korjaustoimenpidettä vuodesta 1983 vuoteen 2009. Korjausaineisto sisältää kohteiden vuosikohtaiset energiankulutustiedot. Kulutustiedot on jaoteltu eri osa-alueisiin:

- Lämmönkulutus
- Normeerattu lämmönkulutus
- Veden kulutus
- Veden ominaiskulutus
- Sähkön kulutus
- Sähkön ominaiskulutus

Eri korjaustoimenpiteiden vaikutusta energiankulutukseen on tutkittu vertailemalla korjausta edeltävän vuoden normeerattua energiankulutusta korjauksen jälkeisen vuoden kulutukseen. Monissa kohteissa oli tehty lähekkäisinä vuosina useita korjauksia, minkä vuoksi yksittäisen korjauksen vaikutusta energiankulutukseen ei voitu seurata useamman vuoden ajalta.

## 3 RAKENNUSTEN ENERGIANKULUTUS

Kiinteistön kokonaisenergiankulutus muodostuu lämmitys-, ilmanvaihto- ja jäähdytysjärjestelmien energiankulutuksesta sekä kiinteistösähkön ja kotitaloussähkön kulutuksesta. Lämmitysjärjestelmän energiankulutus koostuu tilojen lämmityksestä, ilmanvaihdon lämmityksestä ja lämpimän käyttöveden lämmityksestä. Lämmitystarvetta voidaan tarkastella lämmitystehon tarpeena tai lämmitysenergian käytön kannalta. (Seppänen et al. 2007)

Kiinteistö- ja kotitaloussähkön kulutus on kasvanut viime vuosikymmeninä muun muassa huoneistokohtaisen ilmanvaihdon yleistymisen ja lisääntyneen elektroniikan vuoksi. Toisaalta kylmälaitteiden ja valaistuksen tehokkaampi energiankäyttö alentaa sähkönkulutusta. Lisääntynyt sähkönkulutus voi laskea lämmitysenergian kulutusta kerrostaloissa, joissa säätölaitteiden avulla energia voidaan hyödyntää. (Motiva)

Rakennusten energiankulutusta voidaan vertailla ominaiskulutusluvun avulla, joka lasketaan kohteen huoneistoneliometriä ( $\text{htm}^2$ ), bruttoneliometriä ( $\text{brm}^2$ ) tai rakennustilavuutta kohden. Käyttökelpoisin on huoneistoalaa kohden laskettu kulutus, josta nähdään selvimmin rakennuksen energiataloudellisuus. (Heljo et al. 2010)

### 3.1 Lämmitystarpeen muodostuminen

Rakennuksen lämmitystarve muodostuu eri tekijöistä. Näitä ovat:

- Johtumishäviöt vaipan läpi
  - Ulkoseinät
  - Yläpohja
  - Alapohja
  - Ikkunat
  - Ovet
- Ilmanvaihto (määrä, lämmöntalteenotto, tekninen varustelu)
- Lämmin käyttövesi (kulutustottumukset, vesi- ja viemärikalusteiden kunto) (Seppänen et al. 2007)

Lisäksi asuinkerrostalon lämmitysenergiankulutukseen vaikuttavat seuraavat seikat:

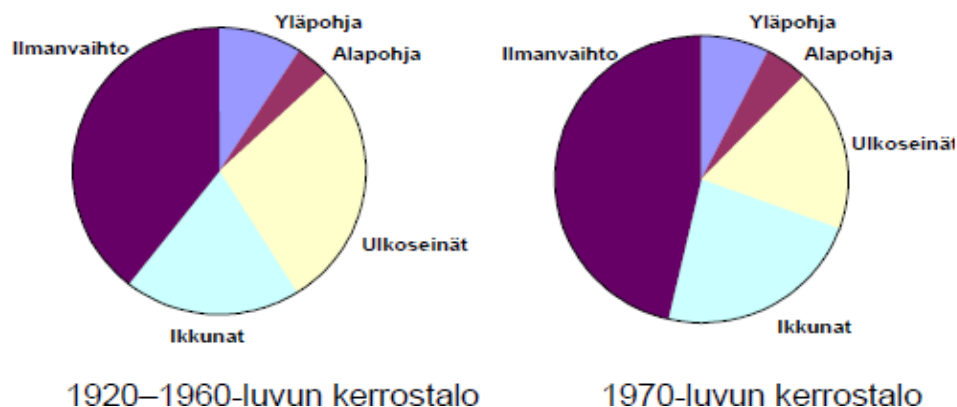
- Maantieteellinen sijainti (lämpötilat, astepäiväluku)
- Rakennuspaikka ja kaupunkirakenne (suojaisuus–tuulisuus, umpikortteli–avoin korttelirakenne)

- Rakennuksen tilaohjelma, koko ja pohjaratkaisu sekä tilavuuden ja ulkovaipan pinta-alan välinen suhde
- Talon lämmitysjärjestelmän kunto ja säätö, huonelämpötila

Rakennuspaikalla on merkittävä vaikutus ilmanvaihdon lämpöhäviöihin. Hyvin tiiviissä rakennuksissa rakennuspaikalla ei ole suurta vaikutusta ilmanvaihdon energiankulutukseen, mutta ilmanvuotoluvun ollessa esimerkiksi yli 2 l/h:ssa avoimella alueella ja tiiviillä keskusta-alueella sijaitsevien rakennusten lämmönkulutusero voi olla jopa parikymmentä prosenttia. Ilmanvuotoluku vaikuttaa muutenkin merkittävästi rakennuksen lämmönkulutukseen. (RT-ympäristöseloste; Neuvonen 2009; Palonen, KIMU)

Asuinkerrostalon tilaohjelma sisältää asunnot, mahdolliset liike- ja toimistotilat sekä yhteiset sauna-, pesula-, askartelu-, varasto- ja tekniset tilat. Tilaohjelman tehokkuus vaikuttaa merkittävästi kerrostalon energiankulutukseen. Uudemmissa kerrostaloissa huoneistot ovat tilavampia kuin esimerkiksi 1950-luvulla, jolloin esimerkiksi pienet yksiöt olivat kooltaan vain hieman yli 20 neliometriä. Toisaalta 1900-luvun alkupuoliskolla sisäänkäynnit ja porrashuoneet olivat nykyisiä avarampia. Määräykset edellyttivät vuoteen 1959 asti luonnonvaloa porrashuoneisiin, joten ne sijoitettiin useimmiten ulkoseinien yhteyteen. Hissien rakentaminen varsinkin alle viisikerroksisiin taloihin on yleistynyt vasta 1980-luvun alussa, jolloin se asuntohallituksen lainoitusehdoissa alettiin sallia. 1950-luvun loppupuolelle asti kerrostaloihin rakennettiin usein käyttöullakko, joka toimi kylmänä varasto- ja pyykinkuivaustilana. (Kerrostalot 1880-2000, 2006)

Ilmanvaihdon ja rakennuksen vaipan eri osien johtumishäviöiden suhteellinen osuus vaihtelee eri lähteiden mukaan. Lisäksi kerrostalokohteiden ominaisuudet poikkeavat suuresti toisistaan eri aikakausilla vallinneiden rakennustapojen vuoksi. Kuvassa 3.1 on Hemmilän ja Saarnin tutkimuksessa esitetyt johtumishäviödiagrammit eri aikakauden kerrostaloille. Osuudet on laskettu aikakauden rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan. Todellisuudessa esimerkiksi 1960-luvun ja 1920-luvun kerrostalojen johtumishäviöissä on kuitenkin suuria eroavaisuuksia ja alla olevia kuvia voidaankin pitää vain suuntaa antavina.



*Kuva 3.1. Ilmanvaihdon ja rakennuksen vaipan osien johtumishäviöiden suhteelliset osuudet eri aikakausilla (Hemmilä, K. & Saarni, R. 2002).*

### 3.2 Rakennuksen ja vaipan eri osien johtumishäviöt sekä muut lämmöntarpeeseen vaikuttavat tekijät

Suomen rakentamismääräyskokoelmissa annetaan määräyksiä ja ohjeita eri rakennusosien lämmöneristävyyden osalta. Ensimmäiset varsinaiset rakentamismääräykset on julkaistu vuonna 1976, mutta jo 1950-luvullakin oli erilaisia ohjeita ja määräyksiä lämmöneristävyyteen ja ilmanvaihtoon liittyen. Rakentamismääräykset ovat kiristyneet erityisesti 2000-luvulla. Taulukossa 3.2. on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelmaan liittyviä lämmöneristävyyden ja energiamääräyksiä eri vuosilta. Nykyään rakentamisessa noudatetaan usein määräysten minimiarvoja, mutta vanhemmissa rakennuksissa eristävyydet ovat olleet usein ohjeita parempiakin.

*Taulukko 3.2. Suomen rakentamismääräyskokoelman energiamääräysten pääpiirteet 1976 - 2012 (VTT).*

Rakennusosa	1976	1978	1985	2003	2007	2010	2012
Ulkoseinä U [W/m <sup>2</sup> K]	0,4	0,29	0,28	0,25	0,24	0,17	0,17
Yläpohja U [W/m <sup>2</sup> K]	0,35	0,23	0,22	0,16	0,15	0,09	0,09
Alapohja U [W/m <sup>2</sup> K]	0,4	0,4	0,36	0,25	0,24	0,16	0,16
Ikkuna U [W/m <sup>2</sup> K]	2,1	2,1	2,1	1,4	1,4	1,0	1,0
Ovi U [W/m <sup>2</sup> K]	-	-	-	1,4	1,4	1,0	
Muut energialaskennan lähtötiedot							
Ilmavuotoluku n <sub>50</sub> [1/h]	6	6	6	4	4	2	
Lämmön talteenoton hyötysuhde [%]	0	0	0	30	30	45	

#### 3.2.1 Ulkoseinät

Kerrostaloissa ulkoseinät ovat merkittävä osa lämmitysenergian kokonaiskulutuksen kannalta niiden suuresta suhteellisesta osuudesta johtuen. Ulkoseinien kautta poistuu

noin 17 % kerrostalon lämpöenergiasta (Junnonen & Lindstedt 2009). Seinien lämmönläpäisevyyteen vaikuttaa eristyspaksuuden lisäksi ilmaraot ja kylmäsilat esimerkiksi eristyskerroksen läpäisevät runkorakenteet, parvekkeiden kannatusdetaljit ja tiiliseinien ankkurointihaat. (Seppänen et al. 1997)

Rakennusinsinööriyhdistys (nykyisin RIL) julkaisi ensimmäiset suositukset rakenteiden lämmöneristyksille vuonna 1962, tätä ennen yhdistys oli julkaissut ohjeita seinien lämmönläpäisyyluvuille ja niiden suositeltaville enimmäisarvoille. Vuoden 1969 asuinrakennusten lämmöneristysnormeissa Suomi jaettiin kahteen vyöhykkeeseen: eteläiseen ja pohjoiseen. Pohjoiselle vyöhykkeelle asetettiin tiukemmat lämmöneristysvaatimukset kuin eteläiselle. ”Normaalinen vaatimus” ulkoseinälle oli pohjoisella vyöhykkeellä  $0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja eteläisellä  $0,81 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Lisäksi yksinomaan poltetusta tiilestä tehdylle seinälle oli pienemmät vaatimukset ja kevyen seinän U-arvo sai olla suurempikin. Keskimääräinen U-arvo 1960-luvulla rakennettujen kerrostalojen ulkoseinissä on  $0,6 \text{ W/m}^2\text{K}$  (Heljo et al. 1985). Vuonna 1969 julkaistuissa lämmöneristysnormeissa ulkoseiniä koskevat luvut olivat samat kuin vuonna 1962 julkaistuissa ohjeissa. Sen sijaan yläpohjaa ja alapohjaa koskevia ohjeita oli tiukennettu.

1960-luvulla betonirakentaminen kasvatti suosiotaan ja sandwich-elementeistä tuli kerrostalojen yleisin seinärakenne. Betonielementtijulkisivut ovat olleet yleisin julkisivurakenne kerrostaloissa 1960-luvulta 2000-luvulle asti, rakentamista ohjattiin betoninormeilla. Sandwich-elementti koostuu 40–85 mm paksusta betonisesta ulkokuoresta, lämmöneristeestä ja sisäkuoresta, joka ei-kantavana on noin 70 mm ja kantavana 150 mm. Sandwich-elementtien eristepaksuudet olivat 1960-luvulla ja 1970-luvun alussa Betonijulkisivujen- ja parvekkeiden korjausstrategiat (BeKo) –tutkimuksen mukaan tyypillisesti 70-100 mm, suunnittelupaksuus oli tällöin 90 mm. Laskennalliset U-arvot ennen vuotta 1976 rakennetuissa elementtikerrostaloissa on noin  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Vuonna 1976 ulkoseinän sallituksi U-arvoksi asetettiin rakentamismääräyskokoelmissa  $0,4 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja vuonna 1978 se tiukentui arvoon  $0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Sandwich-elementtien lämmöneristeiden suunnittelupaksuus oli vuosina 1976–1985 120 mm, mutta eristepaksuudet jäivät tuolloin usein määräyksiä heikommiksi eli keskimäärin vajaan 110 mm:iin. Vuonna 1985 U-arvoksi määrättiin  $0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja sandwich-elementtien eristeen suunnittelupaksuus kasvoi 140 mm, toteutunut eristepaksuus on BeKo-tutkimusaineiston mukaan tuolloin keskimäärin 131 mm. Laskennalliset U-arvot ovat vuosina 1985–1996 rakennetuissa elementtikerrostaloissa luokkaa  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$  eli rakenteet ovat lämmöneristävyydeltään hieman määräyksiä heikompia. (Lahdensivu 2010a; Taivalantti 1997; Palonen 2011; RYL 1978)

### 3.2.2 Ikkunat ja ovet

Ikkunoiden lämmöneristävyys on selvästi heikompi ulkoseinä-, yläpohja- ja alapohjarakenteisiin verrattuna. Ikkunoiden kautta tapahtuva lämpöhäviö on 15–20 % kerrostalon lämpöhäviöistä (RIL-249-2009; Taivalantti 1997; Sirkka 1980). Ikkunoiden

lämmöneristävyyteen vaikuttaa niiden U-arvo, koko, tiiviys, suuntaus, sekä varusteet kuten kaihtimet, verhot ja luukut. Etelään suunnatuilla ikkunoilla voidaan jopa pienentää lämmitysenergian tarvetta, jos niiden kautta voidaan hyödyntää aurinkolämpöä. Lisäksi oikein suunnatuilla ikkunoilla voidaan edistää luonnonvalon käyttöä ja vähentää valaistussähkön kulutusta (Seppänen et al. 1997). Ikkunoiden U-arvo riippuu lasien lukumäärästä, lasiväleistä, käytettyjen materiaalien ominaisuuksista ja pinnoitteista sekä ikkunapuitteiden ja karmien materiaaliominaisuuksista ja -paksuuksista. Rakentamismääräyksissä ikkunoiden U-arvo oli pitkään 2,1 W/m<sup>2</sup>K ja vasta vuonna 2003 se tiukennettiin arvoon 1,4 W/m<sup>2</sup>K (Taivalantti 1997). Ovien lämmöneristävyyteen vaikuttavat oven materiaalien ominaisuudet ja paksuudet, mahdollinen ikkuna sekä tiivistykset. Ulko-ovien kautta kuluu noin 3 % koko rakennuksen energiankulutuksesta. (Lappalainen 2010)

### **3.2.3 Yläpohja**

Yläpohjan osuus kerrostalojen lämpöhäviöistä on noin 4–6 % (RIL-249-2009; Palonen 2011). Monikerroksisissa rakennuksissa yläpohjalla on pienempi merkitys kuin matalammilla rakennuksilla. Yläpohjien lämmönläpäisykerroin on 1930-luvulla ollut noin 0,45 W/m<sup>2</sup>K, 1950- ja 1960-luvuilla 0,3-0,5 W/m<sup>2</sup>K ja 1980-luvulla 0,25 W/m<sup>2</sup>K. Eristys on ollut melko hyvää siis jo vanhoissakin kerrostaloissa. (Taivalantti 1997, s. 32; Nippala et al. 1995)

### **3.2.4 Alapohja**

Alapohjan osuus kerrostalojen lämpöhäviöistä on vain noin 1-5 prosenttia (RIL-249-200; Seppänen et al. 1997; Palonen 2011). Korkeissa tornitaloissa alapohjan merkitys energiankulutukseen on pienempi kuin matalammissa lamellitaloissa alapohjan suhteellisen osuuden vuoksi. Alapohjan U-arvoa koskevissa ohjeissa ja määräyksissä ei tapahtunut kovin suuria muutoksia ennen 2000-lukua. 1960-luvuilla ohjeellinen U-arvo maanvaraiselle lattialle oli 0,47 W/m<sup>2</sup>K ja vuonna 1976 arvoa kiristettiin 0,4 W/m<sup>2</sup>K:iin. Vuoden 1985 rakentamismääräyksissä alapohjan U-arvo oli 0,36 W/m<sup>2</sup>K. 2000-luvulla määräyksiä alettiin kiristää selvästi ja alapohjan U-arvo on vuoden 2010 määräyksissä 0,16 W/m<sup>2</sup>K. (Palonen 2011)

### **3.2.5 Rakennuksen geometrian vaikutus energiankulutukseen**

Rakennuksen muoto vaikuttaa eri rakenneosien suhteellisiin osuuksiin rakennuksen pinta-alasta. Esimerkiksi tornitalotyypissä kerrostaloissa ulkovaipan suhde rakennustilavuuteen voi olla selvästi pienempi kuin lamellitalotyypissä kerrostalossa. Lamellitaloissa ylä- ja alapohjan suhteellinen osuus on tornitaloihin verrattuna suurempi. Energiankulutuksen kannalta vähän kulmia sisältävät tornitalot voidaan ajatella geometrisen muotonsa perusteella olevan energiataloudellisempi ratkaisu, koska tällöin lämpöhäviöt energiaa paljon tuhlaavan vaipan kautta ovat pienimpiä. Toisaalta

tornitaloissa ikkunapinta-alan osuus ulkoseinien alasta on suurempi kuin lamellitaloissa, joissa usein päätyseinät ovat ikkunattomia. (Taivalantti 1997)

Kerroslukujen lisääminen kerrostaloissa vähentää rakennusten energian kulutusta pohjan alan pysyessä vakiona. Kerroslukujen kasvaessa säästöt kuitenkin jatkuvasti hieman pienenevät. Yli kuusikerroksisissa kerrostaloissa kerrosten lisääminen ei enää tuo säästöjä energiankulutukseen, korkeisiin rakennuksiin kohdistuva tuulen nopeuden kasvu saattaa jopa kumota vaippasuhteen pienentymisestä saadut hyödyt. (Lappalainen 2010)

### **3.2.6 Ilmanvaihto**

Lämmitysenergian suurin yksittäinen käyttökohde on ilmanvaihto, sen osuus kulutuksesta on 30–50 % (Sirkka 1980; Palonen 2011). Koneellinen poistoilmanvaihto on kerrostalojen yleisin ilmanvaihtojärjestelmä ja sitä on käytetty yleisesti 1950-luvulta 2000-luvun alkuun asti. Lämmitysenergian määrä riippuu ilmanvaihdon määrästä, minkä vuoksi vanhoissa rakennuksissa, joissa ilmanvaihto on vähäistä ja puutteellista, energian kulutus on ilmanvaihdon osalta uudempiä rakennuksia selvästi pienempää. Lämmitystarve on suoraan verrannollinen ilmavirtaan ja lämpötilaeroon sisä- ja ulkoilman välillä. Lämpötilaeroa ja sitä kautta energiankulutusta voidaan vähentää lämmöntalteenotolla, tällöin on siirryttävä myös koneelliseen tulo-poistoilmanvaihtoon. Ilmanvaihdon mitoitusohjeita on julkaistu jo 1950-luvulla, asuinkerrostalojen ilmanvaihdossa on kuitenkin suuria eroavaisuuksia. Nykyään asuntojen vähimmäisilmanvaihtuvuus on 0,5 1/h. Varsinkaan poistoilmavirtojen määrät eivät ole vuosikymmenien aikana paljoa ohjeissa muuttuneet. Kuitenkin ohjeellisten arvojen toteutuminen on ollut varsinkin painovoimaisen ilmanvaihdon kohdalla heikompa. Ilmanvaihdon hallinta on huomattavasti helpompaa esimerkiksi koneellisella tulo-poistoilmanvaihdolla. (Kerrostalot 1880-2000, 2006; Seppänen et al. 1997; Palonen 2011)

### **3.2.7 Vuotoilma**

Rakennusten seinien eri puolilla on usein paine-eroja, jotka syntyvät lämpötilaeroista ja tuulesta. Paine-erot aiheuttavat ilmavirtauksia, jotka lisäävät tarpeettomasti ilmanvaihtoa ja lämmönkulutusta. Varsinkin hatarammissa rakennuksissa ilmavirrat kasvavat tuulisella säällä. Rakennuksen hyvä ilmanpitävyys pienentää kosteusvaurioriskiä sekä parantaa ilmanvaihdon säädettävyyttä. Vuotoilman suuruuteen vaikuttaa rakennuksen vaipan ilmanpitävyys, rakennuksen sijainti ja korkeus sekä ilmanvaihtojärjestelmä ja sen käyttötapa. Tyypillisiä vuotokohtia ovat läpiviennit, rakenteiden liittymät sekä ovi- ja ikkuna-asennukset. Kerrostalojen tyypilliset ilmanvuotoluvut ( $n_{50}$ -luvut) ovat yleensä väliltä 0,5-4 1/h. Sisäilmastoluokitus 2000 jakaa sisäilman laatuluokkiin S1, S2 ja S3. Luokituksen mukaan yli kolmekerroksisissa rakennuksissa ilmanvuotoluvun suunnitteluarvon tulisi olla korkeintaan 1,0, jotta



kerrostalossa päästäisiin hyviin sisäilmaluokkiin S1 tai S2. Tyydyttävään S3-luokkaan kuuluvilla kerrostaloilla ilmanvuotoluku on korkeintaan 2,0. Tampereen teknillisen yliopiston rakennustekniikan laitoksella tutkittiin 1990- ja 2000-luvuilla rakennettujen kerrostalojen ilmanpitävyyttä. Tutkimuksessa mukana olevien betonielementtikerrostalojen ilmanvuotoluvun keskiarvoksi mitattiin 1,7 l/h ja kerrostalojen, joissa oli paikalla valettu välipohja, ilmanvuotoluvuksi saatiin 0,7 l/h. Ilmatiiveys vaikuttaa merkittävästi rakennuksen energiankulutukseen sekä lämpöviihtyvyyteen (Vinha et al. 2010). Taulukossa 3.3. on esitetty ilmatiiviiden laskennallinen vaikutus rakennuksen energiankulutukseen (RIL-249-2009). (Kauppinen et al 2008; Vinha et al. 2010)

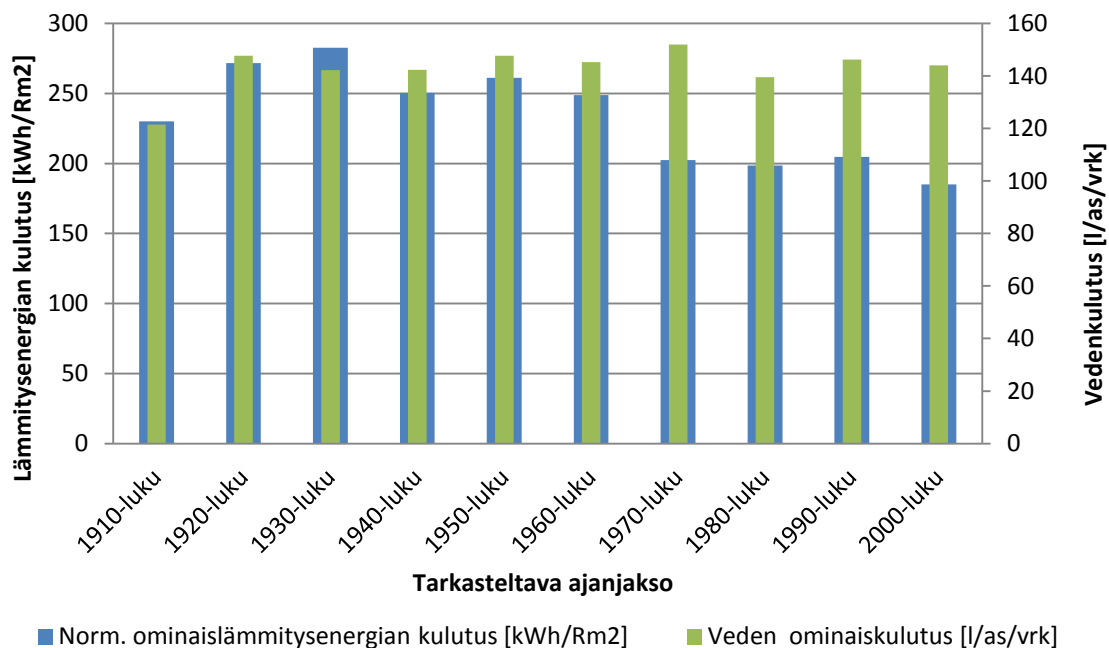
**Taulukko 3.3.** Ilmatiiviiden vaikutus energiankulutukseen laskennallisesti (RIL-249-2009).

Ilmatiivisyys $n_{50}$ , 1/h	Energiankulutuksen muutos [kWh/m <sup>2</sup> ]
4	0
3	-3,9
2	-7,5
1	-10,9
0,5	-12,5

### 3.2.8 Lämmin käyttövesi

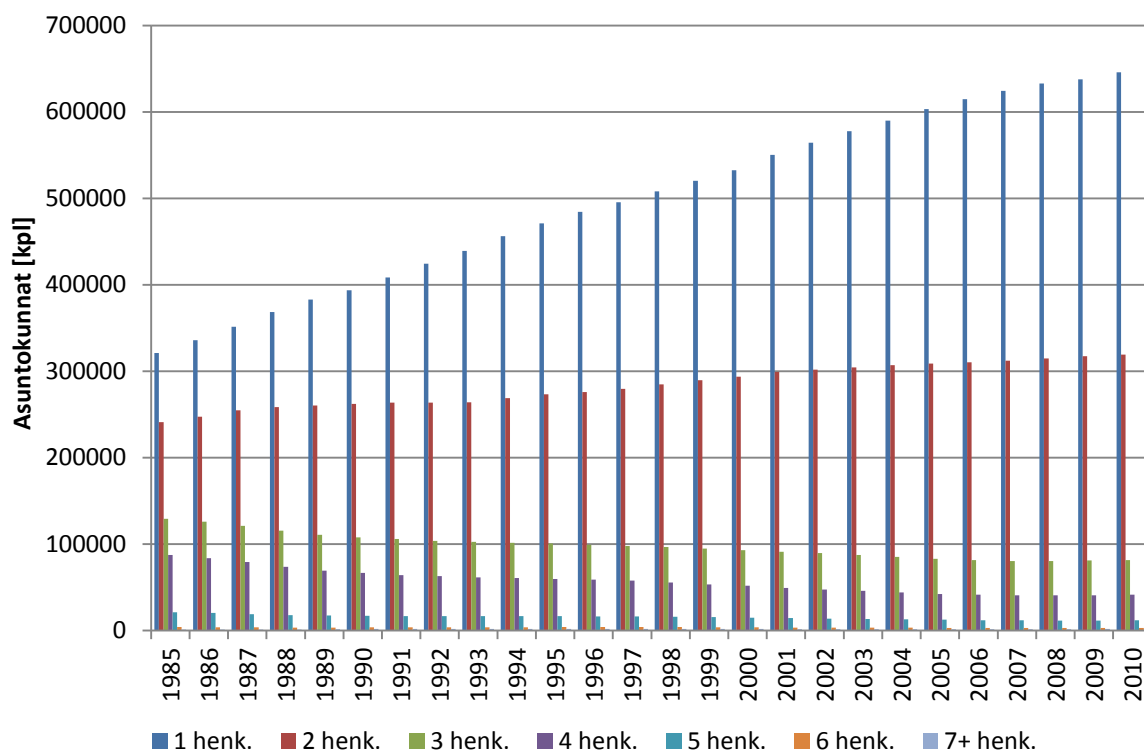
Asuinkerrostalossa käyttöveden kokonaiskulutuksesta vajaa puolet kuluu lämpimänä käyttövetenä. Lämpimän käyttöveden kulutus on noin 60 l/vrk henkilöä kohden. Määrään vaikuttaa paljon asukkaiden kulutustottumukset, huoneistojen varustelutaso, laitetekniikka sekä kulutusseurannan käyttö. Noin 60 % lämpimästä käyttövedestä kuluu peseytymiseen, 30 % keittiössä ja 10 % pyykinpesuun. (Seppänen 1997)

Kiinteistöaineiston perusteella on selvitetty eri aikakausien kerrostalojen veden- ja lämmitysenergian kulutusta. Kuvassa 3.4. kulutustiedot on jaoteltu eri rakennusvuosikymmenten mukaan. Merkittäviä muutoksia on tapahtunut etenkin 1970-luvulla energiakriisin vuoksi, lisäksi 3-lasisten ikkunoiden yleistymisen 1970-luvun lopulla on laskenut lämmitysenergian kulutusta.



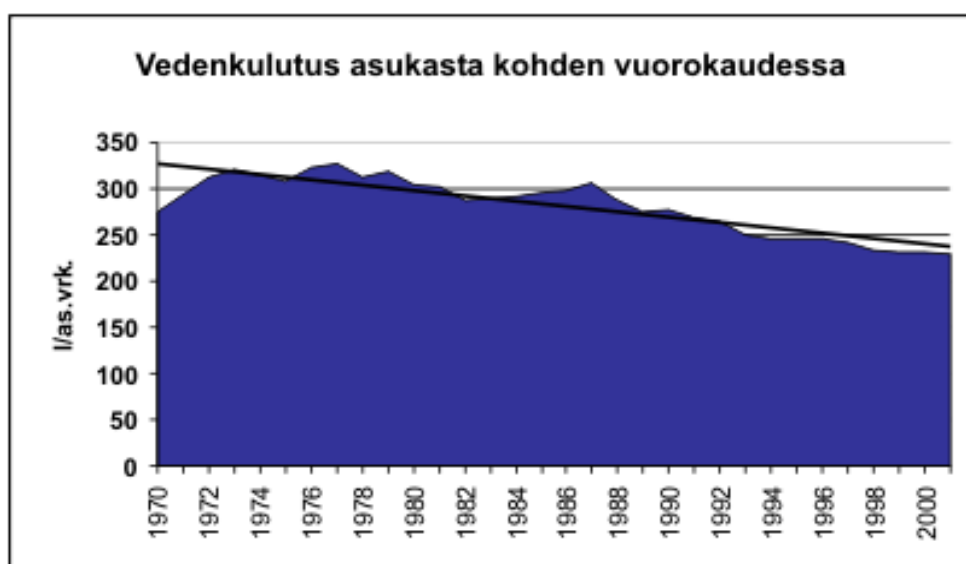
**Kuva 3.4.** Eri aikakausien kerrostalojen veden- ja lämmitysenergian kulutukset (Tutkimuksen kiinteistötietokanta).

Kulutusaineiston perusteella vedenominaiskulutus eri aikakausien kerrostaloissa on pysynyt lähes muuttumattomana 1900-luvun alkupuolelta lähtien, ainoastaan pientä laskua on tapahtunut 1980-luvulla rakennettujen ja tätä uudempien kerrostalojen kulutuksessa. 1980-luvulla käyttöön tulivat vettä säästävämät vesikalusteet, mikä vaikuttaa kulutuksen vähenemiseen. 1980-luvulta lähtien yksin asuvien määrä on jatkuvasti kasvanut, mikä on osittain syynä siihen, että vettä säästävien kalusteiden hyöty näyttää aineistossa melko vähäiseltä. Yksin asuvilla vettä kuluu pyykinpesuun ja muihin kodin askareisiin kuitenkin suhteessa enemmän vettä kuin usean henkilön talouksissa. Asuntokuntien koon muuttumista on esitetty kuvassa 3.5.



**Kuva 3.5.** Kerrostalon asuntokunnan koon muuttuminen 1985-2010 (Tilastokeskus 2011).

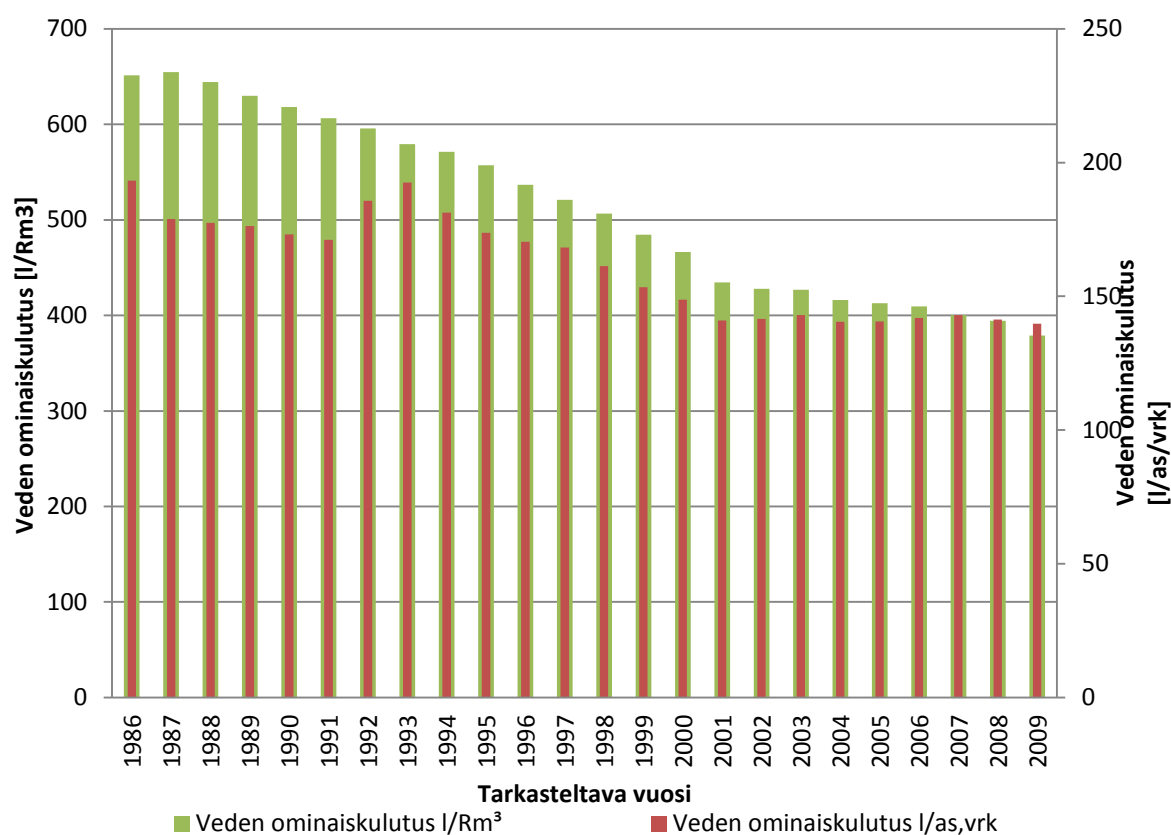
Yhdyskuntien vesi- ja viemärirekisterin mukaan vedenkulutus asukasta kohden on vähentynyt 1970-luvulta lähtien. Kuvassa 3.6. esitetään valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelun mukainen vedenkulutus asukasta kohden vuorokaudessa.



**Kuva 3.6.** Vedenkulutus asukasta kohden vuorokaudessa (Ympäristöministeriö, veden saanti).

Veden ominaiskulutuksella tarkoitetaan vesilaitoksen vuorokaudessa verkostoon pumppaama talousvesimäärä jaettuna verkostoon liittyneellä asutuksella. Valtion ympäristöhallinnon verkkopalvelun mukaan jätevesimaksulaki nosti 1970-luvulla veden hintaa selvästi, mikä on osittain syynä vedenkulutuksen pienenemiseen. Lisäksi vedenkulutus alkoi laskea 1980-luvun puolivälissä muun muassa kulutustottumusten muutosten, veden hinnan nousun ja uuden vähemmän vettä kuluttavan tekniikan seurauksena. 2000-luvulla vedenkulutus on pysynyt ennallaan. (Ympäristöministeriö, veden saanti)

Myös tutkimuksen kulutusaineiston perusteella vedenkulutus on asunnoissa vähentynyt selvästi, vedenkulutuksen lasku rakennuksen tilavuuden mukaan selittyy osittain asukasmäärän pienenemisellä, mutta myös vedenkulutus asukasta kohden on vähentynyt. 1990-luvun alussa vedenkulutus asukasta kohden on hieman noussut. Tähän syynä saattaa olla tuolloin Suomessa vallinnut lama, minkä seurauksena ihmiset ovat viettäneet enemmän aikaansa kotona. Kuvassa 3.7. on esitetty vedenkulutuksen muutokset vuodesta 1986 vuoteen 2009. Kulutusaineistossa on vedenkulutustietoja 139 kerrostalosta vuodesta 1986 lähtien ja 20 vuoden aikana vedenkulutus asukasta kohden on vähentynyt yli 40 litraa vuorokaudessa.

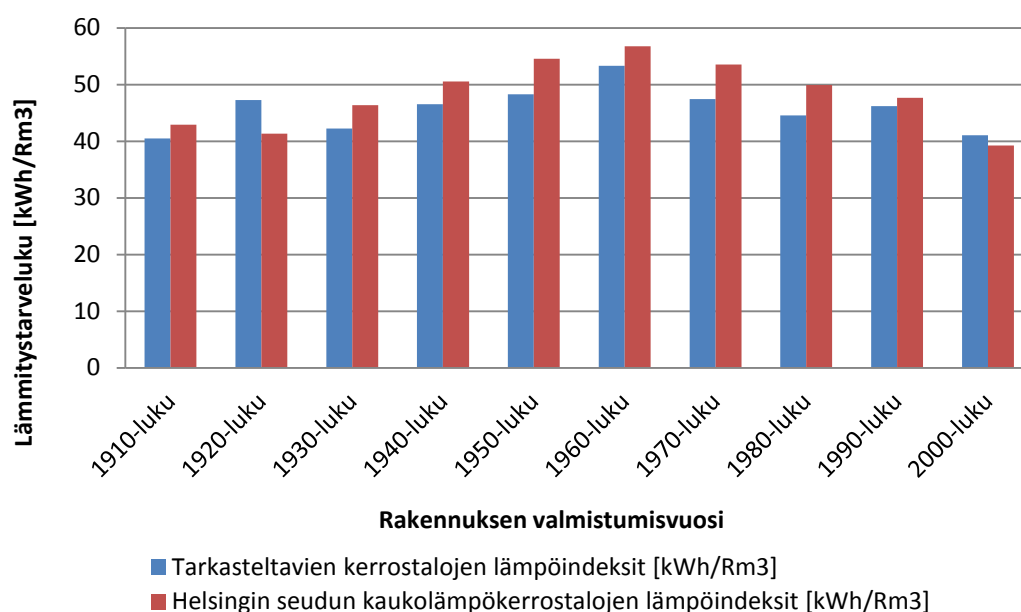


**Kuva 3.7.** Vedenkulutus ajanjaksona 1986-2009 (Tutkimuksen kiinteistötietokanta).

### 3.3 Lämpöindeksi ja lämmönkulutus

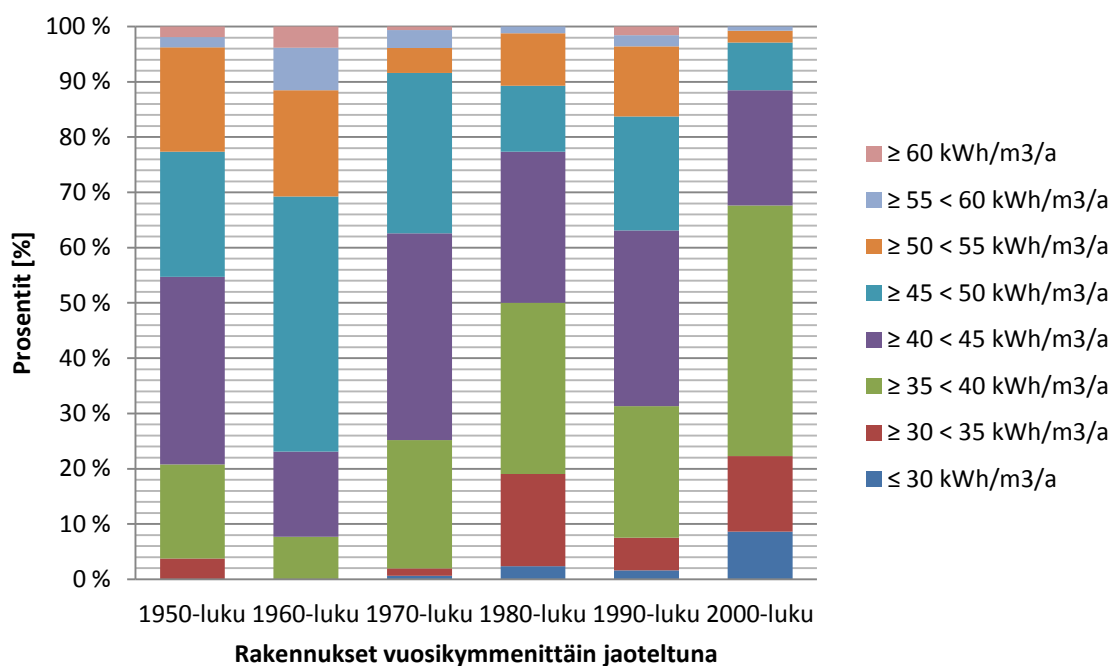
Lämpöindeksi on lämmitystarveluvulla normaalivuoteen korjattu vuotuinen lämmönkulutus jaettuna rakennuksen tilavuudella. Kuvassa 3.8. esitetään kaukolämpitetyjen kerrostalojen lämmitystarvelukuja eri vuosikymmeninä. Tiedot on kerätty tutkimusaineiston rakennusten kulutusaineiston perusteella sekä Energiategollisuuden verkkosivuilta Helsingin kaukolämpökerrostalojen osalta. 1940-luvulla ja tätä aiemmin rakennettujen kerrostalojen lämpöindeksit ovat kohtalaisen pieniä. Tähän osasyynä on muun muassa kylmänä varastona toimivat ullakkotilat ja muiden lämmittämättömien tilojen nykyistä suurempi osuus sekä näiden tilojen vaikutus rakennuksen tilavuuteen, ei niinkään vaipan hyvä lämmöneristävyys. Lisäksi pienempään kulutukseen syinä ovat umpikorttelit ja massiiviset rakenteet sekä nykyistä pienemmät ikkunat. 1960-luvun ja 1970-luvun alun kerrostalot ovat eniten lämpöenergiaa kuluttavia, suurin osa tuon aikakauden kerrostalokannasta kuluttaa yli 45 kWh/m<sup>3</sup>/a. Syitä korkeisiin kulutuslukuihin ovat muun muassa:

- koneellisen poistoilmanvaihdon yleistyminen 1960-luvulla, minkä seurauksena ilmanvaihdon ja ominaiskulutuksen lisääntyminen
- lähiökerrostalojen sijainti kaupunkien ulkopuolella tuulisilla ja aukeilla paikoilla (Taivalanti 1997)
- 1960- ja 1970-lukujen rakennusten suuri ikkunapinta-ala sekä ikkunoiden alhainen lämmöneristyskyky (Kerrostalot 1880-2000, 2006)
- rakennusten heikko tiiviys



**Kuva 3.8.** Kerrostalojen lämmitystarveluvut vuosikymmenittäin (Kiinteistöietokanta; Energiategollisuus, Helsingin seudun kaukolämpökerrostalot).

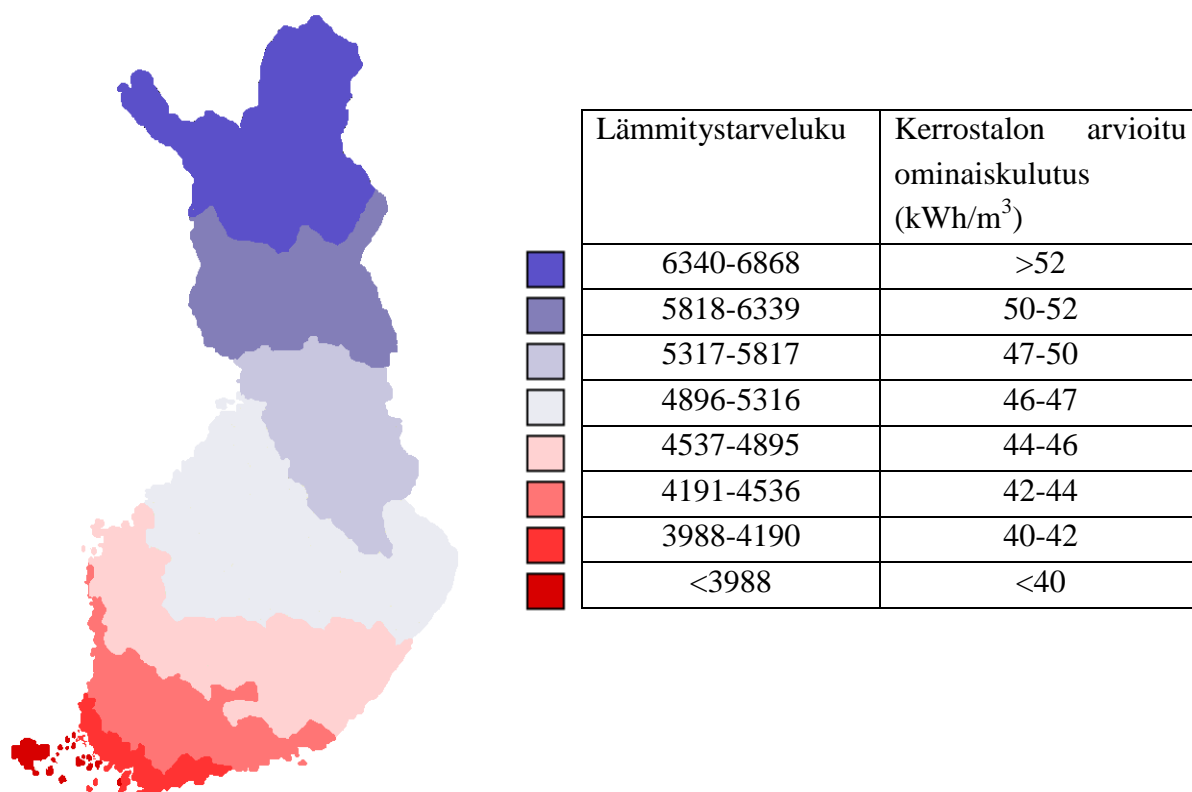
Kuvassa 3.9. on esitetty kerrostalojen ominaiskulutuksen jakautumaa eri vuosikymmeninä. Ominaiskulutuksen määrät on kerätty tutkimusaineiston rakennusten kulutustiedoista. 1970-luvulta lähtien lämmönkulutus asuinkerrostaloissa on tasaisesti laskenut muun muassa tiukempien lämmöneristävyydsmääraysten ansiosta. Aineiston perusteella 1980-luvun kerrostalot kuluttavat yllättävän vähän lämpöenergiaa, jopa vähemmän kuin 1990-luvun talot. Mahdollisia tekijöitä tähän voivat olla 1980-luvun kerrostalojen vähäisempi määrä aineistossa, IV-järjestelmien eroavaisuudet esimerkiksi 1990-lukuun verrattuna sekä mahdolliset korjaukset, joita 1980-luvun taloihin on jo tehty. Kulutustiedoissa on paljon rakennuskohtaisia eroja ja kahden samanlaisenkin kerrostalon kulutuksissa voi olla huomattavaa vaihtelua. Korjausrakentamisessa energiatehokkuuteen kannattaa kiinnittää erityistä huomiota varsinkin 1950-, 1960- ja 1970-luvulla rakennettuihin kerrostaloihin, joiden energiatehokkuutta pystytään merkittävämmiin parantamaan.



**Kuva 3.9.** Kiinteistöietokannan kulutusaineiston perusteella eri vuosikymmenillä rakennettujen asuinkerrostalojen ominaiskulutuksen jakautuminen.

Kerrostalojen lämpöenergiankulutukseen vaikuttaa merkittävästi sijaintipaikkakunta. Pohjois-Suomessa lämmitystarveluvut ovat selvästi suurempia kuin Etelä-Suomessa ja rannikolla. Kuvassa 3.10. Suomi on jaettu kuntakohtaisten lämmitystarvelukujen mukaisiin vyöhykkeisiin. Eri väreillä on kuvattu lämmitystarvelukuja sekä näiden perusteella arvioituja kulutusaineiston perusteella saatuja tavanomaisia kerrostalojen ominaiskulutuksia kyseisissä vyöhykkeissä. Lämmitystarveluku saadaan laskemalla yhteen joka kuukauden päivittäisten sisä- ja ulkolämpötilojen erotus. Yleensä

sisälämpötilan arvona käytetään +17 °C-astetta. Todellinen sisälämpötila on korkeampi, koska lämpöä saadaan myös sisäisistä lämmönlähteistä kuten valaistuksesta, ihmisistä ja laitteista. Lämmitystarveluvun laskennassa ei oteta huomioon päiviä, jolloin keskilämpötila on keväällä yli +10 °C ja syksyllä yli +12 °C. Taulukosta selviää, että Pohjois-Suomen kerrostalojen energiankulutus on laskennallisesti tarkasteltuna jopa 20 % suurempaa kuin Etelä-Suomessa sijaitsevien kerrostalojen. (Rakennusten energiankulutuksen seuranta, Motiva)



*Kuva 3.10. Lämmitystarvejakauma Suomessa.*

Kiinteistöaineistossa olevien kerrostalojen lämmönkulutus toteutuu melko hyvin lämmitystarveluvun perusteella laskennallisesti muodostettujen vyöhykkeiden mukaisesti. Poikkeuksena ovat pääkaupunkiseudun kerrostalot, joissa lämmönkulutus on lämmitystarveluvun perusteella oletettua arvoa selvästi suurempaa.

## 4 ENERGIANSÄÄSTÖVELVOITTEET JA AVUSTUKSET

Euroopan unioni on säätänyt direktiivin rakennusten energiatehokkuudesta (EPBD). Direktiivi on tullut vuonna 2010 uusittuna voimaan tunnuksella 2010/31/EU ja siinä annetaan määräyksiä muun muassa rakennusten energiatodistuksista ja energiansäästövelvoitteista. Velvoitteet koskevat myös korjausrakentamista. Euroopan unionin direktiivit eivät ole sitovia, mutta niiden pohjalta tehdään Suomessa aiheisiin liittyviä määräyksiä. EU:n määräysten mukaan laajamittaisia korjauksia tehtäessä on korjatun osan energiatehokkuutta parannettava. Energiansäästövelvoite astuu voimaan, kun korjauksen arvo on yli 25 prosenttia rakennuksen arvosta (ilman rakennusmaan arvoa) tai sen laajuus on 25 prosenttia vaipan pinta-alasta. Esimerkiksi korjattaessa rakennusosaa, jolla on merkittävä vaikutus energiatehokkuuteen, korjatun rakennusosan pitäisi pyrkiä täyttämään energiatehokkuutta koskevat vähimmäisvaatimukset sikäli, kun se on teknisesti, toiminnallisesti ja taloudellisesti toteutettavissa. (Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi; Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU)

Asumisen rahoitus- ja kehittämiskeskuksen (ARA) tukea asunto-osakeyhtiötalon perusparantamiseen myönnetään vuosittain ylläpidon kannalta keskeisiin toimenpiteisiin, esimerkiksi putkisto-, julkisivu- ja energiataloudellisiin korjauksiin. Tukien suuruus päätetään vuosikohtaisesti. Vuoden 2011 ohjeissa korkotukilainan osuus oli enintään 40 % hankkeen hyväksytyistä kustannuksista ja kustannusten oli oltava yli 50 e/asm<sup>2</sup> tai muuten kustannukset rinnastettiin vuosikorjaukseen, jolloin korjausta ei tuettu. Mikäli asunto-osakeyhtiön energiataloutta parannetaan perusparantamisen yhteydessä tai energiankäytöstä aiheutuvia päästöjä vähennetään, voi perusparantamista varten myönnetyn lainan suuruus kasvaa 50 %:iin hankkeen kustannuksista. Lisäksi kuntakohtaisesti avustuksia voidaan myöntää erilaisiin korjaustoimenpiteisiin. (ARA 2010)

Vuosina 2009 ja 2010 suhdanneluonteisia korjausavustuksia myönnettiin yli 22 000 asuintalokohteelle, joissa oli yhteensä noin 800 000 asuntoa. Avustusten kokonaisarvo oli noin 2,5 miljardia euroa ja niitä myönnettiin asunto-osake- ja vuokratyöyhtiölle. Asunto-osakeyhtiötiloissa korjausavustukset lisäsivät etenkin vuosikorjauksia, koska vuosikorjaukset lisääntyivät 146 miljoonalla eurolla vuonna 2009 vuoteen 2008 verrattuna. Peruskorjaukset sen sijaan vähenivät 71 miljoonaa euroa. Energiapainotteisia suhdanneluonteisia korjausavustuksia myönnettiin enintään 15 prosenttiin



hyväksyttävistä korjauskustannuksista. Tukia myönnettiin yhteensä noin 29 miljoonaa euroa. (Rakentaminen 2011-2012, 2011)

## **5 RAKENNUSTEN ENERGIANKULUTUKSEEN VAIKUTTAVAT KORJAUSTOIMENPITEET**

Asuinkerrostalojen korjauksen syitä ovat vauriot ja virheet, rakennuksen käyttötarkoituksen muutos, laatutason parantaminen, rakennuksen vanheneminen ja kuluminen sekä energian säästö. Korjaustoimenpiteet ja niiden laajuus riippuu rakennukselle asetetuista laatuvaatimuksista ja -tavoitteista, rakennuksen ja sen osien teknisestä kunnosta, arkkitehtuurisista seikoista, rasitusoloista sekä taloudellisista resursseista. (Lehtinen et al. 1990)

Tässä tutkimuksessa korjaustoimenpiteet ryhmitellään seuraaviin osioihin:

- Lämmityslatteiden korjaukset
- Ilmanvaihtokorjaukset
- Vesi- ja viemärikorjaukset
- Ikkuna- ja ovikorjaukset
- Julkisivukorjaukset (ulkoseinät)
- Yläpohjan ja vesikaton korjaukset
- Parvekkeiden korjaukset
- Alapohjakorjaukset
- Muut korjaustoimenpiteet

### **5.1 Lämmityslaitteiden ja -verkoston korjaukset**

Ylivoimaisesti yleisin lämmitysmuoto asuinkerrostaloissa on kaukolämpö, vain vajaassa 10 % kerrostaloista on öljykeskuslämmitys. Useimmissa kerrostaloissa on vesikiertoinen patterilämmitys. Varsinkin 1970-luvun ja tätä vanhempien kerrostalojen lämmitysverkoston monet laitteet ja komponentit ovat elinkaarensa lopussa. Useissa kerrostaloissa vesi- ja viemärikalusteita onkin jo uusittu, mutta monesti korjaukset kannattaisi suorittaa aikaisemmin. Korjauksia aikaistamalla voitaisiin säästyä esimerkiksi vesivahingoilta sekä laajemmilta korjauksilta. Lämmitysverkoston laitteiden ja komponenttien kuntoa pitäisi seurata säännöllisesti varsinkin yli 15 vuotta käytössä olleessaan. (Palonen 2011; Rakennusten lämmitysjärjestelmät 2007)

Alla on esitetty lämmityslaitteiden komponenttien tavoitteellisia käyttöikä KH-90-40016 mukaan. (KH-90-40016; Taloyhtio.net, lämmitysverkoston elinkaaret)

Komponentti	Tavoitteellinen käyttöikä (a)
• Lämmönsiirtimet	
• putki	30
• levy	20
• paisunta- ja varolaitteet	10
• kiertovesipumput	20
• lämpöjohdot	50–100
• lämmityspatterit varusteineen	50–100
• patteriventtiilit	25
• termostaatit	10
• moottoriventtiilit	15
• sulku- ja säätöventtiilit	20
• varoventtiilit	10
• säätölaitteet	10
• LTO-patterit	20

Lämmityslaitteiden korjausvaihtoehtoja ovat muun muassa lämmönsiirtimen, linjasäätöventtiilien ja pattereiden uusiminen tai korjaaminen ja lämmitysverkoston perussäätö. (Palonen 2011; Rakennusten lämmitysjärjestelmät 2007)

### 5.1.1 Lämmitysverkoston perussäätö

Lämmitysverkoston perussäädöllä vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä asennetaan toimimaan suunnitelmien mukaisesti eli varmistetaan, että kaikissa huoneistoissa on suunnitelmien mukaiset huonelämpötilat. Perussäätö parantaa asumisviihtyisyyttä ja liian korkeiden lämpötilojen alentaminen vähentää allergiaoireita ja kuivan ilman sekä pölyn aiheuttamia ongelmia. Motivan mukaan perussäädöllä voidaan saavuttaa kiinteistössä jopa 10–15 % energiansäästö.

Perussäädössä selvitetään aluksi lämpöjohtojärjestelmiin liittyvien laitteiden kunto. Patteriventtiilit on usein vaihdettava esisäädöllä varustettuihin venttiileihin. Perussäädön yhteydessä suoritetaan verkoston ilmaus ja menoveden lämpötila asetetaan suunnittelijan ohjearvojen mukaiseksi. Lämmitystehoa voidaan säädellä muuttamalla menoveden lämpötilaa lämmitystarpeen mukaan, pääasiassa lämmöntarve riippuu ulkolämpötilasta, mutta siihen vaikuttavat myös sisäiset lämmönlähteet ja aurinko (Seppänen et al. 2007; Palonen 2011; Motiva 2002). Yleensä asuinhuonelämpötilaksi valitaan noin 20–22 °C, ja porrashuoneiden ja varastojen lämpötilaksi 15–18 °C. Liian korkea huonelämpötila lisää tarpeetonta ikkunatuuletusta ja näin ollen lämpöhäviöitä. Yhden asteen sisälämpötilan muutos merkitsee noin 5 % muutosta

energiankulutuksessa, joten lämpötilat kannattaa valita huolella. Patteriverkoston perussäätö voi tuoda säästöjä lämmitysenergian pienenemisen, lämpöjohtopumpun sähkönkulutuksen ja tilausvesivirran pienentämisen kautta. (Palonen 2011).

### **5.1.2 Kaukolämpölaitteiden (lämmönsiirtimen) uusiminen**

Kaukolämpölaitteiden käyttöikä vaihtelee hyvin paljon, pisimmillään laitteet kestävät yli 30 vuotta. Laitteiden kuntoa pitäisikin seurata säännöllisesti, jotta korjaustoimiin voidaan ryhtyä ajoissa. (Rakennusten lämmitysjärjestelmät 2007)

Lämmönsiirtimessä kaukolämpövesi lämmittää rakennuksen käyttöveden ja lämmitysverkoston veden. Asuinkerrostalossa on yleensä erilliset lämmönsiirtimet lämmitysverkkoa ja käyttövettä varten. Nykyiset vesikalusteet ovat vettä säästäviä, ja vanha lämmönsiirrin onkin usein ylimitoitettu. Lämmönsiirtimen teho mitoitetaan lämmitystehon mukaan käyttökohteittain. Lämpöteho määritellään paikkakuntakohtaisen mitoitusulkolämpötilan mukaan ja lämpötehon avulla määritellään suurin tilausvesivirta. (Rakennusten lämmitysjärjestelmät 2007)

Vanhan lämmönsiirtimen levyn tai putkiston seinämiin on saattanut kertyä likaa, joka heikentää lämmönsiirtymistä ja jäähtytystä. Tämän seurauksena kaukolämmön paluulämpötila tai painehäviö lämmönsiirtimessä nousee. Kaukolämpöjärjestelmien käyttöikä on noin 25 vuotta. Tämän jälkeen ne kannattaa yleensä uusia kokonaan, vaikka laitteet vielä toimisivatkin. Kehittyneen lämmönsiirtotekniikan vuoksi kaukolämmöstä saadaan uusien laitteiden myötä enemmän lämmitystehoa kuin aiemmin. (Taloyhtio.net, lämmönjakokeskus ja elinkaaret; WebDia-palvelu; Energiategollisuus 2007)

## **5.2 Ilmanvaihtokorjaukset**

Ilmanvaihto on suurin yksittäinen tekijä asuinkerrostalojen lämpöenergian kuluttajana, sen mukana kuluu noin 30 - 40 % rakennuksen energiasta. Ilmanvaihto pitäisi mitoittaa suurimman tarpeen mukaan, mutta käyttää vain todellisen tarpeen mukaan. Tämän vuoksi ilmanvaihtoa pitäisi pystyä tarpeen mukaan ohjailemaan ja ilmavirtoja muuttamaan. Ilmanvaihdon lämmitysenergiankulutusta voidaan pienentää yli puolella lämmöntalteenotolla poistoilmasta sekä rakenteiden tiivistyksellä, kokonaisuudessaan lämpöenergian kulutus voi siis laskea jopa 25 %. Lämmöntalteenotolla hukkaan menevästä energiasta saadaan hyödynnettyä hyvin tiivistetyssä talossa 40 - 70 % laitteista riippuen. (Palonen 2007; Junnonen & Lindstedt 2009)

Korjausikään tulevilla kerrostaloissa asuntojen ilmanvaihto on usein riittämätöntä ja täyttää vain harvoin nykyiset määräykset. Ilmanvaihdon vähimmäisvaatimus on nykyisten määräysten mukaan 0,5 l/h ja esimerkiksi 1960- ja 1970-luvuilla rakennetuista rakennuksista neljässä viidestä ilmanvaihtuvuus on vähäisempää

(Junnonen & Lindstedt 2009). Ilmanvaihtojärjestelmien hankintakustannukset ovat melko korkeita. Putkistojen ja linjasaneerausten yhteydessä toteutetun ilmanvaihtojärjestelmän uudistuksen kustannuksia voidaan säästää 20–40 % verrattuna erillään toteutettuun hankintaan.

### **5.2.1 Painovoimainen ilmanvaihto**

Painovoimainen ilmanvaihto perustuu paine-eroon, joka syntyy lämpötilaerojen ja tuulen vaikutuksesta. Ilmavirrat vaihtelevat lämpötilan sekä tuulen nopeuden ja suunnan mukaan, minkä vuoksi esimerkiksi kesällä tyynellä säällä ilmanvaihto voi olla olematonta. 1950-luvun puoliväliin asti ilmanvaihto hoidettiin kerrostaloissa yleensä painovoimaisena. (Palonen 2007)

### **5.2.2 Koneellinen ilmanvaihto**

Koneellisen poiston käyttö alkoi vuonna 1953 ja se on yleisin ilmanvaihtojärjestelmä kerrostaloissa. Koneellisessa ilmanvaihdossa paine-ero saadaan aikaan puhaltimella tai huippuimurilla ja ilmavirran tehokkuutta säädellään puhaltimen kierrosnopeutta muuttamalla. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa poistopuhaltimella saadaan kanavistoon aikaan alipaine ja tuloilma otetaan rakennuksen epätiiviykskohdista ulkoilmasta tai lähinnä 1990-luvulla ja sen jälkeen rakennetuissa taloissa myös korvausilmaventtiileillä. Koneellinen ilmanvaihto tulisi pitää koko ajan päällä ilman epäpuhtauksien poistamiseksi. Käyttöä voidaan tehostaa aikaohjauksella esimerkiksi arvioituna ruoanlaitto-aikana tai todellisen käyttötarpeen mukaan nykyään useammin liesikuvun säätimillä. Koneellista poistoilmanvaihtoa rakennettiin käytännössä vuoteen 2003 asti, jolloin uudet tiukemmat ilmanvaihtomääräykset astuivat voimaan. Poistoilmaventtiilit sijoitettiin keittiöihin, vessoihin, kylpyhuoneisiin ja vaatehuoneisiin. Poistokanavina käytetään betonisia hormielementtejä sekä 1970-luvulla yleistyneitä kierresaumattuja peltikanavia. Ulkoilmaventtiileitä on ryhdytty asentamaan vasta 1980-luvun lopulla. Korvausilmalaitteet sekä liesikuvut tulivat palkollisiksi vuonna 1987. (Kerrostalot 1880-2000, 2006; Palonen 2007)

### **5.2.3 Painovoimaisen ilmanvaihdon korjaukset**

Painovoimaista ilmanvaihtoa voidaan parantaa huoltotoimenpiteillä ja pienillä korjauksilla. Ilmanvirtausaukkojen pitäisi pysyä avoimena, joten poistoilmaventtiilit on puhdistettava riittävän usein. Samalla huolehditaan siitä, ettei venttiileitä peitetä esimerkiksi kalustuksella tai tavaroilla. Oviraot ovat saattaneet pienentyä väliovien tai lattiapinnoitteiden uusimisen yhteydessä, tällöin rako on palautettava tai oveen on asennettava erillinen siirtoilmasäleikkö. Virtausaukon alan pitäisi olla lähes yhtä suuri kuin poistokanavan alan, esimerkiksi kylpyhuoneessa tämä vastaa 2 cm ovirakoa 80 cm levyisessä ovesa. Painovoimaisessa ilmanvaihdossa ilmavirroista on voinut tulla liian pieniä ikkunoiden vaihtamisen tai tiivistämisen seurauksena. Ilmavirtoja voidaan lisätä

yksinkertaisesti poistamalla ikkunatiivistettä 0,2 - 1 metrin matkalta, jolloin tosin samalla heikennetään rakennuksen tiiviyttä. (Palonen 2007)

Ilmavirtoja voidaan myös lisätä asentamalla rakennukseen ulkoilmaventtiilit. Ratkaisu on toimiva, mikäli rakennus on selvästi liian tiivis. Ulkoilmaventtiilien huonona puolena on vetoisuuden lisääntyminen, minkä vuoksi venttiilien tulisikin olla säädettäviä tai automaattisesti säätyviä. Mikäli järjestelmän kanavat ovat tiiviitä, painovoimainen poistoilmanvaihto voidaan muuttaa myös koneelliseksi poistoksi asentamalla poistohormin päähän poistoilmapuhallin ja vaihtamalla poistoilmaventtiilit. Myös koneellisen tulo- ja poistoilmanvaihtoon siirtyminen on mahdollista, mutta korjaustyöt edellyttävät yleensä uuden kanaviston rakentamista ja kustannukset ovat korkeat purku- ja asennustöiden vuoksi. (Pallari et al. 1995)

#### **5.2.4 Koneellisen poistoilmanvaihdon korjausmahdollisuudet**

Koneellista poistoilmanvaihtoa voidaan parantaa asentamalla ulkoilmaventtiilit, siirtoilmareittien tarkistamisella, poistoilmapuhaltimien kunnostamisella, huippuimurin uusimisella tai vaihdolla sekä äänihaittoja vähentämällä poistoventtiiliin kiinnitettävällä äänenvaimentimella (Kerrostalot 1880-2000, 2006). Koneellisessa poistoilmanvaihdossa ulkoilmaventtiilien asentaminen makuu- ja olohuoneisiin parantaa ilmanvaihdon hallittavuutta. Venttiilit voidaan asentaa seinään tai ikkunarakenteisiin (Pallari et al. 1995). Rakennuksen energiatehokkuutta ja viihtyisyyttä voidaan parantaa myös tuloilmaikkunoiden avulla. Niitä kannattaa harkita erityisesti silloin, kun rakennuksessa suoritetaan ikkunaremonttia ilmanvaihtoremontin kanssa samanaikaisesti. Tuloilmaikkunassa ulkoilma johdetaan ikkunan puitteiden väliseen tilaan karmien kautta ja siitä huoneilmaan yläkarmin tai -puitteen läpi. Ilmavirta lämpenee virratessaan rakenteen läpi ja myös ikkunaan kohdistuva auringonsäteily lämmittää tuloilmaa. Ulkoilma voidaan myös suodattaa. (Heimonen & Hemmilä 2006)

Ilmanvaihtoa ohjailtaan usein aikaohjauksella, jolloin ilmanvaihtoa tehostetaan tiettyinä ajanjaksoina. Kaikki asukkaat eivät kuitenkaan tarvitse tehokkaampaa ilmanvaihtoa samaan aikaan, joten toimivampi ratkaisu on keittiössä ilmanvaihdon tehostus liesikuvusta ja venttiiliohjaus. Ilmavirrat mitoitetaan venttiiliohjauksessa vähintään arvoon 0,5 l/h ja keittiön ilmanvaihtoa voidaan tehostaa liesikuvusta. Myös muissa tiloissa voidaan käyttää tehostusta ja käytännössä tehostus voidaan suorittaa käsin tai esimerkiksi kylpyhuoneessa kosteuden perusteella automaattisesti. Venttiiliohjauksessa ilmavirrat voidaan mitoitaa todellisen käyttötarpeen mukaan, mikä säästää energiaa. (Pallari et al. 1995)

Vanhat huippuimurit kuluttavat usein paljon sähköä. Nykyaikaisten huippuimureiden sähkönkulutus voi olla vain puolet aiemman imurin sähkönkulutuksesta, joten uusimisella saadaan selviä säästöjä sähkönkulutuksessa.

### 5.2.5 Nuohous ja ilmapvirtojen säätö

Nuohouksella saadaan rakennuksen ilman laatua parannettua. Kanavien puhdistuksen jälkeen ilmapvirrat yleensä hieman kasvavat, joten myös energiankulutus lisääntyy.

### 5.2.6 Ilmanvaihdon säätö

Poistoilmajärjestelmän säädöillä voidaan parantaa ilmanvaihdon toimivuutta ja sisäilmaolosuhteita. Perussäätö voidaan toteuttaa käyttötekniisinä parannuksina olemassa olevalla tekniikalla tai investointeja vaativina korjauksina esimerkiksi huonokuntoisten osien purkuna ja uusimisena, osakorjauksina ja laatuason nostona (Palonen 2007). Tehostetun ilmanvaihdon vuoksi energiankäyttö voi jopa lisääntyä. Tällaisissa tapauksissa kasvaneiden kustannusten lisäksi on otettava huomioon lisääntynyt viihtyvyys ja terveellisyys, joita ei voida helposti kustannuksissa arvioida.

Järjestelmän energiankulutusta voidaan alentaa puhaltimen käyntiaikoja lyhentämällä, ilmapvirtojen käyttömukaisella ohjauksella sekä puhaltimen kokonaishyötysuhdetta parantamalla. Hyötysuhdetta alentavia seikkoja ovat muun muassa puhaltimen imuaukossa olevat häiriöt, liian suuri sähkömoottori, löysä tai kireä kiilahihna, likaisuus sekä huonot kanavaliitokset. (Palonen 2007)

Ulkosäleikön painehäviötä pienentämällä voidaan vähentää energiankulutusta. Painehäviötä voidaan vähentää ruosteaurioiden korjaamisella, suojaverkon puhdistuksella, kiinnityksiä kiristämällä sekä suodattimen vaihdolla. Lisäksi ulkoilmapelien tiiviys kannattaa tarkistaa. Pellin pitäisi sijaita mahdollisimman lähellä ulkosäleikköä ja ulkoilmapelin pitäisi avautua kokonaan. (Palonen 2007)

Lämmöntalteenottolaitteilla varustetuissa kerrostaloissa lämmöntalteenoton hyötysuhdetta saadaan parannettua ohivuodot korjaamalla, LTO-laitteiden ja suodattimien puhdistuksella sekä lämmönsiirtonestevirtoja ja säätövikkoja korjaamalla. Lisäksi on huolehdittava siitä, ettei LTO-laite pääse jäätymään, jolloin poistoilmavirta pienenee ja lämpövastus lisääntyy, minkä seurauksena ilmanvaihto huononee ja talteen otettu lämpömäärä vähenee. Säätö- ja valvontalaitteiden asetusarvoja parantamalla voidaan lisäksi alentaa energiankulutusta. (Palonen 2007)

### 5.2.7 Ilmanvaihdon uusimisvaihtoehdot

Ilmanvaihtojärjestelmän uusimisvaihtoehdot ovat:

- huoneistokohtainen tulo- ja poistoilmavaihto (seinäpoistolla)
- keskitetty tulo- ja poistoilmavaihto
- välimallit: hajautettu tuloilmavaihto ja keskitetty poisto

Lisäksi uusiin ilmanvaihtoratkaisuihin kannattaa aina liittää lämmöntalteenotto.

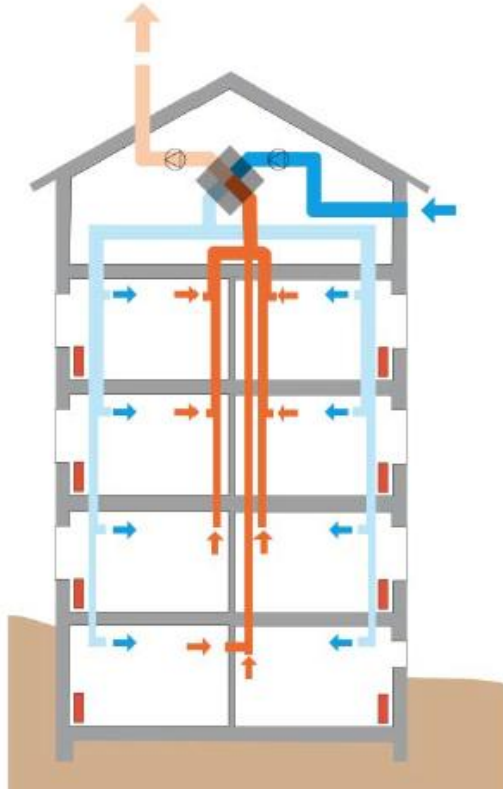
Suurimmassa osassa korjattavista kerrostaloista on käytössä painovoimainen tai koneellinen poistoilmanvaihto. Tällöin ilmanvaihtojärjestelmää uusittaessa vaihtoehtoiksi jäävät huoneistokohtainen tai keskitetty ilmanvaihtojärjestelmä. Mikäli rakennuksen energiatehokkuutta halutaan selvästi parantaa, energiansäästön kannalta paras vaihtoehto on koneellinen lämmöntalteenotolla varustettu tulo-poistoilmanvaihto. Huoneistokohtainen lämmöntalteenotolla varustettu tulo- ja poistoilmanvaihto on usein helpoin toteuttaa ja parhaiten toimiva sekä säädettävä, mutta myös kustannuksiltaan kallein.

Painovoimaisen ilmanvaihtojärjestelmän muuttaminen keskitetyksi koneelliseksi tulo- ja poistoilmajärjestelmäksi on työläs ja kallis, koska kanaville joudutaan tekemään uusia asennusreittejä. Keskitetyssä järjestelmässä on käytössä yksi yhteinen ilmanvaihtokone tai joka kerroksessa on oma ilmanvaihtokoneensa. Mikäli ilmanvaihto on ongelmana vain yksittäisissä asunnoissa, voidaankin koko talon ilmanvaihtojärjestelmän uusimisen sijaan tehdä huoneistokohtaisia parannuksia. Puhaltimien sähkönkulutus kasvattaa rakennuksen sähkönkulutusta noin kolmesta kWh/m<sup>2</sup>:stä noin kuuteen kWh/m<sup>2</sup>:een (Palonen 2011). Se on vain pieni osa rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta, mikä lämpöenergiankulutuksen vähenemisen myötä laskee usein selvästi. (Kerrostalot 1880-2000, 2006, s. 114; Nieminen 2010)

### **5.2.8 Keskitetty tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä**

Keskitetyssä tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmässä tuloilman pystykuilut pitää vanhoihin taloihin rakentaa ja kuilut vievät tilaa rakennuksen porrashuoneista tai asunnoista. Poistokanavistona voidaan yleensä ainakin osittain käyttää rakennuksen nykyistä järjestelmää. Uusi ilmanvaihtokonehuone asennetaan usein vesikatolle tai ullakkotiloihin. Keskitetyssä järjestelmässä usealla asunnolla on yhteinen ilmanvaihtokone ja ilmavirtoja asunnoissa voidaan säätää huoneistokohtaisilla venttiileillä (Seppänen et al. 1997). Keskitetyn järjestelmän hyvinä puolina on vähäinen huollon tarve asunnoissa (Palonen 2011; KIMU loppuraportti 2010). Kuvassa 5.1. on esitetty keskitetyn tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmän periaatepiirustus.

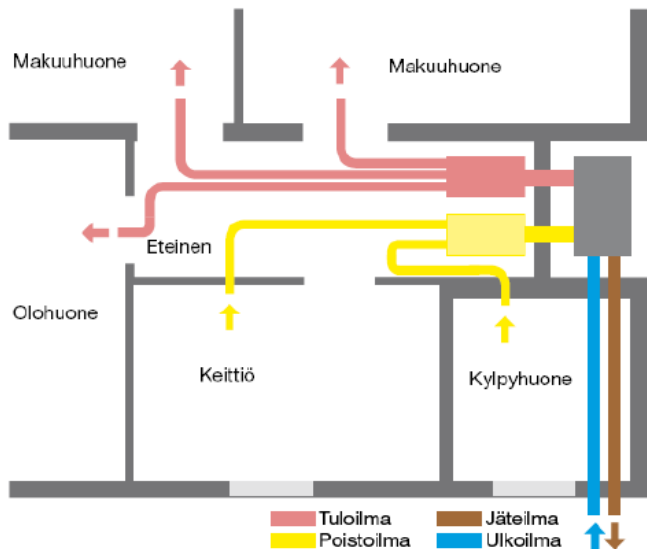




*Kuva 5.1. Keskitetty tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmä (KIMU, loppuraportti 2010).*

### 5.2.9 Huoneistokohtainen ilmanvaihto

Huoneistokohtaisessa tulo- ja poistoilmanvaihdossa ilman ulospuhallus tapahtuu seinäpuhalluksena tai keskitettynä poistona. Järjestelmää sopii erityisesti kohteisiin, joissa tavoitellaan vaatimustasoltaan korkeita sisäilmaolosuhteita. Asuntokohtaisessa ilmanvaihtojärjestelmässä ilmanvaihtokoneet sijoitetaan usein kylpyhuoneisiin tai ovien yläpuolelle eteisiin, jolloin laitteiden huolto voidaan hoitaa esimerkiksi porrashuoneen kautta. Asukkaat voivat itse ohjata ilmanvaihtoaan säätämällä keittiön tai kylpyhuoneen säätöpeltiä. Tavallisesti asuntojen tuloilmavirta on 80 % poistoilmavirrasta ja loppu 20 % tulee rakennusvaipan vuodoista. Huoneistokohtaisen ilmanvaihdon periaate on esitetty kuvassa 5.2.



*Kuva 5.2. Huoneistokohtainen ilmanvaihto (KIMU, loppuraportti 2010).*

Huoneistokohtaisesti säädettävällä ilmanvaihdolla saadaan paras viihtyvyys ja suurimmat energiansäästöt oikein toteutettuina ja käytettynä, mutta myös investointikustannukset ovat korkeat. Huoneistokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä mahdollistaa myös paremman lämmön talteenoton hyötysuhteen kuin keskitetty järjestelmä. Huoneistokohtainen ilmanvaihto lisää jonkin verran huoltokustannuksia, huollon kannalta yksinkertaisin ratkaisu uudessa ilmanvaihtojärjestelmässä on keskitetty tulo- ja poisto. (Palonen 2011; Lahti et al. 2010)

### 5.2.10 Koneellisen poiston yhdistäminen huoneistokohtaisiin tuloilmakoneisiin

Huoneistokohtaisen ja keskitetyn ratkaisun välimuoto on järjestelmä, jossa hyödynnetään käytössä olevaa koneellista poistoilmanvaihtojärjestelmää ja täydennetään sitä huoneistokohtaisilla tuloilmakoneilla ja lämmöntalteenotolla. Tässä vaihtoehdossa vanhan järjestelmän poistokanavisto nuohotaan ja poistoilmapuhaltimet tai huippuimurit uusitaan lämmönsiirtimillä varustetuilla malleilla. Jokaiseen huoneistoon asennetaan oma tuloilmakone, joka huolehtii tuloilman koneellisesta tuonnista. Lisäksi tarvitaan lämmönkeruuputkisto, joka yhdistää lämmönsiirtimet tuloilmakoneisiin. Tässä vaihtoehdossa poistoilma ei lämmitä suoraan tuloilmaa, vaan poistoilma lämmittää ensin lämmönkeruunestettä, joka taas lämmittelee tuloilmaa. Järjestelmällä saadaan lämmöntalteenoton lisäksi parempi sisäilman laatu lämpimän ja suodatetun tuloilman ansiosta. (teeparannus.fi, lämmöntalteenotto poistoilmasta)

### 5.2.11 Lämmöntalteenoton kannattavuus ja rajoitukset

Rakennuksen tiiviys vaikuttaa merkittävästi lämmön talteenoton kannattavuuteen. Mikäli rakennuksen tiiviys on heikompi kuin 2-3 l/h, rakennus kannattaa tiivistää ennen

lämmön talteenottoon ryhtymistä. Lämmön talteenotolla saavutetaan energiatalouden lisäksi muitakin hyötyjä, kuten sisäilman laadun paraneminen ja vedon väheneminen, jotka on myös otettava huomioon päätöksiä tehdessä. Poistoilman lämmöntalteenoton rakentaminen edellyttää yleensä siirtymistä koneelliseen tulo- ja poistoilmanvaihtoon. Nykyään on markkinoille tullut myös tuotteita, joiden yhteydessä tuloilmakanavistoa ei tarvitse rakentaa, vaan lämpö otetaan lämpöpumpuilla talteen poistuvasta ilmasta. Lämpö siirretään veteen, joka lämmittää kiinteistöä sekä mahdollisesti myös lämmintä käyttövettä. (RS Partners, Therecon)

Lämmöntalteenotto toteutetaan pyörivällä lämmönsiirtimellä tai levylämmönsiirtimellä. Lämmöntalteenoton hyötysuhde tarkoittaa sitä, miten suuri osa lämmöstä saadaan talteen. Esimerkiksi poistoilman lämpötilan ollessa + 22 °C, ja lämmittäessä tuloilman -22 °C lämpötilasta 0 °C:een, ilma lämpenee 22 astetta. Poisto- ja ulkoilman lämpötilaero on tässä tapauksessa 44 astetta, ja tuloilman lämpötilahyötysuhde on  $22/44 = 0,5$  eli 50 %. Pyörivän lämmönsiirtimen hyötysuhde on yleensä jonkin verran parempi kuin levylämmönsiirtimellä. Pyörivän lämmönsiirtimen käyttöön liittyy kuitenkin rajoituksia. Pyörivä lämmönsiirrin ei esimerkiksi sovellu keskitettyihin ratkaisuihin, joissa likaiset ja puhtaat ilmapirrat voivat sekoittua (KIMU loppuraportti 2010; Lahti et al. 2010). Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde kuvaa vuoden aikana talteen otetun lämpömäärän suhdetta ilmanvaihdon lämmityksen vuodessa tarvitsemaan lämpömäärään. Talvella lämmön talteenottoa joudutaan rajoittamaan, jotta laitteen poistoilmapuolelle ei muodostuisi jäätä. Asuinrakennuksissa rajoituslämpötilaksi suositellaan + 5 °C. Lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteeseen vaikuttaa siis merkittävästi rajoituslämpötila ja paikkakunta. Esimerkiksi Sodankylässä voi lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde + 5 °C-asteen rajoituslämpötilassa olla 57 % ja Helsingissä samassa rajoituslämpötilassa 65 %. Tämän vuoksi eteläisemmässä Suomessa lämmöntalteenotolle saadaan keskimäärin paremmat vuosihyötysuhteet verrattuna Pohjois-Suomeen. (KIMU loppuraportti 2010; Palonen 2011; Lahti et al. 2010)

### 5.2.12 Ilmanvaihdon korjausten kannattavuus

Ilmanvaihtoon liittyvät korjaukset usein lisäävät rakennusten energiankulutusta, minkä vuoksi korjauksia suunniteltaessa on nostettava esille muutkin kuin energiasäästöihin liittyvät seikat. Ilmanvaihdon parantaminen tai uusiminen nostaa asumisviihtyisyyttä ja asuntojen terveellisyyttä sekä voi vähentää muun muassa rakenteiden kosteutta ja näin vähentää niihin liittyvää kunnostustarvetta.

Tiiviisiin kerrostaloihin kannattaa yleensä asentaa lämmöntalteeellaotolla varustettu ilmanvaihtojärjestelmä, esimerkiksi koneellinen tuloilmajärjestelmä. Katolle johdettavien jäteilmakanavien tulisi olla vuotamattomia, mikä kasvattaa usein korjauskustannuksia (Pallari et al. 1995). Jäteilman puhaltaminen ulos seinästä on huomattavasti edullisempaa, mutta rajoituksia tähän asettaa asuntojen poistoilmaa

koskevat määräykset ja niiden tulkinta. Lisäksi seinäpuhalluksessa on riskinä, että epäpuhtaudet kulkeutuvat asuntojen välillä ja talotekniset ratkaisut aiheuttavat esteettistä haittaa julkisivulle, lisäksi vaimentamaton puhallinmelu voi aiheuttaa häiriöitä. (KIMU loppuraportti 2010; Palonen 2011)

### **5.3 Vesi- ja viemärilaitteiden korjaukset**

Asuinkerrostalojen lämpöenergiasta noin 20 % poistuu viemärien kautta. Lämpöenergian kulutusta on mahdollista pienentää yksinkertaisilla toimenpiteillä, joilla lämpimän käyttöveden kulutusta vähennetään. Merkittävin energiansäästöpotentiaali vesi- ja viemärijärjestelmissä on vettä säästävillä vesikalusteilla. Vanhemmassa kerrostalokannassa vesikalusteet onkin pääasiassa jo ehditty uusimaan. Tehokkaita toimenpiteitä lämpimän veden kulutuksen vähentämiseen kerrostaloissa on huoneistokohtaisten vesimittareiden asentaminen ja huoneistokohtainen lämpimän käyttöveden laskutus kulutuksen perusteella. (RIL 249-2009; Junnonen & Lindstedt 2009)

Yleensä vesi- ja viemäriputkistojen korjausten syynä on niissä esiintyvä korrosio. Se muun muassa lisää verkoston kunnossapitokuluja, heikentää veden laatua, vähentää vedenjakelun tehokkuutta sekä lisää vesivahinkoriskiä. Asuinkerrostaloissa vesivuodot alkavat yleistyä erityisesti rakennuksen ylittäessä 30 vuoden iän. (Palonen 2011)

#### **5.3.1 Viemäriputkien uusiminen**

Viemäriputkien täydellinen uusinta on kallein ja samalla varmin putkiremontin muoto. Uusimisessa vanhat vaaka- ja pystylinjat sekä vesikalusteet puretaan ja uusitaan. Se soveltuu kohteisiin, joissa on kosteus- ja mikrobivaurioita, rakennuksen laatutasoa halutaan nostaa, halutaan tehdä tilamuutoksia tai rakennuksen sähköasennukset aiotaan korjata samalla. Putkien purkamisen ja uusimisen arvioitu käyttöikä on noin 50 vuotta. Putkiremontin kustannukset ovat keskimäärin noin 400 e/m<sup>2</sup>, joten korjaustoimenpiteenä se on yksi kalleimmista (Taloussanomat 16.11.2010). (Hallittu putkiremontti 2008)

Täydellistä uusimista hieman kevyempiä korjaustoimenpiteitä on uusien putkistojen ja kaapelointien asentaminen vanhoihin putkikuiluihin sekä vanhojen putkikuilujen jättäminen paikoilleen ja uusien putkien asennus uusiin koteloihin. Nämä menetelmät soveltuvat kohteisiin, joissa vanhat hormit ovat helposti avattavissa tai uusille putkistoille on riittävästi tilaa. (Hallittu putkiremontti 2008) Osittainen uusiminen soveltuu kohteisiin, joissa vain osa linjoista vaatii korjausta.

Putkien pinnoitus sisäpuolelta mahdollistaa putkien korjaamisen rakenteita suuremmin rikkomatta. Pinnoituksessa putkien sisäpinta puhdistetaan mekaanisesti ja kuivunut pinta pinnoitetaan elastisella massalla. Pinnoitekehittäjien mukaan putkiston kestoikää

voidaan pinnoittamalla lisätä noin 40 vuotta. Sujutuksella tarkoitetaan menetelmää, jossa vanhan putken sisään asennetaan uusi putki. Usein sujutusputki on muovipintaista polyesterihuopaa, joka paineilman avulla asennetaan paikoilleen. Se kovettuu tiiviisti vanhan putken seinämiin uudeksi putkeksi. Toimenpide on nopea ja aiheuttaa asukkaille vain vähän häiriöitä. Sekä pinnoitus että sujutus voidaan tehdä rakenteita juurikaan avaamatta ja se soveltuu kohteisiin, joissa ei ole tarkoitus nostaa laatutasoa ja märkätilojen rakenteet eivät tarvitse korjausta. Rakenteiden, vedeneristysten, pintojen, vesikalusteiden sekä lattiakaivojen on myös oltava kunnossa pinnoitusta tai sujutusta käytettäessä. Sujutus ja pinnoitusmenetelmien arvioitu käyttöikä on noin 15 vuotta. (Hallittu putkiremontti 2008)

### 5.3.2 Vesikalusteiden uusiminen

Kerrostaloissa kulutetaan vettä noin 150–160 litraa asukasta kohden vuorokaudessa (Junnonen & Lindstedt 2009). Vedenkulutusluvut asuinrakennuksissa ovat pudonneet 1970-luvun kulutukseen verrattuna hieman muun muassa putkistomitoituksen uudistuksen, vesikalusteiden ja laitteiden kehittymisen ja kulutustottumusten muutosten myötä. Vesimittareiden asennus ja laskutus kulutuksen mukaan voi laskea lämpimän käyttöveden kulutusta noin 10 %. (Ympäristöministeriö 2009, huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutukseen, työryhmämuistio; Junnonen & Lindstedt 2009)

Lämmintä käyttövettä kuluu eniten peseytymiseen. Käyttöveden lämmitysjärjestelmän energiankulutus muodostuu veden lämmitysenergiamäärästä sekä lämmitysjärjestelmien eri osien, kuten putkiston, kiertojohdon sekä lämmönkehityslaitteiden lämpöhäviöistä. Asuinkerrostaloissa lämmitysjärjestelmän kuluttamasta lämmitysenergian käytöstä lämpöhäviöt ja kosteiden tilojen lämmityksen osuus on noin 40 %. Vedenkulutuksen pienentäminen 20 % vähentää siis käyttöveden lämmitysenergiaa vain noin 10 %. (Junnonen & Lindstedt 2009)

Lämpimän veden kulutusta voidaan vähentää muun muassa seuraavilla toimenpiteillä:

- vesijohtoverkoston oikea mitoitus
- lämpimän käyttöveden lämpötilan asetus ja kiertojohdon virtaaman mitoitus
- vesilaitteiston vesitiiviys
- WC-laitteiden ja muiden kalusteiden huolto
- asukastiedotus

Lisäksi energiankulutusta voidaan vähentää putkistoja lämpöeristämällä. (Junnonen & Lindstedt 2009)

### 5.3.3 Huoneistokohtainen vedenkulutuksen mittaus ja laskutus

Vedenkulutuksen huoneistokohtaisella mittauksella ja laskutuksella veden kulutusta voidaan vähentää merkittävästi. Uudisrakennuksissa asuntokohtaiset mittarit ovatkin tulleet pakollisiksi vuoden 2011 alusta lähtien. Korjausrakentamisessa 40 % korjattavista asunnoista asennetaan vesimittarit linjasaneerausten yhteydessä (Kiinteistölehti 3/2008). Vesimittarit voidaan asentaa kylmään veteen, lämpimään veteen tai molempiin. Mikäli veden kulutus mitataan molemmista, pystytään asukkaita laskuttamaan luotettavimmin vedenkulutuksestaan sekä lämpimän käyttöveden energiankulutuksesta. Mittarit sijoitetaan helposti asennettaviin, luettaviin ja huollettaviin paikkoihin. Vesimittarit voidaan lukea mittarista suoraan huoneistosta tai porraskäytävän huoltokaapista, rakennuksen teknisestä tilasta, jossa on keskitetty kiinteistökohtainen luenta tai etäluentana esimerkiksi huoltoyhtiössä. Laskutus perustuu joko asukkaiden ilmoittamiin lukemiin tai kaukoluentajärjestelmään. Tieto saadaan parhaiten hyödynnettyä ja virheiden määrä on vähäisempi kaukoluenta käyttämällä. Samaa mittauspäättettä voidaan kaukoluentassa käyttää kaukolämpöveden, käyttöveden, kaukolämpöenergian ja sähkönkulutuksen kaukoluentaan. (Rakennusten lämmitysjärjestelmät 2007; Palonen 2011)

Vesimittarijärjestelmä on peruskorjattava noin 12 vuoden välein. Vesimittareiden ja mittaustietojen seurantajärjestelmien investointi- ja ylläpitokustannukset ovatkin melko korkeita verrattuna saatuihin kulutussäästöihin. Toisaalta vesimittareilla ja niihin perustuvalla laskutuksella pyritään kannustamaan veden- ja energiansäästöihin sekä se lisää asukkaiden omia vaikutusmahdollisuuksia asumiskustannuksiin. Lisäksi mahdolliset laiteviat ja vesivuodot huomataan tuntiseurannan avulla helposti ja niihin voidaan reagoida nopeasti. (Rakennusten lämmitysjärjestelmät 2007; Palonen 2011)

## 5.4 Ikkuna- ja ovikorjaukset

Suurimmassa osassa kerrostaloja ikkunat ovat puupintaisia ja kaksilasisia. 1940-luvulla yleistyi kaksilasin sisänavautuva MS-ikkuna ja 1960-luvulle asti ne lasitettiin ja pintakäsiteltiin paikan päällä. Lasitus ja pintakäsittely siirtyivät ikkunatehtaille 1960-luvulla, minkä seurauksena ikkunoiden käyttövaikeudet ja huollontarve usein lisääntyivät ja ikkunoiden käyttöikä lyheni. 1960-luvun lopulla maalaus käsittelyssä suosittiin tummansävyisiä puunsuoja-aineita ja petsejä, mikä kiihdyttää auringonsäteilyn ja kosteuden yhteisvaikutusta haurastuttaen puun pintaa (Hagan 1996). Kolmilasista MSK-ikkunaa ja MSE-yhdistelmäikkunoita alettiin käyttää 1970-luvun puolivälissä energiakriisin ja uusien rakentamismääräysten myötä. Vuonna 1974 uudet rakentamismääräykset ja energiakriisi johtivat kaksilasisista ikkunoista siirtymisen kokonaan kolmilasisiin ikkunoihin. 1990-luvun aikana yleistyivät puualumiini-ikkunat ja eristyslaseja käyttämällä päästiin huomattavasti aiempaa parempiin lämmöneristävyyksiin (Kerrostalot 1880-2000, 2006; Ruuska 2007). Parvekeikkunat

ovat useimmiten kiinteällä sisälasilla ja ulosavautuvalla puitteella varustettuja kaksilaisisia puuikkunoita. Parvekkeiden ovet ovat yleensä kaksilehtisiä puurakenteisia ovia, ja niiden ongelmana on usein taipuneen sisäoven aiheuttama epätiivisyys ja lahovauriot. (Ruuska 2007)

Ikkunoiden merkittävin rasitustekijä on ulkopuolisen veden tunkeutuminen puuainekseen, erityisesti ulkopuitteen alakappaleeseen ja alakulmaliitoksiin. Puuosien jatkuva kosteana pysyminen aiheuttaa lahoamista. Myös auringon säteily ja ilman epäpuhtaudet ovat ikkunoiden rasitteina. Usein erityisesti eteläsivun ja yläkerrosten ikkunat joutuvat kovempaan rasitukseen kuin pohjoisjulkisivun ikkunat (Taivalantti 1997). Ikkunoiden korjaustoimenpiteet voidaan jakaa kolmeen ryhmään: kunnossapitokorjaukseen, ikkunoiden osittaiseen uusimiseen sekä ikkunoiden uusimiseen (Haukijärvi 2005).

#### **5.4.1 Ikkunoiden kunnossapitokorjaus**

Jos perusparannustarvetta ei vielä ole, riittää, että ikkunoille tehdään kunnostus maalaamalla ja tiivistämällä ja vanha rakenne säilytetään ennallaan. Vaurioituminen pyritään pysäyttämään uusimalla ja korjaamalla pinnoitteita, tiivisteitä, kittauksia, saumauksia ja heloja. Lisäksi ikkunan toimivuutta, kuten avattavuutta ja ilmanpitävyyttä, voidaan parantaa. Kunnossapitokorjauksilla ei paranneta oleellisesti ikkunan ominaisuuksia alkuperäisestä lähtötasosta, mutta korjauksilla lisätään ikkunarakenteen käyttöikä (Haukijärvi 2005). MSK- ja MSE-tyyppisten ikkunoiden karmi- ja puiterakenteiden keskimääräinen U-arvo on noin 1,1–1,4 W/m<sup>2</sup>K, joten tiivistyksillä lämpöhäviötä voidaan pienentää hiukan (Hemmilä 1992). Ikkunarakenteen ulkopuolisten osien maalausväliksi suositellaan ilmansuunnasta riippuen peittomaalatuille ikkunoille 5-8 vuotta, kuultokäsitellyille 2-5 vuotta ja sisäpuolisille osille 8-15 vuotta (Haukijärvi 2005). Hyväkuntoisilla ikkunoilla riittää, että lohkeillut maali poistetaan ja tämän jälkeen suoritetaan huoltomaalaus. Huonokuntoisemmilla ikkunoilla vanha maali pitää poistaa kokonaan, minkä jälkeen maalataan osat uudelleen. (Mehto 2007)

#### **5.4.2 Ikkunoiden osittainen uusiminen**

Osittaisessa uusimisessa parannetaan ikkunan lämmön- ja ääneneristävyyttä lisälaseja lisäämällä tai laseja vaihtamalla eristyslaseihin. Ikkunan karmirakenne kuitenkin säilytetään ennallaan ja toimenpide soveltuukin vain rakenteille, joiden puurakenteet ovat hyvässä kunnossa. Ikkunoiden osittaisessa uusimisessa vanhaa rakennetta yleensä kunnostetaan muun muassa tiivisteitä uusimalla ja maalauskorjauksilla. Ulkopuolisella lasilaseilla (lisäpuite) vanha ikkunarakenne peitetään kokonaan ulkopuolelle asennettavalla uudella ikkunalla. Yleensä käytetään tavallista niin sanottua float-lasia tai eristyslaseja. Lisäpuite soveltuu parhaiten vanhojen kaksilasisien MS-ikkunoiden korjaamiseen sekä kohteisiin, joissa julkisivulle tehdään verhoukorkorjaus

lämmöneristyksellä, jolloin ulkoseinän paksuus kasvaa. Tällöin uusi ikkunarakenne saadaan ulkoseinän kanssa samalle syvyydelle. Osittainen uusiminen voidaan toteuttaa myös vaihtamalla vaurioitunut ulkopuite uuteen, jolloin vanha ulkopuite poistetaan saranoineen ja lukkoineen. Yleensä vanha puinen ulkopuite korvataan alumiinisella vaihtopuitteella, tällöin myös karmin ulkopinta suojataan alumiiniprofiililla. Vaihtopuite soveltuu melko pahoinkin vaurioituneisiin rakenteisiin, ikkunan karmit eivät kuitenkaan saa olla pahoin vaurioituneita. Erityisesti kolmilasisten MSK-ikkunoiden korjaamiseen vaihtopuite on usein hyvä ratkaisu. Kaksilasisen MS-ikkunan U-arvo paranee noin 2,1–2,8 W/m<sup>2</sup>K:sta tavallisella lasilla lasitetun etuikkunan myötä noin arvoon 1,5 W/m<sup>2</sup>K, kovapintaista selektiivilasia käyttämällä U-arvoon 1,25 W/m<sup>2</sup>K ja kryptonkaasutäytteistä selektiivieristyslasia käyttämällä U-arvoon 1,0 W/m<sup>2</sup>K. (Haukijärvi 2005)

### 5.4.3 Ikkunoiden uusiminen

Ikkunoiden kokonaan uusimisessa vanha ikkunarakenne poistetaan karmeineen ja sen tilalle asennetaan uusi ikkunarakenne. Uusi ikkuna voidaan valita samoista ikkunatyypeistä, joita käytetään uudisrakentamisessa. Lasivalinnoilla voidaan vaikuttaa ikkunan ominaisuuksiin, yleensä käytetään float-laseja tai eristyslaseja, lisäksi laseissa voidaan käyttää myös erilaisia selektiivi- tai auringonsuojapinnoitteita. Vanhojen kaksilasisten ikkunoiden U-arvo on noin 2,5 W/m<sup>2</sup>K ja kolmilasisten 1,8 W/m<sup>2</sup>K, joten ikkunoiden uusiminen esimerkiksi U-arvoltaan 0,8-1,0 W/m<sup>2</sup>K oleviin tavanomaisiin ikkunoihin pienentää selvästi rakennuksen lämpöhäviötä (Haukijärvi 2005; RIL-249-2009). Kerrostalojen ikkunoita uusittaessa ja vaipparakenteen tiiviyyttä lisätessä on painovoimaisessa ilmanvaihdossa korvausilman saanti huomioitava ratkaisuihin, jotta sisäilman laatu ei huonone (RIL-249-2009). Rakennuksen ilmanvaihtoa voidaan myös parantaa käyttämällä tuloilmaikkunaa, jolloin huoneiston korvausilma saadaan ikkunarakenteesta olevien tuuletusventtiilien kautta, myös raitisilmaventtiileitä voidaan käyttää (Haukijärvi 2005).

### 5.4.4 Ovikorjaukset

Puisten ulko-ovien ja parvekkeen ovien tavanomaisia korjaussyitä ovat lahovauriot, kuluminen, tiivistepuutteet ja valmistusviat, esimerkiksi oven kierous. Lahovaurioita syntyy kun kastunut puu ei pääse kuivumaan. Useimmiten syynä on sadeveden pääsy vaakaliitosten kautta ovirakenteen sisään tai lasioivessa veden valuminen lasia pitkin lasin ja puun väliin (Museovirasto) Yleensä kerrostalojen ulko-ovet ovat metallioivia.

Ovien lämmöneristävyys vaikuttaa erityisesti sen tiiviys. Useimmiten erityisen ongelmallisia kohtia ovat karmin ja ovilevyn välinen rako sekä karmin ja seinän välinen rako. Ovilevyn ja karmin väli voidaan tiivistää ikkunatiivisteellä. Ulko-oven karmin ja seinärakenteen tiiviyyttä voidaan parantaa sullomalla vanhaa eristettä tiiviimmäksi ja



lisäämällä uutta eristettä. Myös ovien sulkeutumista voidaan tarpeen vaatiessa parantaa esimerkiksi kiristämällä saranoiden ruuveja tai ovea höylämällä.

Rakennuksen lämmöneristävyyttä voidaan parantaa myös rakentamalla tuulikaappi, mikäli se tilaan soveltuu. Lisäksi ovilistat voidaan kunnostaa maalaamalla ja halkeamat liimaamalla. Erittäin huonokuntoiset ulko-ovet voidaan korvata uusilla ovilla. Tällöin yleensä myös rakennuksen lämmöneristävyys paranee. Nykyään tavanomaisten ulko-ovien U-arvo on noin 0,8–1,0 W/m<sup>2</sup>K, kun esimerkiksi 1900-luvun puolivälissä ulko-ovien U-arvot ovat olleet yleensä väliltä 1,2–3,2 W/m<sup>2</sup>K. (Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeet 1955)

#### **5.4.5 Parvekeovien uusiminen**

Varsinkin huonokuntoisissa parvekkeiden ovissa tiivistykset ovat usein puutteellisia ja vanhojen ovien U-arvot nykyisiä selvästi heikompiä. Parvekeovien kautta voi tapahtua siis merkittävääkin lämpöhäviötä. Nykyisten tavanomaisten parvekeovien U-arvot ovat noin 1,0, kun taas esimerkiksi 70-luvulla U-arvot ovat usein olleet yli 2,0. Tiivistyksillä U-arvoa ei saada merkittävästi laskettua, mutta asumisviihtyvyys paranee vedontunteen vähentyessä. (Fenestra; Ebeling 1963)

### **5.5 Julkisivukorjaukset**

Julkisivukorjauksissa varsinkin vanhoissa, 1950-luvulla ja tätä aiemmin rakennetuissa kerrostaloissa pyritään säilyttämään rakennuksen ulkonäkö mahdollisimman lähellä alkuperäistä asuaan. Toisaalta julkisivujen alkuperäisiä ominaisuuksia pyritään taas tietoisesti muuttamaan esimerkiksi joissakin 1970-luvun betonielementti-kerrostaloissa. Julkisivujen korjauksen tavoitteena on rakennuksen alkuperäisen laatutason palauttaminen poistamalla turmeltumisilmiön tai rakennusvirheen aiheuttama vika tai haitta. Perusparannuksella taas laatutasoa nostetaan alkuperäistä paremmaksi. Perusparannusmenetelmiä ovat rapattu lämmöneriste, verhottu lämmöneriste, ulkokuoren purkaminen ja uusi ulkoverhous sekä elementtien vaihto. (Neuvonen 2009; Haukijärvi 2005)

1940- ja 1950-luvun julkisivut ovat usein rapattuja, mutta myös puhtaaksimuurattuja julkisivuja tehtiin. 1960-luvun alussa yleisimpiä julkisivuratkaisuja olivat puhtaaksimuurattu tiili, rappaus sekä julkisivulevyt. Vähitellen betonielementtiset julkisivut kasvattivat suosiotaan, ja jo 1960-luvun lopulta kerrostalojen ulkoseinä rakenteet olivat pääasiassa betonisandwich-elementtejä eli rakenteita, joissa on betonisen sisä- ja ulkokuoren välissä lämmöneriste. Yleensä kantavia sandwich-elementtejä on käytetty rakennuksen päädyissä ja vain itsensä kantavia nauha- ja ruutuelementtejä pitkällä sivuilla. 1970-luvun lopulla elementtitaloja alettiin päällystää tiililaatoilla, keraamisilla laatoilla ja 1980-luvulta lähtien myös väribetonilla. (Taivalantti 1997)

1960- ja 1970-luvuilla betonisandwich-elementit nousivat nopeasti suosituimmiksi julkisivurakenteiksi, mutta rakenteen kestävydestä ja toimivuudesta pitkällä aikavälillä ei ollut vielä kokemusta. Uusi tekniikka ja kokemuksen puute näkyy virheissä rakenteiden suunnittelussa, valmistuksessa, asennuksessa ja materiaaleissa (Taivalantti 1997). Betonielementtijulkisivujen tyypillisiä ongelmia ovat raudoitteiden ruostuminen, betonin pakkasrapautuminen, elementin ulkokuoren halkeilu ja kaareutuminen, saumojen ja yksityiskohtien toimimattomuus, pintakäsittelyjen vauriot ja julkisivulaattojen irtoaminen sekä lämmöneristyskerroksen ohuus. Vanhat sandwich-elementit ovatkin lämmöneristävyydeltään usein heikompia, kuin mitä teoreettisesti voitaisiin olettaa. Tämä johtuu eristekerroksen kosteudesta, eristepaksuuden ohuudesta sekä työvirheistä, esimerkiksi elementtien valussa lappeellaan eriste on painunut kasaan kuorien välissä (Taivalantti 1997). Betonin pakkasenkestävyyttä parantavaa lisähuokostusta alettiin yleisesti käyttää vasta 1970-luvun lopussa, mikä näkyy tätä aiemmin rakennettujen betonijulkisivujen pakkasrapautumisena. Betonin lujuus oli varsinkin 1960-luvulla alhainen, vain luokkaa K20. (Taivalantti 1997; Kerrostalot 1880-2000, 2006; Lahdensivu 2010a)

### **5.5.1 Betonijulkisivujen turmeltumisilmiöt ja vauriot**

Julkisivuille rasituksia aiheuttavat: ulko- ja sisäpuolinen kosteus, lämpötilanvaihtelut, auringon säteily ja saasteet. Yleisiä vaurioita ovat betonin rapautuminen, halkeamat, teräsosien korroosio, elementtien halkeilu ja kaareutuminen, kiinnitysvauriot, saumojen ja liitosten vauriot, mekaaninen kuluminen, likaantuminen sekä ilkivalta. Yleensä ankarimmat säärasitukset kohdistuvat julkisivun länsi- ja eteläisivuille, jonne vaurioita syntyy ensimmäisinä. (Suomen betoniyhdistys 2002)

Betonin pakkasenkestävyys riippuu pitkälti betonin huokoisuudesta. Heikoimmat suojahuokossuhteet ovat yleensä pesubetoni-, klinkkeri ja muottipintaisissa betonijulkisivuissa. Näistä julkisivuista noin 50 prosentissa ei ole pakkasenkestävyyden kannalta riittävää suojahuokostusta ollenkaan. Pakkaskestävyyden kannalta riittävän tiheä huokoisuus saadaan aikaan lisähuokoistuksella, jota alettiin käyttää systemaattisesti vasta 1970-luvun puolivälin jälkeen. Lisäksi huolellisella jälkihoidolla saadaan betoniin korkeampi hydraatioaste ja alhaista vesisementtisuhdetta käyttämällä pienempi kapillaarihuokosten määrä sekä suurempi betonin lujuus. Varsinkin 1960- ja 1970-lukujen kiivaan asuntotuotannon aikana muottikierto oli nopeaa, eikä jälkihoidolle jätetty juurikaan aikaa. Pakkasrapautumaa esiintyy hieman enemmän rannikolla kuin sisämaassa, koska rasitus on rannikolla kovempaa kuin sisämaassa. (Lehtinen 1997; Jokela 2008; Lahdensivu 2010a)

Kemiallinen rapautuminen johtuu yleensä sulfaatti- ja happoreaktioiden sekä alkalikiviainesreaktioiden seurauksena. Kemiallinen rapautuminen ei ole Suomessa merkittävä ongelma.

Elementtien halkeilua ja kaareutumista aiheuttaa muun muassa painumat ja plastinen kutistuminen sekä hydraation aiheuttama kutistuma ja kutistumaerot. Halkeamia syntyy rakenteen vetojännityksen ylittäessä betonin vetolujuuden. (Lehtonen 1997)

Terästen korroosion syytä ovat betonin karbonatisoituminen tai kloridit. Virheettömissä ja riittävän syvälle betoniin asennetuissa raudoitteissa ei korroosiota pitäisi tapahtua, koska betonin korkean alkalipitoisuuden vuoksi raudoitteiden pinnalle muodostuu niin sanottu passiivikalvo, joka estää korroosion syntymisen. Suojabetonin heikko tiiviys tai liian ohut kerros voivat kuitenkin mahdollistaa turmeltumisilmiöiden pääsyn rakenteeseen ja näin ollen korroosio voi käynnistyä. Teräksiä voidaan lisäksi suojata pinnoitteilla tai käyttämällä ruostumattomia raudoitteita. BeKo-tutkimuksessa korrosiovaurioita havaittiin silmämääräisesti 60 % tutkittavista julkisivuista. (Lahdensivu 2010b)

Kiinnitysvauriot johtuvat yleensä teräsosien korroosiosta tai pakkasrapautumisesta aiheutuneesta tartunnan pettämisestä. Erityisen herkkiä vaurioille ovat sandwich-elementtien ulkokuorten ja kuorielementtien kiinnitykset, jotka ovat korrosioherkissä olosuhteissa. Kiinnitysten vaurioiden taustalla voi olla myös työvirheet. (Lehtinen 1997)

Elastisten saumojen vaurioituminen aiheutuu usein saumausmassojen kovettumisesta, alun perin liian kapeista saumoista sekä työteknisistä virheistä. Saumojen vaurioituminen johtaa helposti saumausmassan halkeamiseen tai irtoamiseen rakenteesta ja näin vaurioittaa julkisivua ja heikentää lämmöneristävyyttä. (Lehtinen 1997)

Kuntotutkimuksissa betoninäytteitä poraamalla, terästen peitepaksuudet mittaamalla ja näytteet analysoimalla sekä silmämääräisillä havainnoilla saadaan yleensä riittävästi tietoa vaurioasteesta. Tutkimuksella saadaan selville tutkimushetkellä olemassa olevien vaurioiden syyt, laajuus ja vaikutukset sekä mahdolliset tulevaisuudessa syntyvät vauriot. Korjaustoimenpiteitä valittaessa huomioidaan myös tekniset ja esteettiset näkökulmat, kustannukset ja arvioitavissa oleva kestoikä. (Mehto 1997; Suomen betoniyhdistys 1997)

### **5.5.2 Korjausratkaisut**

Korjaustoimenpiteet jaetaan tässä betonielementtijulkisivuille, muuratuille ja rapatuille julkisivuille sekä levyjulkisivuille soveltuviin korjausratkaisuihin. Korjaustoimenpiteet valitaan vaurioiden kehittymisasteen perusteella ja yleensä lievät vauriot korjataan niin sanotuilla säilyttävillä korjauksilla ja vakavat sekä laajat vauriot uudelleenverhouksilla. (Mehto 1997)

#### Betonielementtijulkisivujen korjausratkaisut

- vanhan ulkokuoren paikkaus ja pinnoitus
- vanhan ulkokuoren peittävä korjaus ja lisäeristys
- vanhan ulkokuoren purkaminen ja uusiminen sekä lisäeristys

#### Muuratut julkisivut

- paikkaus- ja pinnoituskorjaus
- kuorimuurin purkaminen ja uusiminen sekä lisäeristys
- verhoukoraus
- halkeamien ja painumavaurioiden korjaukset
- laastisaumojen uusimiskorjaukset

#### Rapatut julkisivut

- paikkaus- ja pinnoituskorjaus
- rappauspinnan purkaminen ja uusiminen ja lisäeristys
- peittävä korjaus
- rappausalustasta aiheutuvien vaurioiden korjaus

#### Levyjulkisivut

- pinnoituskorjaus
- julkisivulevyjen purkaminen ja uusiminen ja lisäeristys

Betonijulkisivujen korjaustarpeita esiintyy BeKo-tutkimuksen mukaan 69–77 % julkisivuista paikkakunnasta riippuen, korjaustarvetta ei ole vajaalla kolmasosalla julkisivuista. Perinteisiä laastipaikkauksmenetelmiä käytetään noin kolmasosassa julkisivuista ja raskaita peittäviä korjauksia noin 5–10 % julkisivuista. Kevyitä menetelmiä voidaan käyttää noin 6–22 % julkisivuista. Suojaavien pinnoitteiden käyttö ei ole mahdollista 13–31 % julkisivuista, koska julkisivupinnat ovat esimerkiksi karkeapintaisia. Tulevaisuudessa peittävien korjausten määrä tulee kasvamaan ja suojaavan pinnoitteen käyttö korjauksissa vähenee. (Köliö 2010)

### 5.5.2.1 Betonielementtijulkisivujen korjaaminen

Betonisandwich-elementtijulkisivujen korjausmenetelmiä ovat muun muassa kevyet pintakorjaukset kuten paikkaus ja pinnoitus, perusteelliset laastipaikkaukset, ruiskubetonointi ja sähkökemialliset menetelmät, vanhan ulkokuoren paikkaus ja pinnoitus, vanhan ulkokuoren verhouk uudella rakenteella, vanhan ulkokuoren purkaminen ja uusiminen sekä eristerappaus. Energiansäästöjä voidaan lisäksi saavuttaa lisäeristämällä. (Holopainen et al. 2007)

Kevyissä pintakorjauksissa korjauksella pyritään lähinnä parantamaan julkisivun estetiikkaa esimerkiksi näkyvien teräskorroosio- ja rapautumavaurioiden paikkaamisella, saumauksien korjauksilla ja julkisivun pintakäsittelyllä. Vanhan ulkokuoren paikkauksella ja pinnoituksella betonisandwich-elementtien vaurioitumista voidaan yleensä hidastaa ja käyttöikä pidentää. Se soveltuu kohteisiin, joissa ei ilmene

vielä vakavia korjaustarpeita. Pinnoitteilla pystytään hidastamaan veden kapillaarista imeytymistä ehjään betoniseinään ja vähentämään pakkasrapautumaa. Orgaanisilla pinnoitteilla voidaan myös ehkäistä teräskorroosion syntymistä. Perusteellisissa laastipaikkauksissa rapautuma- ja korroosiovauriot etsitään ja korjataan. Myös saumaukset, detaljit ja julkisivupinta korjataan tai uusitaan tarvittaessa. Laastipaikkauksien korjaus heikentää rakenteen lujuutta. Pitkälle rapautuneissa julkisivuissa, joiden vetolujuus on selvästi alle 0,5-1,0 MPa, pinnoitus voi kiihdyttää vaurioitumista, joten se ei sovellu tällaisten seinien korjauksiin. Pinnoitus ja paikkaus on melko kevyt korjaustapa ja investointikustannukset alhaiset. Paikkauksella ja pinnoituksella voidaan hyvin säilyttää vanhan julkisivun ulkonäkö ja sen vuoksi se soveltuukin erinomaisesti rakennustaiteellisesti arvokkaisiin kohteisiin. Vähäisillä laastipaikkauksilla ja pinnoittamalla korjatun betonijulkisivun käyttöikä korjauksen jälkeen on 15 - 25 vuotta. (Holopainen et al. 2007; Sistonen et al. 2007)

Vanhan ulkokuoren verhoaminen uudella rakenteella on keskiraskas toimenpide, jolla on suurehko investointikustannus. Vanha vaurioitunut rakenne jää uuden pintarakenteen alle, joten uudella verhouksella voidaan muuttaa rakennuksen ulkonäköä huomattavasti. Myös seinän paksuus kasvaa, joten yleensä myös ikkunoita joudutaan siirtämään lähemmäs ulkopintaa. Verhoilevassa korjauksessa rakennuksen lämmöneristystä yleensä parannetaan, mikä vähentää energian kulutusta ja vedontunteen väheneminen lisää asumisviihtyvyyttä. Lisälämmöneristettä käyttäessä vanhan ulkoseinärakenteen karbonatisoituminen voi pahentua, mikäli kosteus pysyy uuden julkisivun alla korkeana (Hagan 1996).

Verhoaminen voidaan tehdä myös vanhan seinän ulkopintaan asennettavalla eristeellä sekä rappauksella ja rappauksen lujitteella ja kiinnikkeillä. Eristerappaus on lämmöneristeen päälle tehtävä rappaus, siinä laastikerrokset levitetään lämmöneristeen päälle. Eristerappaus on tuulettumaton rakenne. Pinnoite tehdään yleensä ohutrappauksena ja sen lujitteena on lasikuituverkko. Mikäli rakennuksessa ei ole ennestään räystäitä, kannattaa ne verhoukorkorjauksen yhteydessä asentaa vähentämään ulkokuoren saderasitusta (Kiukkonen 2011). Ohut- tai kolmikerrosrappauksella korjattujen julkisivujen käyttöikä on noin 40- 50 vuotta. (Holopainen et al. 2007)

Vanhan ulkokuoren purkamisessa ja uusimisessa vanha vaurioitunut ulkokuori ja lämmöneriste puretaan ja korvataan uudella rakenteella. Tätä korjaustapaa käytetään yleensä vain ulkokuoren ollessa pahoin vaurioitunut ja toimenpiteeseen liittyy korkeat investointikustannukset. Ulkokuoren päälle tehtyyn lisäeristämiseen verrattuna purkamiseen perustuvan ratkaisun etuina ovat rakenteen ohuus, sisäkuoren saumojen, läpivientikohtien ja ikkuna- ja oviliitosten tiivistysmahdollisuus. Esimerkiksi valusaumoja voidaan tiivistää ruiskubetonoinnilla tai rappaus- ja oikaisulaasteilla. Lisäeristysrakenne toteutetaan rapattuna lämmöneristykseenä tai lisärunkorakenteen avulla toteutettuna tuuletettuna rakenteena. (Lahdensivu 2011; Kerrostalot 1880-2000,

2006; Nieminen 2010)

Ulkopuolinen lisälämmöneristäminen on kannattavaa rakennuksissa, joissa ulkoverhous uusitaan tai sitä korjataan, jolloin edellytykset lämmöneristeen lisäämiselle ovat hyvät (Holopainen et al. 2007). Vaipan eristävyttä parantaessa on huomioitava rakenteen kosteustekninen toimivuus eli sisäpuolisten höyryn- ja ilmansulkujen toimivuus ja ulkopuolen sadevesitiiviys.

### **5.5.2.2 Massiiviset tiilimuurit ja muuratut julkisivut**

Massiivinen tiiliseinä oli 1950-luvulle asti yleisin asuinkerrostalojen ulkoseinärakenne. Tiiliseinät usein päällystettiin rappauksella, kalkkimaalilla tai erityisesti 1900-luvun alussa luonnonkiviverhouksella. Paksut tiilimuurit ovat yleensä kohtuullisen hyvässä kunnossa ja lämmöneristävyydeltään laskennallisia arvoja todellisuudessa parempia. (Kerrostalot 1880-2000, 2006)

Massiivisten tiilimuurien tyypillisin vaurio on muurauslaastin pakkasrapautuminen, yleensä tiilien pakkasenkestävyys on ollut melko hyvää. Lisäksi tiilijulkisivujen ulkopinnassa esiintyy rapautumista huonosti toimivien detaljien ja vedenpoistojärjestelmien sekä puutteellisten pellitysten vuoksi. (Lahdensivu 2010b)

Kuorimuurien käyttö yleisti 1950-luvun lopulla ja kuorimuureissa on käytetty yleisemmin poltettua punatiiltä, kalkkihiiekkakiveä sekä harvemmin erilaisia harkkoja. Kuorimuri on lämmöneristeen ulkopuolelle muurattu kuori, joka tukeutuu perustuksille ja on sidottu muuraussiteillä seinän sisäkuoreen. Massiiviseen tiiliseinään verrattuna kuorimuriin kohdistuu voimakkaampi säärasitus kuoren ohuuden ja tehokkaan lämmöneristeen vuoksi. Kuorimuurin yleisin vauriotapa on muuraus- ja saumauslaastin pintaosan pakkasrapautuminen. (Lahdensivu 2010b)

Muurattujen julkisivujen korjaustapoja ovat: paikkauskorjaus, kuorimuurin purkaminen ja uusiminen, verhoukorkorjaus sekä halkeamien ja painumavaurioiden korjaukset. Usein puhtaaksimuuratut tiiliseinät ovat niin hyväkuntoisia, etteivät ne tarvitse puhdistustoimenpiteiden lisäksi muita toimia. Sen sijaan puhtaaksi muuratuissa kuorimuureissa voi esiintyä pakkasrapautumaa (Ruuska 2007).

Paikkauskorjaus on korjaustoimenpiteistä kevyin ja siinä vanha rakenne säilyy lähes alkuperäisenä. Erilaisia korjaustoimenpiteitä ovat laastisaumojen pintaosien uusinta, yksittäiset tiilikorjaukset sekä tiilimuurin kolmikerrosrappaus. Kolmikerrosrappaus ja kosteusrasitusta alentava pinnoite soveltuu erityisesti julkisivuille, joissa tiilen tai muurauslaastin pakkasenkestävyys on heikkoa. Kosteusrasituksen tasoa alentavan rappauksen sekä suojaavan pinnoitteen käyttöikä on noin 30 - 50 vuotta. (Lahdensivu 2010b)

Kuorimuurin purkamista ja uusimisesta käytetään korjaustoimenpiteenä rakenteissa, joissa tiilimuuri on pahoin rapautunut. Vanha tiilimuuri ja laastit puretaan korjattavilta alueilta kokonaan ja tilalle tehdään uusi tiilimuuri. Ulkonäöllisesti uusi tiilimuuri erottuu vanhasta rakenteesta todennäköisesti selvästi puhtaampana ja uudempana alueena. Kuorielementeillä ja muurauksilla korjattujen julkisivujen arvioitu käyttöikä on noin 50 – 100 vuotta. (Sistonen et al. 2007)

Verhouskorjauksessa vanha tiilijulkisivu verhoillaan uudella pintarakenteella. Tällöin voidaan myös asentaa ulkoseinään lisälämmöneristys, mikäli vanhan rakenteen lämmöneristävyys on heikkoa. Peittävän korjauksen käyttöikä on noin 30 - 50 vuotta. (Lahdensivu 2010b)

Halkeama- ja painumavauriot korjataan injektointi- ja saumaustekniikoilla ja tarvittaessa kuorimuuriin tehdään liikuntasaumojä. Ensisijaisen tärkeää on selvittää ja poistaa halkeiluun ja painumiseen johtaneet syyt, usein halkeamat johtuvat perustusten painumisista tai pakkovoimista. (Lahdensivu 2010b)

### **5.5.2.3 Rapatut julkisivut**

Rappausta julkisivuissa on käytetty yleisesti 1960-luvulle asti. Asuinkerrostaloissa rappaus oli yleensä 20 - 50 mm paksu kolmikerrosrappaus ja se tehtiin tavallisesti muuratun rakenteen päälle. Hieman uudemmissa rakennuksissa alustana olivat myös kevytbetoni- betoni- ja erilaiset kevytsoraharkot. 1970- ja 1980-luvuilla julkisivurappausta ei juurikaan käytetty. (Lahdensivu 2010b)

Rapattujen julkisivujen yleisiä vaurioita ovat pakkasrapautuma rappauskerroksessa, muurauslaastissa, tiilissä tai harkoissa, halkeamat, teräsosien korroosio kosteustekniset puutteet. Rapattujen julkisivujen korjaustoimenpiteitä ovat paikkaus- ja pinnoituskorjaus, rappauspinnan purkaminen ja uusiminen, peittävä korjaus sekä rappausalustasta aiheutuvien vaurioiden korjaus. Lisäksi korjauksiin voi liittyä muita toimenpiteitä, joilla pyritään pienentämään rakenteelle tulevaa saderasitusta. Lisälämmöneristämällä saavutetaan säästöjä energiankulutuksessa. (Lahdensivu 2010b)

Peittävässä korjauksessa vanha rappaus peitetään uudella pintarakenteella ja yleensä lisälämmöneristämistäkin voidaan vanhan rakenteen ulkopinnassa käyttää. Eristysrappauksena käytetään kolmikerros- tai ohutrappausta ja se tehdään uuden lämmöneristekerroksen päälle. Peittävä korjaus soveltuu julkisivuille, joissa vaurioituminen on edennyt hyvin pitkälle. Sitä ei kuitenkaan suositella kohteisiin, jotka ovat kovassa rasituksessa, esimerkiksi meren läheisyydessä olevat korkeat rakennukset. Lisäksi ohutrappaus ei kestä mekaanista rasitusta kuten iskuja. Korjauksen käyttöikä on noin 30 - 50 vuotta. (Lahdensivu 2010b)

Rappauspinnan uusimisessa vanha rappaus puretaan kokonaan, rappausalustan vauriot korjataan ja rappaus tehdään uudelleen. Rappauksen uusiminen soveltuu julkisivuille, joissa vaurioituminen on niin pitkälle edennyt, että paikkaaminen ei ole enää järkevää. Yleensä uusiminen on järkevää, jos rappauspinnasta pitäisi uusia yli kolmannes. Uusintarappauksissa käytetään lisähuokostettuja laasteja myös niin sanotuissa suojelukohteissa, jotta rapatulle julkisivulle saadaan mahdollisimman pitkä käyttöikä. Tavoitteellisena käyttöikä tulisi uudella rappauksella olla noin 50 vuotta. (Lahdensivu 2010b)

#### **5.5.2.4 Levyjulkisivut**

Levyjulkisivuja on yleisimmin käytetty 1950-luvun lopulta 1970-luvun loppuun. Julkisivulevyinä on käytetty sementtipohjaisia kuitulevyjä ja eri tavoin pintakäsiteltyjä eri metalleista valmistettuja metallilevyjä. Levyjulkisivut voidaan korjata pinnoituskorjaamalla tai levyjulkisivu purkamalla ja uusimalla, jolloin voidaan vaikuttaa myös rakennuksen energiankultukseen.

Levyjulkisivujen purkamisessa ja uusimisessa vanhat julkisivulevyt sekä usein myös kiinnittämisessä käytetyt rankarakenteet puretaan ja julkisivulevytys tehdään uudelleen. Myös lisälämmöneristeen lisääminen on usein mahdollista ja kannattavaa. Korjausratkaisu soveltuu pitkälle ja laajalle alalle vaurioituneisiin julkisivuihin. Levyverhouksilla korjattujen julkisivujen käyttöikä on korjausten jälkeen noin 40 – 60 vuotta. (Lahdensivu 2007)

#### **5.5.2.5 Sisäpuolinen lämmöneristys**

Yleensä sisäpuolista lämmöneristystä ei suositella, mutta ulkoseinien sisäpuolinen lämmöneristys ilmaa ja kosteutta läpäisevillä lämmöneristeillä voi joskus olla kannattavaa, jos ulkopuolista lisälämmöneristämistä ei voida toteuttaa esimerkiksi julkisivun arkkitehtuurin vuoksi. Yleensä sisäpuolisella lämmöneristämällä saatava hyöty on pienempi kuin ulkopuolisella eristämällä saatava, koska sisäpuolisen eristämisen vaikutus kylmäsiltoihin on selvästi ulkopuolista lisäeristämistä pienempi. Lisäksi seinän ulkopuolinen kosteusrasitus kasvaa. (Nieminen 2007)

#### **5.5.3 Elementtisaumojen uusiminen**

Elementtisaumojen kunnossapitoväli on 10–25 vuotta, sillä elastiset liikuntasaumot menettävät joustoaan muun muassa auringon vaikutuksesta. Huonokuntoinen sauma alkaa halkeilla ja aiheuttaa vesivuotoriskin, minkä vuoksi elementtisaumat kannattaa paikata tai uusia ajoissa.

### **5.6 Yläpohja ja vesikatto**

Kerrostalojen kattoratkaisut ovat useimmiten tuulettuja tai tuulettamattomia ratkaisuja. Tuuletettujen kattojen lämmöneristeet ovat yleensä kevyitä esimerkiksi mineraalivilloja.



Tuulettamattomissa katoissa lämmöneristeet ovat kuormitusta kestäviä kuten levymäisiä mineraalivilloja, polystyreeniä tai -uretaania ja kevytsoraa. Mineraalivilla ja solumuovieristeitä käytettäessä eristeen päälle asennetaan niin sanottu laakeri- ja palonestokerros, jonka päälle vedeneristys on yleensä asennettu. Kevytsoraeristyksissä lämmöneristykseen päälle on valettu betonilaatta tai asennettu kevytsoraltaat ja näiden päälle on asennettu vedeneristys. (Kouhia et al. 2010)

1960-luvun alussa kerrostaloihin rakennettiin vielä hyvin erimuotoisia kattoja: loivia harjakattoja, porrastettuja harjakattoja sekä pulpettikattoja. Yläpohja oli tuuletettu, mutta käyttöullakkoja ei enää juurikaan vesikaton alle rakennettu. Useimmiten lämmöneristeenä käytettiin lastuvillalevyä ja katemateriaalina peltiä. (Kerrostalot 1880-2000, 2006)

1960-luvulla tasakatot kerrostaloissa alkoivat yleistyä ja tasakattoja tehtiin suoraan lämmöneristeen varaan. Kattoihin tehtiin yleensä sisäpuolinen vedenpoisto. Katemateriaaleina käytettiin usein kattuhuopaa, joka päällystettiin auringon UV-säteiltä suojaavalla singelillä. 1970-luvun lopulla tasakatot olivat edelleen yleisiä, mutta 1990-luvulla pulpetti- ja harjakatot olivat jo tasakattoja yleisempiä. Useimmiten katemateriaalina oli pelti, mutta jonkin verran käytettiin myös kattotiiliä. 1970-luvun ja tätä vanhempien kattojen vedeneristykset on yleensä uusittu vähintään kerran. Kumibitumia bitumikemikatteissa on alettu käyttää yleisemmin 1980-luvun lopulta lähtien. (Kerrostalot 1880-2000, 2006)

Tasakattojen ongelmia ovat olleet saumojen vuodot, kattokaivojen tukkeutuminen ja vesien kerääntyminen sekä jäätyminen katolla. (Kerrostalot 1880-2000, 2006)

Yläpohjan ja vesikaton korjaustoimenpiteitä ovat:

- Yläpohjan lisälämmöneristys, katon kaltevuuden muuttaminen ja vesikatteen uusiminen
- Pelti-, tiili- tai huopakatteen korjaus, kunnostus ja uusiminen
- Yläpohjan korjaukset
- Vesikatteen korjaukset

### **5.6.1 Yläpohjan lisälämmöneristys**

1950-luvulla ja sitä vanhemmissa kerrostaloissa on usein ullakkotilat, joiden lisäeristäminen on tavallisesti helppoa. Myös tuuletettujen kattojen lisäeristäminen on yleensä melko yksinkertaista. Rajoitteena on vain räystäiden tuuletusaukkojen auki pysyminen sekä ullakkotilan korkeus. Eristeenä on yleensä varminta käyttää saman tyyppistä eristettä, mitä aiemminkin on käytetty (Kerrostalot 1880-2000, 2006). Lämmöneriste lisätään vanhan eristeen päälle, mutta mikäli katteessa on ollut vuotoja

tai muita kosteusongelmia, on lämmöneristeiden kunto tarkistettava. Mikäli lämmöneristys on kastunut, on eristekerros kuivattava tai vaihdettava uuteen. Ilmaa läpäisevien lämmöneristeiden kuivaus on huomattavasti helpompi toteuttaa kuin umpisoluiusten, muovisten lämmöneristeiden. Lämmöneristekerrosta uusittaessa katon höyrynsulun kunto on hyvä tarkastaa ja tarpeen vaatiessa korjata. Lisäksi katon vedenpoistoa voidaan parantaa lisäämällä kaltevuutta kallistuseristeiden avulla. (Kouhia et al. 2010)

Tasakattoisissa kerrostaloissa lisäeristämistä voidaan harkita varsinkin vesikatetta uusittaessa. Tällöin voidaan eristettä paksuntaa tai lämmöneriste vaihtaa eristävämpään esimerkiksi solupolyuretaaniksi. Tasakattoisten kerrostalojen yläpohjan lisäeristämällä voidaan parantaa katon kaltevuutta ja vedenpoiston toimintaa. Lisäeristys voidaan asentaa vanhan vedeneristeeseen päälle tuuletettuna eristyskerroksena. Yleensä lisälämmöneristys korottaa hieman rakennuksen korkeutta ja räystäsrakenteet on uusittava. Tuuletettujen kattojen lämmöneristyksen parantaminen on yleensä helppo toimenpide, jos tuuletustila on riittävän korkea. (Kouhia et al. 2010; Lahti et al. 2010)

### **5.6.2 Yläpohjan kevyet korjaukset**

Yläpohjarakenteelle tehtäviä melko yksinkertaisia toimenpiteitä ovat ilmapuotojen poistaminen tiivistämällä. Useimmiten ilmapuotoja esiintyy seinien ja katon sekä katon läpäisevien rakenteiden liitoskohdissa ja korjaukset joudutaan tekemään asuntojen sisäpuolelta. Tuuletetuissa yläpohjissa tuuletusta voidaan tehostaa lisäämällä tuuletusaukkoja, alipainetuulettimilla tai koneellisella poistolla. Ullakolla ja ulkona olevat kanavat ja putket voidaan lämmöneristää, jottei kosteutta tiivisty ja jäädy niiden sisään. (Sisäilmayhdistys, vesikatto ja yläpohja 2008)

### **5.6.3 Vesikatteen korjaukset**

Vesikatteen korjaustavat riippuvat pitkälti katemateriaalista. Mikäli vesikate on vaurioitunut, se voidaan paikata ja uusia kokonaan tai osittain. Samassa yhteydessä voidaan harkita lisälämmöneritystä, varsinkin jos alusrakenteet vaativat korjaustoimenpiteitä. Teknisesti toimivan katon kunnostus voidaan varmistaa asentamalla uusi kermikate vanhan katteen päälle. Lämmöneristystä voidaan parantaa vanhan katteen päälle tehdyllä lisäeristyskerroksella ja vesikate uusimalla. (Kouhia et al. 2010).

Vesikaton kallistuksia voidaan muuttaa, jos katolle on päässyt syntymään vesilammikoita. Esimerkiksi jiirin pohjalle voidaan tehdä uudet vastakallistukset tai painuma-alueille rakentaa uudet kaivot. Laajoilla katoilla kallistuksia voidaan muuttaa kevytsoran tai kevytbetonimurskeen avulla. Muotoillun pinnan päälle asennetaan kovat mineraalivillalevyt ja vedeneriste. (Aho 1994; Sisäilmayhdistys, vesikatto ja yläpohja 2008)

## 5.7 Parvekkeet

Ennen 1960-luvulla rakennettujen kerrostalojen parvekkeet ovat yleensä paikalla valettuun välipohjaan terästen avulla kannatettuja pieniä ulokeparvekkeita. Tämän jälkeen rakennetut parvekkeet ovat useimmiten ulkonevia tai sisäänvedettyjä itsekantavia elementtirakenteisia torneja tai runkoon tukeutuvia parvekkeita. Myös ripustettuja kontteja ja eri parvekeratkaisujen sekamuotoja on käytetty.

Parvekkeiden tyypillisimpiä vaurioita ovat pellitysten ja teräsosien korroosio, parveke- ja pintalaatan pakkasrapautuminen puutteellisesta vedeneristyksestä johtuen, halkeilu ja pakkovoimat, juotosbetonin rapautuminen sekä huonosta vedenpoistosta aiheutuvat ongelmat. Pakkaskestävyydessä suurimmat puutteet ovat yleensä pieliementeissä. BeKo-tutkimuksessa silmämääräisesti havaittavia raudoitteiden korroosiovaurioita esiintyi 66 prosentissa parvekkeista. Korroosiovauriot ovat pääosin vain paikallisia, mutta laajoja vaurioita esiintyy 15 % parvekkeista. (Lahdensivu et al. 2010)

Parvekkeiden korjauksessa on tarkistettava uloketerästen kunto tai elementtiparvekkeissa riittävät kiinnitykset välipohjaan. Lisäksi varmistetaan ja korjataan vedeneristysten riittävyys, kaatojen, saumausten ja muiden vedenpoistoon vaikuttavien osien toimivuus. Elementtiparvekkeet ovat yleensä vedeneristämättömiä. Ruostuneet betoniteräksiset piikataan näkyviin ja suojataan tarkoitukseen soveltuvalla suoja-aineella. Betoniin liittyvät korjaukset voidaan tehdä laastipaikkauksina, valuina tai ruiskubetonoinnilla, ja betonipinnat maalataan tai suojakäsitellään. (Kouhia et al. 2010) Yleisin parvekkeiden korjaustoimenpide on laastipaikkauspinnoitus. (Julkisivukorjausten määrät 2002) Laastipaikattujen ja pinnoitettujen parvekkeiden arvioitu käyttöikä on korjauksen jälkeen noin 10–30 vuotta. Valupaikattujen ja ruiskubetonoitujen parvekkeiden käyttöikä taas on 15–40 vuotta. Pelkkä puhdistus ja huoltopinnoitus on uusittava 10–20 vuoden välein. (Sistonen et al. 2007)

Parvekkeiden lasitus suojaa vanhaa rakennetta sääräsitukselta ja lisää sen käyttöikää. Lasitus suojaa myös parvekkeen ovia ja ikkunoita sääräsitukselta. Parvekelasituksella saadaan aikaan myös lämpöenergiesäästöjä.

Mikäli parveke on laajasti vaurioitunut, voidaan parveke purkaa ja rakentaa uusi tilalle. Tällöin voidaan myös muuttaa parvekkeen ulkoasua, kokoa ja rakennejärjestelmää, jos se on tarpeen.

BeKo-aineiston mukaan parvekkeiden korjaustoimenpiteet jakautuvat niin, että noin puolet parvekkeista voidaan suojata kevyitä pinnoitustyyppisiä korjaustapoja käyttäen ja viidesosa parvekkeista tarvitsee paikkaus- ja pinnoituskorjauksia. Parvekkeista noin viidesosa ei tarvitse välittömiä korjauksia ja hieman vähemmän pitäisi uusia kokonaan. (Köliö 2010)

### **5.7.1 Parvekelasien asennus**

Parvekelasituksella voidaan saavuttaa säästöjä lämmitysenergiankulutuksessa, lisäksi ääneneristävyys paranee. Parvekelasituksen vaikutusta energiankulutukseen esitetään tarkemmin Tulokset-otsikon alla kohdassa 7.2.2.

### **5.7.2 Parvekkeen taustaseinän uusiminen tai lisälämmöneristäminen**

Parvekkeen takaseinä on yleensä ulkoseinää heikommin lämmöneristetty ja suuri osa sen alasta muodostuu ikkuna- ja parvekeovialasta. Mikäli taustaseinän U-arvo on hyvin korkea ja seinä muutenkin huonossa kunnossa, se voidaan uusida kokonaan. Taustaseinä voidaan myös lisälämmöneristää, tosin tällöin parvekkeen ala hieman pienenee.

## **5.8 Alapohjan korjausmahdollisuudet**

Alapohjan korjaaminen on suhteellisen haastavaa varsinkin maanvaraisissa alapohjissa. Ongelmat alapohjassa liittyvät lähinnä kosteuteen tai heikkoon lämmöneristykseen. Alapohjan eristävyyttä voidaan parantaa lisäämällä lämmöneristekerroksia tai vaihtamalla lämmöneriste paremmin eristävään. Lämmöneristeen vaihtaminen toiseen voi olla kannattavaa esimerkiksi viemäriputkien uusimisen yhteydessä ja jos lattian pintamateriaali joudutaan uusimaan sekä alapohjan vanha lämmöneriste on eristävyydeltään heikkoa. Mikäli ensimmäisen kerroksen tilat halutaan säilyttää entisen korkuisina, on vanha lattia purettava ja vanhojen eristeiden alta poistettava maa-ainesta lisäeristyksen paksuuden verran. Muutoin lisälämmöneristäminen nostaa ensimmäisen kerroksen lattian pintaa. Tällöin on myös tarkistettava uuden lämmöneristeen alle jäävän maa-aineksen laatu ja huolehdittava siitä, että kapillaarinen vedennousu on riittävän pieni. Ryömintätilainen alapohja voidaan periaatteessa lisälämmöneristää alapuolelta kiinnittämällä lisälämmöneriste yläpuoliseen rakenteeseen kiinnikkeillä. Tällöin erityistä huomiota on kiinnitettävä ryömintätilan kosteustekniseen toimivuuteen esimerkiksi tuuletusta korjaamalla. (Palonen 2011)

### **5.8.1 Sokkelin eristys**

Varsinkin julkisivun lisäeristämisen yhteydessä myös sokkelin lisälämmöneristämistä kannattaa harkita. Sokkelin lämmöneristäminen voi vähentää lattian kylmyyttä erityisesti reuna-alueilla. Lisäeristyksen asennus aloitetaan poistamalla maata sokkelin vierestä syvyysuunnassa vähintään 0,5 metriä ja noin 50–70 mm paksuinen lämmöneriste asennetaan vanhan sokkelin pintaan. (Palonen 2011; EPS-rakennuseristeteollisuus; Paroc-Renova asennusohje)

## **5.9 Laskutus huoneistokohtaisen lämmönkulutuksen perusteella**

Tavallisesti asuinkerrostaloissa maksetaan lämmönkulutuksesta asuinneliöiden perusteella vastikkeen mukana. Uudisrakennuksessa lämmitysenergiankulutuksen mittausta ja laskutus sen perusteella on melko yksinkertaista toteuttaa, mutta korjausrakentamisessa se on haastavampaa. Lämmitysenergian kulutukseen vaikuttaa monta yksityiskohtaa, jotka pitäisi laskutuksessa ottaa huomioon. Esimerkiksi asunnon sijainnilla kerrostalossa sekä ilmansuunnilla on suuri vaikutus kulutukseen. Lisäksi kulutukseen perustuvaan laskutukseen sisältyy jonkin verran virheitä ja huolto- sekä ylläpitokustannuksia. Keskeisimmät lämmitysenergianmittausjärjestelmät ovat sähköinen kulutusmittari ja haihtumiseen perustuva mittausta. Asukkaiden kulutukseen perustuvalla laskutuksella saadaan aikaan säästöjä lämpöenergiankulutuksessa varsinkin paljon lämmitysenergiaa kuluttavissa kerrostaloissa. Usein lämpöviihtyvyydestä ollaan kuitenkin valmiita maksamaan, joten lämpöenergianmittaus ei välttämättä johda säästöihin. Toisaalta huoneistokohtaisella laskutuksella voidaan saada vähennettyä asukkaiden ikkunatuuletusta patteriventtiilin säätämisen sijaan, joten varsinkin yllälämpimissä asunnoissa se voi olla kannattavaa. (Palonen 2011)

## 6 IDA-ICE –MALLINNUKSET

Energiankuluksen laskennallisia tarkasteluja tehtiin IDA Indoor Climate and Energy (IDA-ICE) –ohjelmistolla. Tampereelta valittiin kaksi olemassa olevaa kerrostalokohdetta, jotka mallinnettiin ohjelmalla. Molempiin kerrostaloihin on tehty betonijulkisivujen ja -parvekkeiden kuntotutkimukset 2000-luvun alussa. Eri arvoja muuttamalla pystyttiin tarkastelemaan eri korjaustoimenpiteiden vaikutusta rakennusten energiankulutuksiin. Simuloinneissa käytettiin Helsingin vuoden 1970 säätiedostoja, jotka vastaavat melko hyvin 2000-luvun Tampereen sääoloja.

Tampereen Hervannassa Arkkitehdinkadulla sijaitsevasta lamellitalosta sekä Amurissa Mustanlahdenkadulla sijaitsevasta tornitalosta piirrettiin rakennuspiirustusten ja muiden kohteiden tietojen perusteella CAD-ohjelmistolla pohjapiirustukset eri kerroksista. Pohjakuvat siirrettiin IDA-ICE –ohjelmaan, jossa määriteltiin kerrostalojen rakenteet, asukasmäärät, eri laitteiden ja järjestelmien käyttöajat ja tehot sekä muut tarpeelliset energiankulutukseen vaikuttavat tiedot.

### 6.1 Arkkitehdinkadun kerrostalo

Mallinnuksessa käytetty kohde on Tampereen Hervannassa sijaitseva vuonna 1985 valmistunut kuusikerroksinen asuinkerrostalo. Julkisivut ovat sandwich-elementtejä ja niiden pinnat pesubetonia. Rakennuksen päädyissä, itäjulkisivulla sekä ikkunoiden väleissä on lisäksi kahdessa ylimmässä kerroksessa maalattuja muottipintaisia elementtejä ja osia. Parvekerakenteet ovat omilla perustuksillaan seisovia parveketorneja, joissa parvekelaatta on pieliementtien välissä. Kaiteet on valettu laattoihin kiinni. Sokkelielementit ovat muottipintaisia pintakäsittlemättömiä umpielementtejä.

Kerrostalon rakenteet on selvitetty rakennuspiirustusten ja muun aineiston perusteella. U-arvoina simuloinneissa on käytetty rakennuspiirustuksissa ilmoitettuja arvoja sekä kuntotutkimuksessa mitattuja arvoja.

#### Yläpohja ja vesikatto:

- 2-kertainen huopakate, kiveys
- betoni 40 mm ja kevytsora vähintään 270 mm, kallistus ulkoseinille 1:40, jireissä 1:60
- kantava teräsbetonilaatta
- vesikaton vedenpoisto on sisäpuolinen

- räystäspellit
- U-arvo: 0,29 W/m<sup>2</sup>K

#### **Välipohja:**

- iskuääneneristävä lattiapäällyste
- kantava teräsbetoni-laatta 190mm
- porrashuoneissa lattiassa muovilaatta

#### **Alapohja:**

- lattiapäällyste
- teräsbetoni-laatta
- sitkeä paperi
- styrox noin 50 mm
- tiivistetty sora
- U-arvo: 0,4 W/m<sup>2</sup>K

#### **Seinät**

- kantava ulkoseinä (päädyt)
- betoni 60mm, mitattu: 55-72 mm ka 63mm
- mineraalivilla 120 mm, mitattu 108-118 mm, keskiarvo 114 mm
- betoni 150 mm
- U-arvo: 0,35 W/m<sup>2</sup>K

#### **Kevyt ulkoseinä (pitkät sivut)**

- betoni 60 mm
- mineraalivilla 120 mm
- betoni 70 mm
- U-arvo: 0,35 W/m<sup>2</sup>K

#### **Parvekkeen takaseinä**

- U-arvo: 0,36 W/m<sup>2</sup>K

#### **Kantava väliseinä:**

- betoni 160 mm
- huoneistojen valiset seinät 180 mm

#### **Osastoiva kantamaton väliseinä**

- betoni 80 mm

#### **Kevyt väliseinä:**

- betoni 70 mm

#### **Parvekkeet**

- parvekkeen pielet:
- betoni 150 mm, keskiarvo 151 mm

- pintakäsitelty maalilla
- ei lisähuokostusta
- pintakäsittelynä maali

Parvekelaatat:

- paksuus 180 mm, mitattu 178–192 mm, keskiarvo 185 mm
- suojahuokossuhteen keskiarvo 0,12
- kallistukset vähäisiä
- vedenpoisto parvekkeen sisäreunassa olevalla syöksyputkella
- laatan alapinnan etureunassa tippaura

Parvekekaiteet:

- paksuus keskiarvo 93mm
- lisähuokostus epäonnistunut (pakkasenkestävyys puutteellista)

### **Ikkunat ja ovet**

- Tavanomaiset puuikkunat
- Ikkunoissa vesipellitys (+ tippanokka), ulottuma seinästä noin 20 mm.
- U-arvo: 2,1 W/m<sup>2</sup>K
- Tuuletusluukut U-arvo: 0,7 W/m<sup>2</sup>K
- Puu-ulko-ovet U-arvo: 0,7 W/m<sup>2</sup>K (rakennuspiirustusten mukaan), käytetty arvoa 2,0 W/m<sup>2</sup>K
- Parvekkeen ovet U-arvo: 2,0 W/m<sup>2</sup>K
- Tuulikaapin teräsovet: U-arvo 3,1 W/m<sup>2</sup>K lasiosissa ja 2,0 W/m<sup>2</sup>K umpiosissa, koko ovirakenteelle käytetty U-arvoa 2,5 W/m<sup>2</sup>K

Rakennuksessa on koneellinen poistoilmanvaihto.

Ilmanpitävyyden arvona on käytetty 0,8 l/h.

Henkilömäärä: 75

Lämpimän käyttövedenkulutuksessa on käytetty rakentamismääräyskokoelman osassa D5 annettua arvoa 60 l/hlö/vuorokausi.

Laitteiden ja valaistuksen tehojen mitoituksessa käytettiin rakentamismääräyskokoelman osaa D5 sekä Kimmo Hilliahon diplomityössään käyttämiä laitteiden ja valojen lämpökuormia. IDA-ICE –ohjelmassa käytetty MET-luku kuvaa ihmisten aktiviteettitasoa huoneessa. Käyttöluku ilmaisee käytön tehokkuutta, luku 1 tarkoittaa, että käyttö on 100 % ja luku 0,5, että käyttö on 50 %. Arkkitehdinkadun kerrostalon laitteiden ja valojen käyttöajat sekä ihmisten oleskeluajat rakennuksessa on esitetty taulukossa 6.1.



**Taulukko 6.1.** Arkkitehdinkadun kerrostalon huoneiden käyttöajat sekä laitteiden ja valojen tehot.

<b>Makuuhuone</b> ihmiset laitteet valot	ma-pe: klo 22 -7.30, la-su: klo 23-8 20 W, klo: 7-9, 16-22 60 W, klo 7-9 ja 16-22	MET 0,7
<b>Olohuone</b> ihmiset laitteet valot	Käyttö 0,5, klo 7-8 ja 16-22 150 W, klo 7-8 ja 16-22 60W, klo 7-8 ja 16-22	MET 1,0
<b>Keittiö</b> ihmiset laitteet valot	Käyttö 0,5, klo 7-8, 16-19 ja 21-22 125 W, Käyttö 1: klo 7-8 ja 17-19, muuna aikana 0,75 25W, klo 7-9 ja 18-22	MET 1,0
<b>WC/Pesuhuone</b> ihmiset laitteet valot	Käyttö 0,5, klo 7-8 ja 21-22 25 W, klo 7-8 ja 21-22	MET 1,0
<b>Eteinen</b> ihmiset laitteet valot	15 W, Käyttö 0,5: klo 7-8 ja 16-21 25 W, Käyttö 0,5: klo 7-8 ja 16-21	
<b>Sauna</b> ihmiset laitteet valot	Käyttö 0,5: ma-pe, su: klo 20-21, Käyttö 1: la: klo 20-21 75 W, Käyttö 0,5: ma-pe, su: klo 20-21, Käyttö 1: la: klo 20-21 25 W, Käyttö 0,5: ma-pe, su: klo 20-21, Käyttö 1: la: klo 20-21	MET 1,0
<b>Vaatehuone</b> ihmiset laitteet valot	25 W, Käyttö 0,25: klo 7-8 ja 19-21	

Kerrostalon poistoilmavirrat on mitoitettu vuoden 1978 rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan:

- Keittiö 22 l/s
- Vaatehuone 3 l/s
- Pesuhuone 15 l/s
- WC 10 l/s
- Sauna 2 l/s

1,5-kertainen tehokäyttö on käytössä klo 6-9, 12-14, 16-18.

Pattereiden kokoina, virtaamina ja tehontarpeina käytettiin samoja arvoja, joita Kimmo Hilliahon diplomityössä oli lamellikerrostalon simuloinneissa käytetty. Arvot oli saatu tilaustyönä Antti Mäkiseltä AX-LVI Oy:stä. Mitoitus on tehty vuoden 1979 normien mukaisesti ja koot on määritelty Purmo Ventil Compact –patterien mitoitusaulukon perusteella. Arvot on esitetty taulukossa 6.2.

**Taulukko 6.2.** Patterien koot, virtaamat ja tehontarpeet (Hilliaho 2010).

Sijainti	Teho, W	Koko, m <sup>2</sup>	Virtaama, l/s	Malli (Purmo Ventil Compact)
Olohuone	1987	450x2000	0,0159	malli 22
Makuuhuone	1186	450x1200	0,0094	malli 22
Keittiö	1524	450x1600	0,0121	malli 22

Kerrostalon lämpöenergiankulutukseksi saatiin simuloinnin perusteella 110,8 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa ja kokonaisenergiankulutukseksi 182,4 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Rakennus kuuluu simuloinneilla saatujen arvojen mukaan ET-luokkaan E.

## 6.2 Mustanlahdenkadun tornitalo

Mustanlahdenkadun 13-kerroksinen asuinkerrostalo on rakennettu vuonna 1963. Julkisivut ovat klinkkeripintaisia sandwich-elementtejä, ikkunoiden välit ovat pellitetty ja sokkelit maalattuja. Parvekkeet ovat kantavista betonilaatoista muodostuvia sisäänvedettyjä parvekkeita. Betoniset parvekkeen kaiteet ja pielet ovat klinkkeripintaisia. Parvekkeiden vedenpoisto tapahtuu laattojen etureunan ja kaiteen välistä. Kerrostalon vesikatteena on huopakate ilman singeli- tai sirotepintaa. Katolla on sisäpuolinen vedenpoisto. Kerrostalossa on väestönsuoja, 12 asuinkerrosta sekä ylimmässä kerroksessa ullakko- ja saunatilat.

Rakenteet on selvitetty rakennuspiirustuksista. Kaikkia tarvittavia tietoja ja rakenteita ei piirustuksissa esitetty, joten osa rakenteista on kuviteltu aikakaudelle tyypillisiksi rakenteiksi. U-arvot ovat laskettuja.

### Yläpohja ja vesikatto

- bitumikermikate, ei signeliä
- betoni 40 mm ja kevytsora vähintään 270 mm, kallistus ulkoseinille 1:40, jireissä 1:60
- kantava teräsbetonilaatta
- U-arvo: 0,4 W/m<sup>2</sup>K
- vesikaton vedenpoisto on sisäpuolinen

### Välipohja

- lattiapäällyste
- betoni

- lämmöneriste
- teräsbetonilaatta 160 mm

### **Alapohja**

- betonilaatta
- vuorauspahvi
- lämmöneristys
- teräsbetonilaatta 160 mm
- arvioitu U-arvo: 0,46 W/m<sup>2</sup>K (Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeet 1955)

### **Seinät**

Kantava ulkoseinä, paikallavalusokkeli

- betoni 60 mm, mitattu keskiarvo 62 mm
- lämmöneriste 75 mm, keskiarvo 73 mm
- betoni 150mm
- laskettu U-arvo: 0,51 W/m<sup>2</sup>K

Kevyt ulkoseinä (länsisivu, itäisivun pohjoisosa)

- betoni 60 mm
- lämmöneriste 75 mm
- betoni 80 mm
- laskettu U-arvo: 0,52 W/m<sup>2</sup>K

Parvekkeen takaseinä

- 15 mm sisäverhouslastulevy
- oksamassapahvi
- 100 mm 4'' runko+vuorivillaeriste
- 5 mm lujalevy
- 22 mm pystyrimat
- julkisivuverhouspelti, alumiini
- laskettu U-arvo: 0,54 W/m<sup>2</sup>K

Kantava väliseinä

- betoni 160mm

### **Parvekkeet**

Parvekkeen pielet

- betoni 160 mm, ka 161mm
- pinnassa klinkkerilaatta

Parvekelaatat

- paksuus 180 mm, mitattu keskiarvo 178 mm

### Parvekekaiteet

- paksuus 70 mm, keskiarvo 72 mm
- lisähuokostus epäonnistunut

### Ikkunat ja ovet

- kaksilasiset MS-ikkunat, U-arvo: 2,5 W/m<sup>2</sup>K (arvio)
- ulko-ovet: U-arvo 2,2 W/m<sup>2</sup>K (Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeet 1955)
- parvekkeen ovet: U-arvo 2,2 W/m<sup>2</sup>K (Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeet 1955)

Laitteiden ja valojen lämpökuormina on käytetty samoja arvoja kuin Arkkitehdinkadun kerrostalossa ja ne sekä huoneiden käyttöajat esitetään taulukossa 6.3.

**Taulukko 6.3.** *Mustanlahdenkadun kerrostalon huoneiden käyttöajat sekä laitteiden ja valojen tehot.*

<b>Makuuhuone</b> ihmiset laitteet valot verhot	ma-pe: klo 22.00-7.30, la-su: klo 23.00-8.00 20 W, klo: 7-9, 16-22 60 W, klo 7-9 ja 16-22 tiivis verho sisäpuolella, ma-pe: 22-7.30, la-su: 23-8.00	MET 0,7
<b>Olohuone</b> ihmiset laitteet valot	Käyttö 0,5, klo 7-8 ja 16-22 150 W, klo 7-8 ja 16-22 60W, klo 7-8 ja 16-22	MET 1,0
<b>Keittiö</b> ihmiset laitteet valot	Käyttö 0,5, klo 7-8, 16-19 ja 21-22 125 W, Käyttö 1: klo 7-8 ja 17-19, muuna aikana 0,75 25W, klo 7-9 ja 18-22	MET 1,0
<b>WC/Pesuhuone</b> ihmiset laitteet valot	Käyttö 0,5, klo 7-8 ja 21-22 25 W, klo 7-8 ja 21-22	MET 1,0
<b>Eteinen</b> ihmiset laitteet valot	15 W, Käyttö 0,5: klo 7-8 ja 16-21 25 W, Käyttö 0,5: klo 7-8 ja 16-21	
<b>Sauna</b> ihmiset laitteet valot	Käyttö 1.0: ma- su: klo 18-21 75 W, Käyttö 1.0: ma- su: klo 18-21 25 W, Käyttö 1.0: ma-su, klo 18-21	MET 1,0

<b>Vaatehuone</b>		
ihmiset		
laitteet		
valot	25 W, Käyttö 0,25: klo 7-8 ja 19-21	

Patterien tehontarpeen laskennassa on käytetty apuna vuoden 1955 lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeita. Ilman lämpötilan mitoitusarvona asuinhuoneissa on ohjeissa +18 C. Taulukossa 6.4. on esitetty huoneistossa olevien patterien tehot, koot ja virtaamat. Suurimmissa huoneissa on useampia pattereita. (Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeet 1955)

**Taulukko 6.4.** Patterien koot, virtaamat ja tehontarpeet (Hilliaho 2010).

Sijainti	Teho, W	Koko, m <sup>2</sup>	Virtaama, l/s
Olohuone	1600	500x1600	0,0191
Makuuhuone	1140	500x1200	0,0136
Keittiö	1600	500x1200	0,0191

Ilmanvaihtuvuuden arvona on käytetty lukua 1,6 1/h. Arvo on tyypillinen 1960-luvun betonikerrostalolle. (Ruotsalainen et al. 1990)

Kerrostalossa on käytössä koneellinen poistoilmanvaihto. Ilmanvaihtomäärinä on käytetty vuoden 1955 lämmitys ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeita sekä vuonna 1963 ilmestyneen Lämmitys-, ilmanvaihto- ja saniteettitekniisiä taulukoita sekä ohjeita –kirjan tarvittavia ilmanvaihtomääriä sekä likimääräisiä mittausten mukaan saatuja arvoja (Ebeling 1963; Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeet 1955).

- keittiö 80 m<sup>3</sup>/h
- pesuhuone 60 m<sup>3</sup>/h
- WC 30 m<sup>3</sup>/h
- vaatehuone 10 m<sup>3</sup>/h
- sauna 60 m<sup>3</sup>/h
- hissikonehuone 50m<sup>3</sup>/h
- kellarivarastot 1,5m<sup>3</sup>/h,m<sup>2</sup>

Tehokäyttö on käytössä klo 7–9 ja 15–22, jolloin ilmanvaihdossa on kaksinkertaiset arvot. Puhaltimen sähkötehoon liittyvänä SFP-arvona on käytetty lukua 0,667 kWh/m<sup>3</sup>/s. (Kiinteistön lämmitys ja ilmanvaihto 1960)

Henkilömäärä: 144

Lämpimän käyttövedenkulutuksen arvona on käytetty rakentamismääräyskokoelmassa annettua arvoa 60 l/hlö/vuorokausi.

Simulointien perusteella kerrostalon lämpöenergiankulutus ilman mitään korjaustoimenpiteitä on 191,2 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa. Kokonaisenergiankulutus on 238,3 kWh/m<sup>2</sup> vuodessa, joten kerrostalon ET-luokka on F.

## 7 TULOKSET

Korjaustoimenpiteiden kustannuksia on tarkasteltu korjausaineistossa esiintyvien todellisten kustannusten mukaan. Lämpöenergiänsäästöä on arvioitu korjausaineiston tietojen perusteella mutta myös IDA-ICE –simuloinneista saatujen tulosten mukaan.

### 7.1 Korjauskustannukset ja energiansäästö

Taulukossa 7.1 esitetään korjaustoimenpiteiden kustannuksia sekä vaikutuksia lämpöenergiänsäästöön. Korjausten rakennuskustannusindeksillä vuoteen 2011 korjatut hinnat ja normeeratut lämpöenergiänsäästöt on laskettu rakennusneliöiden mukaan korjausaineistosta. Normeeraus on suoritettu valtakunnalliseen vertailupaikkakuntaan eli Jyväskylään. Aineiston korjaustoimenpiteiden lämpöenergiänsäästöissä ja korjauskustannuksissa pienimmät 10 % ja suurimmat 10 % arvoista on jätetty tarkastelun ulkopuolella. Korjaustoimenpiteissä, joissa kohteita on ollut aineistossa alle kahdeksan kappaletta, on kustannuksien ja energiansäästöjen ajateltu edustavan yksittäisiä korjauksia ja kyseiset toimenpiteet on merkitty tähdellä. Erityisesti taulukossa olevat julkisivukorjaukset ovat yksittäistapauksia. Lämpöenergiankulutusmuutosta tarkasteltiin selvittämällä korjausta edeltävän vuoden lämpöenergiankulutus sekä korjauksen jälkeisen vuoden lämpöenergiankulutus. Laajempaa vuositarkastelua ei tehty, koska aineiston kohteille oli yleensä tehty useampia remontteja lähekkäin ja useampaa vuotta tarkastelemalla tulokseen olisi vaikuttanut myös muut korjaukset. Tosin pelkästään yhtä vuotta tarkastelemalla kulutuksessa esiintyy jonkin verran vaihtelua esimerkiksi asukkaiden vaihtumisesta ja kulutustottumuksista johtuen. Energiankulutusmuutoksissa ei ole otettu huomioon kerrostalossa samana vuonna tehtyjä eri korjaustoimenpiteitä, minkä vuoksi kulutusmuutoksiin on joissakin korjauksissa vaikuttanut useampi korjaustoimenpide ja sen vuoksi arvot yksittäisten toimenpiteiden kohdalla ovat liian suuria. Osittain tästä syystä peräkkäisinä vuosina tehdyt korjaustoimenpiteet näyttivät jopa lisäävän rakennuksen energiankulutusta. Kaikista korjaustoimenpiteistä ei ole vähäisten tai puutteellisten tietojen vuoksi esitetty lämpöenergiankulutusmuutoksia.

Usein esimerkiksi ikkunakorjausten yhteydessä on tehty myös lämmönsäätö, minkä vuoksi energiankulutusta on saatu pienentyä. Taulukossa 7.1. eri korjaustoimenpiteet on kuitenkin jaoteltu erikseen, vaikka todellisuudessa kulutukseen on saattanut vaikuttaa useampikin eri korjaustoimenpide.

**Taulukko 7.1.** Korjaustoimenpiteiden kustannuksia ja vaikutus energiankulutukseen. Tähdellä (\*) merkityt kohteet ovat yksittäistapauksia.

Korjaustoimenpide	Hinta (€/asm <sup>2</sup> )	Lämpöenergian- kulutusmuutos (%)	Lämpöenergian- kulutusmuutos keskiarvo (%)
<b>Ikkunat ja ovet</b>			
Ikkunoiden ja karmien tiivistys	1-5e	-6 ... +9	+0,4
Etuikkunoiden asennus	20-30e	-11 ... +2	-4,5
Parvekeovien uusiminen	4-45e	-12 ... +4	-3,8
Ulko-ovien uusiminen*	2-10e	-4 ... +11	+1,9
Ikkunoiden ja parvekeovien kunnostus*	1-17e	-	-
Ikkunoiden uusiminen	50-100e	-16 ... +4	-5,0
<b>Ulkoseinien korjaukset</b>			
Elementtisaumojen uusiminen	3-11e	-10... +2	-2,4
Laastipaikkaus ja pinnoitus	20-60e	-	-
Julkisivujen perusteellinen kunnostus*	100-150e	-17... +2	-6,3
Levytys+lisäeristys(vanhan rak. päälle)*	150-300e	-8	-7,8*
Eristerappaus(vanhan rak. päälle)*	120-200e	-18... +7	-8,3
Levyverhous*	120-170e	-7	-7,0*
Kuorielementit ja –muuraus*	200-400e	-14... -6	-10,6
Parvekelasitus	5-25e	-12... +3	-4,2
Parvekelasit- ja kaiteet	40-70e	-	-
Parvekkeiden uusiminen	32-150e	-12 ... +5	-2,4
<b>Yläpohjan korjaukset</b>			
Vesikaton korjaus	4-20e	-10 ... +9	+1,2
Kermin lisäys	10-20e	-	-
Vanhan huopakatteen purku ja uuden asennus	10-60e	-12 ... +5	-3,5
Vesikaton uusiminen ja lisäeristys	50-100e	-	-
<b>Ilmanvaihto</b>			
Ilmanvaihtokoneen uusiminen*	1-10e	-12 ... +13	+2,2
Nuohous ja ilmavirtojen säätö	1-3e	-12 ... +12	-0,7
<b>Lämmitysjärjestelmä</b>			
Lämmönsiirtimen uusiminen	4-14e	-14 ... +5	-4,7
Lämmönsäätö	1-7e	-14 ... +5	-3,8



Patteriventtiilien uusiminen*	4-14e	-9 ... +2	-5,7
Patteri- ja linjasäätöventtiilien uusiminen*5-11e		-7 ... +2	-2,5
Lämmönsäätö, patteri- ja linjasäätöventtiilien uusiminen	2-16e	-14 ... +2	-5,0
<b>Vesijohtoverkosto</b>			
Vesijohtoverkoston uusiminen*	15-25e	-15 ... +9	-3,8
Vesijohtoverkoston uusiminen ja kylpyhuonekorjaus*	180-280e	-7 ... -1	-4,6
<b>Muut korjaukset</b>			
LVIS- peruskorjaus*	389-480e	-12... +5	-0,6
Rakennusautomaation korjaus	4-9e	-8- +6	-0,2
Tuulikaappi	0,5-1e	-	-
Porrastaso-ovien uusiminen	6-14e	-4... +2	-3,4

Rakennusten korjauskustannuksiin vaikuttaa rakenteiden kunto korjaushetkellä, työ-, työmaa- ja materiaalikustannukset, liittyvien rakenteiden, ympäristön ja tontin ominaisuuksista riippuvat kustannukset sekä rakentamisen suhdanteet (Sistonen et al. 2007). Korjauskustannuksissa on suurta rakennuskohtaista vaihtelua. Myös korjaushankkeen koolla on merkitystä kustannuksiin. Pienemmissä korjauksissa yleiskustannukset jakaantuvat pienemmälle määrälle toimia, minkä vuoksi pienet hankkeet eivät kiinnosta rakennusliikkeitä yleensä niin paljoa kuin suuremmat korjaukset. Tämän vuoksi pienempien hankkeiden yksikkökustannukset nousevat suuremmiksi kuin suurien korjaushankkeiden. (Myyryläinen 2008)

## 7.2 Korjaustoimenpiteiden vaikutukset energiankulutukseen

Mallinnettujen kohteiden energiankulutusta ja lämpöenergiankulutusta tutkittiin IDA-ICE -ohjelmalla. Rakennuksiin tehtiin erilaisia muutoksia ja näin kuviteltujen korjaustoimenpiteiden vaikutusta energian- ja lämpöenergiankulutukseen seurattiin. Rakennukseen oletettiin olevan erilaisia korjaustarpeita, minkä seurauksena korjaustoimenpiteitä ja niihin liittyviä energiansäästömahdollisuuksia suoritettaisiin. Pelkän energiansäästön vuoksi ei korjauksia yleensä kannata lähteä suorittamaan.

Simuloituja korjaustoimenpiteitä rakennuksissa ovat:

- Ikkunaremontti
  - U-arvon parantaminen vaihtopuitteella/ikkunoiden uusiminen
  - U-arvoiksi 1,0 W/m<sup>2</sup>K ja 1,2 W/m<sup>2</sup>K
- Ulkoseinäkorjaukset
  - lisäeristäminen

- Yläpohjan lisäeristäminen
- Alapohjan lisäeristäminen
- Parvekelasitus
- Ilmanvaihdon parantaminen
  - lämmöntalteenotto

Simulointien lisäksi korjaustoimenpiteiden kannattavuutta arvioitiin korjausaineistosta saatavien investointikustannusten ja energiankulutusmuutosten perusteella.

### 7.2.1 Ikkunakorjausten kannattavuus

Korjausaineiston perusteella ikkunoiden uusiminen tai etuikkunoiden asennus vähentää lämpöenergiankulutusta noin 5 %. Simuloinneilla saadut tulokset olivat samaa luokkaa tai hieman korkeampia.

Ikkunoiden kautta tapahtuvaan lämpöhäviöön vaikuttavat: ikkunan U-arvo, ikkunan säteilynläpäisy, rakennuksen sijainti, ikkunan ilmansuunta ja varjostukset sekä tiivistevuodot. Auringon säteilynläpäisy yleensä pienenee ikkunan U-arvon parantuessa, jolloin siis myös auringosta saatavan säteilyn hyödyntäminen lämmityksessä ja valaistuksessa vähenee. Toisaalta kesäaikana se vähentää asuntojen ylikäynnemistä (Saarni 1996). Ilmansuuntien vaikutukseen ja varjostukseen remontilla ei pystytä vaikuttamaan. Astepäiväluku vaikuttaa merkittävästi lämmitysenergian määrään ja näin ollen ikkunoiden U-arvon parantamisen vaikutus korostuu pohjoisemmassa Suomessa. (Taivalantti 1997; Saarni 1996)

1970-luvun alussa ja tätä ennen rakennettujen kerrostalojen ikkunoiden lämmöneristävyys on usein heikkoa, ikkunoiden U-arvot ovat yleensä luokkaa 2,0–2,7 W/m<sup>2</sup>K (Mäkinen 2009). Tämän vuoksi tuon ajan kerrostalojen ikkunaremonteissa erityistä huomiota kannattaa kiinnittää ikkunoiden lämmöneristävyysparantamiseen. Suuri osa 1950-luvun ja tätä vanhempien talojen ikkunoista onkin jo uusittu tai kunnostettu. Mikäli korjattavan kerrostalon ikkunat ovat kohtuullisen hyvässä kunnossa, eikä ikkunoiden uusimiselle ole tarvetta, lämmönkulutusta voidaan hieman laskea myös ikkunoiden tiivistystasoa parantamalla. Ikkunoiden ja karmien tiivistys maksaa korjausaineiston perusteella keskimäärin 2,5 e/m<sup>2</sup>. Toisaalta pelkkä ikkunoiden tiivistys ilman lämmönsäätöä saattaa korjausaineiston perusteella kasvattaa lämmönkulutusta. Noin kahdessa kolmesta ikkunakorjauksista on samalla tai seuraavana vuonna tehty myös lämmönsäätö. Kohteissa, joissa ikkunoita oli uusittu, mutta lämmönsäätöä ei ollut tehty, energiankulutus oli usein noussut. Tähän syynä on muun muassa lämpötilojen nousu ja sitä myötä lisääntynyt tuuletus. Lähes kaikissa kohteissa, joissa oli tehty lämmönsäätö ikkunaremontin yhteydessä, oli energiankulutus laskenut. (Palonen 2010)

Lisäksi ikkunarakenteen kautta tulevasta vuotoilmasta suurin osa on ilmanvaihdon korvausilmaa ja ainoastaan korvausilmamäärän ylittävä osuus voidaan poistaa, jolloin

ylimääräisen ilmamäärän lämmittämiseen käytetty energiankulutus saadaan pienenemään. Rakennetta tiivistettäessä on siis myös riittävästä korvausilmansaannista huolehdittava.

Lisäpuitteen asentaminen soveltuu hyvin kaksilasisten MS-ikkunoiden lisäeristämiseen, tällöin U-arvo tavanomaisella lisäpuitteella laskee noin 2,5 W/m<sup>2</sup>K:sta arvoon 1,7 W/m<sup>2</sup>K ja eristyslasia käyttämällä jopa arvoon 1,0 W/m<sup>2</sup>K (Taivalanti 1997). Ikkunarakenteiden sekä ulkoseinien lämmöneristävyyden paraneminen vähentää vedon tunnetta asunnoissa, minkä vuoksi asuntojen lämpötilaa voidaan yleensä hieman laskea. Esimerkiksi yhden asteen lämpötilan laskeminen alentaa rakennuksesta riippuen energiankulutusta noin 5 % (Motiva internetsivut). Mikäli lämpötilaa ei rakennuksessa lasketa, asukkaat voivat lisätä tuuletusta ikkunoiden kautta, minkä seurauksena energiankulutus taas nousee ja suunnitellut säästöt jäävät ennakoitua pienemmiksi.

Laskennallisissa tarkasteluissa asuinkerrostalojen ikkunoiden U-arvoja muutettiin korjaustoimenpiteillä saavutettaviksi paremmiksi arvoiksi. Arkkitehdinkadun kerrostalon nykyisten ikkunoiden U-arvo on 2,1 W/m<sup>2</sup>K ja Mustanlahdenkadun 2,5 W/m<sup>2</sup>K. Ikkunarakenteiden lämmöneristävyyttä voidaan parantaa tiivistämällä, etuikkunoiden lisäämisellä, vaihtopuitteella tai uusimalla ikkunat kokonaan. Esimerkiksi asentamalla ikkunoihin vaihtopuite ja parantamalla tiivistyksiä U-arvoksi saataisiin selektiivilasia käyttämällä noin 1,1 - 1,5 W/m<sup>2</sup>K ja eristyslasia käyttämällä 1,0 W/m<sup>2</sup>K. Ikkunoiden U-arvon paranemisen myötä vesikiertoinen lämmitysjärjestelmä tulee säätää uudelleen. (RT-41-10644; Ruuska 2007)

Simuloinneissa ikkunalasien U-arvoja parannettiin lukemiin 1,0 W/m<sup>2</sup>K ja 1,2 W/m<sup>2</sup>K, lisäksi kylmäsiltojen oletettiin muuttuvan arvosta ”normaali” arvoon ”hyvä”. Ikkunarakenteen tiiviys paranee korjauksen yhteydessä, mutta korvausilmansaanti oletettiin kuitenkin olevan riittävää vielä korjauksen jälkeenkin. Taulukossa 7.2. on esitetty ikkunakorjausten vaikutukset lämpöenergiankulutukseen.

**Taulukko 7.2.** Ikkunakorjausten vaikutus kerrostalon lämpöenergiankulutukseen.

Korjauksella saatu U-arvo [W/m <sup>2</sup> K]	Arkkitehdinkatu, lämpöenergiankulutusmuutos [%]	Mustanlahdenkatu, lämpöenergiankulutusmuutos [%]
1,2	-6,6	-5,9
1,0	-8,0	-6,9

Ikkunoiden U-arvon paraneminen laskee molemmissa kohteissa lämpöenergiankulutusta selvästi. Myös pienet U-arvon muutokset näyttävät vaikuttavan lämpöenergiankulutukseen melko paljon. Laskelmissa ei ole huomioitu sitä, että usein vedontunteen vähenemisen myötä, huonelämpötiloja voidaan hieman laskea

asumismukavuutta heikentämättä. Todellisuudessa säästöt voivat olla siis vielä suurempia.

Arkkitehdinkadulla ikkunoiden osuus koko vaipan alasta on 7 % ja Mustanlahdenkadun tornitalossa osuus on yli 16 %. Tästä huolimatta Arkkitehdinkadun kohteen ikkunaremontti on simulointien perusteella energiansäästön kannalta tehokkaampaa. Mahdollisia tulokseen vaikuttavia tekijöitä ovat muun muassa ikkunoiden lukumäärä sekä suuntaus.

Korjausaineiston perusteella etuikkunan kustannukset ovat keskimäärin 27 e/m<sup>2</sup> ja ikkunoiden uusimisen kustannukset 53 e/m<sup>2</sup>. Korjausten hintojen välillä esiintyi kuitenkin merkittävää vaihtelua varsinkin ikkunoiden uusimisen kohdalla. Etuikkunoiden asennus on selvästi edullisempi toimenpide kuin ikkunoiden uusiminen, ja etuikkunoilla voidaan saada ikkunarakenne lämmöneristävyydeltään yhtä hyväksi kuin uusillakin ikkunoilla. Tämän vuoksi etuikkunoiden asennus on monissa kohteissa kannattavampi toimenpide kuin ikkunoiden uusiminen. Varsinkin julkisivun lisäeristämisen yhteydessä etuikkunan asennus on usein kannattavampaa kuin ikkunoiden uusiminen, mikäli ikkunat ovat kohtuullisen hyvässä kunnossa. Lisäksi on ekologisesti järkevämpää lisätä rakennukseen etuikkunat kuin poistaa vanhat ja asentaa kokonaan uudet ikkunat tilalle. Ikkunoiden uusiminen tai lisäpuitteen asentaminen on kannattavaa lähes aina, jos vanhojen ikkunoiden U-arvo on yli 2,0 W/m<sup>2</sup>K. Parantunut lämmöneristävyys vähentää energiankulutusta hyvin paljon ja lisäksi huoltokustannukset pienenevät, minkä vuoksi raskaammatkin ikkunakorjaukset ovat taloudellisesti kannattavia.

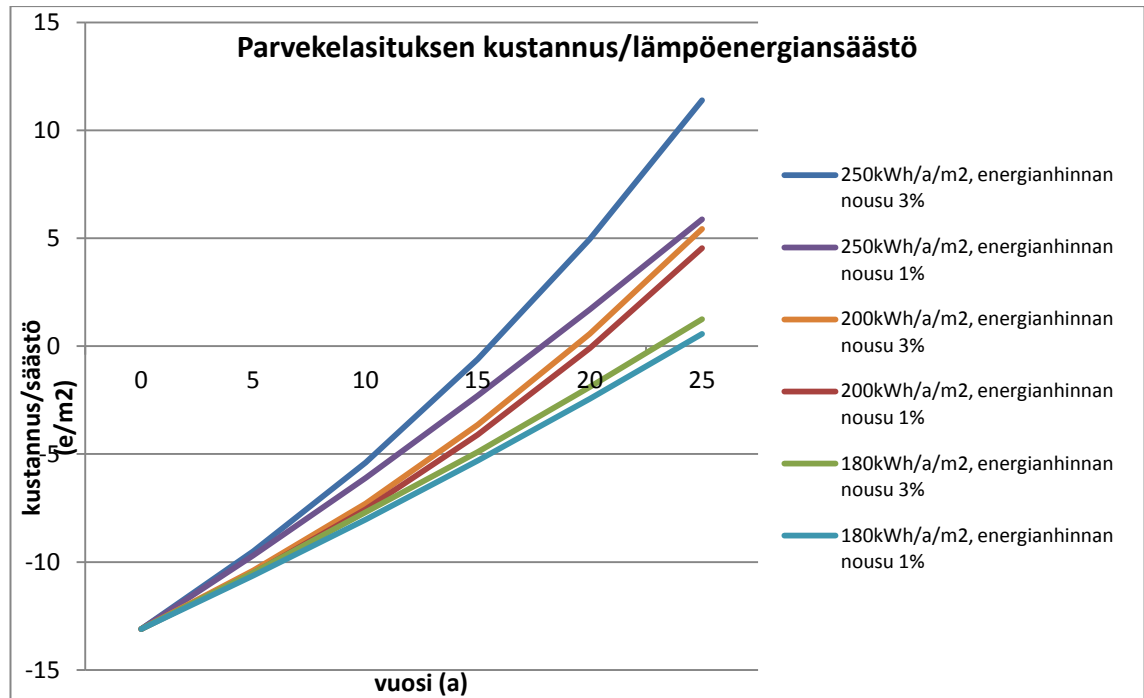
### 7.2.2 Parvekelasitus

Parvekelasituksella saavutetaan korjausaineiston perusteella 3-10 % lämpöenergiesäästö, keskimääräinen lämpöenergiesäästö aineiston kerrostaloissa oli 4,2 %. Simuloinneilla lasketut lämpöenergiesäästöt olivat noin 3 %. Kimmo Hilliahon tutkimuksessa simuloinneilla on saavutettu jopa 10 % säästöjä lämmitysenergian kulutuksessa.

Laskennallisissa tarkasteluissa molempien simuloitavien kerrostalojen parvekkeille asennettiin parvekelasit, joiden U-arvo oli lasiosassa tavanomaista 1-lasista karkaistua lasia käyttäen 5,8 W/m<sup>2</sup>K ja karmien U-arvo 7,0 W/m<sup>2</sup>K (Hilliaho 2010; Lumon Oy internetsivut). Simuloinneissa lämpöenergian kulutus laski Arkkitehdinkadun kohteessa 3,4 % ja Mustanlahdenkadun kerrostalossa 2,7 %. Simuloitujen talojen energiansäästöeroja selittää ainakin parvekkeiden suuntaus sekä parvekkeiden osuus seinäpinta-alasta. Molemmissa kohteissa parvekelasien osuus seinäpinta-alasta on noin 16 %. Parvekelasituksen kannattavuuteen ei vaikuta juurikaan kerrostalon muoto, simulointien perusteella tornitalon ja lamellitalon energiansäästöarvoissa ei ollut talon mallista johtuvia ollut eroja.

Kimmo Hilliahon tekemien tutkimusten mukaan parvekelasituksella voidaan saavuttaa jopa 10 % säästö lämmitysenergiankulutuksessa. Eniten parvekelasituksesta hyötyvät Helsingissä sijaitsevat 1970-luvun kerrostalot, joissa on sisäänvedetty parveke etelään ja asunnon korvausilma otetaan parvekkeen kautta. Vähiten kannattavaa parvekelasitus on Pohjois-Suomen uusissa kerrostaloissa, joissa on ulkoneva parveke itään (Hilliaho 2010). Merkittävämmiin parvekelasituksesta saatavaan hyötyyn vaikuttavat tuloilmaratkaisu, parveketyyppi ja rakennuksen suuntaus. Ilman sisäänotto parvekkeelta voi säästää lämmitysenergiasta muutaman prosentin mutta kaikissa kunnissa rakennusvalvonta ei hyväksy raitisilman ottoa lasitetulta parvekkeelta (KORVO [WWW]). Energiansäästön kannalta edullisimmat parvekkeen ilmansuunnat ovat etelä ja länsi. Lisäksi parvekkeen kohdalla olevan huoneen lämpötilaa voidaan vähentyneen vedon vuoksi alentaa noin 0,5 C-astetta. (Hilliaho 2010; Palonen 2011)

Kiinteistöaineiston kulutustietojen mukaan parvekelasituksella saavutettiin keskimäärin 4,2 % säästö energiankulutuksessa ja parvekelasituksen kustannus oli kiinteistöaineistossa keskimäärin 14 e/m<sup>2</sup>. Kuvassa 7.3. on esitetty parvekelasituksen hankintakustannus ja toimenpiteen aiheuttamat energian kustannussäästöt. Kuvaajassa on esitetty parvekelasituksen kannattavuutta 250 kWh/a/m<sup>2</sup>, 200 kWh/a/m<sup>2</sup> ja 180 kWh/a/m<sup>2</sup> energiaa kuluttavissa kerrostaloissa, kannattavuutta on tarkasteltu 3 % ja 1 % energianhinnan vuotuisella nousulla. Lämpöenergian hintana on käytetty 6,4 snt/kWh. Parvekelasituksen hankintakustannuksena on käytetty 14 e/m<sup>2</sup>. Parvekelasitus on selvästi kannattavinta paljon energiaa kuluttavissa kerrostaloissa. Energianhinnan nousu 1 %:sta 3 %:iin ei muuta eri määrän energiaa kuluttavien kerrostalojen järjestystä kuvassa. Vähiten kannattavaa parvekelasitus on alle 180 kWh/a/m<sup>2</sup> kuluttavissa kerrostaloissa. Tällöin toimenpiteen takaisinmaksuaika on lähes 25 vuotta. 250 kWh/a/m<sup>2</sup> kuluttavassa kerrostalossa parvekelasituksen takaisinmaksuaika on 15 vuotta energianhinnan noustessa 3 % vuodessa. Parvekelasituksen kannattavuutta arvioidessa pitää huomioida kuitenkin vielä parvekelasituksen positiiviset vaikutukset parvekkeen kunnan säilymiseen. Korjausaineistossa on lisäksi paljon kohdekohtaista hajontaa ja yksittäisiä kannattavuuteen vaikuttavia muuttujia.



**Kuva 7.3.** Parvekelasituksen kustannus/lämpöenergiansäästö –kuvaaja.

Parvekelasitusmahdollisuus on kaikkein heikoin kolmelta sivulta auki olevissa ulokeparvekkeissa. Arkkitehtuurin kannalta myös kahdelta sivulta auki oleviin tai osittain sisäänvedettyihin parvekkeisiin lasit eivät välttämättä sovellu. 1960-luvulla ja tämän jälkeen rakennettuihin parvekkeisiin lasitus yleensä sopii ja ne voidaan tietyin ehdoin lasittaa jopa ilman rakennus- tai toimenpidelupaa. Osassa 1980-luvulla rakennetuista parvekkeista lasituksen mahdollisuus on jopa otettu huomioon parveketta suunniteltaessa ja rakennusluvassa. (Korjaustieto.fi)

### 7.2.3 Parvekkeen taustaseinän lisäeristäminen

Parvekkeen taustaseinän uusimisen vaikutusta lämpöenergiankulutukseen tutkittiin simuloinneilla. Arkkitehdinkadun kerrostalon alkuperäinen parvekkeen taustaseinän U-arvo on  $0,36 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja Mustanlahdenkadun kohteessa arvo on  $0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Simuloinneissa seiniin asennettiin 50 mm ja 100 mm paksuiset lisäeristeet ja näin takaseinän U-arvoiksi saatiin Arkkitehdinkadulla  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja Mustanlahdenkadulla  $0,31 \text{ W/m}^2\text{K}$  sekä  $0,22 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Lämmönkulutus laski 50 mm lisäeristämisen seurauksena Arkkitehdinkadulla 0,5 % ja Mustanlahdenkadulla 0,4 %. 100 mm lisäeriste laski lämmönkulutusta Arkkitehdinkadulla 0,8 % ja Mustanlahdenkadulla 0,5 %. Lisäeristämällä saavutettava energiansäästö on siis melko pieni investointeihin nähden. Näin ollen parvekkeen taustaseinän kunnostuksessa lisäeristeen asentamisella ei yleensä saavuteta merkittävää hyötyä ja lisäksi parvekkeen pinta-ala pienenee.

#### 7.2.4 Ulko-ovien ja parvekkeenovien uusiminen

Ulko-ovien ja parvekkeenovien uusiminen vaikuttaa melko vähän rakennuksen energiankulutukseen: korjausaineiston perusteella lämpöenergiankulutus parvekkeenovien uusimisen seurauksena laskee keskimäärin 2,9 % ja simuloinneilla alle yhden prosentin. Simulointitarkasteluissa vanhojen ulko-ovien U-arvona oli molemmissa kohteissa 2,1 W/m<sup>2</sup>K ja uusien ovien U-arvoksi asetettiin 1,0 W/m<sup>2</sup>K. Simuloinneissa lämpöenergiankulutus laskee ovien uusimisen seurauksena Arkkitehdinkadun kohteessa 0,5 % ja Mustanlahdenkadun talossa alle 0,1 %. Ulko-ovien uusimisella ei ole juurikaan merkitystä kerrostalon lämpöenergiankulutukseen, varsinkin tornitaloissa ulko-ovien lukumäärä on niin pieni suhteessa rakennustilavuuteen, että ovien vaikutus energiankulutukseen on mitättömän pieni.

Parvekkeen ovet ovat usein heikommin eristäviä kuin ulko-ovet ja niitä on määrällisesti enemmän. Parvekkeen ovet uusimalla U-arvoltaan 1,0 W/m<sup>2</sup>K oleviin oviin Arkkitehdinkadun kerrostalossa lämpöenergiankulutus väheni prosentin ja Mustanlahdenkadun kohteessa 0,6 %. Parvekkeenovien uusimisen kannattavuuteen vaikuttaa merkittävästi ovien kunto ja eristävyys sekä ovien lukumäärä. Yleensä parvekkeenovia uusitaan ikkunoiden uusimisen yhteydessä. Korjausaineiston perusteella parvekkeenovien uusiminen vähensi energiankulutusta lämpöenergiankulutusta 2,9 %. Korjausaineistossa parvekkeenovia oli uusittu melko vähän ja uusimisella saatu energiansäästö vaihteli merkittävästi kohteiden välillä. Lähes kaikissa kohteissa energiankulutus oli kuitenkin laskenut selvästi, mikä saattaa johtua siitä, että lämpöhäviöt parvekkeenovien kautta ovat suurempia kuin mitä laskennallisesti voidaan olettaa ja esimerkiksi vanhojen ovien tiivisteet ovat puutteellisia.

#### 7.2.5 Julkisivukorjaukset

Julkisivun lisälämmöneristämällä saavutetaan simulointien mukaan 2-5 % lämmitysenergiesäästöjä. Korjausaineisto sisältää melko vähän kohteita, joihin on tehty julkisivukorjaus. Korjausaineiston muutamissa tai yksittäisissä kohteissa oli saavutettu eristerappauksella vanhan julkisivun päälle jopa 18 % lämpöenergiesäästöjä, julkisivun perusteellisella kunnostuksella 0-17 % säästöjä, levyverhouksella 7 % säästö ja vanhan julkisivurakenteen poistaminen ja uuden muurauksella 6-14 % lämpöenergiesäästöjä.

Julkisivun lisäeristäminen on tavallisesti sitä kannattavampaa mitä huonompi on kerrostalon ulkoseinän U-arvo ja mitä enemmän seinässä on kylmäsiltoja. Lisäksi kannattavuuteen vaikuttaa muun muassa rakennuksen muoto sekä ikkunoiden ja detaljien määrä. Lisäeristyksellä saavutettavaan energiansäästöön vaikuttaa lämmöneristävyyden paranemisen lisäksi sijaintipaikkakunnan astepäiväluku. Suuremman lämmöntarpeen vuoksi Pohjois-Suomessa lisäeristäminen on

energiansäästöissä jonkin verran kannattavampaa kuin Etelä-Suomessa. (Taivalantti 1997)

### 7.2.5.1 Ulkoseinien lisälämmöneristäminen

Arkkitehdinkadun kerrostalon ulkoseinien U-arvo on  $0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja Mustanlahdenkadulla  $0,51 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Molemmissa kohteissa vanhojen pesubetonipintaisten sandwich-elementtien päälle voitaisiin asentaa 70 - 150 mm mineraalivilla-lisäeristys ja pintarakenteeksi kolmikerrosrappaus tai yleisempi ohutrappaus. Eristerappauksella rakennuksen ulkonäkö muuttuisi jonkin verran alkuperäisestä. Verhouksella rakenteen U-arvo paranisi Arkkitehdinkadulla  $0,14\text{--}0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ :iin ja Mustanlahdenkadun kohteessa  $0,16\text{--}0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ :iin. (Mäkinen 2009) Ulkoseinän paksuus kasvaa verhouksen seurauksena, minkä vuoksi ikkunaremontti olisi syytä tehdä ulkoseinäremontin kanssa samaan aikaan, jotta ikkunat eivät jäisi ulkoseinää syvemmälle. Ulkoseinien lisälämmöneristämisen yhteydessä pitää tarkistaa myös lämmitysjärjestelmän säädöt ja ilmanvaihdon toimivuus. Jos rakennuksessa ei aiota lisäeristämisen lisäksi suorittaa muita korjaustoimenpiteitä, kannattaakin lisäeristepaksuudeksi valita korkeintaan 100mm, koska muuten ikkunat jäävät selvästi liian syväälle ulkoseinässä.

Toinen vaihtoehto lisäeristämisessä on se, että ainoastaan rakennuksen ikkunattomat päädyt lisäeristetään. Tällöin ulkoseinän paksuuntuminen ei aiheuta ongelmia ikkunoiden yhteydessä ja asennustyö on yksinkertaisempaa.

Ulkoseinien lämmöneristävyuden parantaminen voidaan molemmissa kohteissa toteuttaa esimerkiksi eristerappauksena tai verhoukorkorjauksena seinän korjaustarpeesta riippuen. Mallinuksissa ulkoseiniin asetettiin eripaksuisia lisäeristeitä: 50 mm, 70 mm, 125 mm ja 150 mm. Ulkoseinän U-arvot paranivat näillä eristeillä Arkkitehdinkadulla arvoihin  $0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja  $0,14 \text{ W/m}^2\text{K}$  sekä Mustanlahdenkadulla arvoihin  $0,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $0,26 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $0,21 \text{ W/m}^2\text{K}$ ,  $0,19 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja  $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Lisäksi tutkittiin tapausta, jossa U-arvoksi asetettiin nykyinen uudisrakennusten ulkoseinien U-arvo  $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Tämä lukema toteutuisi Arkkitehdinkadun kohteessa 112 mm lisäeristeellä ja Mustanlahdenkadun kerrostalossa 145 mm lisäeristeellä. Paksummilla eristeillä U-arvot saadaan jopa nykyisiä määräyksiä paremmiksi. U-arvot on laskettu uuden eristekerroksen paksuuden ja rakennuspiirustuksissa ilmoitettujen arvojen mukaan. Myös kylmäsiltojen ulkoseinän ja lattialaatan, sisäseinän ja ulkoseinien välillä oletettiin muuttuvan tasosta ”normaali” tasoon ”hyvä”. Lisälämmöneristeiden vaikutus simuloitujen kerrostalojen lämmitysenergiankulutukseen on esitetty taulukossa 7.4.



**Taulukko 7.4.** *Ulkoseinän lisäeristeiden vaikutus lämpöenergiankulutukseen.*

Lisäeristepaksuus	Arkkitehdinkatu, lämpöenergiankulutusmuutos	Mustanlahdenkatu, lämpöenergiankulutusmuutos
50 mm	-3,3 %	-2,3 %
70 mm	-4,0 %	-2,7 %
100 mm	-4,8 %	-3,1 %
125 mm	-5,1 %	-3,5 %
150 mm	-5,7 %	-3,7 %
U-arvo 0,17 W/m <sup>2</sup> K	-5,1 %	-3,6 %

Arkkitehdinkadun lamellitalossa lisäeristämällä saavutettiin noin puolitoista kertaa suurempia säästöjä kuin Mustanlahdenkadun tornitalossa. Lamellitalossa ikkunapinta-alaa on usein selvästi vähemmän kuin tornitalossa, ulkoseinien alan suhde rakennustilavuuteen taas on lamelli- ja tornitaloissa melko samaa luokkaa. Arkkitehdinkadun kerrostalon ulkoseinäpinta-alan (ikkunat vähennetty) suhde rakennustilavuuteen on 0,22 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> ja Mustanlahdenkadun kohteen 0,20 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Ikkunalaan suhde ulkoseinän alaan on Arkkitehdinkadulla 0,14 ja Mustanlahdenkadulla 0,3. Lamellitalossa julkisivun verhoukorkorjaukset tai eristerappaukset on usein myös helpompi ja edullisempi toteuttaa tornitaloon verrattuna, koska lamellitalojen päädyt ovat usein ikkunattomia ja muutenkin työtä hankaloittavia detaljeja on vähemmän. Rakennuksen monimutkainen geometria lisää rakennuksen ulkovaipan sekä kylmäsiltojen määrää ja näin ollen tällaisen rakennuksen lämpöenergiankulutus on suurempaa kuin suorakaiteen muotoisissa rakennuksissa.

Simulointien perusteella lisälämmöneristeillä saavutettiin lämpöenergiesäästöjä 2,3 – 5,7 %. Muissa tutkimuksissa lisälämmöneristämällä on saatu kuitenkin selvästi suurempiakin arvoja. Esimerkiksi Stina Linnen (2010) tutkimuksessa tarkasteltiin kymmentä kerrostaloa, joiden julkisivut lisäeristettiin. Tutkimuksen mukaan lämmönkulutus laski lisäeristämisen jälkeen keskimäärin noin kymmenen prosenttia. Simulointitarkasteluissa ei ole ehkä huomioitu riittävästi lämpöhäviöiden vähentymistä lisäeristämisen seurauksena rakenteiden yhtymäkohdista ja todellisissa kohteissa lisäeristämisen lisäksi on usein uusittu myös esimerkiksi ikkunoita, minkä vuoksi saadut tulokset ovat selvästi suurempia kuin simuloineilla saadut arvot.

Lisäeristämisen vaikutusta energiankulutukseen tutkittiin myös Arkkitehdinkadun lamellitalossa lisäämällä eristettä ainoastaan päätyihin. Eristeen asentaminen on yksinkertaisempaa ja edullisempaa ikkunattomissa päädyissä, koska työtä vaikeuttavia ja hidastavia yksityiskohtia on hyvin vähän. Päätyihin asennettun 80 mm lisälämmöneristeen jälkeen päätyseinien U-arvot olivat 0,20 W/m<sup>2</sup>K. Lämpöenergiankulutus laski kyseisellä toimenpiteellä 1,3 %, joten energiansäästö on noin neljäsosa siitä mitä koko julkisivun lisäeristämällä saavutettaisiin. Pelkkä päätyjen lisäeristäminen ei siis yleensä ole kovin järkevää, lisäksi lamellitalojen

kantavat päädyt ovat usein hieman paremmin lämmöneristäviä kuin rakennuksen ei-kantavat pitkien sivujen ulkoseinät.

Peittävällä julkisivukorjauksella saavutetaan lämpöenergiesäästöjä sekä huolto- ja kunnossapitosäästöjä. Uudelle julkisivulle ei tarvitse tehdä yhtä raskaita ja niin usein huolto- ja kunnossapitokorjauksia kuin säilyttävillä korjaustoimenpiteillä kunnostetulle julkisivulle. Säilyttävistä korjauksista esimerkiksi laastipaikkauksen ja pinnoituksen huoltoväli on 15–25 vuotta ja rakennuksen vanhetessa huoltotöiden määrä ja korjaustiheys vielä kasvaa. Peittävä julkisivukorjaus on yksittäistä laastipaikkaus ja –pinnoituskorjausta moninkertaisesti kalliimpi. Mikäli peittävä korjaus on kuitenkin rakennuksen julkisivujen kunnan vuoksi välttämätöntä, lisäeristämisen osuus kokonaiskustannuksista on kohtuullisen pieni ja lisäeristäminen on usein kannattavaa. Selvästi taloudellisesti kannattavampaa se on kerrostaloissa, joissa alkuperäinen lämmönkulutus on vähintään 200 kWh/m<sup>2</sup>/a, tosin tällöinkin energiansäästöt voivat jäädä pieniksi. Peittävällä korjauksella ja lisäeristyksellä tulisi tavallisesti saada vähintään neljän prosentin säästö lämmitysenergiankulutukseen ja energian hinnan pitäisi nousta enemmän kuin kolme prosenttia vuodessa, jotta se voisi olla taloudellisesti kannattavaa. Korjausaineiston perusteella ulkoseinien lisäeristämisen kannattavuuteen ei juurikaan vaikuttanut kerrostalojen alkuperäisen energiankulutuksen suuruus. Aineistossa oli melko vähän lisäeristyskohteita, mutta selvästi suurimmat, noin 18 %, lämmönkulutussäästöt oli saavutettu lamellitaloissa, tornitaloissa lämmönkulutussäästöt olivat pienempiä ja osassa kohteissa jopa kulutus oli kasvanut. Laskennallisesti merkittävimmät taloudelliset hyödyt ulkoseinien lisäeristämällä saavutetaan paljon energiaa kuluttavissa lamellitaloissa sekä Pohjois-Suomessa, jossa lämmönkulutus on ilmaston vaikutuksesta suurempaa.

### **7.2.5.2 Yhdistetty ikkuna- ja julkisivuremontti**

Julkisivun lisäeristämisen yhteydessä myös ikkunoiden kunnostus tai uusiminen on järkevää. Simuloinneissa kohteiden ulkoseinät lisäeristettiin 100 mm lämmöneristeellä ja ikkunat korjattiin niin, että niiden U-arvoksi saatiin 1,0. Lisäksi kylmäsiltojen oletettiin vähenevän ikkunan ja ulkoseinän välillä arvosta ”normaali” arvoon ”hyvä” ja myös muut ulkoseiniin liittyvät liitokset oletettiin kylmäsiltojen arvoltaan ”hyviksi”. Simuloinneilla Arkkitehdinkadun kerrostalon lämpöenergiankulutus laski 15 % ja Mustanlahden kohteessa 10 %. Mikäli samassa yhteydessä tehtäisiin käytännössä vielä lämmönsäätö, lämpöenergiankulutus voisi laskea yhteensä jopa 15–20 %.

### **7.2.5.3 Elementtisaumojen uusiminen**

Korjausaineiston perusteella elementtisaumojen uusiminen maksaa noin 7 e/m<sup>2</sup> ja vähentää lämpöenergiankulutusta keskimäärin 2,4 %. Elementtisaumojen uusimisella voidaan siis aineiston mukaan vaikuttaa merkittävästi vaipan tiiviyyteen ja näin myös vaipan lämmöneristävyyteen. Luku tuntuu suurelta ja mahdollisesti elementtisaumojen korjausten yhteydessä onkin tehty myös muita korjauksia, millä on vaikutettu

lämpöenergiankulutukseen. Elementtisaumojen hyvä kunto on kuitenkin julkisivun kunnossa pysymisen ja käyttöiän kannalta tärkeää. Saumojen uusiminen vähentää jonkin verran lämpöenergiankulutusta ja elementtisaumojen uusiminen kannattaa suorittaa nopeasti niiden kunnan heikettyä.

### 7.2.6 Alapohjan lisäeristäminen

Alapohjan lisäeristämisen vaikutusta lämpöenergiankulutukseen tutkittiin IDA-ICE – ohjelmalla asettamalla molempiin simuloitaviin kohteisiin alapohjaan lisäeristettä niin, että alapohjan U-arvoksi saatiin 0,2 W/m<sup>2</sup>K. Lämpöenergiankulutus laski lisäeristämisen seurauksena Mustanlahdenkadulla 0,1 % ja Arkkitehdinkadun lamellikerrostalossa 0,9 %. Lamellitalossa alapohjan pinta-alan suhde rakennustilavuuteen on selvästi suurempi kuin tornitalossa, joten lamellitalossa saavutetaan myös suurempia lämpöenergiesäästöjä. Alapohjan lisäeristäminen ei kuitenkaan juuri vaikuta kohteiden lämpöenergiankulutukseen.

Simuloinnissa Mustanlahdenkadun kerrostalossa kellarikerroksen seinät lisäeristettiin U-arvoon 0,2 W/m<sup>2</sup>K. Kellarin seinien lisäeristämisen vaikutus lämmönkulukseen oli alle 0,1 %. Alapohjan ja kellarin seinien lisäeristäminen ei siis ole taloudellisesti järkevää.

### 7.2.7 Yläpohjan lisäeristäminen

Yläpohjan lisäeristämällä saavutettavia energiasäästöjä tutkittiin vain simuloinneilla. Korjausaineiston kohteissa yläpohjan lisäeristyksiä ei ollut juurikaan tehty. Yläpohjan lisäeristäminen voidaan mallinnetuissa kohteissa toteuttaa asentamalla vedeneristeen päälle tuuletettu eristyskerros tai korvaamalla lämmöneristeenä katossa käytetty kevytsora paremmin lämmöneristävällä materiaalilla. Eristemateriaalia vaihtamalla katon korkeus ei muutu välttämättä juurikaan alkuperäisestä. Mikäli rakennuksen vesikatossa on vuotoja tai muuten katto on syytä korjata, yläpohjan lisäeristäminen voidaan helposti tehdä muiden korjausten yhteydessä.

Simuloinneissa yläpohjaan lisättiin molemmissa kerrostaloissa eristettä 200 mm ja 300 mm, minkä jälkeen rakenteen U-arvoiksi saatiin Arkkitehdinkadun kohteessa 0,12 W/m<sup>2</sup>K ja 0,09 W/m<sup>2</sup>K, ja Mustanlahden kerrostalossa 0,13 W/m<sup>2</sup>K ja 0,09 W/m<sup>2</sup>K. U-arvo 0,09 W/m<sup>2</sup>K vastaa jo vuoden 2010 rakentamismääräyskokoelmassa vaadittua yläpohjan U-arvoa. 200 mm lisäeristyksillä saavutettiin Arkkitehdinkadun kohteessa lämpöenergiesäästöä 0,8 % ja Mustanlahdenkadun torni-kerrostalossa 0,3 %. 300 mm lisäeriteillä säästöprosentit ovat Arkkitehdinkadulla 1,0 % ja Mustanlahdenkadulla 0,3 %. Simuloinnin perusteella yläpohjan lisäeristäminen on selvästi kannattavampaa lamellitalossa kuin tornitalossa. Simuloinneissa käytetyissä kerrostaloissa yläpohjan osuudet rakennustilavuudesta olivat Arkkitehdinkadun lamellitalossa 0,066 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup> ja Mustanlahden tornitalossa 0,025 m<sup>2</sup>/m<sup>3</sup>. Lamellitalon yläpohjan lisäeristämisen

kannattavuutta voidaan jo yläpohjan selvästi suuremman suhteellisen osuuden vuoksi olettaa olevan kannattavampaa.

Yläpohjan lisäeristämisen vaikutuksen energiankulutukseen on suurinta kohteissa, joissa yläpohjan lämmöneristävyys on heikkoa ja yläpohjapinta-alaa on paljon. Lämmöneristävyysmääräykset ovat yläpohjan osalta kiristyneet erityisesti 70-luvun lopulla. Yläpohjan lisäeristäminen onkin usein kannattavinta ennen 1970-luvun puoliväliä rakennetuissa ja tätä vanhemmissa lamellitaloissa yläpohjan muun korjaamisen yhteydessä. Tornitaloissa yläpohjan lisäeristämisen vaikutus energiankulutukseen on hyvin pieni.

### **7.2.8 Vesikaton korjaukset**

Vesikaton korjauksella ei korjausaineiston perusteella ole vaikutusta rakennuksen energiankulutukseen.

### **7.2.9 Ilmanvaihtokorjaukset**

Ilmanvaihtokorjauksia vanhoissa kerrostaloissa on tehty Suomessa hyvin vähän. Suurin syy tähän on korjausten korkeat kustannukset sekä epävarmuus saavutettavissa energiasäästöissä. Yleensä energiansäästöt ovat todellisissa kohteissa 10 - 15 %, mutta ylläpito ja huoltokustannukset vähentävät saavutettavia kustannussäästöjä. Ilmanvaihtokorjauksilla saadaan kuitenkin parannettua asuntojen sisäilmaa. [Kuitunen 2012] Ilmanvaihtokorjaus tulo-poistoilmanvaihdoksi sekä lämmöntalteenotto vähentää simulointien mukaan energiankulutusta 2-11 %.

Mustanlahdenkadun ja Arkkitehdinkadun kerrostalokohteissa on koneellinen poistoilmanvaihto. Simuloinneissa kohteiden ilmanvaihto korjattiin nykyistä tasoa vastaavaksi eli ilmavirtoina käytettiin S2-tason arvoja. Korjausvaihtoehtoina käytettiin koneellista tulo- ja poistoilmanvaihtoa ja lisäksi siihen liitettiin lämmöntalteenotto. Ilmavirtojen kasvattaminen lisää aina energiankulutusta, mutta parantaa asumisviihtyvyyttä ja terveellisyyttä. Energiansäästöt riippuvat paljon lämmöntalteenoton hyötysuhteista.

Simuloinnissa lämmöntalteenoton hyötysuhteina käytettiin molemmissa kohteissa arvoja 60 % ja 40 %. Huoneistokohtaisessa järjestelmässä laitteiden sähkötehoon liittyvänä SFP-arvona oli 1,5 kW/m<sup>3</sup>s ja keskitetyssä järjestelmässä 1,7 kW/m<sup>3</sup>s. Jäteilman minimilämpötilana käytettiin arvoa 1 °C. Lämpötilasuhteen  $\eta_t$ -arvoksi asetettiin huonekohtaisessa järjestelmässä arvo 0,80 ja keskitetyssä järjestelmässä arvo 0,68. Tuloilman sisäänpuhalluslämpötilan arvo asetettiin 19 °C asteeseen. Ilmanvaihdon käyttö ajateltiin toteutettavan manuaalisesti, jolloin ilmanvaihtoa tehostetaan arkisin klo 7-8 ja 17-21 sekä viikonloppuisin klo 8-9, 12-13 ja 17-21 suhteelliseen arvoon 1,3, arvoa 0,2 käytetään arkisin klo 8-17 ja muutoin ilmanvaihdon suhteellinen käyttö on

1,0. Käytönajan tuloilmavirtoina käytettiin olohuoneessa arvoa 16 dm<sup>3</sup>/s ja poistoilmavirran arvona keittiössä 15 dm<sup>3</sup>/s, kylpyhuoneessa 10 dm<sup>3</sup>/s, vessassa 8 dm<sup>3</sup>/s ja vaatehuoneessa 3 dm<sup>3</sup>/s. Taulukossa 7.5. on esitetty eri järjestelmien vaikutus lämpö- ja kokonaisenergiankulutukseen.

Lämmöntalteenoton kannattavuuteen vaikuttaa hyvin paljon rakennuksen tiiviys. Lämmöntalteenottoon siirtymistä harkittaessa kannattaakin miettiä myös rakenteen tiiviyttä ja sen parantamismahdollisuuksia kuten ikkunoiden tiivistämistä. Yleensäkin rakennuksen tiiviyn parantuessa ilmanvaihto kannattaa aina tarkistaa, jotta suoritetuilla korjauksilla saadaan energiansäästöjä ja sisäilma riittävän hyväksi.

**Taulukko 7.5.** Koneelliseen tulo-poisto –ilmanvaihdon ja lämmöntalteenoton vaikutus energiankulutukseen.

	Arkkitehdinkatu, energiankulutus	Arkkitehdinkatu, lämpöenergiankulu- tus	Mustanlahdenkatu, energiankulutus	Mustanlahdenkatu, lämpöenergiankulu- tus
Huoneistokohtain en, LTO 40%	-3,2 %	-6,3 %	-8,5 %	-8,5 %
Keskitetty, LTO 40%	-2,3 %	-6,3 %	-8,3 %	-8,5 %
Huoneistokohtain en, LTO 60%	-5,8 %	-11,3 %	-11,2 %	-11,8 %
Keskitetty, LTO 60%	-4,9 %	-11,3 %	-10,9 %	-11,8 %

Tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmän rakentaminen lämmöntalteenotolla on simulointien mukaan kannattavampaa paljon energiaa kuluttavassa kerrostalossa kuin esimerkiksi alle 200 kWh/brm<sup>2</sup> vuodessa kuluttavissa rakennuksissa. Paljon energiaa kuluttavissa kerrostaloissa energiankulutus vähenee noin kymmenen prosenttia ja alun perin vähemmän energiaa kuluttavissakin taloissa useita prosentteja lisäksi sisäilma paranee aina. Arkkitehdinkadun kerrostalossa alkuperäinen lämmönkulutus on selvästi pienempää kuin Mustanlahdenkadun kohteessa. Arkkitehdinkadun kerrostalossa energiankulutus vähenee vain muutaman prosentin lämmöntalteenoton hyötysuhteen ollessa 40 %. Noin viiden prosentin energiankulutussäästöjä taas saadaan aikaan, mikäli hyötysuhteeksi asetetaan 60 %. Sisäilmaa saadaan siis parannettua, mutta energiansäästöjä ei matalalla lämmöntalteenoton hyötysuhteen arvolla paljoakaan synny kohonneen sähkönkulutuksen vuoksi. Mustanlahdenkadullakin sähkönkulutus hieman

kasvaa, mutta lämpöenergiankulutus pienenee niin merkittävästi, että kulutuksessa saadaan selviä taloudellisia säästöjä aikaan jo alhaisillakin lämmöntalteenoton hyötysuhteen arvoilla. Mikäli kohteiden sisäilman laatua ei alkuperäisestä parannettaisi, vaan puhaltimien arvot säilytettäisiin ennallaan ja järjestelmään lisättäisiin vain lämmöntalteenotto, energiansäästöt olisivat suurempia. Huoneistokohtainen järjestelmä on energiansäästön kannalta tehokkaampi, mutta investointi- ja huoltokustannuksiltaan keskitettyä järjestelmää hieman kalliimpi. Keskitetyssä järjestelmässä voi riittää vain yksi ilmanvaihtokone kun taas huoneistokohtaisessa järjestelmässä joka asunnossa on oma ilmanvaihtokone. Kerrostalon ilmastonmuutos – energiatalous ja sisäilmasto kuntoon-projektiin liittyvien tutkimusten mukaan tehokkaalla lämmöntalteenotolla on mahdollista saada simulointien mukaan jopa 25 prosentin säästöjä kokonaisenergiankulutukseen. (KIMU, loppuraportti 2010)

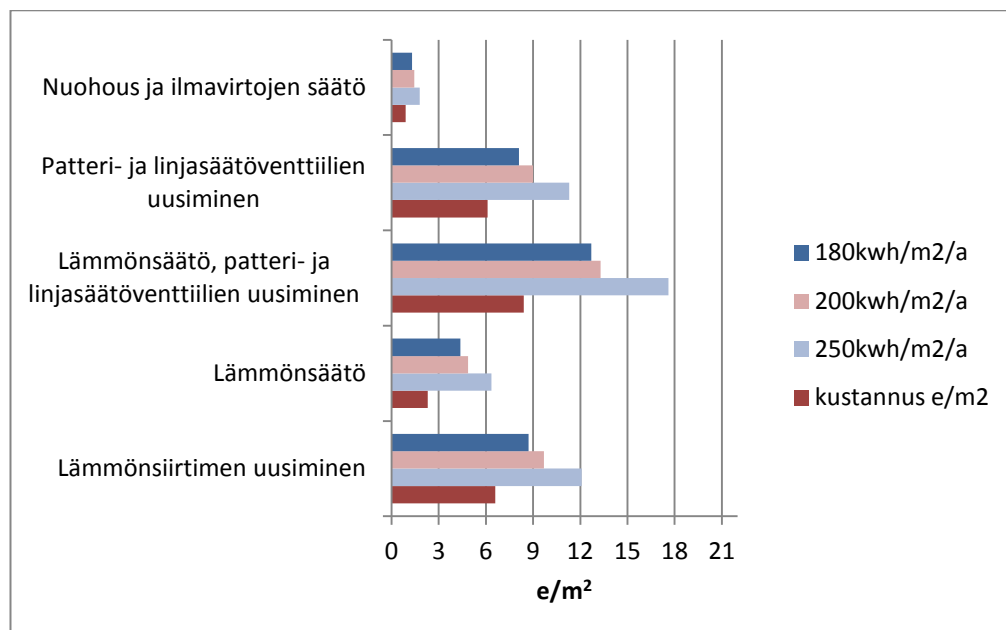
Mustanlahdenkadun kerrostalon ilmanpitävyyden arvona on alun perin käytetty lukua 1,6 l/h, tulo-poisto –ilmanvaihtosimuloinnit toistettiin myös ilmanpitävyyden arvolla 0,6 l/h. Tällöin energiankulutukset simuloinneissa laskivat vain muutaman prosentinkymmenyksen. Käytännössä rakennuksen tiiviyn pitäisi vaikuttaa huomattavasti enemmän lämmöntalteenoton kannattavuuteen.

Painovoimaisen ilmanvaihdon muuttaminen koneelliseksi ilmanvaihdoksi on haastava ja kallis toimenpide. Purku- ja asennustyön osuus on tällaisissa toimenpiteissä korjauskustannuksista suurin. Myös koneellisen poistoilmanvaihdon muuttaminen koneelliseksi tulo-poistojärjestelmäksi on kallista, koska tulokanaville joudutaan rakentamaan kokonaan uudet kanavat. Lisäksi kerrostalojen asuinpinta-alaa ei haluttaisi vähentää. Peruskorjauksissa yleensä helpoin tapa on rakentaa huoneistokohtainen ilmanvaihtojärjestelmä ja sijoittaa tulo- ja poistoilmalaitteet ulkoseinille. Keskitetyn tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmän kustannukset ovat yleensä noin 200–250 e/m<sup>2</sup> ja huoneistokohtaisen järjestelmän 250–300 e/m<sup>2</sup>. Lisäksi huoneistokohtaisen järjestelmän huoltokustannukset ovat hieman kalliimmat kuin keskitetyn järjestelmän. Painovoimaisen ilmanvaihdon uusimista poistoilmanvaihto- tai tulo-poistoilmanvaihtojärjestelmäksi on Suomessa käytetty lähinnä vuokratalokohteissa erittäin suurten remonttien yhteydessä. Tällöin yleensä koko talo on tyhjennetty ja vain kerrostalon runko on säilytetty ennallaan. Tulevaisuudessa huoneistokohtaiset ilmanvaihtojärjestelmät tulevat todennäköisesti yleistymään. Tällä hetkellä esimerkiksi Saksassa huoneistokohtaiset ilmanvaihtokorjaukset ovat yleisiä. Suomessa huoneistokohtaisten järjestelmien rajoitteena on ilman ulospuhallus, jota ei usein sallita. Lähivuosina ulospuhallus kuitenkin mahdollisesti hyväksytään ja erityisesti asunto-osakeyhtiöiden hallinnoimissa kerrostaloissa huoneistokohtaiset ilmanvaihtojärjestelmät lisääntyvä. (Kuitunen 2012; Lahti et al. 2010; Virta 2011)

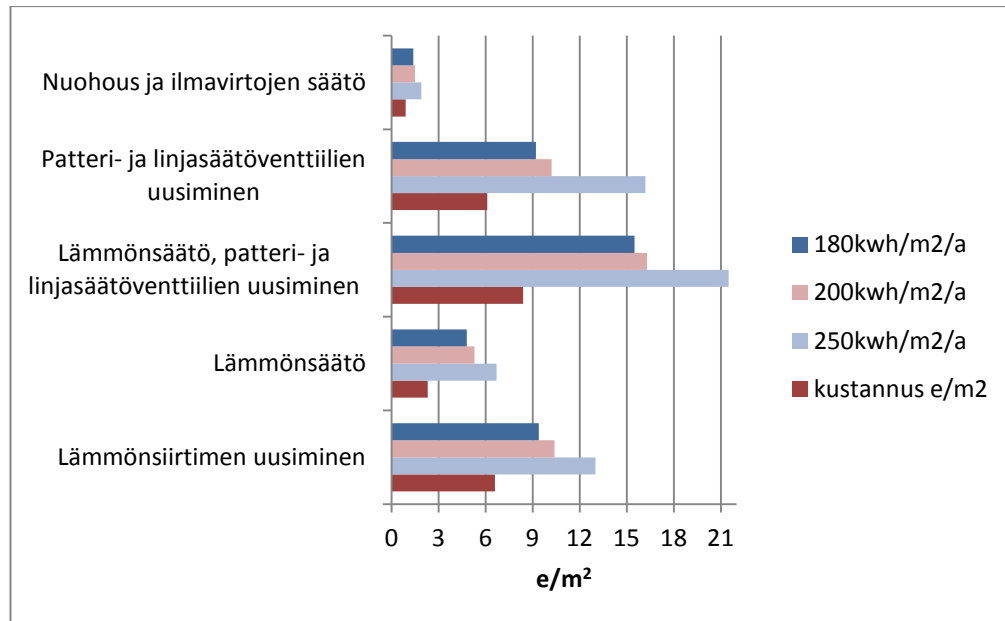
### 7.2.10 Lämmitysjärjestelmän korjaukset

Lämpötilan säädöllä saavutetaan korjausaineiston perusteella keskimäärin vajaan 4 prosentin säästö lämmitysenergiankulutuksessa. Lämmönsiirtimen uusiminen vähentää lämpöenergiankulutusta noin 5 % samoin kuin patteri- ja linjasäätöventtiilien uusiminen.

Kuvissa 7.6. ja 7.7. on kuvattu eri lämmitysjärjestelmään liittyvien korjaustoimenpiteiden vaikutusta energiansäästöön. Toimenpiteiden hintoina on käytetty korjausaineistossa olleiden korjausten keskihintoja, ja keskihintojen laskennassa on pienimmät ja suurimmat 10 % korjaushinnoista jätetty huomioimatta. Saavutettavat lämpöenergiesäästöt on laskettu korjausaineiston perusteella saatavien energiansäästöprosenttien mukaan ja suurimmat ja pienimmät 10 % säästöistä on jätetty huomioimatta. Pylväillä on kuvattu korjauksen käyttöiän aikaisia energiankustannussäästöjä ( $e/m^2$ ), jotka on laskettu korjausten käyttöiän ja energian hinnan perusteella. Eri toimenpiteiden vaikutusten ja komponenttien käyttöikä on käytetty KH 90-40016 –kortissa ilmoitettuja arvioituja käyttöikäjä. Eri väreillä kuvataan kerrostalojen energiankulutusmääriä, esimerkiksi  $180 \text{ kWh}/m^2$  vuodessa kuluttavassa kerrostalossa korjauksilla saatavat energiankustannussäästöt ovat selvästi pienempiä kuin  $250 \text{ kWh}/m^2$  vuodessa kuluttavassa kohteessa saavutettavat säästöt. Kuvassa 7.6. energian hinnan on arvioitu nousevan joka vuosi 1 % ja kuvassa 7.7. nousu on 3 %. Esimerkiksi kuvassa 7.1.  $250 \text{ kWh}/m^2/a$  kuluttavassa kerrostalossa lämmönsiirtimen uusimisen seurauksena saavutetaan keskimäärin  $12 \text{ e}/m^2$  kustannussäästö lämmönsiirtimen keskimääräisen käyttöiän aikana, tässä keskimääräisenä käyttöikä on käytetty 15 vuotta.



**Kuva 7.6.** Lämmitysjärjestelmään liittyvien korjausten ja uusimisten energiansäästö sekä toimenpiteiden hinnat. Energian hinnan nousuna on käytetty 1 % vuodessa.



**Kuva 7.7.** Lämmitysjärjestelmään liittyvien korjausten ja uusimisten energiansäästö sekä toimenpiteiden hinnat 3 % energianhinnan nousulla vuodessa.

Kaukolämpölaitekomponenttien uusimisella ja muilla lämmitysjärjestelmäkorojauksilla saavutetaan jonkin verran energiakustannussäästöjä, ja kaikki taulukossa esitetyt toimenpiteet maksavat itsensä takaisin niiden käyttöaikana. Yleensä edullisimmilla toimenpiteillä saavutetaan melko pieniä energiasäästöjä ja kustannuksiltaan suuremmilla töillä suurempia säästöjä. Nuohous ja ilmavirtojen säätö on edullinen toimenpide ja sillä saadaan aikaan pieniä energiasäästöjä. Keskimääräinen lämpöenergiensäästö oli korjausaineiston perusteella 0,7 % ja nuohouksen ja ilmavirtojen säädön hinta noin 1 e/m<sup>2</sup>. Myös lämmönsäätö on melko edullinen toimenpide. Lämmönsäädöllä saadaan aikaan melko suuriakin kustannussäästöjä ja lisäksi asumismukavuutta saadaan parannettua, minkä vuoksi lämmönsäätö on lähes aina kannattavaa korjattavissa kohteissa. Korjausaineiston perusteella lämmönsäätö alentaa lämpöenergiankulutusta keskimäärin 3,8 % ja lämmönsäätö kustantaa 3 e/m<sup>2</sup>. Hieman kalliimmista investoinneista patteri- ja linjasäätöventtiilien uusiminen sekä lämmönsäätö samassa yhteydessä on aineiston perusteella hyvin kannattavaa, näiden toimenpiteiden kustannukset ovat noin 9 e/m<sup>2</sup>. Näillä toimenpiteillä keskimäärin lämpöenergiankulutus laskee korjausaineiston kohteissa 5 %. Lämmönsiirtimen uusiminen kustantaa keskimäärin 7 e/m<sup>2</sup> ja on taloudellisesti hieman suurempi investointi kuin patteri- ja linjasäätöventtiilien uusiminen, mutta lämmönsiirtimen uusimisella saadut kustannussäästöt jäävät pienemmiksi. Näin ollen on yleensä järkevämpää uusita ensin patteri- ja linjasäätöventtiilit ja vasta tämän jälkeen tarpeen vaatiessa lämmönsiirrin. Joka tapauksessa lämmönsiirtimen uusiminenkin on kannattava toimenpide, sillä korjausaineiston mukaan se laskee lämpöenergiankulutusta 4,7 %.



### 7.2.11 Huoneistokohtainen vedenmittaus ja laskutus

Huoneistokohtaisilla vedenkulutusmittareilla voidaan saada noin 20 % säästö vedenkulutuksessa. Lämpimän veden kulutuksen osuus on noin puolet kokonaisvedenkulutuksesta. Esimerkiksi Tampereen vuokratalosäätiön asunnoissa mittaroitujen huoneistojen keskimääräinen vedenkulutus on 126 litraa/asukas/vuorokausi ja ilman mittaria olevissa asunnoissa 156 litraa/asukas/vuorokausi. Espoonkruunu Oy:n 13700 asunnosta noin puolessa on huoneistokohtainen vedenmittaus. Keskimääräinen kulutus kaikissa Espoonkruunu Oy:n kohteissa on 150 litraa/asukas/vuorokausi ja mittaroiduissa kohteissa 130 litraa/asukas/vuorokausi. Huoneistokohtaiseen mittaukseen perustuva laskutus vaikuttaa rakennuksen lämpöenergiankulutukseen Ympäristöministeriön laskennallisen arvion mukaan 3-9 %. Suurimmat säästöpotentiaalit ovat kohteissa, joissa mittarien asentamisen lisäksi uusitaan vesijohtoverkosto nykyaikaisin mitoitusperiaattein sekä vanhat vesikalusteet vaihdetaan vettä säästäviksi. Vesijohtoverkoston painetasoa voidaan lisäksi säätää vakiopaineventtiilillä.

Huoneistokohtainen vesimittarijärjestelmä kustantaa noin 500–700 euroa asuntoa kohden. Lisäksi laskutus-, luenta-, ja huoltokustannuksia kertyy 10–30 euroa vuodessa. Ympäristöministeriön laskelmien mukaan järjestelmän kustannukset saadaan nykyisillä energian ja veden hinnoilla katettua noin 20 vuoden kuluessa. (Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutukseen 2009)

## 8 KORJAUSTOIMENPITEIDEN KANNATTAVUUS

Kerrostaloissa korjaustoimenpiteet suoritetaan yleensä rakennusosan vaurioitumisen, rakennuksen vanhenemisen, kulumisen, käyttötarkoituksen tai toiminnan muuttumisen ja laatutason parantamisen vuoksi. Monet tavanomaiset korjaukset parantavat rakennuksen energiatehokkuutta, mutta sitä voidaan myös erilaisilla toimilla parantaa lisää. Korjaustoimenpiteiden kannattavuuteen vaikuttaa muun muassa rakennuksen suunniteltu käyttöikä, investointien kustannukset, energian hinnan nousu, rakennuksen arvo ja vuokrapotentiaali sekä korjaustöiden laatu. (Lehtinen et al. 1990; Pulakka et al. 2007) Julkisivukorjauksia tehdään edelleen paljon 1960- ja 1970 -lukujen kerrostaloihin, mutta koko ajan enemmän myös 1980-luvun taloihin. Melko paljon korjataan myös 1990-luvulla rakennettuja kerrostaloja. (Julkisivujen määrät 2002)

Kiinteistön omistajan tulee asettaa korjauksille selkeitä tavoitteita. Teknisillä tavoitteilla pyritään estämään vaurioiden eteneminen tai tavoitellaan pitkää käyttöikää. Taloudelliset tavoitteet voivat liittyä alhaisiin investointikustannuksiin tai ylläpito- ja huoltokustannuksiin. Arvotekijöihin liittyvillä tavoitteilla taas voidaan pyrkiä parantamaan rakennuksen ulkonäköä tai parantaa asumisviihtyisyyttä esimerkiksi vedontunteen vähenemisellä. Yhteiskunnan asettamat vaatimukset voivat kohdistua suojelumääräysten täyttymiseen. (Lahdensivu 2011b)

Yleensä energiatehokkuutta parantavat korjaukset ovat kannattavampia Pohjois-Suomessa kuin Etelä-Suomessa. Investointien kustannukset ovat pohjoisempaan edullisempia ja lämmönkulutus suurempaa. Näin ollen Pohjois-Suomessa korjaustoimenpiteillä saavutetaan myös suurempia säästöjä. Lämmöntalteenotto sen sijaan ei ole Pohjois-Suomessa eteläistä Suomea kannattavampaa, koska pohjoisessa lämmöntalteenoton vuosihyötysuhteet jäävät heikommiksi pitempien pakkasjaksojen vuoksi.

Suurimmat energiakustannussäästöt vaativat kalliita investointeja, mutta pienemmilläänkin toimenpiteillä voidaan esimerkiksi ET-luokkaa parantaa. Esimerkiksi ikkunoiden uusiminen ja julkisivuremontti ovat korjauskustannuksiltaan moninkertaisia joihinkin pienempiin korjauksiin verrattuna. Investointikustannuksiltaan kalliit korjaukset ovat usein pitkäikäisempiä ja vaikutukset energiansäästöön ovat suurimmat. Korjaustoimenpiteiden arvioituun energiansäästöön vaikuttaa merkittävästi arvioitu käyttöikä. Mikäli esimerkiksi uusien ikkunoiden käyttöikä onkin kymmenen vuotta

odotettua lyhempi ja huoltotoimenpiteitä joudutaan tekemään oletettua enemmän, kustannussäästöt jäävät selvästi arvioidusta.

Usein toisiinsa liittyviä korjauksia kannattaa suorittaa samaan aikaan, jolloin korjaukset ovat edullisempia suorittaa. Samanaikaisilla korjaustoimenpiteillä voidaan saavuttaa myös muita etuja, esimerkiksi rakennuksen julkisivu- ja ikkunaremontti kannattaisi toteuttaa samanaikaisesti, jotta ikkunoiden karmisyvyys ja liittymät seinärakenteeseen onnistuisivat parhaiten.

## **8.1 Kustannusten muodostuminen rakennuksen elinkaaren aikana**

Kerrostalojen korjaukset kannattaa suorittaa tavalla, jolla säästetään kustannuksia rakennuksen koko elinkaaren aikana. Korjaustoimenpiteitä suunniteltaessa onkin mietittävä rakennuksen käyttöikä ja haluttua laatutasoa sekä uusien laitteiden ja järjestelmien käyttöikä. Käyttöikään vaikuttaa rasiustaso sekä käyttö ja kunnossapito. Laajan perusparannuksen investointikustannukset voivat nousta hyvinkin korkeiksi, minkä vuoksi korjaustoimenpiteillä pitäisi saavuttaa kustannussäästöjä. Erityisesti energiankulutuksen aleneminen synnyttää säästöjä, lisäksi rakennuksen laatutason noston seurauksena voidaan periä korkeampia vuokria, myös kunnossapitokustannusten aleneminen pitää päätöstä tehdessä ottaa huomioon. Perusparannus tehdään yleensä kuitenkin rakennuksen teknisten tai esteettisten seikkojen vuoksi, ei siis ylläpitokustannusten mahdollisen alenemisen johdosta. (Taivalanti 1997)

Elinkaarikustannukset koostuvat hankinta-, rahoitus-, huolto-, kunnossapito-, lämmitysenergia, sähköenergia-, purku- ja ympäristökustannuksista, jäännösarvosta sekä laskentajakson pituudesta ja laskentakorosta. Merkittävämmiin näistä kustannuksista korjaustavan valintaan vaikuttavat hankintakustannukset sekä energiakustannukset. Myös huolto- ja kunnossapitokustannukset saattavat eri korjaustoimenpiteiden välillä vaihdella suuresti, esimerkiksi puuikkunoiden huoltokustannukset ovat suuremmat kuin alumiini-ikkunoiden. Elinkaarikustannuksissa on myös alueellisia eroja: lämpöenergiankulutus on noin kaksikymmentä prosenttia suurempaa Pohjois-Suomessa kuin Etelä-Suomessa, toisaalta rakennuskustannukset ovat Pohjois-Suomessa suunnilleen saman verran edullisemmat kuin eteläisessä Suomessa. Näin ollen myös korjaustoimenpiteiden kannattavuus on erilaista eri puolilla Suomea. (Kouhia et al. 2010; Heimonen et al. 2007; Jalo 2010)

## **8.2 Kannattavuusjärjestys**

Korjaustoimenpiteitä vertaillen järjestelmien, laitteiden ja osien eripituiset käyttöiät aiheuttavat eroja kannattavuuslaskelmiin. Tulevia käyttöiä ei voida tarkasti tietää ja käyttöiän arvioinnissa on huomioitava myös huolto- ja kunnossapitotoimenpiteiden vaikutus sekä energiankulutus. Lisäksi pitäisi tietää rakennuksen käyttö- ja

rasitusolosuhteet sekä eri tekijöiden vaikutus toimenpiteiden ja järjestelmien käyttöikäen. Suunnittelun ja rakennustyön laadulla on myös merkittävä vaikutus käyttöikäen. Taloudellisella käyttöiällä tarkoitetaan tuotteen taloudellisesti kannattavaa käyttöikäen. Laitteen tai järjestelmän vanhetessa huolto- ja kunnossapitokustannukset kasvavat, minkä seurauksena vanhan järjestelmän ylläpitäminen ei ole enää kannattavaa, vaikka teknistä käyttöikäen vielä olisikin jäljellä. (Heimonen et al. 2007)

Kerrostalojen energiankulutukseen merkittävämmiin vaikuttaviksi yksittäisiä toimenpiteitä ovat ikkunoiden uusiminen tai etuikkunoiden asennus, ulkoseinien lisälämmöneristys, lämmönsiirtimen uusiminen, patteri- ja linjasäätöventtiilien sekä lämmönsäätö ja ilmanvaihtokorjaukset, joissa käyttöön otetaan lämmöntalteenotto. Myös parvekelasituksella, ikkunoiden tiivistämisellä ja joissakin kohteissa parvekkeen ovien uusimisella voidaan saada aikaan huomattavia energiansäästöjä. Yksittäisten ja melko edullisten korjausten vaikutus lämpöenergiankulutukseen on yleensä kuitenkin hyvin pieni, korkeintaan muutaman prosentin luokkaa.

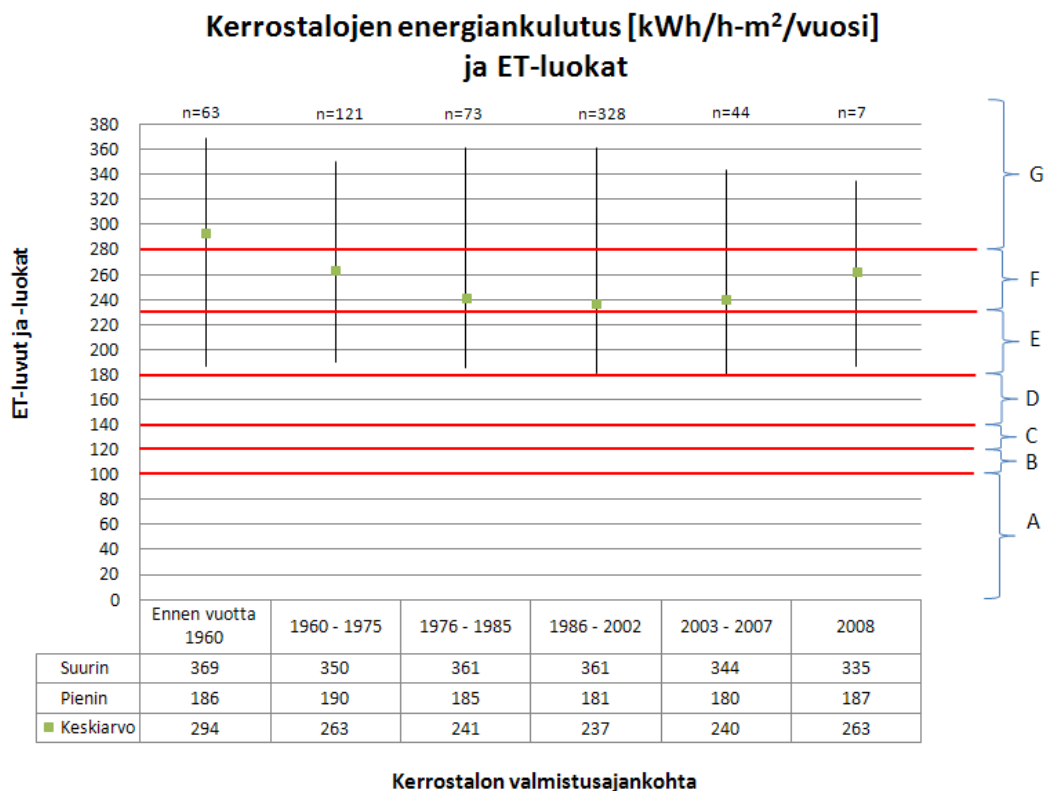
Toimenpiteiden vaikutusta lämpöenergiesäästöön on esitetty taulukossa 8.1. Lähtötietoina on käytetty korjausaineistosta saatuja kustannustietoja ( $e/asm^2$ ) sekä lämpöenergiesäästöjä (kWh/a). Korjausaineiston perusteella saatu säästö on laskettu kertomalla keskimääräinen energiansäästöprosentti energian kilowattituntihinnalla ja keskimääräisellä kerrostalon lämpöenergiankulutusarvolla  $200 \text{ kWh}/asm^2/a$ , energian hintana on tässä käytetty  $6,4 \text{ snt}/kWh$ . Säästöt torni- ja lamellitaloihin on laskettu samalla tavalla. Torni- ja lamellitalon energiansäästöprosentit on saatu simulointien perusteella. Korjaustoimenpiteiden järjestyksessä on otettu huomioon saavutettavissa oleva energiansäästö sekä korjauskustannus. Taulukossa on ensiksi esitetty kannattavimpia toimenpiteitä ja lopussa on energiansäästön kannalta vähemmän kannattavia ratkaisuja.

**Taulukko 8.1. Korjaustoimenpiteiden arvioitu lämpöenergiänsäästö.**

Korjaustoimenpide	Kustannus e/asm <sup>2</sup>	Säästö, korjausaineisto e/asm <sup>2</sup> /a	Säästö, tornitalo e/asm <sup>2</sup> /a	Säästö, lamellitalo e/asm <sup>2</sup> /a
Lämmönsäätö+patteri- ja linjasäätöventtiilien uusiminen	5-15	0,96	-	-
Lämmönsäätö	1-5	0,48	-	-
Lämmönsiirtimen uusiminen	5-15	0,58	-	-
Etuikkunat	20-30	0,58		
Ikkunoiden uusiminen	45-70	0,64	0,76	1,04
Parvekelasitus	10-25	0,56	0,34	0,56
Elementtisaumojen uusiminen	5-10	0,26		
Parvekeovien uusiminen	10-25	0,19	0,08	0,12
Yläpohjan lisäeristäminen	-	-	0,04	0,1
Patteri- ja linjasäätöventtiilien uusiminen	5-10	0,32	-	-
Nuohous ja ilmavirtojen säätö	1-2	0,12	-	-
Ulkoseinien peittävä korjaus + lisälämmöneristäminen	200-300	-	0,28	0,66
Ikkunoiden tiivistys	1-5	0	-	-
Ulko-ovien uusiminen	2-10	0	0	0,14

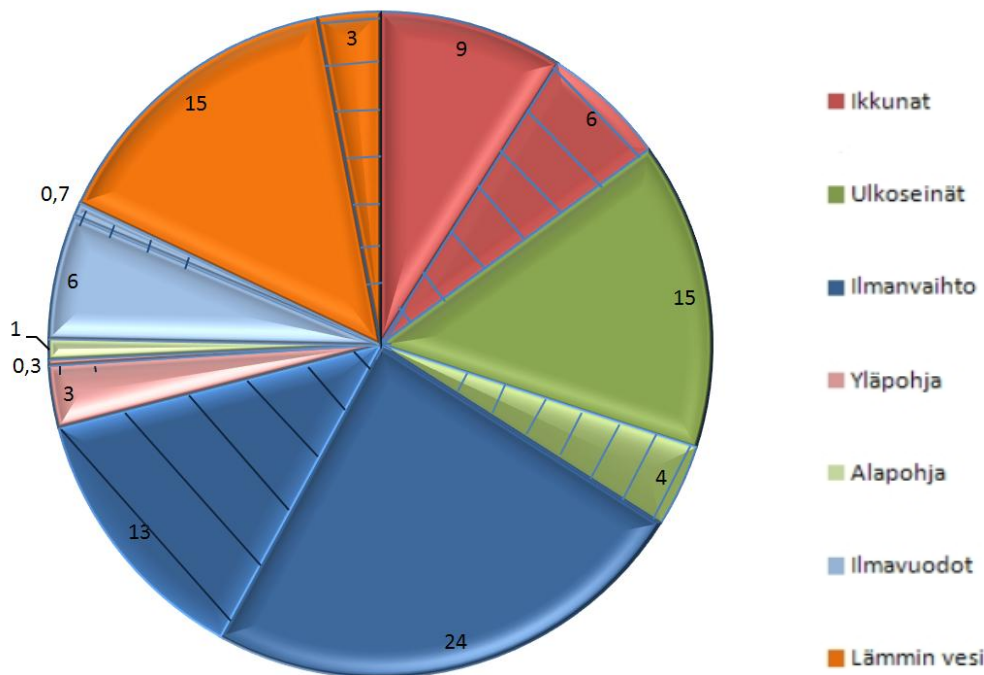
Rakennuksen ET-luku (energiätehokkuusluku) ilmaisee rakennuksen energiatehokkuuden. ET-luku lasketaan jakamalla rakennuksen vuosittainen energiankulutus rakennuksen bruttoalalla. ET-luku lasketaan suurissa rakennuksissa rakennuksen lämmitysenergian, kiinteistösähkön sekä tilojen jäähdytysenergian yhteenlasketusta kulutuksesta. Myös E-luku kuvaa rakennuksen energiankulutusta, mutta sen laskennassa otetaan huomioon myös energiamuotojen kertoimet. E-luku lasketaan kertomalla ostoenergiat energiamuotojen kertoimilla ja laskemalla nämä kaikki energiat yhteen. Uusissa kerrostaloissa E-luku ei saa ylittää arvoa 130 kWh/m<sup>2</sup>. (Ympäristöministeriö 2008; Rakentamismääräyskokoelma osa D3 2012)

Suurin osa nykyisistä kerrostaloista kuuluu ET-luokkaan D, jolloin ET-luku on 141 - 180 kWh/brm<sup>2</sup>/a. Noin kolmasosa kerrostaloista kuluttaa 181 - 230 kWh/brm<sup>2</sup>/a, jolloin ET-luokka on E. Yksittäisillä korjauksilla ET-lukua saadaan laskettua enimmilläänkin vain 15 %, jos ilmanvaihtokorjauksia ja lämmöntalteenottoa ei oteta huomioon. Yksittäisillä korjauksilla ei siis ET-luokkaa saada parannettua, ellei kulutus ole jo entuudestaan hyvin lähellä paremman ET-luokan arvoja. Useita korjauksia tekemälläkään ei ilman lämmöntalteenottoon siirtymistä saada ET-lukua käytännössä pienennettyä muuta kuin korkeintaan yhden luokan verran. Paljon energiaa kuluttavilta kerrostaloilta eli yli 220 kWh/brm<sup>2</sup>/a kuluttavilta kohteilta D-luokkaan pääseminen vaatii yleensä lämmöntalteenottoon siirtymistä. Toisaalta esimerkiksi alle 200 kWh/brm<sup>2</sup> vuodessa kuluttavat kerrostalot, joissa ilmanvaihto korjataan hyvän sisäilman vaatimuksien mukaiseksi, energiankulutus kasvaa lämmöntalteenotosta huolimatta ja ET-luokka ei korjauksissa paranekaan. Kuvassa 8.2. on esitetty eri aikakaudella valmistuneiden kerrostalojen energiankulutushajonta sekä keskiarvo ja ET-luokat. Tiedot on koottu kulutusaineiston perusteella 727:sta eri puolella Suomea sijaitsevista kerrostalokohteista. 1980-luvulla ja sen jälkeen on valmistunut paljon kerrostaloja, joiden ET-luku on 181 - 200 kWh/brm<sup>2</sup>/a. Näiden kerrostalojen ET-luokkaa pystyttäisiin monesti parantamaan luokasta E luokkaan D esimerkiksi ikkunakorjauksilla sekä ulkoseinien lisäeristyksellä ja lämmönsäädöllä. Näillä korjauksilla ET-lukua saataisiin pienennettyä noin 20 - 35 kWh/brm<sup>2</sup>/a ja ET-luokaksi näin ollen D.



**Kuva 8.2.** Kerrostalojen energiankulutus ja ET-luokat (Kiinteistötietokannan kulutusaineisto).

Kuvan 8.3. ympyrädiagrammissa esitetään tyypillisen 1970-luvun asuinkerrostalon lämmönkulutusjakauma ja eri korjaustoimenpiteiden säästöpotentiaali. Tietyllä värillä on kuvattu eri rakennusosien osuus lämmönkulutukseen prosentteina ja viivoitettu alue ilmoittaa kyseiseen rakennusosaan kohdistuvan lämpöenergiesäästön korjauksen jälkeen. Eri rakennusosien osuudet lämmönkulutuksesta on saatu kappaleessa 3.2. esitetyistä lähteistä. Säästöpotentiaalit on saatu korjausaineiston keskimääräisen säästön sekä simulointien perusteella. Esimerkiksi ikkunoiden kautta kuluu tyypillisen 1970-luvun kerrostalon lämpöenergiaa noin 15 % ja korjaamalla ikkunat paremmin eristäviksi voitaisiin lämpöenergiankulutusta saada pienennettyä 6 %. Korjaamalla kaikkia alla esitettyjä rakennusosia ja järjestelmiä rakennuksen lämpöenergiankulutusta voitaisiin saada pienennettyä jopa 30 prosenttia ja ET-luokka paranisi 70-luvun rakennusten tyypillisestä E-luokasta luokkaan D.



*Kuva 8.3. Korjaustoimenpiteiden vaikutus tyypilliseen 1970-luvun kerrostaloon.*

### 8.3 Kannattavat korjaukset eri aikakausien kerrostaloissa

Kerrostalojen lämpöenergiankulutus on suurinta 1960- ja 1970-luvuilla rakennetuissa kerrostaloissa ja energiansäästön kannalta kannattavinta on korjata paljon energiaa kuluttavia, ET-luokkiin E ja F kuuluvia, rakennuksia. Eri aikakausilla rakennetuissa kerrostaloissa on usein käytetty samanlaisia rakenteita ja ratkaisuja, ja tietyllä aikakaudella rakennetuille taloille voidaan suositella samantyyppisiä energiatalouteen vaikuttavia korjausratkaisuja.

1940- ja 1950-lukujen kerrostaloille on jo tehty lukuisia erilaisia korjauksia. Yleensä ainakin vesikalusteet on vaihdettu ja usein myös patteritermostaatit hankittu. Monien kohteiden yläpohjaa on myös lisäeristetty. Tämän aikakauden kerrostaloissa suuret

lämpöhäviöt tapahtuvat usein ikkunoiden kautta, mikäli niitä ei ole vielä uusittu. Kunnostusta vaativiin ikkunoihin voidaan asentaa lisäpuitteet, jolloin ikkunoiden lämmöneristävyys paranee ja huoltotoimenpiteet vähenevät. Hyvin huonokuntoiset ikkunat voidaan uusita kokonaan. Myös ulkoseinien osuus lämpöenergiankulutukseen on suuri ja sitä voidaan pienentää esimerkiksi lisälämmöneristämällä ulkoseinät. Yleensä paksujen tiilimuurien korjaustarve on melko vähäinen, mutta lämmöneristeen ulkopuolelle muuratuissa ohuissa puolen kiven tiiliverhouksissa ilmenee enemmän vaurioita. Mikäli vauriot ovat vakavia ja tiilimuraus joudutaan purkamaan ja muuraamaan uudestaan, kannattaa ulkoseinät samalla usein myös lisälämmöneristää.

Betonielementtirakentamisen aikakaudella eli 1960- ja 1970-luvuilla valmistuneiden kerrostalojen korjaustoimenpiteet kohdistuvat teknisen korjaustarpeen vuoksi usein betonielementteihin. Ulkoseinien lämmöneristävyys on U-arvoltaan luokkaa  $0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$  ja ulkoseinärakenteissa esiintyy usein vaurioita ja puutteita. Betonielementti-ulkoseinärakenteiden korjauksessa lämmöneristävyyttä kannattaa muiden korjausten yhteydessä yleensä parantaa. Järkevä korjaustoimenpide on rakenteiden vauriotavasta riippuen yleensä peittävä korjaus lisälämmöneristyksellä, myös elementtisaumojen uusiminen on usein kannattavaa. Erityistä huomiota kannattaa kiinnittää myös kylmäsiltoihin.

1960-luvun ja 1970-luvun alun kerrostaloihin on asennettu usein kaksilasisia MS-ikkunoita, joiden U-arvo on luokkaa  $2,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Ikkunat aiheuttavatkin tuon ajan kerrostaloissa paljon lämpöhäviötä, joten niiden lämpöeristävyyttä parantamalla lämpöenergiaa saataisiin säästettyä jopa 5-8 prosenttia. Korjausaineiston mukaan ikkunoiden uusiminen oli ollut keskimäärin kannattavampaa 1970-luvun alkupuolella ja tätä aiemmin rakennetuissa taloissa verrattuna 1970-luvun loppupuolen jälkeen rakennettuihin taloihin. Kerrostaloissa, joissa on käytössä painovoimainen tai poistoilmanvaihto, on ikkunakorjausten yhteydessä huomioitava riittävä korvausilman sisäänotto. Uusissa ikkunoissa on hyvä olla esimerkiksi korvausilmaventtiilit. Ikkunaremontin yhteydessä kannattaa tarkistaa ja säätää ilmanvaihtomääriä.

Vesi- ja viemäriputkien käyttöikä on noin 30–50 vuotta, joten korjauspaineet tältä osin kohdistuvat juuri 1960–1970-luvuilla rakennettuihin kerrostaloihin, joissa on käytössä valurautaiset viemärit. 1970-luvulla alettiin käyttää muoviviemäreitä, jotka ovat kestävämpiä kuin valurautaiset viemäriputket. 1970-luvulla rakennetuissa kerrostaloissa veden ominaiskulutus on suurinta, joten viemäriremontin yhteydessä kannattaa hankkia myös vettä säästävämät vesikalusteet. Useimmissa 1960-luvulla rakennetuissa kerrostaloissa vesikalusteet on jo uusittu ja 1980-luvun kerrostalojen vesikalusteet ovat muutenkin jo 1970-luvun vesikalusteisiin nähden vedenkulutuksen kannalta säästävämpiä.



1980-luvun alkupuolella rakennettujen kerrostalojen keskimääräinen normeerattu ominaislämpöenergian kulutus on kulutusaineiston perusteella laskettuna 43,5 kWh/Rm<sup>2</sup>. Lämmöneristävyys ulkoseinissä on tuon ajan kerrostaloissa jo melko hyvällä tasolla ja ikkunatkin ovat kolmilasisia ja U-arvoltaan alle kahden. Ilmanvaihtojärjestelmän uusiminen ja lämmöntalteenottoon siirtyminen tuo usein 1980-luvun kerrostaloissa suurimmat energiankulutussäästöt. Parhaimmillaan voidaan päästä jopa 25 prosentin energiankulutussäästöön. Kasvaneet ilmamäärät voivat monissa kohteissa myös lisätä energiankulutusta, mutta toisaalta parantunut ja hallitumpi ilmanvaihto kohentaa asumisolosuhteita ja mahdollistaa yksilöllisemmät vaikutusmahdollisuudet asukkaalle.

Kerrostalojen lämpöenergiankulutusta voidaan pienentää myös parvekelasituksella. Samalla parvekkeiden rasiustaso alenee ja niiden käyttöikä ja yleensä myös käyttömäärä kasvaa. Parvekelasitus voidaan periaatteessa tehdä kaikenlaisille parvekkeille, mutta parhaiten se sopii 1970-luvulla ja tämän jälkeen rakennetuille betoniparvekkeille. 1900-luvun alkupuoliskolla rakennetut parvekkeet ovat usein pienempiä sekä muutenkin kevytrakenteisempia ja lasitus muuttaisi parvekkeiden ulkonäköä melko paljon.

## 9 HUOMIOITA JA JATKOTUTKIMUSEHDOTUKSET

Korjausaineisto sisälsi 119 kerrostalokohteen korjaustoimenpiteiden kustannukset ja energiankulutustiedot. Yksittäisten korjaustoimenpiteiden osalta aineisto oli kuitenkin melko suppea, koska useat korjaustoimenpiteet oli suoritettu vain alle kymmenessä kerrostalokohteessa. Lisäksi useita eri korjaustoimenpiteitä oli toteutettu yksittäisissä kohteissa samana vuonna, joten energiansäästöä yksittäisen korjaustoimenpiteen osalta ei voida kulutustietojen perusteella luotettavasti tarkastella. Näin ollen laajoja yleistyksiä kyseisten korjaustoimenpiteiden kustannuksista ja energiansäästöstä ei voida tehdä. Varsinkin korjausten kustannuksissa esiintyi suurta vaihtelua. Tutkimuksesta saataisiin luotettavampi, mikäli aineisto sisältäisi huomattavasti enemmän korjattuja kerrostalokohteita.

Simuloinneissa käytettiin kahta eri aikakaudella rakennettua erimuotoista kerrostaloa. Ainoastaan kahden kerrostalokohteen perusteella saatua aineistoa ei voida täysin yleistää muihin torni- ja lamellitaloihin. Simuloinneilla saadut energiansäästöarvot antoivat samantyyppisiä tuloksia kuin mitä korjausaineiston perusteella oli todellisissa tapauksissa mitattu. Todellisissa kohteissa säästöt olivat yleensä kuitenkin hieman suurempia kuin mitä simuloinneilla saadut arvot olivat. Tähän voi vaikuttaa muun muassa se, että todellisuudessa rakennusosien lämmöneristävyys on hieman ilmoitettuja U-arvoja heikompaa, rakentaessa on tehty työvireitä tai rakenteiden kunto on heikentynyt selvästi.

Korjausaineistossa oli ainoastaan muutama kohteeseen tehty vesi- ja viemärijärjestelmiin liittyviä korjauksia tai hankittu vedensäästölaitteita. Vähäisen määrän vuoksi tässä työssä ei juurikaan tarkasteltu lämpimän veden säästössä syntyneitä energiansäästöjä. Tällaista energiansäästöä esimerkiksi vedensäästölaitteiden tai veden kulutusmittarien ansiosta olisi hyvä tarkastella laajemminkin, mikäli asiasta olisi korjaus- ja kulutusaineistoa saatavilla.

## LÄHTEET

Aho, L. 1994. Kokemukset bitumiaineisten vesikattojen korjaustöistä. Helsinki, Rakennushallitus. 49 s.

ARAn tuet 2011, vireillepano-ohjeet hakijoille ja kunnille. 2010. ARA. [viitattu 7.10.2011]. Saatavissa: <http://www.ara.fi/download.asp?contentid=24487&lan=fi>

Betoninormit 1977. 1977. Helsinki, Suomen Betoniyhdistys. 202 s.

Betoninormit 1978. 1978. Helsinki, Suomen rakennusinsinöörien liitto. 212 s.

Betoninormit: RakMK B4 ja korkealujuuksisten betonien lisäohjeet. 1993. Jyväskylä, Suomen Betoniyhdistys r.y. BY15. 170 s.

Ebeling. 1963. Lämmitys-, ilmanvaihto- ja saniteettitekniillisiä taulukoita sekä ohjeita. Helsinki, Kustannus-aitta oy. 563 s.

Energiateollisuus. [WWW]. [Viitattu 12.9.2011]. Saatavissa: [http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/kaukolampo/kirjasto/julkaisut/liitteet/julkaisuk1\\_03\\_04072007.pdf](http://www.energia.fi/content/root%20content/energiateollisuus/fi/kaukolampo/kirjasto/julkaisut/liitteet/julkaisuk1_03_04072007.pdf)

EPS Rakennuseristeteollisuus. Energiatehokkuus. [WWW]. [Viitattu 1.9.2011]. Saatavissa: [eriste.fi/fin/energiatehokkuus/energiatehokkuuden\\_perusteet/peruskorjaus/](http://eriste.fi/fin/energiatehokkuus/energiatehokkuuden_perusteet/peruskorjaus/)

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2010/31/EU. 2010. [WWW]. [Viitattu 9.10.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=119069&lan=fi>

Fenestra. [WWW]. [Viitattu 12.9.2011]. Saatavissa: [http://www.fenestra.fi/portal/suomi/palvelut/palvelut\\_suunnittelijalle/energiatekniset\\_ominaisuudet/parvekeovien\\_u-arvot/](http://www.fenestra.fi/portal/suomi/palvelut/palvelut_suunnittelijalle/energiatekniset_ominaisuudet/parvekeovien_u-arvot/)

Hagan. H. 1996. Lähiökorjaamisen arkkitehtuuriset vaikutukset. Helsinki, Ympäristöministeriö. 112 s.

Haukijärvi. M. JUKO-Ohjeistokansio julkisivukorjaushankkeen läpiviemiseksi, korjaustapakuvaukset, ikkunarakenteet –yleiskuvaukset. 2005. [WWW]. Tampereen teknillinen yliopisto, talonrakennustekniikka. [Viitattu 12.9.2011]. Saatavissa: [http://www.tut.fi/units/rak/rtek/tutkimus/juko/JUKO\\_pdf\\_web/Korjaustavat/Ikkunat/Ikkunat\\_korjaustavat.pdf](http://www.tut.fi/units/rak/rtek/tutkimus/juko/JUKO_pdf_web/Korjaustavat/Ikkunat/Ikkunat_korjaustavat.pdf)

Hallittu putkiremontti. 2008. Helsinki, Rakennustieto oy. 193 s.

Heimonen, I., Hemmilä, K. 2006. Tuloilmaikkunan energiatahokkuus. Espoo, VTT Tiedotteita 2329. 110 s. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2329.pdf>

Heimonen. I., Junnonen. J-M., Pulakka. S., Vuolle. M. 2007. Talotekniikan elinkaarikustannukset. Espoo, VTT Tiedotteita 2409. 66 s. [WWW]. [Viitattu 21.10.2011]. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2409.pdf>

Heljo, J. & Peuhkurinen, T. 2004. Asuinkerrostalon perusparantamisen ja laajuusmuutosten vaikutus energiankulutukseen ja elinkaarikustannuksiin. Tampere, Tampereen teknillisen yliopiston rakentamistalouden laitos, raportti 2004:5. 41 s. + liitt. 3 s.

Heljo, J., Jääskeläinen, S., Kalenoja, H., Lahti, M., Mäkelä, K., Pesola, A., Ristimäki, M., Vehviläinen, I., Vihola, J. 2010. Rakennetun ympäristön energiankäyttö ja kasvihuonekaasupäästöt. Helsinki, Sitran selvityksiä 39. 125 s.

Hemmilä, K. 1992. Ikkunan lämmöneristävyyden parantaminen. ETRR-Raportti 13. 44 s.

Hemmilä, K. & Saarni, R. 2002. Ikkunaremontti. Rakennustieto Oy. Helsinki. 115 s.

Hilliaho, K. 2010. Parvekelasituksen energiataloudelliset vaikutukset. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennetun ympäristön tiedekunta. 147 s. + 8 liites.

Hilliaho, K. Lahdensivu, J. 2010. Lämmöneristepaksuudet suomalaisissa betonielementtirakenteisissa asuinkerrostaloissa. BEKO-tutkimus –artikkelisarja, osa 6. Kiinteistöposti 9/2010. s. 26-28. Saatavissa: [http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/tutkittua/Beko\\_tutkimus/be\\_ko6.pdf](http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/tutkittua/Beko_tutkimus/be_ko6.pdf)

Holopainen, R., Hekkanen, M., Hemmilä, K., Norvasuo, M. 2007. Suomalaisten rakennusten energiakorjausmenetelmät ja säästöpotentiaalit. Espoo, VTT- tiedotteita 2377. 104 s. +liit. 2 s. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2007/T2377.pdf>

Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutukseen, työryhmämuistio. 2009. [WWW]. Ympäristöministeriö. 17 s. [Viitattu 5.9.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=104742&lan=sv>

Huovinen. S., Jolkkonen. K. 2002. Pinnoitteiden vaikutus sandwich-elementtien käyttöikään. Rakennustaito [WWW]. 2/2002, s. 32. [viitattu 6.9.2011]. Saatavissa: [http://www.rakennustieto.fi/lehdet/rakennustaito/index/lehti/unnamed\\_807.html](http://www.rakennustieto.fi/lehdet/rakennustaito/index/lehti/unnamed_807.html)

Isaksson. K., Jaakkonen. L., Lehtinen. E., Nippala. E., Vainio. T. 2002. Korjausrakentaminen 2000-2010. Espoo, VTT Tiedotteita 2154. 57 s.

Jalo, T. 2010. Roihuvuori-seuran energia –ilta Asuinkerrostalon energiatehokkuuden parantaminen. Motiva. [WWW]. [Viitattu 2.9.2011]. Saatavissa: [http://kaupunginosat.net/roihuvuori/images/stories/Asuinkerrostalon\\_energiatehokkuuden\\_parantaminen.pdf](http://kaupunginosat.net/roihuvuori/images/stories/Asuinkerrostalon_energiatehokkuuden_parantaminen.pdf)

JUKO-ohjeistokansio julkisivukorjausten läpivientä varten. Julkisivuyhdistys r.y., Tampereen teknillisen yliopiston Rakennetekniikan laitos, VTT Rakennus- ja yhdyskuntatekniikan Kiinteistöliiketoiminta –ryhmä. [WWW]. [Viitattu 16.9.2011]. Saatavissa: <http://www.tut.fi/units/rak/rtek/tutkimus/juko/>

Julkisivukorjausten määrät 2002. Julkisivuyhdistys [WWW]. 15 s. [Viitattu 1.11.2011]. Saatavissa: <http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/tutkittua/korjausraportti2002.pdf>

Junnonen. J-M., Lindstedt. T. 2009. Energiatehokkaat ja teolliset korjausrakentamiskorjaukset Suomessa ja kansainvälisesti. Sitran selvityksiä 11.

Kauppinen, T., Kouhia. I., Kovanen. K. Ulkoseinärakenteiden lämpötekniinen toimivuus, pintalämpötila- ja ilmanpitävyyskriteerit. VTT. [WWW] Viitattu 8.11.2011. Saatavissa: [http://www.sisailmayhdistys.fi/attachments/seminaarit/sem2008/kauppinen\\_timo.pdf](http://www.sisailmayhdistys.fi/attachments/seminaarit/sem2008/kauppinen_timo.pdf)

Kerrostalot 1880-2000. 2006. Tampere, Rakennustieto Oy. 288 s.

KH-90-40016. 1997. Tavoitteelliset käyttöiät ja ohjeelliset kunnossapitajaksot, Asuintalon huoltokirja. Rakennustietosäätiö RTS.

Kiinteistön lämmitys ja ilmanvaihto sekä laitteet. 1960. Helsinki, LVI-Kustannusosakeyhtiö. 260 s.

KIMU, Kerrostalon ilmastonmuutos – energiatalous ja sisäilmasto kuntoon Ilmanvaihtojärjestelmien tarkastelu – lisähanke, KIMULI, Loppuraportti. 2010. [WWW]. [viitattu 1.9.2011]. Saatavissa: <http://www.teeparannus.fi/attachements/2010-12-21T11-57-5114846.pdf>

Kiukkonen, H. 2011. Betonisandwich-seinien lisäeristykset ja niiden kosteustekninen toiminta 1960-70 lukujen kerrostaloissa. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto. 110 s.

Korjauskortisto, ovien korjaus. Museovirasto. [WWW]. 16 s. [Viitattu 11.9.2011]. Saatavissa: <http://www.nba.fi/tiedostot/d3729398.pdf>  
 Korjausrakentamisen strategian toimeenpanosuunnitelma 2009–2017. 2009. Helsinki. Ympäristöministeriö. Raportteja 7/2009. <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=100081&lan=fi>

Kouhia, I., Nieminen, J., Pulakka, S. 2010. Rakennuksen ulkovaipan energiakorjaukset. Espoo, VTT-Tutkimusraportti, VTT-R-04017-10. 43 s. Saatavissa: <http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2010/VTT-R-04017-10.pdf>

Kuitunen, Jarmo. 2012. Suomen LVI-liiton hallituksen puheenjohtaja, toimitusjohtaja, Insinööritoimisto Jarmo Kuitunen Oy. Puhelinkeskustelu 19.6.2012.

Köliö, A. 2010. Betonilähiöiden julkisivujen tekninen korjaustarve. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, rakennetun ympäristön tiedekunta. 74 s. +36 liites.

Lahdensivu, J. 2007. Levyjulkisivut Levyjulkisivun purkaminen ja uudelleenrakentaminen – suunnitteluohjeet. JUKO-Ohjeistokansio. Julkisivuyhdistys ry. [Viitattu 4.9.2011]. Saatavissa: [http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/juko/JUKO\\_pdf\\_web/Korjaustavat/Levyjulkisivut/Suunnitteluohjeet\\_Levyverhouksen\\_uusiminen.pdf](http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/juko/JUKO_pdf_web/Korjaustavat/Levyjulkisivut/Suunnitteluohjeet_Levyverhouksen_uusiminen.pdf)

Lahdensivu, J. 2010a. Betonijulkisivujen vaurioituminen. BEKO-tutkimus – artikkelisarja, osa 2. Kiinteistöposti 3/2010. s. 51-53. Saatavissa: [http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/tutkittua/Beko\\_tutkimus/Beko2.pdf](http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/tutkittua/Beko_tutkimus/Beko2.pdf)

Lahdensivu, J., Köliö, A., Varjonen, S. 2010. Betonijulkisivujen korjausstrategiat. Tampere. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan laitos. Tutkimusraportti 148. 79 s.

Lahdensivu, J. 2010b. Julkisivujen ja parvekkeiden kestävyys muuttuvassa ilmastossa, [WWW]. Ympäristöministeriö. Helsinki 2010. 68 s. [viitattu 29.8.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=128483&lan=fi>

Lahdensivu. J. 2011. Eriste- ja levyrappaus 2011. Helsinki, Suomen betoniyhdistys. 196 s.

Lahti, P., Nieminen, J., Nikkanen, A., Nummelin, J., Lylykangas, K., Vaattovaara, M., Kortteinen, M., Ratvio, R., Yousfi, S. 2010. Riihimäen Peltosaari, Lähiön ekotehokas uudistaminen. Helsinki, VTT Tiedotteita 2526. 129 s.  
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2010/T2526.pdf>

Lappalainen, M. 2010. Energia- ja ekologiakäsikirja, suunnittelu ja rakentaminen. Helsinki, Rakennustieto Oy. 200 s.

Lehtinen. E., Matilainen. J., Vainio. T. 1990. Korjausrakentaminen 1990 - KORVO 90, osa 2., Korjausten syyt. Espoo, VTT Tiedotteita 1300. 48 s.

Lehtonen, J. 1997. Betonielementtikerrostalojen julkisivurakenteet. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen korkeakoulu. 106 s.

Linne, S. 2010. Ulkovaipan lämpötalouteen vaikuttavat korjaustoimenpiteet käytännössä. Julkisivuyhdistys. 89 s.

Linstedt, T., Junnonen, J. 2009. Energiatehokkaat ja teolliset korjausrakentamisratkaisut Suomessa ja kansainvälisesti. Sitra. Sitran selvityksiä 11.

Lämmitys- ja ilmanvaihtolaitteiden suunnittelun normaaliohjeet. 1955. Helsinki. 123 s.

Lämmitysverkoston perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilmaston. 2002. Motiva. [WWW]. [Viitattu 2.9.2011]. Saatavissa:  
<http://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esite.pdf>

Lämmöntalteenotto poistoilmasta. Tee parannus. [WWW]. [Viitattu 2.9.2011]. Saatavissa:  
<http://www.teeparannus.fi/parhaatkaytannot/ratkaisuja/hyvakorjaustapa/ilmanvaihto/>

Mehto. L. 1997. Vanhan julkisivuverhouksen korjaus, Betonijulkisivujen korjaus ja pintakäsittely. Julkisivuyhdistys [WWW]. s. 62-67. [Viitattu 1.11.2011]. Saatavissa:  
[http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/JulkkariOpas/julkisivuopas4\\_s62-81.pdf](http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/JulkkariOpas/julkisivuopas4_s62-81.pdf)

Mihin energiaa kuluu, sähkönkulutus. Motiva. [WWW]. [Viitattu 12.9.2011]. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/koti\\_ja\\_asuminen/mihin\\_energiaa\\_kuluu/sahkonkulutus](http://www.motiva.fi/koti_ja_asuminen/mihin_energiaa_kuluu/sahkonkulutus)

Myyryläinen, L. 2008. Elinkaariajattelu kiinteistönpidossa. [WWW]. 115 s.. [Viitattu 13.10.2011]. Saatavissa: [https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/15522/Vastamaki\\_Ville.pdf?sequence=1](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/15522/Vastamaki_Ville.pdf?sequence=1)

Mäkinen, H. 2009. Energiatehokas ikkuna- ja julkisivukorjaus. Suomen talokeskus Oy. Saatavilla: <http://www.teeparannus.fi/attachements/2009-04-22T10-49-599785.pdf>

Neuvonen, P. 2009. Kerrostalon julkisivukorjaus, Julkisivun ominaispiirteet ja korjaustavan valinta. Suomen Ympäristö 37. Helsinki, Ympäristöministeriö. 46 s. [Viitattu 1.10.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=111518&lan=FI>

Nieminen, J. 2010. INNOVA, Kerrostalosta passiivitaloksi. VTT. 22 s. [Viitattu 29.8.2011]. Saatavissa: [http://parocfi.virtual35.nebula.fi/innova/assets/pdf/Innova\\_tietopaketti.pdf](http://parocfi.virtual35.nebula.fi/innova/assets/pdf/Innova_tietopaketti.pdf)

Nieminen, J. Kerrostalosta passiivitaloksi korjausratkaisut. VTT. [WWW]. [Viitattu 13.9.2011]. Saatavissa: [http://innova.molentum.fi/sites/innova.molentum.fi/files/Jyri\\_Nieminen\\_julkistamistilaisuus\\_11012010.pdf](http://innova.molentum.fi/sites/innova.molentum.fi/files/Jyri_Nieminen_julkistamistilaisuus_11012010.pdf)

Nieminen, J. 2007. Julkisivujen lisälämmöneristäminen. Julkisivujen uudelleen verhoaminen. Julkisivuopas. Julkisivuyhdistys ry. [Viitattu 21.11.2011]. Saatavissa: [http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/JulkkariOpas/julkisivuopas5\\_s82-98.pdf](http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/JulkkariOpas/julkisivuopas5_s82-98.pdf)

Nippala, E., Heljo, J., Jaakkonen, L., Lehtinen, E. 1995. Rakennuskannan energiankulutus Suomessa. Espoo. VTT, Rakennustekniikka. Tampereen teknillinen korkeakoulu, Rakentamistalous. VTT Tiedotteita 1625. 61 s. + liitteet 16 s.

Pallari, M-L., Heikkinen, J., Gabrielsson, J., Matilainen, V. ja Reisbacka, A. 1995. Kerrostalojen ilmanvaihdon korjausratkaisut. Espoo, VTT Tiedotteita 1654. 107 s.

Palonen, J. 2011. Kerrostalon ilmastonmuutos (KIMU) Talotekniikkajärjestelmät. Aalto-yliopiston Teknillinen korkeakoulu Energiatekniikan laitos. [WWW]. [Viitattu 13.9.2011]. Saatavissa: <http://www.teeparannus.fi/attachements/2011-05-25T11-37-4114846.pdf>



Parvekelasitus yleistyy. Korjaustieto.fi [WWW]. [Viitattu 1.10.2011]. Saatavissa: <http://www.korjaustieto.fi/taloyhtiot/korjaushankkeet/julkisivut-ja-parvekkeet/parvekelasitus.html>

Pulakka, S., Heimonen, I., Junnonen J-M., Vuolle, M. 2007. Talotekniikan elinkaarikustannukset. Espoo, VTT-tiedotteita 2409. 58 s.

Putkiremonttien hinnat nousseet rajusti Helsingissä. 2011. Taloussanomien 16.11.2011.

Rakennusten energiankulutuksen seuranta [WWW]. Motiva. [Viitattu 16.11.2011]. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/2070/Lammitystarve\\_2005\\_0607\\_high.pdf](http://www.motiva.fi/files/2070/Lammitystarve_2005_0607_high.pdf)

Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi. Ympäristöministeriö. [WWW]. [Viitattu 12.9.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=120444>

Rakennuksen energiatodistus ja energiatehokkuusluvun määrittäminen. 2008. Ympäristöministeriö. 7 s. [Viitattu 10.11.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=82322&lan=sv>

Rakennusten lämmitysjärjestelmät. 2007. Helsinki, Rakennustietosäätiö RTS. 200 s.

Rakentaminen 2011. 2011. Rakennusalan suhdanneryhmä. Valtionvarainministeriö. [WWW]. [Viitattu 11.11.2011]. Saatavissa: [http://www.vm.fi/vm/fi/04\\_julkaisut\\_ja\\_asiakirjat/01\\_julkaisut/02\\_taloudelliset\\_katsaukset/20110204Rakent/RAKSURaportti\\_04022011.pdf](http://www.vm.fi/vm/fi/04_julkaisut_ja_asiakirjat/01_julkaisut/02_taloudelliset_katsaukset/20110204Rakent/RAKSURaportti_04022011.pdf)

Rakentaminen 2011-2012. 2011. Rakennusalan suhdanneryhmä. Valtionvarainministeriö. [WWW]. [Viitattu 10.11.2011]. Saatavissa: [http://www.vm.fi/vm/fi/04\\_julkaisut\\_ja\\_asiakirjat/01\\_julkaisut/02\\_taloudelliset\\_katsaukset/20110913Rakent/RAKSURaportti\\_13092011.pdf](http://www.vm.fi/vm/fi/04_julkaisut_ja_asiakirjat/01_julkaisut/02_taloudelliset_katsaukset/20110913Rakent/RAKSURaportti_13092011.pdf)

RIL 249-2009 Matalaenergiarakentaminen, asuinrakennukset. 2009. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry. 291 s.

RS Partners, Therecon. Lämmöntalteenoton saneeraus. [WWW]. [viitattu 4.9.2011]. Saatavissa: <http://www.thereco.fi/component/content/article/1/8-laemmoen-talteenotto>

RT-Ympäristöseloste. Rakennustietosäätiö. [WWW]. [Viitattu 10.9.2011]. Saatavissa: <http://www.rts.fi/ymparistoseloste/index.htm>

Ruotsalainen. R. 1990. Asuntojen ilmanvaihto ja sisäilmasto, asukkaiden viihtyvyys ja oireilu. Espoo, raportti, Teknillinen korkeakoulu. 61 s.

Ruuska, J. 2007. Julkisivujen korjaustarpeet, Ikkunat. Julkisivuyhdistys [WWW]. s. 36-39. [Viitattu 1.11.2011]. Saatavissa: [http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/JulkkariOpas/julkisivuopas2\\_s14-42.pdf](http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/JulkkariOpas/julkisivuopas2_s14-42.pdf)

Ruuska, J. Vanhan julkisivuverhouksen korjaus, Ikkunakorjaukset. Julkisivuyhdistys [WWW]. s. 78-81. [Viitattu 1.11.2011]. Saatavissa: [http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/JulkkariOpas/julkisivuopas4\\_s62-81.pdf](http://www.julkisivuyhdistys.fi/julkkari/images/stories/File/JulkkariOpas/julkisivuopas4_s62-81.pdf)

Saarni, R. 1996. Ikkunoiden energiatalous. Lisentiaatintutkimus. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu, rakennustekniikan osasto, Rakentamistalous. 55s. +10 liites.

Seppänen, M., Seppänen, O. 1997. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Helsinki, Sisäilmayhdistys ry. 279 s.

Sirkka, J. 1980. Rakennuskannan energiankäyttö. Tampere, Tampereen teknillinen korkeakoulu. 5 s.

Sistonen, E., Al-Neshawy, F., Piironen, J., Puttonen, J. 2007. Korjaustoimenpiteiden vaikutukset betonijulkisivujen käyttöikään. Elektroninen julkaisu. [Viitattu 1.9.2011]. Saatavissa: <http://www.tkk.fi/Yksikot/Talo/publication/Julkaisu131.pdf>

Suomen betoniyhdistys. 1997. Betonijulkisivun kuntotutkimus, BY 42. Helsinki. 131 s.

Suomen Betoniyhdistys. 2002. Betonijulkisivun kuntotutkimus, BY 42. Helsinki. 178 s.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D3, Ympäristöministeriö, Rakennusten energiatehokkuus, Määräykset ja ohjeet 2012.

Taivalantti, K. 1997. Julkisivurakenteiden perusparantamisen vaikutukset energiankulutukseen. Diplomityö. Tampere. Tampereen teknillinen korkeakoulu. 121 s.

Taloyhtio.net. Lämmitys, Lämmitysverkoston elinkaaret. [WWW]. [Viitattu 3.9.2011]. Saatavissa: <http://www.taloyhtio.net/talotekniikka/lammitys/jarjestelmienelinkaaret/default.html>

Taloyhtio.net. Lämmitys, Lämmönjakokeskus ja kaukolämpö. [WWW]. [Viitattu 21.10.2011]. Saatavissa: <http://www.taloyhtio.net/talotekniikka/lammitys/lammonjakokeskus/default.html>

Tilastokeskus. 2011. Asumisen tilastot. [WWW]. [Viitattu: 20.9.2011]. Saatavissa: [http://pxweb2.stat.fi/database/StatFin/databasetree\\_fi.asp](http://pxweb2.stat.fi/database/StatFin/databasetree_fi.asp)

Vainio, T., Jaakkonen, L., Nippala, E., Lehtinen, E., Isaksson, J. 2002. Korjausrakentaminen 2000-2010. Espoo. VTT Tiedote 2154. 60 s.

Vesikatto ja yläpohja. 2008. [WWW]. Sisäilmayhdistys ry 2008. [Viitattu 29.8.2011]. Saatavissa:

[http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset\\_tilat/kunnossapito\\_ja\\_korjaaminen/vesikatto\\_ja\\_ylapohja/](http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/kunnossapito_ja_korjaaminen/vesikatto_ja_ylapohja/)

Vinha, J., Korpi, M., Kalamees, T., Jokisalo, J., Eskola, L., Palonen, J., Kurnitski, J., Aho, H., Salminen, M., Salminen, K. & Keto, M. 2010. Asuinrakennusten ilmanpölyisyys, sisäilmasto ja energiatalous. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennustekniikan laitos. Rakennetekniikka. Tutkimusraportti 140 Tampere. 148 s. + 19 liites.

Virta, J. Energiatehokkuuden parantaminen taloyhtiössä, Kiinteistöilta. 2011. Oulu. Kiinteistöliitto [WWW]. [Viitattu 15.10.2011]. Saatavissa: <http://www.kiinteistoyhdistysoulu.fi/sivut/wp-content/uploads/jari-virta-313-2011.pdf>

WebDia-palvelu. Kaukolämpö. [WWW]. [Viitattu 29.10-2011]. Saatavissa: <http://www.rte.vtt.fi/webdia/kaukolampo/opastus/faq.asp?Viite1=KF1>

Ympäristöministeriö, alueellista ympäristötietoa, Pirkanmaa. Veden saanti. [WWW]. [Viitattu 12.10.2011]. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=146548&lan=fi>