

Teuvo Aro, Jyri Jyrkkäranta, Kaido Hääl, Arto Laaksonen  
Viron ja Suomen ympäristöministeriöt

# Virolaiskerrostalojen lämmön ja veden kulutus

HELSINKI 1999

YMPÄRISTÖMINISTERIÖ

*Suomen ympäristö 267  
Ympäristöministeriö  
Asunto- ja rakennusosasto*

*Taitto: Aija Kojonen*

*ISSN 1238-7312  
ISBN 952-11-0397-3*

*Oy Edita Ab*

*Helsinki 1999*

# Esipuhe

.....

Viron ja Suomen rakennusalan viranomaisyhteistyö on ollut koko Viron itsenäisyyden ajan vilkasta. Yhteistyö on poikunut monia hankkeita. Tämä virolaiskerrostalojen ominaiskulutushanke on osa laajempaa kokonaisuutta, jonka tavoitteena on Viron rakennuskannan korjaustoiminnan ja kiinteistönhoidon edistäminen. Hankkeen ovat rahoittaneet Viron ja Suomen ympäristöministeriöt.

Hankkeen käytännön toteutuksesta ovat vastanneet Tallinnan teknillinen korkeakoulu ja suomalainen AX-Suunnittelu. Suomen ympäristöministeriön puolesta hanketta on valvonut Laila Hosia ja Viron ympäristöministeriön puolesta hanketta ovat valvoneet Urmo Kala ja Aadu Kana.

Tutkimuksen ovat pääasiassa kirjoittaneet Teuvo Aro ja Jyri Jyrkkäranta AX-Suunnittelusta. Tallinnan teknillisen korkeakoulun puolelta asiantuntijana ja vastuuhenkilönä on ollut Kaido Hääl. Kenttätyöhön ovat osallistuneet Tallinnan teknillisen korkeakoulun opiskelijat Tiina Kark, Aare Kais ja Tarmo Vaalu. Tilastollisen tietojenkäsittelyn on tehnyt Arto Laaksonen AX-Suunnittelusta.

Kiitokset kaikille tutkimukseen osallistuneille ja seurantaryhmän jäsenille, sekä virolaisille asunto-, talo- ja kiinteistöhoitoyhtiöille, joilta saadut kulutus-tiedot mahdollistivat tutkimuksen.

Helsingissä 30. joulukuuta 1998

Erkki Laitinen  
rakennusneuvos

Laila Hosia  
yli-insinööri

Urmo Kala  
varakansliapäällikkö

# Sisältö

<b>Esipuhe</b> .....	<b>3</b>
<b>Sisältö</b> .....	<b>4</b>
<b>Tiivistelmä</b> .....	<b>6</b>
<b>Abstract</b> .....	<b>7</b>
<b>Kokkuvöte</b> .....	<b>8</b>
<b>1 Johdanto</b> .....	<b>9</b>
<b>2 Käsitteiden määrittely ja ominaiskulutuksen laskenta</b> .....	<b>10</b>
2.1 Tunnusluvut .....	10
2.2 Tilavuus ja pinta-ala .....	10
2.2.1 Tilavuus .....	10
2.2.2 Pinta-ala .....	11
2.3 Astepäiväluvun käyttö kulutusvertailussa .....	12
<b>3 Tutkimusaineisto</b> .....	<b>15</b>
3.1 Otos ja sen edustavuus .....	15
3.2 Aineiston keruu - kulustietojen kirjauksessa horjuvuutta ....	17
<b>4 Lämpöenergian ominaiskulutus</b> .....	<b>18</b>
4.1 Kaukolämpöön liitettyjen virolaiskerrostalojen lämpöenergian ominaiskulutus .....	18
4.1.1 Koko aineisto .....	18
4.1.2 Vertaus Suomen ominaiskulutukseen .....	19
4.1.3 Viron itsenäistymisen vaikutus lämmön kulutukseen .....	20
4.2 Lämmön ominaiskulutuksen tarkastelu eri muuttujien suhteen .....	21
4.2.1 Rakennusvuoden vaikutus .....	21
4.2.2 Maantieteellisen sijainnin vaikutus .....	22
4.2.3 Talotyypin vaikutus .....	22
4.2.4 Kaukolämmön alajakokeskuksen uusimisen vaikutus .....	23
4.2.5 Lämmitysverkoston saneerauksen vaikutus .....	24
4.2.6 Ikkunoiden tiivistämisen vaikutus .....	24
4.2.7 Katon lisälämmöneristyksen vaikutus .....	25
4.2.8 Seinien lisälämmöneristyksen vaikutus .....	25
4.3 Ominaiskulutuksen vaihtelua selittävät tekijät .....	26

<b>5</b>	<b>Käyttöveden ominaiskulutus .....</b>	<b>27</b>
5.1	Korjaustoimien vaikutus käyttöveden kulutukseen .....	27
<b>6</b>	<b>Ominaiskulutustietojen hyödyntäminen .....</b>	<b>29</b>
6.1	Rakennuskohtainen kulutusseuranta .....	29
6.2	Ominaiskulutustietojen hyödyntäminen valtakunnallisesti ....	31
<b>7</b>	<b>Tavoitteen asettaminen ja kulutuksen vähentäminen .....</b>	<b>32</b>
7.1	Vuositavoitteen asettaminen .....	32
7.2	Kulutuksen vähentäminen rakennuskohtaisesti .....	32
7.2.1	Asukkaiden motivointi .....	33
7.2.2	Käyttötekniset säästökeinot .....	33
7.2.3	Energiansäästöinvestoinnit .....	34
<b>8</b>	<b>Johtopäätöksiä .....</b>	<b>40</b>
	<b>Lähdeluettelo .....</b>	<b>42</b>
	<b>Litteet</b>	
	Liite 1. Astepäiväluvun käyttö kulutusvertailuissa .....	43
	Liite 2. Esimerkki suomalaisesta astepäivälukutaulukosta .....	44
	Liite 3. Tiedonkeruulomake .....	44
	Liite 4. Suomalaisten asuinkerrostalojen lämmitysenergiankulutuksen tilastollinen luokittelu (täydennettynä virolaiskerrostalojen keskimääräisellä kulutuksella) .....	46
	Liite 5. Suomalaisten asuinkerrostalojen vedenkulutuksen tilastollinen luokittelu .....	47
	Liite 6. Rakennuksen pinta-alan muuttaminen tilavuudeksi, käytetyn menetelmän kuvaus .....	48
	Liite 7. Talotyyppien kuvaus .....	49
	<b>Kuvailulehti .....</b>	<b>51</b>
	<b>Presentationsblad .....</b>	<b>52</b>
	<b>Documentation page .....</b>	<b>53</b>

# Tiivistelmä

.....

Virolaiskerrostalojen lämmön ja veden kulutuksesta ei tähän mennessä ole ollut tutkittua tietoa muutamaa yksittäistä taloa lukuun ottamatta. Varsinkin heti Viron itsenäistymisen jälkeen esitettiin eri tahoilla oletuksia melko korkeista ominaiskulutuksista, jopa 4-5 kertaa Suomen taso. Parannusta asiaan on tuonut energia- ja vesimittareiden yleistäminen 90-luvun loppupuolella.

Hankkeen tavoitteena on ollut selvittää kaukolämpöön liitettyjen virolaiskerrostalojen lämmön ja veden ominaiskulutukset suureen otokseen perustuen, ja näin saada virolaisille ensimmäinen vertailuaineisto, johon yksittäisten taloyhtiöiden kulutusta voidaan verrata. Aineiston perusteella voidaan tehdä useita muitakin vertailuja ja laskelmia, esim. arvioida virolaisen kerrostalokannan energiansäästöpotentiaalia.

Mukaan on saatu tavanomaisia tyyppikerrostaloja eri puolilta Viroa. Kulutustiedot on kerätty lähes 200 kerrostalosta Tallinnasta, Tartosta, Pärnusta ja Haap-salusta vuosilta 1996 ja -97. Tallinnasta on kerätty tietoja keskeisiltä asuinalueilta Mustamäeltä, Lasnamäeltä ja Õismäeltä. Otos kattaa arviolta noin 4 - 8 % virolaisesta kerrostalokannasta.

Tutkimuksen perusteella kaukolämpöön liitettyjen virolaiskerrostalojen keskimääräinen lämmön ominaiskulutus on 256 - 315 kWh / m<sup>2</sup>, a. Jotta ominaiskulutusta voitaisiin verrata suomalaisten kerrostalojen kulutukseen, virolaistaloista saadut pinta-alat, jotka vastaavat lähinnä asuinhuoneistojen pinta-alaa, muutettiin vastaamaan suomalaisittain ilmoitettua rakennustilavuutta. Tämän perusteella keskimääräinen ominaiskulutus on 66 - 81 kWh / m<sup>3</sup>, a. Kulutus on selvästi korkeampi kuin suomalaisten kerrostalojen keskimääräinen lämmönkulutus, vastaten korkeaa tai erittäin korkeaa suomalaistasoa eli käytännössä noin 1,1 - 1,7 kertaa suomalaistaso. Tutkimuksessa selvitettiin myös eri tekijöiden, kuten rakennusvuoden, talotyypin ja tehtyjen korjausten, vaikutusta lämmön ominaiskulutukseen. Erilaiset korjaustoimenpiteet vähentävät lämmön ominaiskulutusta aineiston perusteella 7 - 27 %.

Virolaiskerrostalojen käyttöveden keskimääräinen ominaiskulutus vaihtelee välillä 180 - 290 l / as, d. Vertailutasosta riippuen vedenkulutus on noin 1,1 - 1,6 kertaa suurempi kuin suomalaiskerrostaloissa.

Lämmön ja veden kulutuksen mittaus ja kulutukseen perustuva laskutus on vielä uutta Virossa. Kulutustietoaineiston keruun yhteydessä havaittiin epätarkkuuksia kulutustietojen kirjauksessa. Merkittävin ongelma oli se, että talokohtaisista kulutustiedoista ei aina käynyt ilmi, perustuiko tieto mittaukseen vai oliko se arvio. Tästä seuraa käytännön ongelmia. Jos asukkaat eivät tiedä perustuuko heidän laskutuksensa todelliseen vai arvioituun kulutukseen, on motivointi kustannusten säästöön vaikeaa.

Raportissa pohditaan myös rakennuskohtaisen kulutusseurannan merkitystä sekä esitetään käyttökäytännöksi, ja suurempia investointeja vaativia keinoja energiankulutuksen pienentämiseksi.

# Abstract

.....

Until now, no studies had been conducted on the consumption of heat and water in Estonian multistorey residential buildings, except for in a few individual buildings. Soon after the independence of Estonia, quite high estimation about consumption values were expressed, which were four to five times higher than comparable consumption values in Finland. In the late 1990s, energy and water meters were introduced allowing for better monitoring of consumption rates.

The purpose of the study was to measure the specific consumption of heat and water in Estonian multistorey residential buildings connected to district heating networks. With this background material, the energy use in individual multistorey residential buildings can be compared. Additionally, other comparisons and analyses can be done—for example, potential energy savings in the multistorey residential building stock could be investigated.

The study covers ordinary multistorey buildings of various types throughout Estonia. Consumption data for the years 1996 and 1997 were collected from nearly 200 buildings located in Tallinn, Tartu, Parnu and Haapsalu. In Tallinn, the buildings were situated in the important residential areas—Mustamae, Lasnamae and Öismae. Approximately 4 % - 8 % of the total stock of Estonian multistorey residential buildings was sampled.

The results indicate that the average specific heat consumption in Estonian multistorey residential buildings connected to district heating networks is 256 to 315 kWh per square metre per annum. For comparison with corresponding Finnish values, the square area was converted to cubic area. This gave an average specific consumption of 66 to 81 kWh per cubic metre per annum. This consumption is considerably more than the average heat consumption in Finnish multistorey residential buildings, corresponding to a high or a very high Finnish level, in practice about 1.1 to 1.7 times higher.

The study also investigated the effects of other factors on heat consumption, such as building year, building type and the renovations made. According to the consumption values, different renovation measures reduced specific heat consumption by 7 % to 27 %.

The average specific water consumption in Estonian multistorey residential buildings varies between 180 litres per person per day to 290 litres. Depending on the level of comparison, this is about 1.1 to 1.6 times higher than in Finnish multistorey residential buildings.

In Estonia, it is not yet common practice to measure and to bill for heat and water consumption. When data on consumption was compiled, the consumption information was seen to be irregularly reported. The main problem was that the figures given for individual buildings were not shown to be based on estimates or to be actually measurements. This leads to practical problems. If the residents do not know if they are being billed for actual or estimated consumption, they are considerably less motivated to save energy.

The report also discusses the significance of monitoring consumption and introduces means to decrease heat and water consumption.

# Kokkuvõte

Eestis ehitatud paneelelamute sooja- ja soojavee tarbimist ei ole siiani kuigivõrd uuritud v.a mõningaid üksikuid maju. Kohe pärast Eesti iseseisvumist esitati eri andmebaaside alusel andmeid tarbimise kõrgete suhtarvude kohta, mis olid isegi 4-5 korda suuremad Soome tasemest. Olukord on paranenud pärast energia- ja veemootjate laiemat kasutusele võttu 90-ndate lõpupoolel.

Käesoleva töö eesmärgiks on olnud selgitada kaugküttesüsteemidega ühendatud Eesti paneelelamute soojuse ja soojavee tarbimise, et saada esimene võrdlusandmestik, millega iga maja-ühingu tegelikku tarbimist võiks võrrelda. Materjali põhjal võib teha muidki võrdlusi ja arvutusi - näiteks ennustada paneelelamute energiasäästupotentsiaali.

Uurimustesse haarati tüüpsed paneelelamud. Tegelikke tarbimisandmeid koguti umbes 200 paneelelamust - Tallinnast, Tartust, Pärnust ja Haapsalust. Tallinnas koguti 1996-1997 aastal andmeid peamistest elamurajoonidest - Mustamäelt, Lasnamäelt ja Õismäelt. Tulemused katavad 4 - 8 % Eesti paneelelamutest.

Uurimistöö tulemusena on selgunud, et tsentraalse küttesüsteemiga ühendatud paneelelamute keskmine soojustarbimine on 256 - 315 kWh/m<sup>2</sup> aastas. Et arve võrrelda on neid teisendatud Soomeskasutuses oleva ehitusmahtudel põhineva näitajaga. Teisenduse alusel on Eestis keskmine soojuse tarbimine 66 - 81 kWh/m<sup>3</sup> aastas. See on praktiliselt 1.1 - 1.7 korda kõrgem keskmisest Soome tasemest. Uurimistöös on selgitatud ka ehitusaasta, hoone tüübi ja tehtud saneerimistööde mõju soojuse tarbimisele - esitatud materjali alusel on see mõju 7 - 27 %.

Eesti korterelamute sooja tarbevee keskmine tarbimine kõigub 180 -290 l / elaniku kohta päevas. Sõltuvalt võrdlustasemest on sooja tarbevee tarbimine 1,1 - 1,6 korda suurem kui Soome korterelamutes.

Soojuse ja vee tarbimise mõõtmine ja tarbimisel põhinev arvestus on Eestis veel uus. Tarbimisandmete kogumisel märgati ebatäpsusi tarbimisandmete registreerimisel. Probleemiks oli see, et üksiku maja tarbimisnäitajatest alati ei ilmnenud, kas tulemus põhineb mõõtmistele või kalkulatsioonidele. Kui elanikud ei tea, kas arved baseeruvad tõelistele või kalkuleeritud tarbimisandmetele, on motivatsioon hoida kulusid kokku väike.

Rapordis on ka selgitatud iga hoone soojatarbimise jälgimise vajadust ning esitatakse ekspluatatsioonilisi ja ka suuremaid investeeringuid nõudvaid abinõusid sooja- ja veetarbimise vähendamiseks.

# Johdanto



Viron itsenäistymisen jälkeen on ollut paljon keskustelua virolaiskerrostalojen lämmön ja veden kulutuksista. Erityisesti lämmön ominaiskulutuksesta on useilla tahoilla esitetty huikeita arvioita. Varmaa vastausta ei kuitenkaan ole ollut käytettävissä, koska esim. koko Tallinnan alueella oli vain muutama neuvostovalmisteinen kaukolämmön energiamittari; ja nekin yleensä epäkunnossa. Myös vesimittarit (ainakin toimivat) olivat harvinaisia.

Parina viime vuonna Tallinnan ja muiden suurten kaupunkien kaukolämpöverkkoja on uusittu. Korjausten yhteydessä on asennettu uusien alajakokeskusten lisäksi runsaasti kaukolämpömittareita. Myös vesimittareita on alettu asentaa. Vuosilta 1996 ja -97 alkaa olla jo runsaasti kulutustietoja. Näiden pohjalta voidaan saada todelliseen kulutukseen perustuva arvio Viron kaukolämpöön liitettyjen asuinkerrostalojen lämpöenergian ja veden ominaiskulutuksista.

Projektin tavoite on saada lämmön ja veden kulutustietojen keruu alulle sekä tuottaa ensimmäiset tilastotiedot virolaiskerrostalojen ominaiskulutuksista. Luotettavat ominaiskulutustiedot ovat välttämättömiä, jotta vanhoihin kerrostaloihin kohdistuvien korjausrakentamistoimien säästöpotentiaalia voitaisiin arvioida. Yksittäisen talon kannalta lämmön ja veden ominaiskulutustietojen vertailu voidaan kohdistaa aikaisempien vuosien kulutukseen, mutta on myös hyödyllistä verrata kulutusta muiden samantyyppisten rakennusten ominaiskulutuksiin.

# 2

## Käsitteiden määrittely ja ominaiskulutuksen laskenta

### 2.1 Tunnusluvut

#### *Lämmitys*

Suomessa rakennushallituksen laatimassa ohjeessa kiinteistön ylläpidon tunnusluvuista /4/ on esitetty lämmitysenergian seurannan yksiköksi kWh/brm<sup>3</sup>,a -lämmitysenergian ominaiskulutus tilavuusyksikköä kohden. Tilavuutena tunnuslukua laskettaessa käytetään ohjeen mukaan lämmitettyä bruttotilavuutta, ja käytetty energiamäärä muutetaan vastaamaan tiettyä astepäivälukua.

Tässä tutkimuksessa lämmön ominaiskulutuksen yksikkönä on käytetty pääasiassa kWh/m<sup>2</sup>,a johtuen siitä, että virolaisista kerrostaloista pinta-alatiedot ovat yleisimmin saatavissa. Jos tulokset esitettäisiin Suomen tyyliin suhteutettuna rakennustilavuuteen, virolaisten olisi useissa tapauksissa tehtävä hankalia laskelmia vertailun mahdollistamiseksi. Viro ja Etelä-Suomi ovat ilmastollisesti hyvin lähellä toisiaan. Jotta vertailu Suomen ja Viron välillä olisi mahdollista, keskeisiä lämmitysenergian ominaiskulutustietoja on tarkasteltu myös suhteutettuna rakennustilavuuteen.

#### *Käyttövesi*

Veden kulutuksen yksikkönä on käytetty l/as,d; eli kulutus litroina asukasta kohden vuorokaudessa.

### 2.2 Tilavuus ja pinta-ala

#### 2.2.1 Tilavuus

##### *Suomi*

Suomessa ominaiskulutustilastoja kerätään perustuen rakennuksen isännöitsijän/edustajan ilmoitukseen. Tilavuus on rakennusasiakirjoissa ilmoitettu tilavuus, joka periaatteessa pitäisi olla laskettu standardin mukaisesti. Yksinkertaistetusti: Rakennuksen (brutto)tilavuudella tarkoitetaan tilaa, jota rajoittavat ulkoseinien ulkopinnat, alapohjan alapinta ja yläpohjan yläpinta /2/. Standardin mukaan myös lämmittämätön tilavuus lasketaan mukaan tilavuuteen.

Vallitseva käytäntö rakennustilavuuksien ilmoittamisessa on kuitenkin epäyhtenäinen. Joissakin rakennuksissa tilavuuteen on ilmoitettu ainoastaan lämmitetyt tilat, kun taas joissakin myös lämmittämättömät tilavuudet on ilmoitettu. Kylmät rakennustilavuudet eivät käytännössä aiheuta merkittävää epätarkkuutta kerrostalojen osalta Suomen vertailuaineistossa. Joihinkin taloihin on

esimerkiksi rakennettu lämmittämättömiä ullakkotiloja, mutta näiden merkitys suuressa tilastoaineistossa on merkityksetön.

Kun Suomessa puhutaan rakennustilavuuteen suhteutetuista ominaiskulutuksista, tilavuutta ei yleensä ole määritetty. Todennäköistä on, että esim. joissakin viimeaikaisissa tutkimuksissa tilavuudella on tarkoitettu rakennuksen bruttotilavuutta niin kuin se on määritetty standardissa SFS 2460 (RT 120.12) Rakennusten tilavuuden laskenta /2/.

## ***Viro***

Virossa käytetään yleisemmin pinta-aloja kuin rakennuksen tilavuustietoja. Mikäli Viron ominaiskulutuksia halutaan verrata esim. Suomen vastaaviin rakennustilavuuteen perustuviin ominaiskulutuksiin, on tutkimuksessa käytettävä kohteesta saaduille pinta-aloille korjauskerrointa, jolla annetut pinta-alat voidaan muuttaa rakennustilavuudeksi. Ominaiskulutusvertailussa käytetyn korjauskertoimen määrittelyä on pohdittu seuraavassa luvussa.

## **2.2.2 Pinta-ala**

### ***Suomi***

Päinvastoin kuin useissa muissa maissa, Suomessa ei yleisesti käytetä rakennuksen pinta-aloja energiakulutusvertailussa. Tämä on sikäli perusteltua, että rakennuksen huonekorkeuden vaikutus lämpöenergian ominaiskulutukseen voidaan eliminoida. Toisaalta, jos pinta-alaa käytettäisiin lämmönkulutuksen vertailusuurena, kerroskorkeus olisi yksi ominaiskulutuksen suuruuteen vaikuttava tekijä.

### ***Viro***

Rakennuskohtaisissa asiakirjoissa esitetyille pinta-aratiedoille ja tilavuudelle ei Virossa ole selvää yhtenäistä käytäntöä. Käytettyjä pinta-aloja ovat mm. elamis-pind, kasulik pind, yldpind, korterite yldpind ja hoone yldpind.

Tutkimuksessa pinta-alana on käytetty paikallisilta kiinteistöhoitoyhtiöiltä (= kinnisvarahooldus) saatuja kasulik pind -pinta-aloja. Kasulik pind alat vastaavat lähinnä Suomen huoneistoalaa, ja niitä käytetään vuokranmaksun perusteena. Kasulik pind ei sisällä huoneiston sisäisiä väliseiniä (Virossa kaikki väliseinät ovat yleensä kantavia) ja hormiryhmiä - ainoastaan vapaan lattiapinta-alan. Kokemuksen perusteella näyttäisi siltä, että kasulik pind on yleisimmin käytetty pinta-ala. Kun talosta kysytään pinta-alaa, saadaan vastaukseksi melko todennäköisesti kasulik pind (= korterite yldpind).

Verrattaessa virolaisia ominaiskulutuksia suomalaisiin ominaiskulutuksiin pinta-alat on kerrottu suhdeluvulla siten, että virolaisille taloille saataisiin Suomen rakennustilavuutta vastaava tilavuus. Suoritettun tarkastelun perusteella eri talotyypille ja koko aineistolle saatiin keskimääräiset kertoimet, joilla virolaisten ilmoittama pinta-ala on kerrottava. Laskentamenetelmää on esitelty tarkemmin liitteessä 6.

## 2.3 Astepäiväluvun käyttö kulutusvertailussa

Säätietoihin perustuvia astepäivälukukorjauksia on perinteisesti käytetty rakennusten energiakulutusvertailuissa. Astepäivälukukorjauksen tavoitteena on saada eri vuosien, tai lyhempienkin ajanjaksojen, toteutuneet kulutukset toisiaan vastaavaksi. Lisäksi sääolosuhteiltaan erilaisten paikkakuntien kulutukset saadaan tällä menetelmällä paremmin vertailukelpoisiksi.

Astepäiväluku lasketaan Suomessa seuraavasti: /3/

$$S = \sum (t_s - t_u) \times \Delta T$$

S = laskentajakson astepäiväluku

$\Delta T$  = 1 d

$t_s$  = sisälämpötila, °C

$t_u$  = vuorokauden keskilämpötila, °C

Yleisimmin käytetty astepäiväluku  $S_{17}$  lasketaan pitäen sisälämpötilana +17°C, eli 3 ... 5°C alle todellisen normaalin huonelämpötilan. Näin pyritään ottamaan huomioon auringon säteilystä, ihmisistä, valaistuksesta ym. sisäisistä lämmönlähteistä vapautuva lämpö.

Eri tutkimuksissa todelliset kulutukset on suhteutettu johonkin tutkimuksen kannalta hyväksi katsottuun vertailutasoon. Eräs mahdollisuus on käyttää ns. normaalivuoden astepäivälukua, joka esim. Suomessa on kolmenkymmenen vuoden jakson perusteella laskettu keskimääräinen astepäiväluku.

Lämmitysenergiankulutuksen sääkorjauksessa mitatusta lämmitysenergiankulutuksesta vähennetään käyttöveden lämmityksen mitattu tai oletettu energiankulutusosuus ja kerrotaan jäljelle jäänyt huonetilojen lämmityksen energiankulutus normaalivuoden/vertailuvuoden astepäiväluvun ja tarkastelujakson astepäiväluvun suhteella. Astepäiväluvun soveltaminen käytännön laskelmissa on esitetty liitteessä 1.

Hyvistä ominaisuuksistaan huolimatta astepäivälukujen käyttö sisältää jonkin verran ongelmia.

Suomen ilmatieteen laitos julkaisee astepäivälukuja kuukausitasolla. Valta-kunnallisesti julkaistavat astepäiväluvut perustuvat vuorokauden keskilämpötiloihin. Yleisimmin käytössä oleva, edellä jo mainittu, astepäiväluku on  $S_{17}$ , joka lasketaan +17°C:ksi oletetun sisälämpötilan ja vuorokauden keskilämpötilan erotuksen perusteella. Astepäiväluvun laskennassa ei oteta huomioon niitä päiviä, joiden keskilämpötila on keväällä yli +10°C ja syksyllä yli +12°C; toisin sanoen astepäiväluvun nykyinen muoto olettaa, että kiinteistöjen lämmitys lopetetaan ja aloitetaan päivittäin ulkolämpötilan ylittäessä tai alittaessa edellä mainitut rajat. Käytännössä näin ei kuitenkaan tapahdu, vaan lämmitysenergiaa kuluu niidenkin päivien aikana, jolloin astepäivälukua ei laskentatavasta johtuen kerry. /5/

Astepäivälukukorjauksen virhe korostuu kevät- ja syyskuukausina, jolloin lämmitysenergiankulutus on vähäinen. Tällöin mahdollisten laitevikojen tms. (esim. ylilämmitys) vaikutus kokonaiskulutukseen on suhteellisesti suurimmillaan. Nykyinen astepäivälukukorjaus kuitenkin aiheuttaa juuri näinä jaksoina niin suuria epätarkkuuksia, että vioista tai häiriöistä johtuvien kulutuspoikkeamien havaitseminen on lähes mahdotonta (astepäivälukuun perustuvan vertailun avulla). /5/

Ahon et.al. /5/ mukaan lämmitysenergiankulutuksen sääkorjauksessa tulisi nykyisen katkaistun  $S_{17}$ -astepäiväluvun sijasta käyttää katkaisematonta  $S_{20}$ -päivälukua eli astepäivälukua, joka on laskettu sisälämpötilan  $+20^{\circ}\text{C}$  ja ulkolämpötilan erotuksen mukaan, ilman oletuksia lämmityksen katkaisemisesta ja käynnistämisestä tietyissä ulkolämpötiloissa. /5/ Ongelmana on, että tällaisia lukuja ei ole saatavilla Suomessa - ja vielä vähemmän Virossa.

Pohjoisen kylmemmästä ilmastosta johtuen rakennuksen maantieteellinen sijainti etelä-pohjoinen akselilla vaikuttaa lämmitysenergian kulutukseen. Todellinen kulutus ei kuitenkaan ole suoraan verrannollinen astepäivälukujen suhteeseen, vaan ero kulutuksissa on pienempi kuin astepäivälukujen suhteesta voisi päätellä. Esimerkiksi Pohjois-Suomessa Rovaniemellä kulutus oli vain 20 % suurempi kuin Etelä-Suomessa Tampereella, vaikka astepäiväluvun mukaan kulutuksen olisi pitänyt olla 34 % suurempi. /6/ Kyseisessä tutkimuksessa on esitetty myös muita samantyyppisiä esimerkkejä.

### ***Tutkimuksessa käytetty sääkorjaus***

Virossa on olemassa keskimääräisiä astepäivälukuja suuremmille kaupungeille. Keskimääräiset astepäiväluvut ovat käyttökelpoinen työkalu rakennuksen energiankulutuksen laskennallisessa arvioinnissa, mutta niistä ei luonnollisestikaan ole hyötyä vertailtaessa eri vuosien toteutuneita kulutuksia toisiinsa. Koska käyttökelpoisia astepäivälukuja vuosille 1996 ja -97 ei ole saatavissa Virossa, on käytettävä toisenlaista lämmönkulutuksen sääkorjausmenetelmää. Tässä tutkimuksessa lämpöenergian kulutukset eri paikkakunnilta ja eri vuosilta on korjattu Tallinnan normaalivuoden tasoon kaikissa muissa kohdissa paitsi kohdassa 4.2.2, missä tutkitaan rakennuksen maantieteellisen sijainnin vaikutusta lämmön ominaiskulutukseen. Sääkorjauksen lähtötietoina ovat olleet eri paikkakuntien vuoden keskilämpötilat, ja Tallinnan normaalivuoden keskilämpötila, joka on  $+5,1^{\circ}\text{C}$ .

Tehty sääkorjaus on hyvä pitää mielessä, mikäli verrataan harvinaisen kylmän tai lämpimän vuoden kulutuksia tämän tutkimuksen tuloksiin. Kuten kohdassa 4.2.2 todetaan, Viron mittakaavassa rakennuksen maantieteellisellä sijainnilla ei ole merkittävää vaikutusta rakennuksen lämmön ominaiskulutuksiin.

### ***Laskentaesimerkki:***

Esimerkissä on Tartossa sijaitsevan rakennuksen lämmönkulutus sääkorjattu Tallinnan normaalivuoden tasolle.

Vuoden keskilämpötila vuonna -96 Tartossa oli  $+4,4^{\circ}\text{C}$ . Normaalivuoden keskilämpötila Tallinnassa on  $+5,1^{\circ}\text{C}$ . Vuosi -96 Tartossa oli hieman kylmempi kuin Tallinnan normaalivuoden lämpötila. Tarton kulutuksia vuodelta -96 täytyy siis jollakin laskennallisella kertoimella pienentää kulutuksien saamiseksi vertailukelpoisiksi.

Aivan kuin astepäivälukumenetelmässä, ulkolämpötila on suhteutettu sisälämpötilaan (tässä tutkimuksessa  $+20^{\circ}\text{C}$ :een). Tartossa  $+20^{\circ}\text{C} - 4,4^{\circ}\text{C} = 15,6^{\circ}\text{C}$  ja Tallinnan normaalivuosi  $+20^{\circ}\text{C} - 5,1^{\circ}\text{C} = 14,9^{\circ}\text{C}$ . Saatu lämpötilaero kertoo sisälämpötilan ja vuoden keskimääräisen ulkolämpötilan erotuksen. Näiden lukujen suhde kertoo säästä riippuvaisen eron rakennuksen lämmitysenergian kulutuksessa tietyin varauksin. (Esim. käyttöveden lämmittämiseen kuluneen lämmön osuus vaihtelee rakennuskohtaisesti. Johtuen suuresta aineistosta, tässä tutkimuksessa ei laskettu jokaisen rakennuksen käyttöveden lämmityksen kulutusosuutta.)

Sääkorjaus on laskettu seuraavasti: Oletetaan, että rakennuksen lämmön vuosikulutus Tartossa vuonna -96 oli 1000 MWh.

$$\frac{14,9}{15,6} \times 0,65 \times 1000 \text{ MWh} + 0,35 \times 1000 \text{ MWh} = 971 \text{ MWh}$$

971 MWh on rakennuksen sääkorjattu kulutus. Käyttöveden lämmityksen energiankulutus oletetaan riippumattomaksi ulkolämpötilasta. Suomessa käyttöveden osuus rakennusten lämmitysenergian kulutuksesta vaihtelee välillä 30-50 %. Tutkimusaineiston perusteella virolaisissa kerrostaloissa käyttöveden osuus energiankulutuksesta asettuu suomalaisen vaihteluvälin alapäähän. Yllä olevasta laskelmasta voidaan havaita, että sääkorjaus on tehty lämmönkulutukselle 65 %:sti. Käyttöveden osuudeksi virolaiskerrostalojen lämpöenergiankulutuksessa on oletettu 35 %.

Yllä esitelty vuoden keskilämpötiloihin perustuva sääkorjaus sisältää joitakin heikkouksia, joista suurin on se, että lämmityskausi alkaa yleensä syyslokakuussa ja päättyy toukokuussa. Vuoden keskilämpötilaan vaikuttaa myös kesän ulkolämpötilat. Helteinen kesä voi esimerkiksi nostaa vuoden keskilämpötilaa, mutta se ei vaikuta rakennuksen lämmönkulutukseen. Mikäli lämmityskauden keskimääräinen ulkolämpötila eri vuosille olisi tiedossa, saataisiin jo paljon luotettavammia muutuskertoimet. Silloinkin heikkoutena olisi samoja ongelmia, joita on esitetty yllä astepäivälukumenetelmän kommentoinnissa.

## Tutkimusaineisto

### 3.1 Otos ja sen edustavuus

Lopullinen tutkimusaineisto sisältää tiedot 185:sta virolaisesta kaukolämpöön liitetystä asuinkerrostalosta, jotka on varustettu kaukolämmön energiamittarilla. Tiedot vuodelta -97 ovat kattavammat kuin vuodelta -96. Taulukossa 3.1 on esitetty analysoitujen lämmön- ja veden kulutustietojen lukumäärät vuosilta 1996 ja -97.

**Taulukko 3.1. Analysoitujen kulutustietojen lukumäärä vuosilta 1996-97**

	1996	1997
Lämpö	113 kpl	185 kpl
Vesi	117 kpl	151 kpl

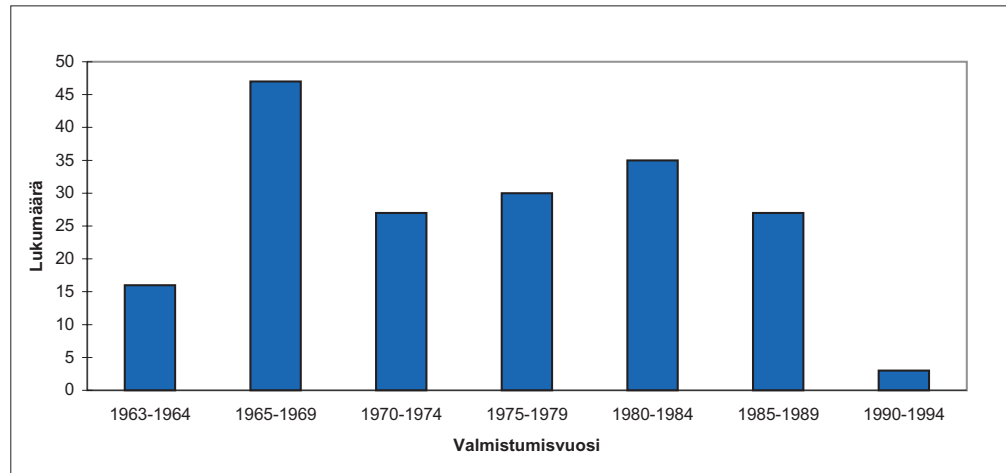
Tutkimuksen aikana selvisi, että osa saaduista kulutuslukemista ei ollut käytökelpoisia (ks. kohta 3.2). Tarkistuksen jälkeen epäluotettavat tiedot karsittiin pois lopullisesta aineistosta. Osa taloista on sellaisia, että vain joko lämmönkulutus- tai vedenkulutustiedot ovat käyttökelpoisia. Esim. vuonna 1997 lämmönkulutustiedot kattavat 185 taloa ja vedenkulutustiedot 151 taloa.

Tutkimuksessa mukana olevat rakennukset ovat valmistuneet vuosina 1963-1994. Tavoitteena oli saada otokseen rakennuksia eri puolilta Viroa, jotta erilaiset talotyypit, asumiskulttuurit ja ilmastovyöhykkeet olisivat edustettuina. Mukana on rakennuksia Tallinnasta, Tartosta, Pärnusta ja Haapsalusta. Tallinnasta tiedot ovat kolmelta isolta asuinalueelta: Mustamäeltä, Lasnamäeltä ja Öismäeltä, joilla sijaitsevat kerrostalot muodostavat huomattavan osan koko Viron kerrostalokannasta. Rakennusten maantieteellinen jakautuminen on esitetty taulukossa 3.2.

**Taulukko 3.2. Rakennusten jaottelu maantieteellisen sijainnin mukaan**

Rakennuksen sijainti	Lukumäärä (lämpö 1997)
Mustamäki	85
Lasnamäki	26
Öismäki	22
Tallinna yhteensä	133
Tartto	30
Pärnu	16
Haapsalu	6
<b>Yhteensä</b>	<b>185</b>

Mukaan on pyritty saamaan eri vuosikymmenillä rakennettuja, rakennustal-  
taan ja rakenteiltaan tyypillisiä rakennuksia, jotta otos olisi edustavuudeltaan  
mahdollisimman hyvä. Rakennusten jakautuminen valmistumisvuoden mukaan  
on esitetty kuvassa 3.1.



Kuva 3.1. Rakennusten lukumäärä valmistumisvuoden mukaan (lämpö 1997)

Rakennuskohtainen tiedonkeräys kohdistettiin käytännön syistä sellaisiin kiin-  
teistöihin, joista tietoa oli suhteellisen helposti saatavissa. Tärkein kriteeri oli  
luonnollisesti se, että rakennus oli varustettu nykyaikaisella energiamittarilla ja  
vesimittarilla energiankulutus- ja vedenkulutustietojen saamiseksi. Yhteistyö-  
halukkuus oli edellytys rakennuksen ottamiseksi mukaan otokseen. Tästä huo-  
limatta tiedonkeruutyö ja kerätyn aineiston analysointi oli melko työlästä ja  
aikaa vievää.

Suuri osa kaukolämmön alajakokeskusten muutostöistä sekä energia- ja ve-  
simittarien asentamisista on toteutunut kansainvälisten rahoituslaitosten (esim.  
Maailmanpankki ja EBRD - Euroopan jälleenrakennus- ja kehityspankki) rahoi-  
tuspäätösten kautta. Kirjoittajien mielestä talot, joissa alajakokeskus on uusittu,  
on valittu sattumanvaraisesti - eli talot edustaisivat melko hyvin erilaisia viro-  
laisia tyyppikerrostaloja.

Tutkimuksessa mukana olevat kerrostalot ovat pinta-alaltaan yhteensä noin  
0,87 milj. m<sup>2</sup>. Erään luokittelun mukaan 5-16-kerroksisia elementti- tai tiilitaloja  
on Virossa noin 11,2 milj. m<sup>2</sup>, ja 1-4-kerroksisia taloja ja rivitaloja noin 9,9 milj.  
m<sup>2</sup>.

/10/ Näin ollen otokseen sisältyvien rakennusten määrä edustaa  
noin 4 % asuinrakennuskannasta. Koska tutkimuksen otoksessa olevat raken-  
nukset edustavat pääasiassa elementtirakenteisia kerrostaloja, ensin mainittu  
viiterakennuskanta on lähempänä tutkimuksen aineistoa. Tähän 11,2 milj. m<sup>2</sup>  
verrattuna otos on noin 8 %. Kerättyä aineistoa voidaan pitää tilastollisesti  
melko edustavana. Kun aineiston monipuolisuus otetaan huomioon, voidaan  
aineistosta tehdä koko Viron kerrostalokantaa koskevia johtopäätöksiä.

### **3.2 Aineiston keruu - kulutustietojen kirjauksessa horjuvuutta**

Alustava tutkimusaineisto sisälsi hieman yli 200 talon lämmön ja veden kulutustiedot vuodelta 1997. Aineiston keruusta vastasivat Tallinnan teknillisen korkeakoulun oppilaat. Tiedot saatiin pääasiassa paikallisilta kinnisvarahoolduksilta (kiinteistöhoitoyhtiöltä). Alustavan aineiston lähemmässä tarkastelussa kävi ilmi, että talojen niin vesi- kuin lämpömittaroinneissa sekä kulutustietojen kirjauksessa oli epäselvyyksiä. Merkittävin havaittu ongelma oli, että keskitetyssä kulutuskirjanpidossa ei ollut aina mainintaa siitä, perustuiko käyttöveden tai lämmön kulutus mitattuun tietoon vai arvioon.

Talojen lähemmässä tarkastelussa havaittiin, että alustavassa otoksessa oli useita kymmeniä veden kulutustietoja, jotka eivät olleetkaan talokohtaisia tietoja vaan usean talon yhteisesti mitattuja tietoja: saman mittarin perässä oli useita taloa, joiden kulutustiedot oli saatu jakamalla mittarin kulutustiedot mittarin perässä olevien talojen kesken. Lämmönkulutustietojen suhteen oli samanlaisia ongelmia. Esim. yksittäisen talon lämmön kulutuksessa saattoi, olla mukana yksi porras naapuritalosta. Aineistossa oli myös muita arviotietoja.

Horjuvuus kirjauskäytännöissä aiheuttaa käytännön ongelmia. Jos asukkaat eivät tiedä perustuuko heidän kulutustietonsa todelliseen vai arvioituun kulutukseen, on motivointi kustannusten säästöön vaikeaa. Kulutuskirjanpidossa tulisi selkeästi käydä esiin se, mikä kulutustieto perustuu arvioon ja mikä talokohtaisesti mitattuun kulutukseen.

Se, miksi osa taloista oli edellä kuvatulla tavalla niputettu mittausten suhteen, johtui neuvostoaikaisesta käytännöstä ja nykyisestä rahanpuutteesta. Jotta mittaukset olisi saatu talokohtaiseksi, olisi jouduttu muuttamaan talojen putkikytöntöjä, mikä olisi nostanut mittareiden asennuskustannuksia moninkertaisesti.

Osa alustavaan aineistoon sisältyneistä arviotiedoista olisi voitu välttää, jos tiedon keruun olisivat suorittaneet kiinteistöyhtiöiden toimintaan ja talotekniikkaan paremmin perehtyneet henkilöt. Opiskelijoiden on vaikea tuntea kaikkia käytännön ongelmia ja esittää oikeita kysymyksiä.

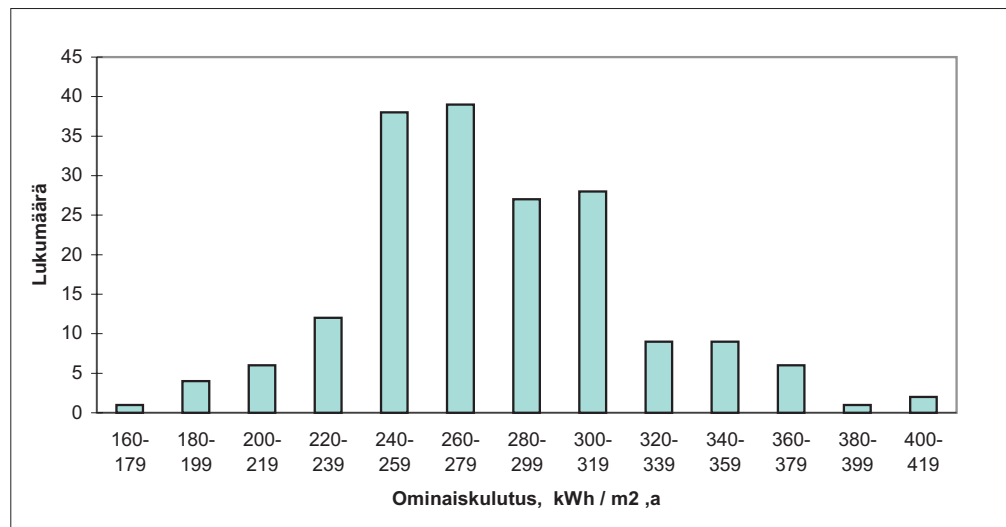
Esimerkki kerätyn aineiston tiedonkeruulomakkeesta on liitteessä 3. Lomakkeesta on havaittavissa, että lämmönkulutustietoja on kysytty vuosilta 1995, -96 ja -97. Vain muutamasta rakennuksesta saatiin vuoden -95 lämmönkulutustiedot. Kaukolämpömittareiden asennus on alkanut yleistymään vuoden -96 aikana. Vuodelta -97 aineisto on tutkimuksessa mukana olevien rakennusten osalta melko kattava, mikä on luonnollista, koska muutenhan rakennusta ei olisi valittu mukaan otokseen. Vesimittareiden yleistymisestä voidaan sanoa samaa kuin lämpöenergiamittareista.

Lomakkeesta ilmenee energiankulutustietojen lisäksi kerätyt taustatiedot. Rakennuksen tyyppitietojen lisäksi on kerätty tietoa tehdyistä korjaustoimista ja muista mahdollisesti lämmön ja veden ominaiskulutukseen vaikuttavista tekijöistä, joiden merkitystä voidaan tutkia tilastollisella vertailulla.

# 4

## Lämpöenergian ominaiskulutus

Virolaiskerrostaloista saadut lämpöenergian kulutustiedot on tässä tutkimuksessa korjattu Tallinnan normaalivuoden tasoon. Säädökorjauksen laskentatapa on esitetty kohdassa 2.3. Aineiston perusteella rakennuskohtainen lämpöenergian kulutus vaihtelee melko paljon. Ominaiskulutuksien jakauma on esitetty kuvassa 4.1. Kulutukseen vaikuttavia tekijöitä on pohdittu tarkemmin luvussa 7.



Kuva 4.1. Ominaiskulutuksien jakauma vuonna 1997

Kohdassa 4.1 on esitetty lämmitysenergian ominaiskulutus koko tutkimusaineistolle ja verrattu ominaiskulutusta Suomen lukemiin. Kohdassa 4.2 ominaiskulutusta on tarkasteltu erilaisten muuttujien suhteen.

### 4.1 Kaukolämpöön liitettyjen virolaiskerrostalojen lämpöenergian ominaiskulutus

#### 4.1.1 Koko aineisto

Taulukossa 4.1 on esitetty lämmön ominaiskulutukset erikseen vuosilta 1996 ja 1997. Keskimääräinen ominaiskulutus vaihtelee välillä 256-315 kWh / m<sup>2</sup>, a. Aineiston perusteella vuoden 1997 kulutuslukemat ovat säädökorjauksesta huolimatta hieman pienemmät kuin vuonna 1996. Tähän voi olla kaksi selitystä. Vuosi 1996 oli hieman kylmempi. Ehkä kulutuksille tehty säädökorjaus ei ole täysin kompensoinut eroa keskilämpötiloissa. Toinen mahdollinen syy on se, että lämmön ominaiskulutuksen trendi on tehdyistä energiansäästötoimista johtuen laskeva.

Lämmönkulutuslukemia tulkittaessa tai vertailtaessa on muistettava, että suurin osa tässä tutkimuksessa mukana olleista rakennuksista on varustettu ny-

kyaikaisella kaukolämmön alajakokeskuksella, joka pienentää lämmönkulutusta karkeasti arvioituna noin 10 % perinteiseen neuvostoaikaiseen ejektorikytkentään verrattuna (ejektorikytkentä, ks. kohta 4.2.4). Merkittävä osa virolaisesta kerrostalokannasta on kuitenkin varustettu vanhanaikaisella ejektorikytkennällä. Näin ollen virolaiskerrostalojen ominaiskulutus on todellisuudessa jonkin verran suurempi, kuin mitä alla olevissa taulukoissa on esitetty.

**Taulukko 4.1. Kaukolämpöön liitettyjen virolaiskerrostalojen lämmön ominaiskulutus, kWh / m<sup>2</sup>,a**

	Keskimääräinen ominaiskulutus	lkm
1996	258 ... 315 kWh / m <sup>2</sup> ,a	113
1997	256 ... 304 kWh / m <sup>2</sup> ,a	185

Taulukon 4.1 vaihteluvälit on laskettu siten, että 38 % todennäköisyydellä yksittäisen rakennuksen ominaiskulutus on vaihteluvälillä. Tällöin noin kolmannes (31 %) otoksen rakennuksista on kulutukseltaan taulukossa esitettyä pienempi ja kolmannes suurempi. Yksi perustelu sille, että keskimääräisen ominaiskulutuksen vaihteluväliksi on valittu juuri 38 % aineistosta on se, että tämä helpottaa vertailua Suomen ominaiskulutuslukuihin (ks. kohta 4.1.2).

Toinen syy ominaiskulutuksen esittämiselle keskimääräisenä vaihteluvälinä (eikä esim. keskiarvona) on se, että näin virolaisten on helpompi verrata oman rakennuksensa kulutusta keskimääräiseen kulutukseen. Tulosten esittäminen tarkkana keskiarvona voisi aiheuttaa sen, että jos kulutusvertailun kohteena olevan rakennuksen kulutus olisi hieman alle keskiarvon, se herättäisi tyytymättömyyttä. Tai toisaalta jos kulutus olisi hieman yli keskiarvon, alettaisiin huolestua korkeasta kulutuksesta, vaikka siihen ei niin suurta syytä olisikaan. Molemmissa tapauksissa kulutukset ovat ehkä melko keskimääräisiä virolaisessa kerrostalokannassa.

Jos yksittäisen rakennuksen osalta tehdyssä kulutusvertailussa havaitaan, että rakennuksen ominaiskulutus on vaihteluvälin sisällä, voidaan yleensä todeta, että syytä huoleen ei ole. Lähellä keskimääräisen ominaiskulutuksen vaihteluvälin ylärajaa sijaitsevan talon energia-asioista vastaava voisi hieman huolestua. Jos kulutus on keskimääräisen vaihteluvälin yläpuolella, rakennus kuuluu siihen kolmannekseen, jonka kulutus on keskimääräistä suurempi. Tällöin syyt korkeisiin kulutuslukuihin olisi syytä selvittää huolella, esim. asiantuntijan avustuksella. Mutta kuten kohdassa 4.1.2 todetaan, kulutukset ovat suomalaisiin kerrostaloihin verrattuna korkeita. Miltei kaikissa virolaiskerrostaloissa energiankulutukseen kannattaa siis kiinnittää jonkinasteista huomiota.

#### **4.1.2 Vertaus Suomen ominaiskulutuksiin**

Suomen vertailuaineistona on käytetty suhteellisen tuoretta tutkimusta Asuinkerrostalojen ja toimistorakennusten energianhallinta vuodelta 1996 /5/. Tutkimuksen aineistona on ollut Suomen Kiinteistöliiton lämmöntarkkailuun kuuluva kiinteistökatanta. Luokittelussa käytetyn aineiston suuruus on asuinkerrostalojen osalta 1245 kiinteistöä (noin 3 % Suomen asuinkerrostalokannasta). Energian ja veden kulutus on jaettu viiteen luokkaan siten, että luokkaan "keskimääräinen" kuuluvat ne 38 % kiinteistöistä, joiden kulutus on lähimpänä kiinteistön ikäluokan keskiarvoa. Tutkimustulokset on esitetty graafisesti käyräparvena koordinaatistossa (ks. liite 4). Liitteessä 4 suomalaisten kerrostalojen

kulutuksen lukuarvot vastaavat Helsingin astepäivälukualetta. Virolaiskerrostalojen kulutukset on sääkorjattu vastaamaan Tallinnan keskilämpötiloja. Tallinnan ja Helsingin keskimääräiset astepäiväluvut ovat käytännössä samat, mikä helpottaa vertailua.

Suomessa ominaiskulutus on tapana ilmoittaa rakennuskuutiota kohden. Vertailun mahdollistamiseksi virolaiskerrostalojen pinta-alat on muutettu vastaamaan Suomen rakennustilavuuksia. Neliöiden muuttaminen kuutioiksi on esitetty liitteessä 6. Taulukossa 4.2 virolaiskerrostalojen keskimääräiset ominaiskulutukset on esitetty suhteutettuna rakennustilavuuteen.

**Taulukko 4.2. Kaukolämpöön liitettyjen virolaiskerrostalojen lämmön ominaiskulutus, kWh / m<sup>3</sup>,a**

	Keskimääräinen ominaiskulutus	lkm
1996	66 ... 81 kWh / m <sup>3</sup> ,a	113
1997	66 ... 78 kWh / m <sup>3</sup> ,a	185

Jos keskimääräistä ominaiskulutusta verrataan liitteen 4 käyrästään voidaan havaita, että virolaiskerrostalojen ominaiskulutukset ovat suomalaisiin kerrostaloihin verrattuna korkealla - ja useimmissa tapauksissa erittäin korkealla tasolla. Suomalaista keskimääräistä kulutusta kuvaavan käyrän yläraja nousee maksimissaan arvoon 66 kWh / m<sup>3</sup>,a.

Suomessa korkean ominaiskulutuksen talot on rakennettu 50-luvun lopun ja 70-luvun alun välillä. Ennen sitä ja sen jälkeen rakennettujen talojen ominaiskulutus on selvästi alhaisempi. Virossa ei ole tapahtunut samanlaista laskevaa kehitystä, kuten voidaan havaita liitteen 4 käyrästään piirretystä virolaistalojen lämmönkulutuksen kuvaajasta. Vielä 80-luvullakin rakennettujen virolaiskerrostalojen kulutukset ovat erittäin korkeita (vrt. kohta 4.2.1). Todennäköisiä syitä tähän ovat olleet energian hinnoittelu (energia oli neuvostoaikana käytännössä lähes ilmaista) ja neuvostoaikana harjoitettu rakennuspolitiikka.

Neuvostoaikana rakennettujen elementtirakenteisten kerrostalojen ulkoseinien k-arvo on ollut keskimäärin noin 1,0 W/m<sup>2</sup>,K. Ulkoseinien lämmöneristyskykyä ovat huonontaneet huonosta rakennustavasta johtuvat lukuisat kylmäsilat, joiden kohdalla ulkoseinän k-arvo on jopa 3,0 - 4,0 W/m<sup>2</sup>,K. Uuden, mutta toistaiseksi vielä virallisesti hyväksymättömän virolaisnormin mukaan asuinrakennusten ulkoseinien k-arvon tulisi olla enintään 0,28 W/m<sup>2</sup>,K - eli se on noin kolme kertaa parempi kuin neuvostoaikainen käytäntö. Uudet virolaisnormit, joita jo käytännössä toteutetaan, ovat siis samaa tasoa kuin Suomen rakentamismääräykset. Uusien virolaistalojen lämmönkulutuksen voi olettaa lähenevän suomalaista tasoa.

### **4.1.3 Viron itsenäistymisen vaikutus lämmön kulutukseen**

Kahtena ensimmäisenä talvena Viron itsenäistymisen jälkeen esiintyi alilämmitystä, jolloin asuntojen lämpötila laski talvella jopa +12-16°C:een /14/. Syynä tähän oli Venäjän öljyhanojen sulkeutuminen; länsimaisiin toimituksiin siirtyminen vei aikaa. Seurauksena oli kosteuden tiivistyminen ulkoseiniin ja homeesiintymiä. Nykyään lämpötilat ovat palanneet viihtyvyyden kannalta hyväksyttävälle tasolle, eli noin +19-24°C, mutta yksittäisiä kylmiä asuntoja on vielä runsaasti.

## 4.2 Lämmön ominaiskulutuksen tarkastelu eri muuttujien suhteen

Kohdissa 4.2.1 - 4.2.3 ominaiskulutukset on esitetty vuoden 1997 keskiarvoina (korjattuna Tallinnan normaalivuoden tasoon, paitsi maantieteellisen sijainnin vaikutusta tutkittaessa). Tehtyjen korjaustoimien vaikutusta tutkittaessa (kohdat 4.2.4 - 4.2.8) ominaiskulutukset on esitetty keskiarvona vuoden 1997 lokajoulukuun kulutuksista. Kohteista ei ole olemassa tietoa muutosten/korjausten tarkasta ajankohdasta, mutta voidaan olettaa, että muutoksia on tehty paljon vuoden 1997 aikana. Tästä syystä kulutusta on seurattu vuoden 1997 viimeisiltä kuukausilta, jolloin uusimisen vaikutusten pitäisi jo näkyä kulutuksessa. On huomattava, että seuraavassa esitetyt eri toimenpiteiden kulutusvaikutukset ovat vain suuntaa antavia aineiston ja sen käsittelytavan karkeudesta johtuen. Tarkemmat arviot vaativat talokohtaisia vertailuja.

### 4.2.1 Rakennusvuoden vaikutus

Suomessa talon rakennusvuodella on suuri vaikutus lämmitysenergian kulutukseen, kuten voidaan havaita liitteen 4 käyrästä. Lämmitysenergian kulutuksen kehityksessä on selvästi nähtävissä rakentamismääräysten ja -käytännön kehittyminen /5/. Virossa lämmön kulutus ei ole niin selvästi riippuvainen rakennusvuosikymmenestä. Taulukossa 4.3 virolaisten kerrostalojen ominaiskulutuksen vaihtelua on tarkasteltu rakennusvuoden perusteella. (ks. myös liite 4)

Taulukko 4.3. Rakennusvuoden vaikutus lämmön ominaiskulutukseen

Rakennusvuosi	Ominaiskulutus, kWh / m <sup>2</sup> ,a 1997	lkm
1960-1964	281 kWh / m <sup>2</sup> ,a	16
1965-1969	261 kWh / m <sup>2</sup> ,a	47
1970-1974	270 kWh / m <sup>2</sup> ,a	27
1975-1979	289 kWh / m <sup>2</sup> ,a	30
1980-1984	300 kWh / m <sup>2</sup> ,a	35
1985-1989	287 kWh / m <sup>2</sup> ,a	27
1990-1994	267 kWh / m <sup>2</sup> ,a	3

Taulukosta 4.3 ja liitteen 4 käyrästä voidaan havaita, että vanhempien rakennusten ominaiskulutus on hieman pienempi kuin uusien. Noin 60-luvun puolivälin ja 70-luvun alun välillä rakennettujen talojen ominaiskulutus on pienin. Suurin ominaiskulutus on 70-luvun puolivälin ja 80-luvun välisenä aikana rakennetuilla taloilla. 1980-luvulla rakennettujen kerrostalojen korkeampi kulutus selittyy osittain sillä, että tutkimuksessa mukana olleista uudehkoista taloista osa on edelleen varustettu energiaa tuhlaavalla kaukolämmön ejektorikytkennällä. Lisäksi paljon energiaa kuluttavat 14-16 kerroksiset tornitalot (11 kpl) on rakennettu vuosina 1979-88.

## 4.2.2 Maantieteellisen sijainnin vaikutus

Vaikka Viro on pinta-alaltaan suhteellisen pieni maa, voi ilmastollisilla tekijöillä jonkin verran selittää ominaiskulutuksen vaihtelua. Taulukossa 4.4 on esitetty rakennuksen maantieteellisen sijainnin vaikutus ominaiskulutukseen. Tässä taulukossa kulutuksia ei ole sääkorjattu.

**Taulukko 4.4. Maantieteellisen sijainnin vaikutus lämmön ominaiskulutukseen**

Paikkakunta	Ominaiskulutus, kWh / m <sup>2</sup> ,a 1997	lkm
Tallinna	276 kWh / m <sup>2</sup> ,a	133
Tartto	257 kWh / m <sup>2</sup> ,a	30
Pärnu	242 kWh / m <sup>2</sup> ,a	16
Haapsalu	222 kWh / m <sup>2</sup> ,a	6

Tämän tutkimuksen aineiston perusteella Tallinnan ja Tarton välillä on jonkin verran eroa keskimääräisessä ominaiskulutuksessa. Ero voi johtua yhtä hyvin ilmastollisista eroista, erilaisista talotyypeistä tai esim. erilaisista asumistottumuksista. Vuoden 1997 keskilämpötila oli kaupungeissa lähes sama.

Pärnussa vuosi oli hieman lämpimämpi, minkä voisi tulkita näkyvän pienempänä kulutuksena. Haapsalun osalta otos on melko pieni. Pienessä otoksessa talotyypin vaikutus näkyy selvemmin kuin suuressa otoksessa, johon mahtuu useita energiankulutukseltaan erilaisia talotyyppejä.

Yllä oleva, maantieteellisen sijainnin perusteella tehtävä vertailu on sinänsä mielenkiintoinen, mutta sillä ei ole suurta käytännön merkitystä. Vaikka ilmastollisia eroja olisikin, muut tekijät vaikuttavat lämmönkulutukseen voimakkaammin kuin maantieteellinen sijainti Viron mittakaavassa.

## 4.2.3 Talotyypin vaikutus

Talotyypit on esitelty liitteessä 7. Taulukosta 4.5 nähdään eri talotyyppien keskimääräiset ominaiskulutukset. Taulukon 4.5 tulokset ovat vain suuntaa antavia, koska talojen lukumäärä otoksissa on pieni.

**Taulukko 4.5. Erilaisten talotyyppien lämmön ominaiskulutukset**

Tyyppikoodi	Ominaiskulutus, kWh / m <sup>2</sup> ,a 1997	lkm
1 I-317	296 kWh / m <sup>2</sup> ,a	10
2 IE-464A-18, IE-464A, TP111-121-E3	288 kWh / m <sup>2</sup> ,a	19
3 Tartto Maja	295 kWh / m <sup>2</sup> ,a	6
4 IE-464A	279 kWh / m <sup>2</sup> ,a	8
5 Tartto Maja	246 kWh / m <sup>2</sup> ,a	4
6 IE464A-4KE/63, I-464A-16, TP111-121-E2	274 kWh / m <sup>2</sup> ,a	25
7 Tartto Maja	268 kWh / m <sup>2</sup> ,a	5
8 Tartto Maja	225 kWh / m <sup>2</sup> ,a	3
9 I-464A-15	251 kWh / m <sup>2</sup> ,a	11
10 (Pärnu, 3 taloa)	269 kWh / m <sup>2</sup> ,a	3
11 I-464A-14	253 kWh / m <sup>2</sup> ,a	8
12 (Tartto, 3 taloa)	274 kWh / m <sup>2</sup> ,a	3
13 Tartto Maja	260 kWh / m <sup>2</sup> ,a	3
14 TP-111-121-E7, I-464D	291 kWh / m <sup>2</sup> ,a	17
15 I-464D, TP111-121-E7	287 kWh / m <sup>2</sup> ,a	11
16 Arh. R. Karp	276 kWh / m <sup>2</sup> ,a	6
17 I-464D-100	273 kWh / m <sup>2</sup> ,a	8
18 14-kerroksinen tornitalo	372 kWh / m <sup>2</sup> ,a	4
19 16-kerroksinen tornitalo	352 kWh / m <sup>2</sup> ,a	7
20 (Haapsalu, 6 taloa)	233 kWh / m <sup>2</sup> ,a	6

Osaa taloista ei luokiteltu mihinkään yllä olevaan ryhmään.

#### **4.2.4 Kaukolämmön alajakokeskuksen uusimisen vaikutus**

Neuvostoliiton aikana kaukolämmityskytkentä oli ns. ejektorikytkeä, joka on niin sanottu suora kytkentä, jossa kaukolämpövesi kiertää patteriverkossa. Ejektoriosassa talon lämpöverkosta palaava viileämpi vesi sekoitetaan kuumempaan kaukolämmön tuloveteen. Taloon lähtevän veden lämpötila voidaan näin säätää yksilöllisesti talon lämmön tarpeen mukaan. Kytkennän heikkous on ollut kuitenkin se, että ejektorin sekoitussuhde on ollut vakio. Talon lämpöverkon säätö on perustunut kaukolämpöverkon tuloveden lämpötilaan. Pakkaskausilla ejektorikytkeä on toiminut tyydyttävästi, mutta kevät- ja syyskuukausina yllilämmitys on ollut yleistä, koska kaukolämpöveden lämpötila on pidettävä lämpimän käyttöveden valmistuksen takia riittävän korkeana (+70 - 80°C). Kun lämmitystä ei ole voitu keväisin ja syysyisin kokonaan katkaista, on yllilämmitys tuuletettu ikkunoiden kautta ulos.

Kaukolämmön alajakokeskuksen uusiminen merkitsee lämmityksen säädön parantumista entiseen verrattuna. Lämmitysverkoston menoveden lämpötilan automaattinen säätö ulkolämpötilan mukaan mahdollistaa melko tasaiset sisälämpötilat säästä riippumatta, mikäli säätökäyrä on aseteltu oikein ja talon lämmitysverkosto on tasapainotettu.

**Taulukko 4.6. Kaukolämmön alajakokeskuksen uusimisen vaikutus lämmön ominaiskulutukseen**

	Ominaiskulutus	lkm
Rakennukset, joissa KL-alajakokeskus uusittu	93 kWh / m <sup>2</sup> (*)	158
Muut rakennukset	103 kWh / m <sup>2</sup> (*)	27

\*) Loka-joulukuu 1997

Aineiston perusteella alajakokeskuksen uusiminen näyttäisi vähentävän lämmönkulutusta noin 10 %. Todellinen vaikutus on hieman pienempi, koska osassa taloissa, joissa alajakokeskus on uusittu, on tehty myös muita korjauksia. Toisaalta, yksittäisessä talossa säästö voi olla yli 10 %, riippuen vanhan alakeskuksen yllämmityksen määrästä.

#### 4.2.5 Lämmitysverkoston saneerauksen vaikutus

Lämmitysputkistojen saneerauksen yhteydessä verkostoihin on monissa tapauksissa asennettu linjasäätöventtiilit, jotka mahdollistavat lämmitysverkoston tasapainotuksen. Tasapainotuksella huonelämpötilat rakennuksessa saadaan yhtenäisemmiksi niin, että koko rakennusta ei tarvitse lämmittää kylmimpien huoneiden mukaan. Esisäädettävien termostaattisten patteriventtiilien asennus mahdollistaisi vielä paremman verkoston tasapainotuksen, lisäksi ne katkaisisivat lämmityksen huoneessa lämpötilan noustessa liian korkeaksi.

**Taulukko 4.7. Lämmitysverkoston saneerauksen vaikutus lämmön ominaiskulutukseen**

	Ominaiskulutus	lkm
Rakennukset, joissa lämmitysverkostoa on korjattu (vähintään linjasäätöventtiilit)	89 kWh / m <sup>2</sup> (*)	46
Muut rakennukset	96 kWh / m <sup>2</sup> (*)	139

\*) Loka-joulukuu 1997

Aineiston perusteella lämmitysverkoston saneeraus vaikuttaa lämmönkulutukseen noin 7 %. Todellinen vaikutus on hieman pienempi, koska osassa taloissa, joissa lämmitysverkostoa on uusittu, on tehty myös muita korjauksia. 7 %:n lasku lämmönkulutuksessa vastaa keskimäärin noin 1...2 °C:n sisälämpötilan laskua, mikäli ilmanvaihdon määrä pysyy samana.

#### 4.2.6 Ikkunoiden tiivistämisen vaikutus

Ikkunoiden tiivistäminen vähentää hallitsematonta vuotoilmanvaihtoa rakennuksessa. Virolaisissa kerrostaloissa ilmanvaihto perustuu yleensä luonnolliseen vetoon, jolloin paine-ero rakennuksen sisä- ja ulkopuolen välillä on pieni. Kun ikkunoita tiivistetään tai uusitaan on otettava huomioon, että ilmanvaihtomäärät eivät jää liian pieniksi: korvausilman saanti on varmistettava.

**Taulukko 4.8. Ikkunoiden tiivistämisen vaikutus lämmön ominaiskulutukseen**

	Ominaiskulutus	lkm
Rakennukset, joissa ikkunat on tiivistetty (tai uusittu)	86 kWh / m <sup>2</sup> (*)	17
Muut rakennukset	95 kWh / m <sup>2</sup> (*)	168

\*) Loka-joulukuu 1997

Aineiston perusteella ikkunoiden tiivistäminen tai uusiminen vaikuttaa lämmönkulutukseen noin 9 %. Todellinen vaikutus on hieman pienempi, koska osassa taloissa, joissa ikkunoita on uusittu tai tiivistetty, on tehty myös muita korjauksia.

#### **4.2.7 Katon lisälämmöneristyksen vaikutus**

Taloja, joissa katto on uusittu tai katon lämmöneristystä lisätty, on vertailtu taulukossa 4.9.

**Taulukko 4.9. Katon uusimisen tai lisälämmöneristämisen vaikutus lämmön ominaiskulutukseen**

	Ominaiskulutus	lkm
Rakennukset, joissa katto on uusittu tai lisälämmöneristetty	84 kWh / m <sup>2</sup> (*)	13
Muut rakennukset	95 kWh / m <sup>2</sup> (*)	172

\*) Loka-joulukuu 1997

Aineiston perusteella katon lisälämmöneristäminen vaikuttaa lämmönkulutukseen noin 12 %. Todellinen vaikutus on pienempi, koska osassa taloissa, joissa kattoa on lisälämmöneristetty, on tehty myös muita korjauksia.

#### **4.2.8 Seinien lisälämmöneristyksen vaikutus**

Taloja, joissa seinien lämmöneristystä lisätty, on vertailtu taulukossa 4.10.

**Taulukko 4.10. seinien lisälämmöneristämisen vaikutus lämmön ominaiskulutukseen**

	Ominaiskulutus	lkm
Rakennukset, joissa seiiniä on lisälämmöneristetty	69 kWh / m <sup>2</sup> (*)	4
Muut rakennukset	95 kWh / m <sup>2</sup> (*)	181

\*) Loka-joulukuu 1997

Taulukon 4.10. perusteella näyttäisi seinien lisälämmöneristämällä olevan melko suuri vaikutus kulutukseen. Vertailu on tässä tapauksessa heikolla pohjalla, koska talojen lukumäärä on vain 4 kpl. Lisäksi korjatuissa taloissa on remontoitu vähintään KL-alajakokeskus, lämmitysverkosto ja käyttövesiputkisto sekä kattoa lisälämmöneristetty. Näiden toimenpiteiden yhteisvaikutus lämmönkulutukseen näyttäisi olevan noin 27 %.

### **4.3 Ominaiskulutuksen vaihtelua selittävät tekijät**

Rakennusvuosi näyttäisi olevan ominaiskulutusta selittävä tekijä. Vaikutus ei kuitenkaan ole niin selvä kuin Suomessa.

Rakennuksen sijaintipaikkakunnalla ei voi selittää kovin paljon ominaiskulutuksen vaihteluja. Virossa ilmastolliset erot ovat pieniä. Vuodet eivät kuitenkaan ole veljeksiä. Jonain vuosina eri paikkakuntien säätilat voivat vaihdella normaalia enemmän.

Talotyypeistä selvästi suurin ominaiskulutus on 14-16-kerroksisilla tornitaloilla. Todennäköisiä syitä suurelle kulutukselle ovat seinien suuri pinta-ala suhteessa rakennuksen tilavuuteen ja rakennuksen korkeudesta johtuva ilmanvaihdon "savupiippuvaikutus" sekä tuulen vaikutus. Alle keskimääräisen meneviä ominaiskulutuksia oli useissa eri talotyypeissä. Syitä tähän voidaan tämän tutkimuksen aineiston perusteella ainoastaan arvailla. Todelliset syyt olisi mielenkiintoista selvittää, mutta se vaatisi oman jatkotutkimuksensa.

Edellisessä luvussa (kohdat 4.2.4 - 4.2.8) tutkittujen korjausten vaikutus lämmön ominaiskulutukseen oli juuri sen suuntainen kuin oli odotettu. Erilaiset korjaukset vähentävät lämmön ominaiskulutusta aineiston perusteella noin 7 ... 27 %. (Eräessä toisessa tutkimuksessa on osoitettu, että melko perusteellisella virolaiskerrostalon korjauksella lämmön kulutusta voitiin pienentää noin 30 % /12/.) Yksittäisen korjaustoimenpiteen vaikutus ei tosin ole niin iso kuin taulukoiden 4.6 - 4.10 perusteella näyttäisi. Monissa taloissa oli tehty useita edellä mainituista korjaustoimenpiteistä, joiden yksittäistä vaikutusta ei ole tilastollisessa analyysissä mahdollista erotella, ainakaan näin pienellä aineistolla. Kulutuksen pienentymisessä näkyy siis useamman korjaustoimenpiteen yhteisvaikutus.

#### ***Muut mahdolliset tekijät:***

Rakennuksen lämmönkulutus riippuu myös sen paikallisesta sijainnista. Paikallisia lämmönkulutukseen vaikuttavia tekijöitä ovat pienilmastolliset lämpötilaerot, tuulen nopeudet ja suunnat sekä rakennuksen aurinkoenergian saanti. Yhteensä nämä tekijät voivat aiheuttaa jopa 30 %:n lisäyksen rakennuksen lämmönkulutuksessa optimitapaukseen verrattuna. Maaston muodot, puusto ja muut rakennukset vaikuttavat tuulen nopeuteen, pyörteisyyteen sekä suuntaan. Tiiviydeltään tavanomaisessa rakennuksessa lämmönkulutus saattaa epäedullisissa tuuliolosuhteissa olla 15 % suurempi kuin edullisimmissa. Aurinkoenergian hyväksikäytön kannalta on rakennusta ympäröivillä esteillä selvästi suurempi vaikutus kuin rakennuksen suuntauksella /3/. Näiden pienilmastotekijöiden merkitystä kulutuseroihin ei tämän aineiston perusteella voitu selvittää.

Mittarin vioittuminen on eräs varteenotettava mahdollisuus, mikäli kulutukset ovat alkaneet selvästi ja systemaattisesti muuttua. Virossa vesijohtoveden ja putkistojen huonosta laadusta johtuen on joissakin tapauksissa saattanut käydä niin, että uudet vesimittarit eivät ole kestäneet vuotta kauempaa. Samanlaisista ongelmia voi esiintyä myös kaukolämpöverkon energiamittareissa.

## Käyttöveden ominaiskulutus

Taulukossa 5.1 on esitetty käyttöveden ominaiskulutukset erikseen vuosilta 1996 ja 1997. Keskimääräinen ominaiskulutus vaihtelee välillä 177-290 l / as,d. Aineiston perusteella vuoden -97 kulutukset ovat selvästi pienempiä kuin vuonna -96. Tutkimuksessa ei pystytty selvittämään, mistä suuri ero vuosien välillä johtuu.

Vuoden -97 aineistossa on useita taloja, joissa ilmoitettu vedenkulutus on hyvin alhainen (6 taloa jopa alle 100 l / as,d). Suurin osa näistä taloista sijaitsee Tartossa. Toisaalta Tallinnassa on muutama talo, joissa vedenkulutus näyttää todella suurelta. Syy liian pieneen tai liian suureen kulutukseen saattaa olla myös vesimittarin vioittuminen. Vian aiheuttajasta riippuen vioittunut vesimittari saattaa näyttää liian suurta tai liian pientä vedenkulutusta.

**Taulukko 5.1. Kaukolämpöön liitettyjen virolaiskerrostalojen käyttöveden ominaiskulutus**

	Keskimääräinen ominaiskulutus	lkm
1996	227 ... 290 l/as,d	117
1997	177 ... 233 l/as,d	151

Taulukon 5.1. keskimääräisen ominaiskulutuksen vaihteluväli on valittu samoin perustein kuin kohdassa 4.1.1. Suomalainen vertailuaineisto on esitetty graafisesti liitteessä 5.

Liitteen 5 käyrästä on perusteella suomalainen keskimääräinen vedenkulutus 60-luvun jälkeen rakennetuille kerrostaloille vaihtelee välillä 160 - 200 l / as,d. Vertailutavasta riippuen virolaiskerrostalojen käyttöveden keskimääräinen kulutus näyttäisi olevan 1,1 - 1,6 kertaa suurempi kuin suomalaiskerrostaloissa.

Erään arvion perusteella todellinen asukasmäärä virolaiskerrostaloissa on karkeasti arvioituna noin 10 % suurempi kuin ilmoitettu asukasmäärä. Todellinen veden ominaiskulutus l / as,d olisi näin ollen noin 10 % pienempi kuin taulukoissa on esitetty.

### 5.1 Korjaustoimien vaikutus käyttöveden kulutukseen

Korjausten lähtökohtia ovat yleensä rakenteiden huono kunto, huonot asuinolosuhteet tai suuri energiankulutus. Todennäköistä on, että niissä kerrostaloissa, joissa korjauksia on tehty, näihin asioihin on kiinnitetty keskimääräistä suurempaa huomiota. Tiedon lisääntyminen kulutuksen vaikutuksista kustannuksiin on eräs tärkeimmistä käyttöveden kulutukseen vaikuttavista tekijöistä. Siksi on mielenkiintoista verrata, näkyvätkö talossa tehdyt muut korjaukset käyttöveden kulutuksessa.

## Taulukko 5.2. Korjaustoimien vaikutus käyttöveden ominaiskulutukseen

	Ominaiskulutus	lkm
Rakennukset, joissa on tehty korjaustoimia <sup>(2)</sup>	159 l / as,d <sup>(1)</sup>	38
Muut rakennukset (ei tehty mitään korjauksia)	239 l / as,d <sup>(1)</sup>	28

1) Loka-joulukuu 1997

2) Tässä aineistossa oleviin rakennuksiin on KL-alajakokeskuksen uusimisen lisäksi tehty myös muita korjauksia.

Taulukon 5.2 tiedot näyttäisivät tukevan oletusta korjaustoimien myönteisestä vaikutuksesta veden taloudelliseen käyttöön. Tämä tukee näkemystä, että asenteilla ja kulutustottumuksilla on ensisijainen vaikutus vedenkulutukseen. Niissä taloissa, joissa on yleensä tehty joitakin korjaustoimia, käyttöveden kulutus on noin 33 % alhaisempaa kuin vertailuaineistossa. Täytyy kuitenkin muistaa, että osa vedenkulutuksen vähentymisestä selittyy sillä, että uusissa alakeskuksissa on yleensä toimiva lämpimän veden kierto, mikä jo sinänsä yleensä vähentää veden kulutusta, kun lämpimän veden odottamisesta johtuva turha veden laskeaminen jää pois.

# Ominaiskulutustietojen hyödyntäminen



## 6.1 Rakennuskohtainen kulutusseuranta

Rakennuksen omistajille energiankulutuksen seuranta on yksi osatekijä pyritäessä tavoitteelliseen kiinteistön ylläpitoon. Esim. Suomessa energian ja veden osuus kiinteistöjen hoitokustannuksista on jopa puolet, joten lämmön ja veden kulutuksella on olennainen vaikutus kiinteistön hoitokustannuksiin. Seurannan on oltava tavoitteellista, jotta vertailun tulosten perusteella voidaan päättää kiinteistön toimivuuden ja energiatalouden parannustoimenpiteistä. Tarkka energian seuranta on lähtökohta energiansäästötoimenpiteille /1/.

Neuvostoajalla virolaiset asunnot olivat vuokra-asuntoja lukuun ottamatta omakotitaloja ja ns. kooperatiivitaloja. Kaukolämpöaloissa lämpökustannukset veloitettiin lähinnä arvioperusteisesti talon koon mukaan, eikä vuokra kattanut läheskään asumisen todellisia kustannuksia. Koska vesi- tai kaukolämpömittareita ei juurikaan ollut, ei käytön mukainen laskutus senkään vuoksi ollut mahdollista. Nyt tilanne on toinen.

Asuntoja on yksityistetty voimakkaasti - tällä hetkellä (kesä -98) asuntoja on yksityistetty noin 70 %, ja talo- ja asuntoyhdistyksiä (viroksi: majaühisus ja korterühisus) on perustettu. Taloyhdistyksessä asukkaiden/omistajien valitsema hallitus päättää talon asioista yhtiöjärjestyksen mukaisissa rajoissa. Asuntoyhdistyksessä päätöksiin vaaditaan asukkaiden suostumus. Arvioidaan, että kiinteistöjä joihin tulisi perustaa jompikumpi yhdistystyypeistä on noin 16 000. Tällä hetkellä niitä on perustettu noin 1 000.

Yksityistäminen ja yhdistysten perustaminen on antanut todelliset mahdollisuudet taloudelliseen kiinteistöhoitoon. Kun vielä niin veden kuin lämmön kulutus alkaa yhä useammin perustua todelliseen kulutukseen kulutusmittareiden yleistyessä, alkavat tavoitteellisen ja taloudellisen kiinteistön hoidon edellytykset olla olemassa. Paineet hyvään ja taloudelliseen kiinteistön hoitoon kasvavat senkin takia, että lämmön hinta alkaa lähestyä maailman markkinatasoa. Tällä hetkellä lämmön hinta on 350 - 400 EEK/MWh. Jo 75 m<sup>2</sup>:n asunnossa vuotuiset lämmityskulut ovat 7 000 - 9 000 EEK ja vesimaksuista kertyy muutama 1 000 EEK lisää. Vesi- ja lämpölasku voi olla kuukaudessa 1000 EEK eli suomalaista tasoa, vaikka virolaisten tulotaso on 20 - 30 % suomalaisesta. Paineet kulutusseurantaan ja tätä kautta tehokkaaseen energian ja veden käyttöön ovat selvät.

Kiinteistön veden ja energian kulutusseurannalla on kaksi päätavoitetta: /5/

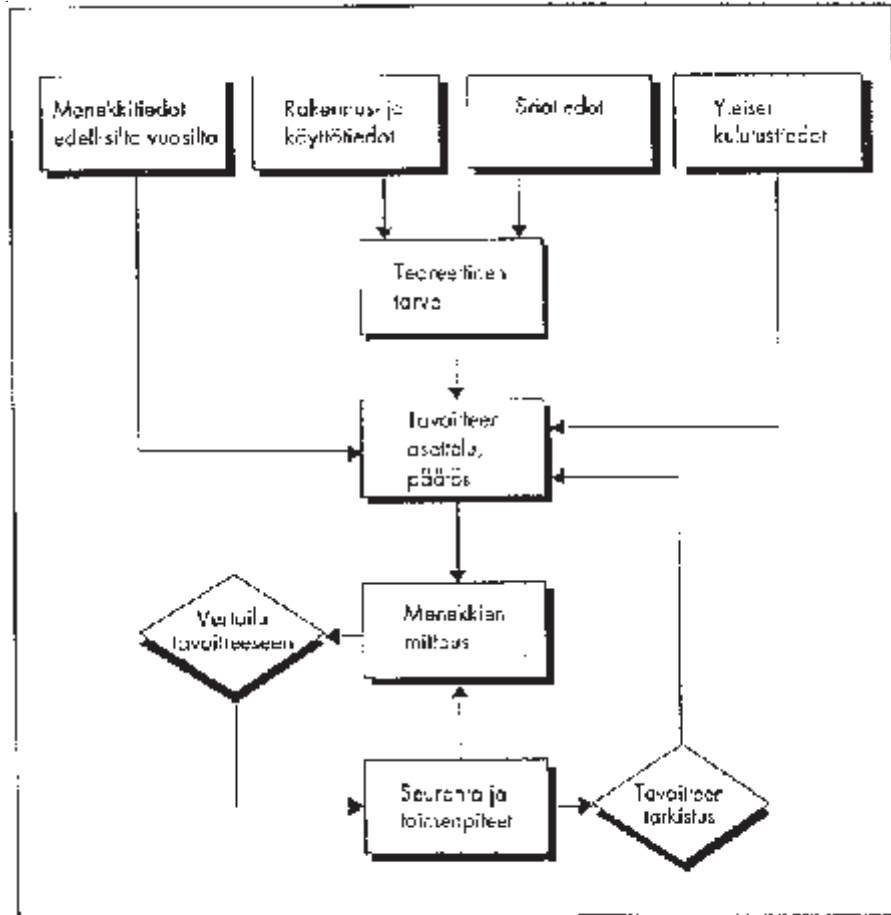
- 1) Kulutusseuranta tuottaa ajan tasalla olevaa tietoa kiinteistön kulutuksesta esim. vuosibudjetointia varten.
- 2) Seurannan tavoitteena on auttaa laite- ja käyttötekniisten vikojen aiheuttamien kulutuspoikkeamien havaitsemisessa, jotta vikoihin kyetään reagoimaan nopeasti, ja niiden aiheuttamat kustannukset vältetään.

## Energiamenekin seuranta

Kiinteistöjen energiankulutuksen seurannan periaate on seuraava:

- asetetaan tavoite
- mitataan kulunut energia
- verrataan kulutusta tavoitteeseen
- tehdään tarvittavat tehostustoimenpiteet.

Kuvassa 6.1 on esitetty kulutusseurannan periaate. Kulutuksen vähentämistoi-



Kuva 6.1. Energiatavoitteen asettaminen ja menekien seuranta

Lähde: KH20-00158, Rakennuksen energiamenekin seuranta

Vuosikulutuksen seurantatuloksia käytetään ominaiskulutuksien vertailuun ja talousarvion tukena.

Luotettavan seurannan avulla saadaan selville:

- laiteviat
- virheet tai muutokset aikaohjelmissa
- väärät asetusarvot
- vuotavat vesihanat, putket, sulkuventtiilit ja muut laiteviat
- virheet lämmityslaitteiden säädöissä ja asetusarvoissa.

## **6.2 Ominaiskulutustietojen hyödyntäminen valtakunnallisesti**

Pitkän tähtäimen suunnittelu edellyttää luotettavia ja ajan tasalla olevia veden ja energian kulutustietoja. Kulutusseurantatietoja voidaan hyödyntää monin tavoin alue- tai valtakunnantasolla. Kaukolämpölaitoksille ne kertovat lämmöntarpeen kehityksestä ja auttavat kattilalaitosten ja verkostojen investointitarpeiden arvioinnissa. Myös vesi- ja viemärlaitokset voivat hyödyntää vedenkulutustietoja verkosto- ja muita investointeja suunnitellessaan.

Kulutusseuranta- ja ominaiskulutustietoja voidaan hyödyntää valtakunnan tasolla arvioitaessa energiantarpeen kehitystä ja energiatilastoinnin tukena. Asuntopoliittikkaa kulutustiedoilla voidaan ohjata arvioimalla asuntokantaan kohdistuvien investointien tarvetta jne.

# 7

## **Tavoitteen asettaminen ja kulutuksen vähentäminen**

### **7.1 Vuositavoitteen asettaminen**

Toteutuneet kulutukset ovat epämääräiseltä tuntuvia lukemia ellei niitä voi suhteuttaa johonkin vertailutasoon. Kun rakennuksen kulutukselle on olemassa selkeät tavoitteet, kulutus seuranta muuttuu heti mielekkäämmäksi. Tavoitteen asettamiseksi on kolme lähtökohtaa /1/:

#### ***Tavoitteen asettaminen toteutuneiden kulutustietojen perusteella***

Tavoite voidaan asettaa vuositasolla käyttäen edellisten vuosien (normalisoituja) kulutustietoja. Tiedot saadaan talon energia- ja vesimittareista. Normalisointi johonkin tiettyyn vertailutasoon, tai eri vuosien lämmönkulutuksen vertailu, on tosin vaikeaa Virossa, koska kunnollisia astepäivälukutaulukoita ei ole käytössä.

Lämpimän käyttöveden osuus lämmönkulutuksesta on yleensä 30 - 50 %, joten sen vaikutus talon energian kulutukseen on merkittävä. Lämpimän käyttöveden osuus lämpöenergiasta voidaan asuinkerrostaloissa arvioida kesäkuukausien energiankulutuksesta.

#### ***Tavoitteen asettaminen laskelmilla***

Seuranta käynnistettäessä ei aina ole tietoa talon veden ja lämmön kulutuksesta. Tällöin kiinteistökohtaiset laskelmat antavat parhaan perustan tavoitetasolle seurannan alkuvaiheessa. Rakennuksen energiantarpeen laskeminen on asiantuntijan tehtävä. Lämmöntarve riippuu lämmitettävästä tilavuudesta, sisälämpötiloista, ilmanvaihdon määrästä, rakenteista ja sääolosuhteista. Laskelmilla voidaan päästä jopa 5 - 10 % tarkkuuteen. Virhelähteitä ovat säätiedot, ilmanvaihdon ilmavirrat, vuotoilmavirrat, rakennetiedot ja käyttötottumusten erot (esim. sisälämpötilat ja vedenkulutus). Virossa on olemassa ohje rakennuksen energiantarpeen laskemiseksi.

#### ***Tavoitteen asettaminen viitetietoihin perustuen***

Tilastollinen vertailuaineisto voi antaa karkean tavoitteen kulutus seurannalle. Tavoite on sitä tarkempi mitä huolellisemmin vertailuaineisto voidaan valita.

### **7.2 Kulutuksen vähentäminen rakennuskohtaisesti**

Energian ja veden säästöön tähtäävät toimenpiteet voidaan jakaa 1) tottumuksiin ja asenteisiin vaikuttaviin keinoihin, 2) olemassa oleviin järjestelmiin kohdistuviin käyttötekniisiin keinoihin sekä 3) varsinaisiin energiansäästöinvestointeihin.

Kulutustottumuksiin vaikuttava tiedotus ja käyttötekniset keinot ovat tyypillisesti halpoja, ja niillä voidaan saavuttaa energiansäästötuloksia kannattavasti ja nopeasti. Ongelmana on se, että asennekasvatus ja käyttöohjeiden antaminen vaikuttavat vain hyvin lyhyen aikaa, 2-3 kk, jonka jälkeen kulutuslukemat saattavat palautua takaisin ennalleen. /8/

### **7.2.1 Asukkaiden motivointi**

Energian- ja veden säästöön tähtäävällä tiedotuksella on kolme tavoitetta. /5/

1. Motivointi. Asukkaat on helpointa motivoida energiansäästöön havainnollistamalla energia- ja vesikustannusten osuutta kiinteistön hoitokustannuksista. Toinen hyvä motivointikeino on oman kiinteistön kulutus- ja kustannustason vertaaminen muihin vastaaviin kiinteistöihin. Mikäli mahdollista, vertailukohtana on hyvä käyttää saman alueen muita kiinteistöjä tai oman kiinteistön aikaisempia rekisteröityjä kulutustietoja, jolloin vertailukohta on mahdollisimman konkreettinen.
2. Vaikutusmahdollisuuksien havainnollistaminen. Asukkaille pyritään välittämään tietoa asumiseen liittyvien jokapäiväisten käytännön valintojen ja tottumusten energiavaikutuksista. Tyypillisiä tällaisia valintoja ovat esimerkiksi:
  - Jokainen 21°C:n ylittävä aste sisälämpötilassa lisää lämmityslaskua noin 5 % (Suomessa).
  - Tehokkain ja energiataloudellisin tapa tuulettaa on lyhytaikainen läpiveto: ilma vaihtuu parhaiten, mutta rakenteet eivät jäähdy turhaan.
3. Tulosten seuranta ja palautteen antaminen. Saavutetuista tuloksista tiedottaminen on olennaista ennen muuta asukkaiden motivaation ylläpitämiseksi. Paras vaihtoehto palautteen antamiseksi on luonnollisesti taloudellinen palaute; mikäli mahdollista, energian- ja vedensäästön tulisi mahdollisimman nopeasti ja selvästi näkyä esimerkiksi vuokran suuruudessa.

### **7.2.2 Käyttötekniset säästökeinot**

Käyttötekniset keinot eivät vaadi käytännössä lainkaan investointeja, ja ne ovat yleensä toteutettavissa kiinteistön oman henkilökunnan tai huoltohenkilökunnan avulla. Käyttöteknisillä muutoksilla saavutettavat energiansäästöt ovat edullisia.

#### **Sisälämpötilan alentaminen**

Mikäli sisälämpötilojen hajonta ei ole suuri, ja keskimääräinen sisälämpötila on yli tavoitetason, on sisälämpötilan alentaminen keino energiankulutuksen pienentämiseksi. Ennen sisälämpötilojen alentamista ikkunoiden tiiviys on tarkistettava, jotta vetohaitoilta vältytään. Rakennuksen huonoa tiiveyttä ei saa korvata yllämpötiloilla. Yhden asteen muutos sisälämpötilassa muuttaa rakennuksen lämmitysenergian kulutusta 4 - 7 %. Käyttötekniisiä keinoja sisälämpötilojen alentamiseksi ovat esim. lämmitysverkoston menoveden lämpötilan säätökäyrän asettelu tai jaksottainen lämpötilan pudotus.

*Lämmitysverkoston nyhynäikaista*      *menoveden menoveden*      *säätökäyrän lämpötilan*      *asettelu säädintä)*      *(edellyttää*

Vesikeskuslämmitysjärjestelmissä keskeinen käyttötekninen tekijä on patteriverkoston menoveden säätökäyrän oikea asettelu. Tyypillisessä menoveden lämpötilan säätimessä on kaksi asettelumahdollisuutta: säätökäyrän jyrkkyyden asettelu ja suuntaussiirto. Jos lämpötila rakennuksessa nousee kylmillä ilmoilla liian korkeaksi ja on lämpimillä ilmoilla matala, on säätökäyrä liian jyrkkä. Vastaavasti liian loiva säätökäyrä johtaa matalaan sisälämpötilaan kovilla pakkasilla. Mikäli lämpötila rakennuksessa on säännömukaisesti liian korkea tai matala, tapahtuu korjaus säätökäyrän suuntaussiirrolla.

*Lämmitysverkoston (edellyttää*      *menoveden nyhynäikaista*      *jaksottainen menoveden*      *lämpötilan säädintä)*      *pudotus*

Menoveden lämpötilan säätimissä on yleensä mahdollisuus ns. päivä- tai yöpudotukselle eli menoveden lämpötilan alentamiselle päivä- tai yöajaksi. Päivä- tai yöpudotuksella pyritään mukauttamaan lämmitys rakennuksen käyttörytmiin siten, että tiloja lämmitetään vähemmän silloin, kun rakennus ei ole käytössä tai sen käyttö on vähäistä. Jaksottaisesti käytetyissä rakennuksissa, kuten toimisto-rakennuksissa, menoveden lämpötilan yöpudotuksella on saavutettavissa jopa 15 %:n energiansäästö. Asuinrakennuksissa voidaan menoveden lämpötilaa pudottaa päiväsaikaan, jolloin asukkaat ovat töissä ja jolloin ikkunasta tulevaa auringonsäteilyä voidaan hyödyntää lämmityksessä. Asuinrakennuksissa saavutettavissa oleva energiansäästö on kuitenkin selvästi pienempi kuin esim. jaksottaisesti käytetyissä toimistorakennuksissa. /5/

Menoveden lämpötilan jaksottaisessa pudotuksessa kannattaa asuinrakennuksissa käyttää harkintaa. Energiansäästö saattaa jäädä odotettua pienemmäksi, ja lisäksi voi esiintyä viihtyvyysoongelmia.

### ***Tippuvien hanojen ja vuotavien WC-venttiilien korjaus***

Vuotavat WC-venttiilit ja hanat ovat veden tuhlareita. Jos hanasta tippuu vettä melko taajaan tahtiin, voi siitä kuukauden aikana juosta vettä 2m<sup>3</sup> verran. Jos vuoto on jatkuvaa, voi kuukauden aikana juosta vettä 5-20 m<sup>3</sup> verran. Vuotava WC-venttiili voi tuhjata samaan tahtiin.

### ***Lämpimän käyttöveden lämpötilan alentaminen***

Joissakin tapauksissa saattaa tulla kyseeseen lämpimän käyttöveden lämpötilan alentaminen. Yleensä 50-55°C on riittävä lämpötila. On kuitenkin huomioitava, että lämpötilan alentaminen lisää lämpimän käyttöveden kulutusosuutta. Lämpimän käyttöveden lämpötila ei kuitenkaan verkoston missään osassa, esim. kiertojohtoon liitetyissä lämmittimissä, saa laskea alle 50°C legionellabakteerivaaran vuoksi.

## ***7.2.3 Energiansäästöinvestoinnit***

Energiansäästöinvestoinnit ovat energiansäästöön tähtääviä toimenpiteitä, jotka edellyttävät hankintoja sekä säätö- ja huoltotoimenpiteitä, jotka eivät ole toteutettavissa kiinteistön omin voimin, vaan edellyttävät yleensä ulkopuolisen

palvelun hankkimista. Erilaisten energiansäästöinvestointien toteutusmahdollisuuksia ja niiden kannattavuutta on esitelty yksityiskohtaisemmin teoksessa Paneelelamute Renoveerimisest /10/.

### ***Ikkunoiden ja ulko-ovien (puite-karmi; karmi-seinä) tiivistys***

Virolaistalojen ikkunoiden ongelmana on ollut ikkunan karmin ja seinäelementin välin huono tiivistys. Toinen huono kohta on ollut ikkunan puitteen ja ikkunan karmin välinen tiivistys. Kolmantena puutteena ovat ikkunapeltien virheet. Rakenteiden huono tiiviys aiheuttaa vetoa ja sisälämpötilan laskua erityisesti talvella sekä muutoksia tilojen välisissä painesuhteissa, joka haittaa ilmanvaihdon toimintaa. Etenkin tuulisina päivinä rakennuksen huono tiiviys johtaa vuotoilmamäärän kasvuun, mikä saattaa aiheuttaa patteriverkoston menoveden lämpötilan nostamisen, jolloin lämmönkulutus kasvaa. Tiivistämisessä tulee kuitenkin muistaa, että korvausilman saannista on huolehdittava; mutta siten että se ei aiheuta vetoa.

### ***Ikkunoiden uusiminen***

Yleensä ikkunoiden uusimista ei voida perustella pelkästään energiansäästöillä. Toimenpide on suositeltava vain, kun ikkunoille muutenkin jouduttaisiin tekemään perusteellinen korjaus tai ne jouduttaisiin huonon kunnan vuoksi uusimaan.

### ***Vesijohtoverkon paineen alentaminen***

Kunnallisten vesilaitosten toimesta pyritään jakelujärjestelmä mitoittamaan siten, että vältetään tarpeettoman korkeita paineita. Laajoissa verkostoissa on kuitenkin alueita, joilla jakeluverkon paine on esim. maaston muodoista johtuen turhan korkea. Ylimääräinen paine voidaan hävittää sijoittamalla rakennuksen jakojohdossa vesimittarin jälkeen vakiopaineventtiili, jolla rajataan veden painetaso tiettyyn, mitoituksessa huomioituun, maksimiarvoon. Vakiopaineventtiili alentaa veden kulutusta kokemusten mukaan 5 - 25 %. Myös putkistojen ääniongelmät vähenevät lisäten asumisviihtyvyyttä. /8/

### ***Hanojen uusiminen; yksiotehanat***

Yksiotehanan 10 - 25 % alhaisempi vedenkulutus 2-otehanaan verrattuna johtuu pääosin suuremmasta painehäviöstä ja sen seurauksena pienemmästä enimmäisvirtaamasta sekä käytön helppoudesta, jolloin sopivan lämpöisen veden saaminen hanasta vaatii vähemmän aikaa. Yksiotehanoissa yleistyneet poresuuttimet muuttavat hanasta tulevan vesisuihkun koostumusta lisäämällä siihen ilmakuplia. Näin syntyy runsaan tuntuinen vedenvirtaus pienemmällä vesimäärällä. /8/

### ***WC-istuinten vaihto tai huuhteluvesimäärien pienentäminen***

WC-istuimen vesimäärien pienentäminen ei ole täysin ongelmatonta. Joidenkin tutkimusten mukaan WC-jätteen kulkeutuminen ei suuresti riipu istuimen huuhteluvesimäärästä. Toisaalta on saatu kokemuksia vanhojen WC-istuinten vesimäärien pienentämisestä, jonka jälkeen on ilmennyt runsaasti viemäritukoksia. /8/

## ***Huoneistokohtainen vedenkulutuksen mittaus***

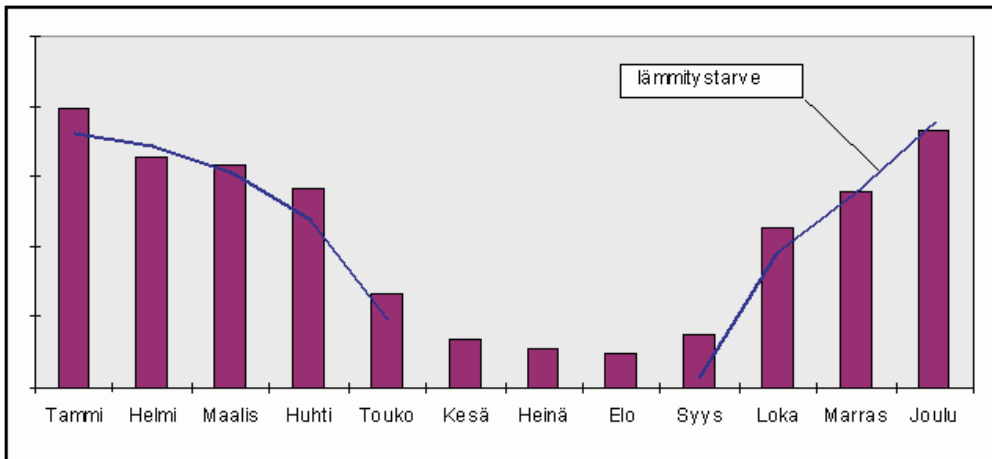
Huoneistokohtaisilla vesimittareilla voidaan jossain määrin vaikuttaa kerrostaloasukkaiden vedenkulutukseen, jos asukkaat saavat kulutuksestaan ja siihen perustuvista maksuistaan tiedon. Monien tutkimusten perusteella huoneistokohtaisesta mittauksesta on seurannut 6 - 40% pienempi vedenkulutus /8/. Huoneistokohtaisen mittauksen ehkä tärkein merkitys on vesimaksujen oikeudenmukainen kohdentuminen. Asukas voi vaikuttaa asumiskustannuksiinsa paremmin; eli, asukas voi aivan vapaasti käyttää vettä niin paljon kuin haluaa, jos on itse valmis maksamaan siitä.

Kerrostalojen osalta huoneistokohtaiset vesimittarit eivät ole kovin yleisiä Suomessa. Niitä on asennettu pääosin asuinkiinteistöyhtiöiden omistamiin uusiin ja peruskorjattuihin vuokrataloihin. Ottaen huomioon virolaiskerrostalojen tämänhetkinen yleinen kunto ei huoneistokohtaisten vesimittareiden asentaminen ole ensisijaisten uudistusten listalla.

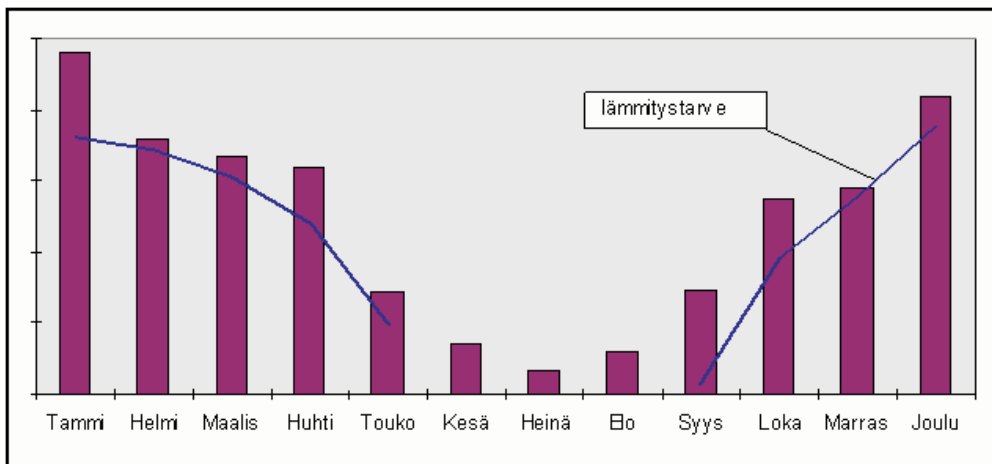
## ***Kaukolämmön alajakokeskuksen uusiminen***

Noin 80 % virolaisesta asuntokannasta on kytketty kaukolämpöjärjestelmiin. Matalissa taloissa (korkeintaan 9 kerrosta) talon lämmityskytkentä on perustunut ns. ejektoriperiaatteeseen. Korkeammissa taloissa (14 tai 16 kerrosta) on ollut lämmönsiirrin-periaatteella toimiva lämmitys. Ejektorikytkennän yksi heikkous on ollut sen huono säätö. Tämä on ollut ongelmana myös lämmönsiirrinkytkennällä varustetuissa rakennuksissa, joista myös puuttuu lämmitysjärjestelmän talokohtainen säätömahdollisuus. Rakennuksen lämmitysverkon menoveden lämpötila on siis ollut riippuvainen vain kaukolämpöveden lämpötilasta. Erityisesti keväällä ja syksyllä ainoa keino lämmön säätöön on ollut ikkunoiden avaaminen. Ikkunoiden pitäminen auki tuhlaa energiaa ja tekee asumisen epämiellyttäväksi. Toinen heikkous on ollut kaukolämpöveden huonosta laadusta johtuva talon lämpöverkon pattereiden ja putkistojen syöpyminen. Viime vuosina virolaistaloihin asennetuissa uusissa kaukolämmön alajakokeskuksissa talon lämmitysverkko on erotettu kaukolämpöverkostosta lämmönsiirtimen avulla. Menoveden lämpötilaa säädetään ulkolämpötilan mukaan. Säädöllä saadaan huomattava parannus viihtyvyyteen, ja myös energian kulu- tusta alennettua.

Kuvissa 7.1 ja 7.2 on havainnollistettu kaukolämmön alajakokeskuksen uusimisen vaikutusta lämmönsäätöön. Pylväät esittävät tutkimusaineiston perusteella saatua kuukausittaista lämmönkulutusta vuonna 1997. Käyrä esittää ulkolämpötilasta riippuvaa lämmitystarvetta, joka on määritelty vuoden 1997 kuukauden keskilämpötilojen perusteella. Kuvassa 7.1 pylväät ovat matalammat johtuen siitä, että uusilla alajakokeskuksella varustetuissa taloissa lämmönkulutus on yleensä alhaisempaa. Kuvasta 7.2 voidaan havaita vanhojen ejektorikytkennällä varustettujen talojen huono lämmön säätö. Suurimmat erot löytyvät keväältä ja syksyltä, kuten oli oletettukin.



Kuva 7.1. Lämmönkulutuksen keskimääräinen kuukausijakauma 1997 nykyaikaisilla alajakokeskuksilla varustetuissa rakennuksissa.



Kuva 7.2. Lämmönkulutuksen keskimääräinen kuukausijakauma 1997 vanhoilla (ejektori)kytkennöillä varustetuissa rakennuksissa

Kuvassa 7.2 hämmästyttä saattaa herättää tammikuun korkea lämmönkulutus. Tälle löytyy kuitenkin luonnollinen selitys. Talojen, joissa on energiamittari mutta vielä vanha ejektorikytkentä, lukumäärä tutkimusaineistossa on melko pieni (27 taloa). Suurin osa näistä taloista sijaitsee Lasnamäellä. Lasnamäellä sijaitsevilla taloilla mitattiin tammikuussa -97 erittäin korkeita kulutuksia. Mahdollinen syy tälle on ehkä ollut se, että kaukolämpövesi on ollut liian lämmin. Myöskään talojen lämpöverkostojen menoveden lämpötilan säätö ei ejektorikytkennöistä johtuen ole toiminut toivotulla tavalla.

### ***Lämmitysverkoston saneeraus***

Virolaiskerrostalojen asuntojen putkitukset on perinteisesti toteutettu ns. 1-putkiperiaatteella. 1-putkijärjestelmä on periaatteessa toimiva, mutta käytännössä sen säädettävyys on huono. Talon lämpöverkon toiminnan kannalta olisi oleellista muuttaa verkko suljetuksi (KL-alajakokeskuksen lämmönsiirrinkytentä), ja parantaa säätöä. Seuraava toimenpide olisi asentaa kellarista asuntoihin lähteviin nousuputkiin uudet sulku- ja linjasäätöventtiilit. Linjasäätöventtiileillä säädetään vedenkiertoa eri nousulinjoissa. Jokaiseen nousulinjaan voidaan asettaa haluttu vesivirta, joka määrittellään linjan huoneiden pattereiden lämmöntarpeen mukaan.

Seuraava vaihe on muuttaa 1-putkijärjestelmä 2-putkijärjestelmäksi. Kun talo muutetaan 2-putkijärjestelmän mukaiseksi, pattereiden venttiilit uusitaan sellaisiksi, että niillä voidaan säätää patterin läpi kulkevaa vesivirtaa. Patteriventtiilien esisäädöllä voidaan varmistaa, että kaikissa pattereissa kulkee lämmöntarpeen kannalta oikea vesivirta.

### ***Lämmitysverkoston tasapainotus***

Lämmitysverkoston vesivirtojen hallitsematon jakautuminen johtaa sisälämpötilojen suureen hajontaan. Kylmimpien huoneiden lämpötiloja pyritään tällöin usein nostamaan esimerkiksi verkoston menoveden lämpötilaa nostamalla. Tällöin osa tiloista on liian lämpimiä, ja yllilämpö tuuletetaan ulos ikkunoista. Näissä tapauksissa voidaan energiankulutusta pienentää tasapainottamalla verkoston vesivirrat, ja laskemalla verkoston lämpötilatasoa siten, että tavoitelämpötila-tiloissa saavutetaan.

Tasapainotuksen kannattavuus riippuu olemassa olevista venttiileistä ja sisälämpötiloista ennen tasapainotusta. Lämmitysverkoston tasapainotus nousulinjakohtaisesti edellyttää vesivirtojen mittauksen mahdollistavien linjasäätöventtiilien olemassaoloa. Jos kaikki venttiilit joudutaan uusimaan, on investoinnin takaisinmaksuaika pitkäkö. Toisaalta sulkuventtiilien uusiminen voi tulla kyseeseen niiden huonon kunnan vuoksi. Kunnossa olevat sulkuventtiilit ovat tarpeellisia huoltotoimenpiteiden kannalta. Sulkuventtiilejä uusittaessa kannattaa luonnollisesti asentaa myös linjasäätöventtiilit ja tasapainottaa verkosto.

### ***Termostaattisten patteriventtiilien asentaminen***

Ilmaisenergioiden hyväksikäyttöä voidaan parantaa termostaattisilla patteriventtiileillä. Ne soveltuvat erityisesti tiloihin joissa esiintyy yllilämpöä, ja joissa lämpökuorma ihmisistä, valaistuksesta, sähkölaitteista, auringonsäteilystä ym. johtuen vaihtelee. Lämpötilan noustessa huoneessa termostaatti katkaisee vesivirran patteriin. On huomattava, että termostaattisten patteriventtiilien asentaminen ei vähennä kulutusta, jos huonelämpötilat ovat lähtötasoltaan niin alhaisella tasolla, että termostaateilla ei ole mahdollisuutta leikata yllilämpöä. Termostaattisia patteriventtiileitä voidaan asentaa sekä 2-putkijärjestelmän, että yksiputkijärjestelmän pattereihin.

### ***Lämmön jakeluhäviöiden pienentäminen***

Silloin kun putket kulkevat tilassa, joka muutenkin on liian lämmin, tai jota ei pitäisi lämmittää lainkaan, on hyvä eristys tarpeen. Hyvää lämmöneristystä vaa-ditaan esimerkiksi lämpökeskuksissa, roiloissa, kellareissa ja ryömintätiloissa kulkevissa putkissa.

### ***Ulkoseinien lisäeristäminen***

Virolaistalojen ulkoseinien lisälämmöneristys kannattaa aloittaa päädyistä. Päädyissä on harvemmin ikkunoita ja ne on siksi suhteellisen helppo lämpöeristää. Lämpöeristämällä päädyt saadaan lämpöhäviöitä pienennettyä ja asumismukavuutta parannettua. Päätyasunnot ovat yleensä talon kylmimpiä. Niiden vuoksi joudutaan talon lämpöverkkoon menevän veden lämpötilaa pitämään korkeana. Keskellä taloa sijaitsevat asunnot ovat tästä syystä helposti liian lämpöisiä.

Rakennuksen vaipan lisäeristäminen, kuten myös ikkunoiden uusiminen, on vanhoissa rakennuksissa yleensä heikosti kannattava toimenpide pelkästään energiataloudellisesti, jos rakenteiden eristystaso ja tiiveys muuten täyttää minimivaatimukset. Usein on niin, että rakenteiden huono kunto pakottaa korjauksiin. Erityistapauksissa lisäeristystarve voidaan selvittää infrapunakuvauksella.

### ***Ulkoseinäelementtien saumojen tiivistys***

Käytössä olleet neuvostoaikaiset kovat saumauslaastit kannattaa korvata joustavalla saumausmassalla.

### ***Yläpohjan/katon lisäeristäminen***

Jos kattoa sen huonon kunnan vuoksi joudutaan korjaamaan, kannattaa tutkia mahdollisuus katon/yläpohjan lisälämmöneristämiseen.

# 8

## Johtopäätöksiä

Tutkitun aineiston perusteella Viron itsenäistymisen jälkeen esitetyt huimat arviot jopa 4-5-kertaisista kulutuksista suomalaistasoon verrattuna eivät selvästikään ole pitäneet paikkaansa. Valitettavaa kuitenkin on, että esim. kaukolämpölaitosten investoinnit ovat saattaneet perustua näihin huolettomiin arvioihin. Virolaiskerrostalojen keskimääräiset lämmön ominaiskulutukset, kWh / m<sup>3</sup>,a, näyttäisivät olevan hieman korkeampia kuin suomalaistaloissa, karkeasti noin puolitoista kertaa suomalaistasoa korkeampia. Virolaistalojen veden ominaiskulutus, l / as, d, on myös hieman korkeampi kuin suomalaistaloissa keskimäärin, karkeasti vajaa puolitoista kertaa suomalaistalojen kulutus.

Kaukolämmön hinta alkaa olla suomalaista tasoa, eli 350 - 400 EEK/MWh. Kun ominaiskulutus on monessa tapauksessa jopa kaksinkertainen suomalaiseen verrattuna, rasittaa asuminen virolaisperheen taloutta selvästi enemmän kuin suomalaisperhettä. Täytyy lisäksi ottaa huomioon Viron Suomea 80 - 70 % alhaisempi palkkataso, joka edelleen nostaa lämmityskustannusten suhteellista osuutta virolaisperheen taloudessa. Vuoden lämpö- ja vesikustannukset voivat helposti viedä keskituloisen virolaisperheen kahden kuukauden palkan, kun Suomessa osuus on puolen kuun luokkaa. Helpotusta tuo se, että jos asumiskustannukset nousevat yli 30 - 40 % perheen tuloista, on valtiolta saatavissa tukea. Vaikka lämmityskustannukset rasittavatkin perheen taloutta, on säästökeinoja onneksi olemassa.

Tutkimuksen perusteella näyttäisi, että säästöinvestoinneilla voidaan kulutusta pudottaa keskimäärin 7 - 27 %. Virolaisaineistossa on mukana taloja, joiden keskimääräinen kulutus on jopa hyvää suomalaista tasoa. Ilman talojen yksityiskohtaisempaa läpikäyntiä ei voida kuitenkaan sanoa, miksi kulutus on jossain taloissa poikkeuksellisen alhainen. Syynä voi olla myös mittari- tai luentavirhe. Erään selvityksen mukaan 5-kerroksisen virolaiskerrostalon ominaiskulutus voidaan kohtuullisten investointien jälkeen pudottaa 60-70-luvuilla rakennettujen suomalaistalojen tasolle /12/.

Ainakin Tallinnan alueella neuvostoaikeisten kerrostalojen korjaus on lähtemässä liikkeelle. Tallinnasta löytyy jo muutamia kymmeniä taloja, joihin on tehty jonkin asteisia korjauksia. Kaukolämmön alakeskuksia on vaihdettu koko Virossa useisiin satoihin taloihin. Kerätty kulutusseuranta-aineisto tukee monin tavoin korjaustoimintaa. Yksittäiset talot saavat vertailutietoa koko Viron asuntokannasta. Aineiston perusteella voidaan tehdä myös ennusteita Viron asuntokannan energiansäästömahdollisuuksista ja säästötoimien kustannuksista.

Tutkimusaineistossa oli melko paljon taloja, joiden kulutus poikkesi useita kymmeniä prosentteja keskimääräisestä. Kerätyn aineiston perusteella voitaisiin tutkia syitä kulutuksen suurelle hajonnalle. Saman talotyypin sisältä valittaisiin paljon ja vähän lämpöä kuluttavat talot. Tällaisilla vertailupareilla voitaisiin selvittää, miten korkean kulutuksen talo voisi alentaa kulutustaan. Työ edellyttää muutamien talojen yksityiskohtaisempia mittauksia ja analyysyjä.

Kerätystä materiaalista voidaan poimia muitakin kuin veden ja lämmön kulutukseen liittyviä tunnuslukuja. Tutkimuksen ulkopuolella, mutta sinänsä mielenkiintoisena tietona saatiin selville, että otoksessa mukana olevien talojen keskimääräinen asumistiheys on noin 22,5 m<sup>2</sup>/asukas (pinta-ala = kasulik pind).

Nyt on käytössä tiedot vuodelta 1997 ja osasta taloja myös vuosilta -96 ja -95. Jotta ominaiskulutusseuranta olisi jatkuvaa, tulisi nyt mukana olevien talojen kulutusseurannasta tehdä jatkuva käytäntö. Vuosittain tarvitsisi kerätä ainoastaan veden ja lämmön kulutus- ja asukasmäärätiedot otoksessa mukana olevista taloista. Nyt kerättyä perusaineistoa voi olla tarpeen hieman täydentää edustavuuden parantamiseksi.

Koska lämmön ja veden kulutuksen mittaus ja talojen lämmön ja veden kulutuksen laskutus mittauksen perusteella on vielä uutta Virossa, todettiin kulutustietoaineiston keruun yhteydessä kulutustietojen kirjauksessa epätarkkuuksia. Merkittävin ongelma oli se, että kulutustietojen kirjaamisesta vastaavien kiinteistöhoitoyhtiöiden talokohtaisista kulutustiedoista ei aina käynyt ilmi, oliko tieto arvio vai perustuiko se mittaukseen. Horjuvuus kirjauskäytännöissä aiheuttaa käytännön ongelmia. Jos asukkaat eivät tiedä perustuuko heidän kulutustietonsa todelliseen vai arvioituun kulutukseen, on motivointi kustannusten säästöön vaikeaa. Kulutuskirjanpidossa tulisi selkeästi käydä esiin, mikä kulutustieto perustuu arvioon ja mikä talokohtaisesti mitattuun kulutukseen.

Tutkimuksen aikana kävi selväksi, että Virossa ei julkaista astepäivälukuja (esim. Suomen tapaan). Käyttökelpoisten astepäivälukujen puuttumisen vuoksi on mahdotonta tehdä tarkkoja vertailuja eri vuosien lämmönkulutusten välillä. Tämä vaikeuttaa myös vertailua eri paikkakuntien välillä, vaikka ilmastolliset erot eivät kovin suuria olekaan. Virossa pitäisi selvittää mahdollisuus astepäivälukujen julkaisemiseen tiedotusvälineessä, joka on sekä LVI/energia-alan ammattilaisten että kiinteistönhoidosta vastaavien henkilöiden käytettävissä.

Viro tavoittelee jäsenyyttä Euroopan unionissa. Maassa harjoitettua politiikkaa ja sen yhdentymistä EU:ssa vallitseviin käytäntöihin yhteiskunnan eri osaluilla on pidetty eräänä jäsenkriteerinä. Energiatohokkuuden parantamista jäsenvaltioissa ohjaa mm. niin sanottu Save-direktiivi 93/76/ETY /11/. Direktiivi velvoittaa jäsenvaltioita laatimaan ohjelmia mm. seuraavilla alueilla:

- rakennusten energialuokittelu (ideana on antaa käyttäjille tietoa rakennuksen energiatehokkuudesta)
- lämmityksen, ilmastoinnin ja lämpimän käyttöveden käyttökulujen veloitaminen todellisen kulutuksen mukaan
- uusien asuntojen lämpöeristys.

Suomessa on otettu ensimmäisiä askeleita rakennuksen energialuokittelun toteuttamiseksi, ja huoneistokohtainen vedenkulutuksen mittaus on alkanut pikku hiljaa yleistymään. Edellä mainitut direktiivin tavoitteet saattavat Virossa sisältyä tulevaisuuden energiapoliittisiin tavoitteisiin. Luotettavat ominaiskulutustiedot ovat edellytys tällaisten tavoitteiden asettamiseksi.

# Lähdeluettelo

1. KH 20-00158. Rakennuksen energiamenekin seuranta. Rakennustietosäätiö. 1992. 10 s.
2. SFS 2460. RT 120.12. Rakennusten tilavuuden laskenta. Rakennustietosäätiö. 1971.
3. KH 20-00157. Rakennuksen energiantarpeen laskenta. Rakennustietosäätiö. 1992. 12 s.
4. KH X0-00140. Ohje ylläpidon tunnusluvuista. Rakennustietosäätiö. 1990.
5. Ilari Aho, Risto Kosonen, Patrick Hoving, Mauri Marttila, Auli Pirinen, Teo Speeti & Jukka Haajanen. Asuinkerrostalojen ja toimistorakennusten energianhallinta. VTT Tiedotteita. Espoo 1996. 52 s.
6. Veikko Kanerva, Markku Lappalainen. Kaupunkien rakennuskannan energiatalous. Kaupunkiliiton julkaisu C33. Helsinki 1980. 119 s.
7. KH X0-00077. Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuuslaskelmat, Liite 1. Rakennustietosäätiö 1985.
8. Peter Kyber, Tapio Helenius. Rakennuksen vedensäästömahdollisuudet, niiden taloudellisuus sekä vaikutukset vesi- ja viemäriverkoston toimintaan sekä mitoittamiseen. Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio. Espoo 1998. 104 s.
9. Yrjänä Haahtela, Juhani Kiiras. Talonrakennuksen kustannustieto 1997, Uudis- ja korjausrakentaminen. Rakennustieto Oy. Helsinki 1997. 463 s.
10. AS-suunnittelu, ESP Engineering. Paneelelamute renoveerimisest. Eesti Vabariigi Majandusministerium, Soome Vabariigi Keskkonnaministerium. 1996. 65 s.
11. Neuvoston Direktiivi, hiilidioksidipäästöjen rajoittamisesta energiatehokkuutta parantamalla (Save), 93/76/ETY. 1993
12. AX-Consulting, Axovaatio Oy. Monitoring of Öismäe Tee 5 Energy Conservation Project. The World Bank. 1996. 16s.
13. Jarek Kurnitski. Tyypikerrostalojen LVI-tekniiset laitteet ja järjestelmät Virossa LVI-viennin kannalta. Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio, B 42. Otaniemi 1995. 84 s.
14. Jarek Kurnitski, Lennart Sasi. Kerrostalojen ilmanvaihdon parannusratkaisut Virossa. Teknillinen korkeakoulu, LVI-tekniikan laboratorio, B 45. Espoo 1996. 57 s.

## Liite I. Astepäiväluvun käyttö kulutusvertailussa

Lähde: KH20-00157, Rakennuksen energiatarpeen laskenta (esimerkki 2. muutetu)

Astepäiväluvun avulla voidaan vertailla eri ajankohtien lämpöenergian kulutuksia. Vertailu tapahtuu siten, että vuoden lämmönkulutus jaetaan ulkolämpötilasta riippuvaan osaan (johtumishäviöiden, vuotohäviöiden sekä ilmanvaihdon lämmönkulutus) ja ulkolämpötilasta riippumattomaan osaan (lämpimän käyttöveden lämmönkulutus).

Ulkolämpötilasta riippuva energiankulutus muuttuu astepäiväluvun mukaan siten, että energiankulutusten suhde ja astepäivälukujen suhde pysyy samana.

$$\frac{Q_n}{Q_a} = \frac{S_n}{S_a} \text{ ja } Q_n = \frac{S_n}{S_a} \times Q_a$$

$Q_a$  = toteutunut kulutus vuonna a, kWh  
 $Q_n$  = normaalivuoden kulutus, kWh  
 $S_a$  = vuoden a astepäiväluku, Kd  
 $S_n$  = normaalivuoden astepäiväluku

Vertailemalla eri laskentajaksojen astepäiväluvun suhteilla normalisoituja toteutuneita energiankulutuksia, saadaan selville rakennuksen todelliset kulutuksen muutokset ja ”puhdistetuksi” eri vuosien erilaisten lämpötilojen vaikutukset.

Esimerkki 1:

Espossa sijaitsevan asuinkerrostalon lämpöenergian kulutukset olivat

v. 1988 739 MWh

v. 1989 662 MWh

v. 1990 663 MWh

Kesä-, heinä- ja elokuun lämpöenergian kulutuksen keskiarvot olivat

v. 1988 28,1 MWh

v. 1989 28,9 MWh

v. 1990 28,6 MWh

Tämän kulutuksen voidaan arvioida olevan kokonaan lämpimän käyttöveden energiankulutusta. Lämpimän käyttöveden kulutus ei vaihtelee asuintalossa eri kuukausina kovin paljon, joten lämpimän veden energiankulutukseksi voidaan arvioida eri vuosina:

v. 1988  $12 \times 28,1 \text{ MWh} = 337 \text{ MWh}$

v. 1989  $12 \times 28,9 \text{ MWh} = 347 \text{ MWh}$

v. 1990  $12 \times 28,6 \text{ MWh} = 343 \text{ MWh}$

Liitteen 2 taulukosta nähdään, että normaalivuoden astepäiväluku on Espoon lähellä sijaitsevassa Helsingissä 4366Kd.

Todelliset astepäiväluvut olivat Helsingissä:

v. 1988 4225Kd

v. 1989 3605Kd

v. 1990 3732Kd.

Normalisoitu lämpöenergian kulutus on vuonna 1988

$$\frac{4366}{4225} \times (739 - 337) \text{ MWh} + 337 \text{ MWh} = 752 \text{ MWh}$$

vuonna 1989

$$\frac{4366}{3605} \times (662 - 347) \text{ MWh} + 347 \text{ MWh} = 728 \text{ MWh}$$

ja vuonna 1990

$$\frac{4366}{3732} \times (663 - 343) \text{ MWh} + 343 \text{ MWh} = 717 \text{ MWh}$$

Astepäiväluvun avulla voidaan vertailla keskenään myös kuukausitason kulutuksia.

Esimerkki 2:

Edellämainitun rakennuksen energiankulutus oli 93,4 Mwh tammikuussa 1997 ja 79,5 Mwh tammikuussa 1998. Liitteen 2 taulukosta saadaan normaalivuoden tammikuun astepäiväluku 741 Kd. Vuoden 1997 tammikuun astepäiväluku oli Helsingissä 655 Kd ja 1998 581 Kd. (Oletetaan käyttöveden lämmityksen vievän energiaa 28,0 MWh / kk)

Tammikuun normalisoitu lämpöenergian kulutus on: vuonna 1997

$$\frac{741}{655} \times (93,4 - 28,0) \text{ MWh} + 28,0 \text{ MWh} = 102,0 \text{ MWh}$$

ja vuonna 1998

$$\frac{741}{581} \times (79,5 - 28,0) \text{ MWh} + 28,0 \text{ MWh} = 93,7 \text{ MWh}$$

## Liite 2. Esimerkki astepäivälukutaulukosta

### NORMAALIVUOSI (1961-1990)

	Maarian- hamina	Helsinki- Vantaa	Helsinki- Kaisaniemi	Pori	Turku	Tampere	Lahti	Lappeen- ranta	Jyväskylä	Vaasa	Kuopio	Joensuu	Kajaani	Oulu	Sodankylä	Ivalo
tammikuu	636	741		728	713	784	788	819	836	769	867	885	910	871	996	970
helmikuu	607	672		666	654	707	710	727	747	700	770	782	802	773	863	846
maaliskuu	588	617		616	606	650	637	645	672	649	683	695	725	706	792	780
huhtikuu	434	418		426	415	443	428	437	469	456	474	485	508	493	574	577
toukokuu	231	168		192	176	199	170	177	216	230	212	229	257	262	356	380
kesäkuu	33	20		26	19	33	26	26	41	36	35	45	59	51	114	146
heinäkuu	7	5		7	6	8	7	7	14	10	8	13	22	14	61	82
elokuu	21	27		31	24	41	37	34	65	47	45	58	82	61	150	160
syyskuu	154	181		193	169	217	210	204	248	213	219	236	262	241	329	329
lokakuu	317	358		359	346	398	386	395	419	385	411	429	453	435	535	539
marraskuu	441	504		503	490	537	533	545	575	537	576	591	624	603	732	730
joulukuu	567	655		653	637	702	697	718	751	698	768	782	819	781	932	909
yhteensä	4036	4366		4400	4255	4719	4629	4734	5053	4730	5068	5230	5523	5291	6434	6448

### VUODET 1983-1997

	Maarian- hamina	Helsinki- Vantaa	Helsinki- Kaisaniemi	Pori	Turku	Tampere	Lahti	Lappeen- ranta	Jyväskylä	Vaasa	Kuopio	Joensuu	Kajaani	Oulu	Sodankylä	Ivalo
Vuosi 1983	3703	3979		3990	3862	4330	4287	4349	4701	4351	4751	4911	5194	4978	6325	6322
Vuosi 1984	3652	4071		4118	3937	4348	4338	4428	4695	4422	4742	4879	5148	4997	6073	6159
Vuosi 1985	4775	5022		5117	4915	5337	5345	5366	5742	5534	5786	5895	6287	6050	7276	7063
Vuosi 1986	4166	4481		4539	4414	4783	4743	4826	5190	4911	5215	5380	5694	5445	6539	6511
Vuosi 1987	4688	4960		4984	4841	5245	5218	5362	5731	5323	5703	5927	6151	5882	6941	6978
Vuosi 1988	3869	4225		4274	4075	4556	4476	4650	5064	4607	5022	5158	5477	5264	6469	6551
Vuosi 1989	3401	3605		3654	3515	3875	3799	3892	4309	3916	4172	4327	4574	4472	5579	5590
Vuosi 1990	3305	3732		3766	3577	4049	4035	4186	4541	4068	4546	4785	5040	4736	5960	5883
Vuosi 1991	3698	4022		4050	3941	4296	4271	4364	4712	4255	4681	4864	5171	4935	6188	6058
Vuosi 1992	3540	3897	3660	3948	3806	4240	4150	4337	4680	4184	4638	4827	5172	4848	5973	5994
Vuosi 1993	3733	4149	3886	4181	4005	4436	4403	4630	4896	4392	4888	5187	5469	5073	6267	6368
Vuosi 1994	3915	4272	4071	4347	4187	4608	4594	4602	5075	4571	5030	5175	5475	5178	6097	6204
Vuosi 1995	3728	4078	3858	4102	3946	4301	4346	4376	4727	4246	4620	4748	5106	4894	6175	6376
Vuosi 1996	4208	4379	4249	4420	4342	4657	4629	4685	5039	4580	4972	5076	5403	5110	6109	6365
Vuosi 1997	3849	4189	3948	4170	4137	4511	4456	4685	4921	4298	4988	5106	5455	5121	6190	6284

### VUOSI 1997

	Maarian- hamina	Helsinki- Vantaa	Helsinki- Kaisaniemi	Pori	Turku	Tampere	Lahti	Lappeen- ranta	Jyväskylä	Vaasa	Kuopio	Joensuu	Kajaani	Oulu	Sodankylä	Ivalo
tammikuu	567	655	627	632	632	708	713	758	778	655	815	844	872	799	934	955
helmikuu	504	568	547	581	569	618	610	629	658	589	682	686	733	707	824	825
maaliskuu	503	550	536	537	540	576	573	603	626	557	637	647	682	635	733	732
huhtikuu	448	450	438	468	458	495	467	485	530	507	532	532	593	582	679	684
toukokuu	301	238	212	252	258	262	243	268	291	309	296	269	364	359	423	435
kesäkuu	8	0	0	9	7	8	7	8	10	10	11	21	36	26	67	164
heinäkuu	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	5	0	15	34
elokuu	5	0	0	0	0	0	6	12	23	0	19	27	35	25	90	87
syyskuu	132	161	110	144	143	185	189	187	218	129	171	193	223	197	264	249
lokakuu	397	434	410	435	430	467	454	464	496	420	485	497	517	498	575	549
marraskuu	455	503	475	506	502	541	528	560	580	514	597	610	630	593	748	746
joulukuu	529	630	593	606	598	651	666	711	706	608	743	780	765	700	838	824

### VUOSI 1998

	Maarian- hamina	Helsinki- Vantaa	Helsinki- Kaisaniemi	Pori	Turku	Tampere	Lahti	Lappeen- ranta	Jyväskylä	Vaasa	Kuopio	Joensuu	Kajaani	Oulu	Sodankylä	Ivalo
tammikuu	518	581	559	584	579	626	609	646	673	612	692	699	757	740	913	936

## Eesti paneelelamute erikulud 1995-1996

Andmete kogumise leht

Mustamäe tee

(ühikute)

Üldine info

Address

Ehitise tüüp

1-464A-14

Ehitus aasta

1967

Korruste arv

5

Trepikodade arv

8

Ehitise köetav maht

15694 m<sup>3</sup>13619,2 m<sup>3</sup>

Ehitise köetav pind

5673 m<sup>2</sup>

Soojad õhkvahed

jah/ei

(märgi õige variant)

Köetavad keldrid

jah/ei

Soojad pööningud

jah/ei

Elanike arv

95

96

97

235

Soojusmõõtur paigaldatud?

jah/ei

(märgi õige variant)

Automatiseeritud soojussõlm

(küte soojusvahetiga)?

jah/ei

Küttesüsteem renoveeritud:

-uus torustik

jah/ei

-tasakaalustusventiilid

jah/ei

-termostaatreguleerikraanid

jah/ei

Veetorustikud renoveeritud:

-uus torustik

jah/ei

-uued segistid

jah/ei

-soojavee tsirkulatsioonipump

jah/ei

Kogu hoone aknad tihendatud?

jah/ei

Kogu hoone aknad asendatud?

jah/ei

Katuse soojusisolatsiooni suurendatud?

jah/ei

Seinte soojusisolatsiooni suurendatud?

jah/ei

Ventilatsiooni tüüp

loomulik/sund

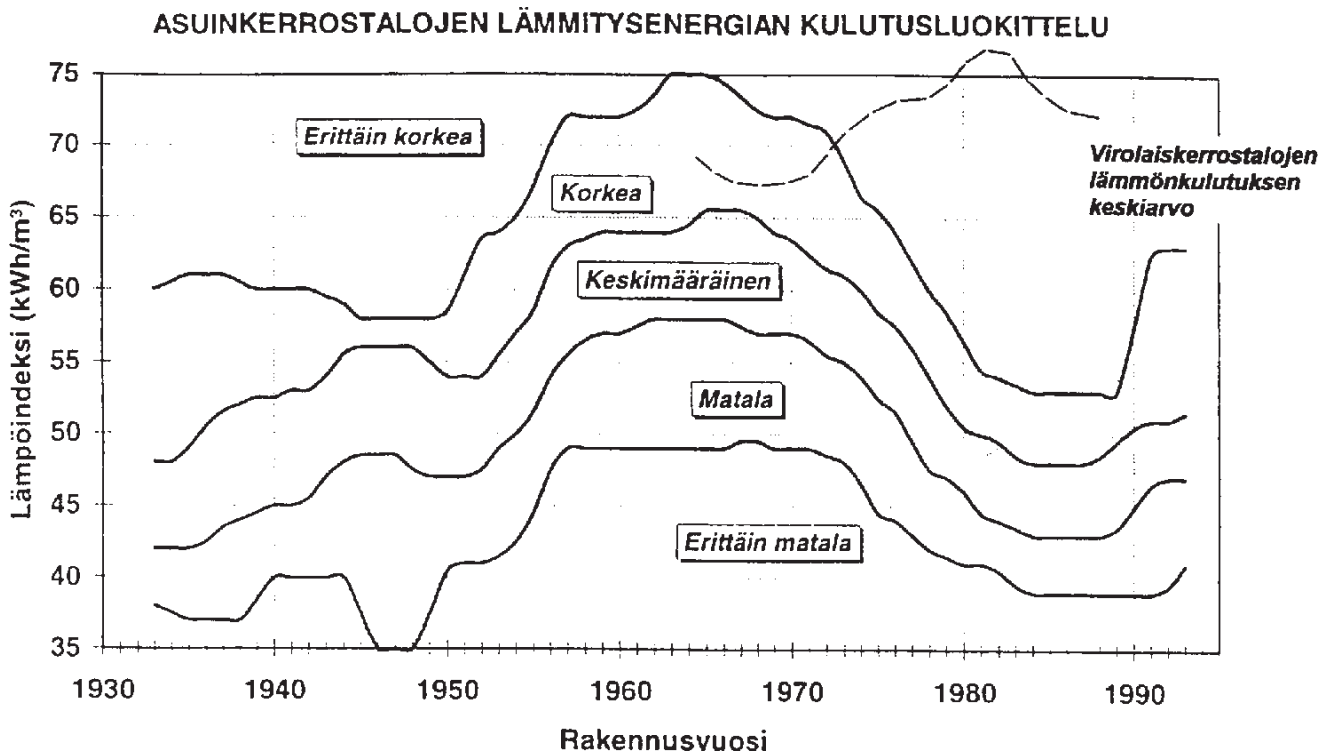
## Tarbimise andmed

Kuu	Soojus MWh			Vesi m <sup>3</sup>					
	-95	-96	-97	-95		-96		-97	
				külm+kuum	kuum	külm+kuum	kuum	külm+kuum	kuum
jaanuar	201,19	250,10	207,00			1650,0		1200,0	
veebruar	156,81	244,58	180,00			1450,0		1000,0	
märts	159,55	169,31	193,00			1480,0		1300,0	
aprill	135,94	122,50	140,00			1300,0		800,0	
kokku									
mai	41,94	52,74	38,00	1200,0		1280,0		700,0	
kokku									
juuni	31,70	41,00	10,00	1300,0		1100,0		700,0	
juuli	43,45	39,66	26,00	1000,0		1000,0		700,0	
august	28,22	22,73	7,00	1240,0		1040,0		700,0	
kokku									
september	47,99	70,41	14,00	1340,0		1200,0		500,0	
kokku									
oktoober	103,10	135,25	120,0	1400,0		1140,0		800,0	
november	187,00	155,91	150,0	1520,0		1160,0		800,0	
detsember	243,4	200,00	194,0	1800,0		1170,0		800,0	
kokku	18								
aasta kokku	1580,29	1509,19		10800,0					

## Liite 4. Suomalaisten asuinkerrostalojen lämmitysenergian-kulutuksen tilastollinen luokittelu

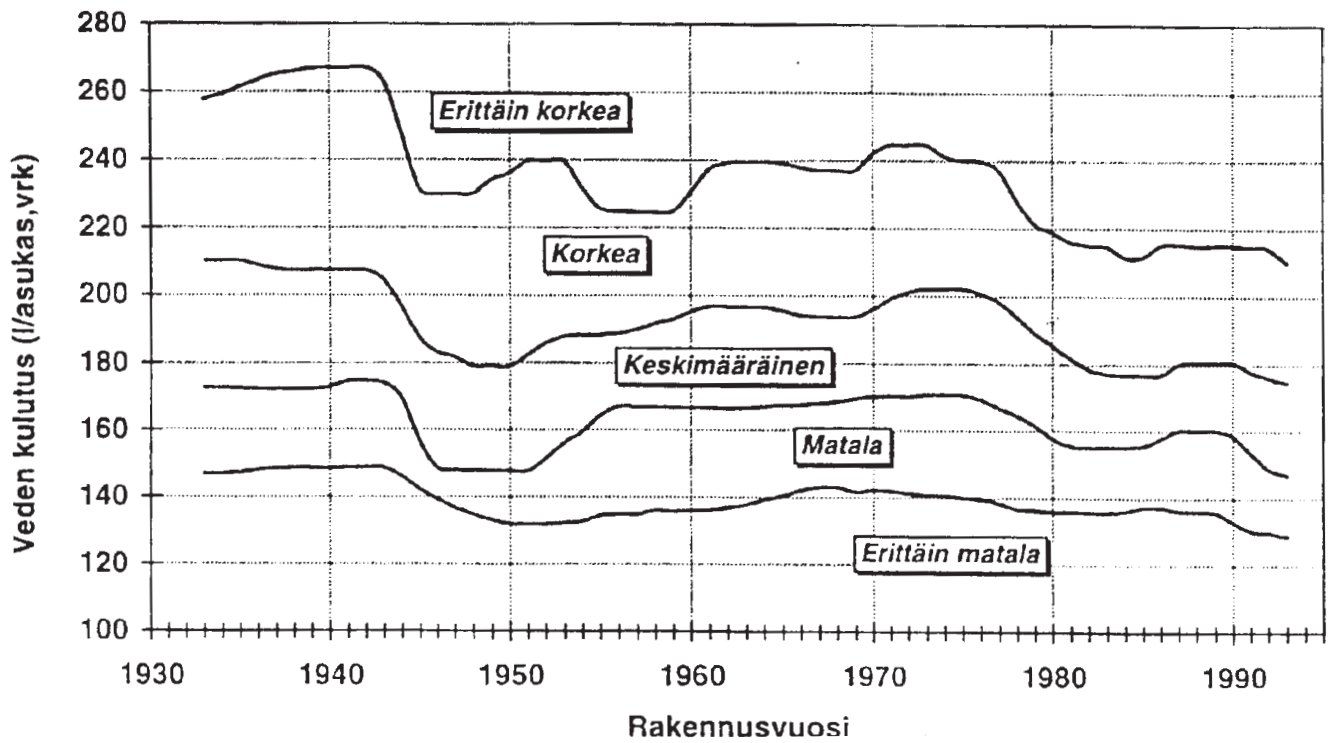
Lähde: Aho ym. Asuinkerrostalojen ja toimistorakennusten energianhallinta. Espoo 1996.

Täydennetty virolaiskerrostalojen lämmönkulutuksen keskiarvolla.



## Liite 5. Suomalaisen asuinkerrostalojen vedenkulutuksen tilastollinen luokittelu

Lähde: Aho ym. Asuinkerrostalojen ja toimistorakennusten energianhallinta. Espoo 1996.



## Liite 6. Rakennuksen pinta-alan muuttaminen tilavuudeksi, käytetyn menetelmän kuvaus

Talokohtainen pinta-ala, kasulik pind, on muutettu vastaamaan suomalaisittain laskettua rakennustilavuutta seuraavasti, esimerkkinä Vilde Tee 86.

Ilmoitettu pinta-ala 5602 m<sup>2</sup> on lähes sama kuin talosta mitaamalla tarkistettu pinta-ala 5661,7m<sup>2</sup> (ero on vain 1,1 %). Tämä pinta-ala on asuntojen yhteenlaskettu vapaa lattiapinta-ala, joka ei siis sisällä väliseiniä ja roiloja.

Tutkimuksen kannalta ei ole oleellista edellä mainitun pinta-alan tarkka määrittely. Meille riittää tieto siitä, että se on virolaisten tyyppillisesti käyttämä suure. Tämä pinta-ala pitäisi saada jollakin kertoimella vastaamaan suomalaisittain määriteltyä rakennustilavuutta. Suuressa tilastollisessa käsittelyssä tässä esitettyä tarkkaa analyysiä ei voida tehdä jokaiselle rakennukselle, vaan joidenkin tyyppitalojen perusteella saamme keskimääräisiä kertoimia.

Mustamäellä on Investeerimiehistä saatu joidenkin talojen tilavuustiedot. Saatujen tietojen mukaan tilavuuden pitäisi vastata suomalaista rakennuksen ulkoseinien ulkopintojen mukaan laskettua tilavuutta. Vilde Tee 86:n ilmoitettu tilavuus oli 21343m<sup>3</sup> (= maapealne kubatuur). Tarkistusmittauksissa laskettu lämmitettävä tilavuus oli 15787m<sup>3</sup>, mikä ei sisällä ulkoseiniä eikä väliseiniä. (Kaikki väliseinät ovat kantavia.) Tilavuuksien suhde näyttää oikeansuuntaiselta. Virhettä saattaa syntyä puolilämpimän kellarin ottamisesta mukaan tilavuuteen. Aivan kuten Suomessa, tilasto saattaa hieman vääristää ominaiskulutuksia suuntaan tai toiseen riippuen siitä, mitä pinta-aloja tai tilavuuksia tilaston laatijalle on ilmoitettu.

Suhdeluvun saamiseksi niille tyyppitaloille, joista sekä pinta-ala että tilavuustiedot olivat olemassa (n = 64) suoritettiin seuraava laskelma; esimerkkinä Vilde Tee 86.

$$\frac{21343m^3}{5602m^2} = 3,81$$

Niille talotyypeille, joista tietoja oli saatavissa, laskettiin talotyyppikohtainen kerroin. Näitä kertoimia käytettiin niiden talojen osalta, joista tarkkoja tilavuuksia ei ollut tiedossa.

Tässä tutkimuksessa tätä menetelmää on käytetty ainoastaan kohdassa 4.1.2 verrattaessa suomalaisten ja virolaisten kerrostalojen ominaiskulutuksia. Keskimääräiseksi muuntokertoimeksi saatiin 3,9.

Voidaanko tämän kertoimen oikeellisuutta jotenkin tarkistaa suomalaiseseen tietoon perustuen? Suomalaisessa talonrakennuksen kustannustiedossa /9/ on tyyppilliselle kolmikerroksiselle kerrostalolle laskettu asuntojen pinta-alan osuudeksi 68,7% kerrostasoaalasta. Virossa kerrointa 0,687 kasvattaisi se, että virolaisissa taloissa on vähemmän yhteistiloja, ja pienentäisi se, että virolaisten talojen ilmoitettuun pinta-alaan ei ole laskettu asunnon sisäisiä väliseiniä. Epätieteellisellä "musta tuntuu" menetelmällä yo. kerroin on edellä mainittujen argumenttien perusteella Virossa lähes sama. Virossa tyyppillinen kerroskorkeus on 2,7m. Tämän perusteella saadaan

$$\frac{1}{0,69} \times A \times 2,7 = 3,9 \times A$$

Tämän perusteella keskimääräinen kerroin 3,9 tuntuu järkevältä. Muun muassa kerrosten lukumäärä, yhteistilat sekä kellarin laskeminen pinta-alaan tai tilavuuteen aiheuttaa vaihtelua kertoimen suuruudessa. Talotyyppikohtaiset kertoimet vaihtelevat välillä 3,6...4,4.

## Liite 7. Talotyyppien kuvaus

Talot on jaettu eri tyyppeihin sen mukaan, kuinka monta kerrosta ja porraskäytävää talossa on. Samoin on huomioitu talojen rakenteiden (esim. elementit) valmistuspaikka. Saman tyyppiluokituksen alla voi olla useampiakin (toisiaan muistuttavia) talotyyppisiä, koska talotyyppien lukumäärä olisi muuten kasvanut liian suureksi, ja otoksen koot olisivat joissakin tapauksissa jääneet turhan pieniksi. Numero viittaa raportin taulukkoon 4.5.

No	Kerrostien lkm.	Porraskäytävien lkm.	Rakennusvuosi	Muuta
1	4	3	1964-1965	Kaikki talot on rakennettu tyyppiinprojekti 1-317 mukaan Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa (= Tallinnan Talon Rakennus Kombinaatti) valmistetuista elementeistä. Loiva harjakatto "Pienelementti" seinät
2	5	2	1963-1980	Talot on rakennettu Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa valmistetuista elementeistä. Tasakatto Elementtiseinät
3	5	2	1980-1983	Talot on rakennettu Tarto Maja:ssa valmistetuista elementeistä.
4	5	3	1964-1990	Talot on rakennettu Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa valmistetuista elementeistä. Tasakatto Elementtiseinät
5	5	3	1978-1986	Talot on rakennettu Tarto Maja:ssa valmistetuista elementeistä.
6	5	4	1963-1990	Talot on rakennettu Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa valmistetuista elementeistä. Tasakatto Elementtiseinät
7	5	4	1976-1985	Talot on rakennettu Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa valmistetuista elementeistä.
8	5	5	1963-1980	Talot on rakennettu Tarto Maja:ssa valmistetuista elementeistä. 75 asuntoa
9	5	6	1965-1981	Talot on rakennettu Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa valmistetuista elementeistä tyyppiinprojektiin 1-464A-15 mukaan. 90 asuntoa Tasakatto Elementtiseinät
10	5	6	1989	Talot on rakentanut Pärnu KEK. Tasakatto "Pienelementti" seinät
11	5	8	1966-1975	Talot on rakennettu Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa valmistetuista elementeistä. 119 asuntoa Tasakatto Elementtiseinät

No	Kerrostien lkm.	Porraskäytävien lkm.	Rakennusvuosi	Muuta
12	9	1	1987-1989	Talot on rakennettu Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa valmistetuista elementeistä. 36 asuntoa Tasakatto Elementtiseinät
13	9	2	1987-1988	Talot on rakennettu Tarto Maja:ssa valmistetuista elementeistä. 57 asuntoa Tasakatto Elementtiseinät
14	9	2	1969-1989	Talot on rakennettu Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa valmistetuista elementeistä. 72 asuntoa Tasakatto Elementtiseinät
15	9	4	1968-1989	Talot on rakennettu Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa valmistetuista elementeistä. 144 asuntoa Tasakatto Elementtiseinät
16	9	5	1971-1973	Talot on rakennettu R. Karpin erikoisprojektin mukaan. 162 asuntoa Tasakatto Tiiliseinät
17	9	1	1987-1989	Talot on rakennettu Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa valmistetuista elementeistä. 36 asuntoa Tasakatto Elementtiseinät
18	14	1	1983-1985	Tiilitornitalo Talot on rakennettu Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa valmistetuista elementeistä.
19	16	1	1979-1988	Tornitalo Talot on rakennettu Tallinn Elamu Ehitus Kombinaat:ssa valmistetuista elementeistä. Tasakatto Elementtiseinät
20	5	6	1971-1981	Talot on rakentanut Haapsalu KEK.
21				Viimeiseen tyyppiin on sijoitettu kaikki ne talot, joita ei ole onnistuttu sijoittamaan mihinkään muuhun luokkaan.

# Kuvailulehti

Julkaisija	Ympäristöministeriö Asunto- ja rakennusosasto	Julkaisu-aika Helmikuu 1999
Tekijä(t)	Teuvo Aro, Jyri Jyrkkäranta, Kaido Hääl, Arto Laaksonen	
Julkaisun nimi	Virolaiskerrostalojen lämmön ja veden kulutus	
Tiivistelmä	<p>Virolaiskerrostalojen lämmön ja veden kulutuksesta ei tähän mennessä ole ollut tutkittua tietoa. Asiaa on voitu tutkia vasta sen jälkeen, kun energia- ja vesimittarit ovat alkaneet yleistyä 90-luvun lopupuolella.</p> <p>Hankkeen tavoitteena on ollut selvittää kaukolämpöön liitettyjen virolaiskerrostalojen lämmön ja veden ominaiskulutukset, ja näin saada virolaisille ensimmäinen vertailuaineisto, johon yksittäisten taloyhtiöiden kulutusta voidaan verrata.</p> <p>Mukaan on saatu tavanomaisia tyyppikerrostaloja eri puolelta Viroa. Kulutustiedot on kerätty lähes 200 kerrostalosta Tallinnasta, Tartosta, Pärnusta ja Haapsalusta vuosilta 1996 ja -97. Tallinnasta on kerätty tietoja keskeisiltä asuinalueilta Mustamäeltä, Lasnamäeltä ja Öismäeltä. Otos kattaa arviolta noin 4 - 8 % virolaisesta kerrostalokannasta.</p> <p>Tutkimuksen perusteella kaukolämpöön liitettyjen virolaiskerrostalojen keskimääräinen lämmön ominaiskulutus on välillä 256 - 315 kWh/m<sup>2</sup>, a. Jotta ominaiskulutusta voitaisiin verrata suomalaisen kerrostalojen kulutukseen, virolaistaloista saadut pinta-alat, jotka vastaavat lähinnä asuinhuoneistojen pinta-alaa, muutettiin vastaamaan suomalaisittain ilmoitettua rakennustilavuutta. Tämän perusteella keskimääräinen ominaiskulutus on 66 - 81 kWh/m<sup>3</sup>, a.</p> <p>Kulutus on selvästi korkeampi kuin suomalaisten kerrostalojen keskimääräinen lämmönkulutus, vastaten korkeaa tai erittäin korkeaa suomalaistasoa, eli käytännössä 1,1 - 1,7 kertaa suomalaistaso.</p> <p>Virolaiskerrostalojen käyttöveden keskimääräinen ominaiskulutus vaihtelee välillä 180 - 290 l /as, d. Vertailutasosta riippuen vedenkulutus on noin 1,1 - 1,6 kertaa suurempi kuin suomalaiskerrostaloissa.</p>	
Asiasanat	ominaiskulutus, lämmön kulutus, veden kulutus, astepäiväluku, energian säästö, veden säästö, energian kulutus, asuinkerrostalot, korjausrakentaminen, lämmitys, vesi- ja viemärijohdot, ilmanvaihto, kiinteistöhoito	
Julkaisusarjan nimi	Suomen ympäristö 267	
Julkaisun teema	Rakentaminen	
Projektihankkeen nimi ja projektinumero		
Rahoittaja/toimeksiantaja	Viron ympäristöministeriö ja Suomen ympäristöministeriö	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0397-3
	Sivuja 53	Kieli suomi
	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta
Julkaisun myynti/jakaja	Oy Edita Ab, p. (09) 566 0266	
Julkaisun kustantaja	Oy Edita Ab	
Painopaikka ja -aika	Helsinki 1998	
Muut tiedot	Yhdyshenkilö ympäristöministeriössä: Laila Hosia, p. (09) 1991 9656	

# Presentationsblad

Utgivare	Miljöministeriet Bostads- och byggnadsavdelningen	Datum Februari 1999
Författare	Teuvo Aro, Jyri Jyrkkäranta, Kaido, Hääl, Arto Laaksonen	
Publikationens titel	Virolaiskerrostalojen lämmön ja veden kulutus (Värme- och elförbrukning i estniska flervåningshus)	
Sammandrag	<p>Det har inte tidigare funnits uppgifter om hur mycket värme och el som estniska bostadshus i flera våningar förbrukar. Sådana undersökningar blev möjliga i slutet av 1990-talet efter att energi- och vattenmätare börjat installeras.</p> <p>Det förhandenvarande projektet gick ut på att undersöka den specifika förbrukningen av el och värme efter att flervåningshusen anslutits till fjärrvärme och att så tillhandahålla ett material som kunde användas som underlag för jämförelse av förbrukningen i separata husbolag.</p> <p>Undersökningen gällde vanliga hustyper i olika delar av Estland och ger uppgifter om förbrukningen i inemot 200 byggnader i Tallinn, Tartu, Pärnu och Haapsalu åren 1996 och 1997. I Tallinn har uppgifterna samlats in i de viktigaste bostadsområdena, nämligen Mustamäe, Lasnamäe och Öismäe. Samplet täcker uppskattningsvis 4 - 8 % av det totala antalet flervåningshus i Estland.</p> <p>På basis av undersökningen ligger den genomsnittliga specifika förbrukningen i de flervåningshus som anslutits till fjärrvärmenätet mellan 256 och 315 kWh/m<sup>2</sup>, a. För att den skall kunna jämföras med den specifika förbrukningen i flervåningshus i Finland har arealerna - närmast bostadsarealerna - omvandlats till byggnadsvolymer uträknade enligt finländsk kutym. På denna grund är den genomsnittliga specifika förbrukningen 66 - 81 kWh/m<sup>3</sup>, a.</p> <p>Förbrukningen är klart större än den genomsnittliga värmeförbrukningen i flervåningshusen i Finland och motsvarar en hög eller mycket hög finländsk nivå, som i praktiken är 1,1 - 1,7 gånger högre än genomsnittet i Finland.</p> <p>Den genomsnittliga specifika vattenförbrukningen i de estniska flervåningshusen varierar mellan 180 och 290 l/boende, d. Beroende på jämförelsenivån ligger vattenkonsumtionen 1,1 - 1,6 gånger högre än i flervåningshus i Finland.</p>	
Nyckelord	specifik förbrukning, värmeförbrukning, vattenförbrukning, graddag för uppvärmning, energisparande, vattensparande, energiförbrukning, flervåningshus med bostäder, ombyggnad, reparationsbyggande, uppvärmning, vatten och avlopp, luftväxling, fastighetsskötsel	
Publikationsserie och nummer	Finlands miljö 267	
Publikationens tema	Byggnade	
Projektets namn och nummer		
Finansiär/uppdragsgivare	Miljöministeriet	
Organisationer i projektgruppen		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0397-3
	Sidantal 53	Språk finska
	Offentlighet offentlig	Pris
Beställningar/distribution	Oy Edita Ab, tel. (09) 5660 266, fax. (09) 5660 380	
Förläggare	Oy Edita Ab	
Tryckeri/tryckningsort och -år	Oy Edita Ab, Helsingfors 1998	
Övriga uppgifter	Kontaktperson vid miljöministeriet: Laila Hosia tel. (09) 1991 9656	

# Documentation page

Publisher	Ministry of the Environment Housing and Building Department	Date February 1999
Author(s)	Teuvo Aro, Jyri Jyrkkäranta, Kaido Hääl, Arto Laaksonen	
Title of publication	Virolaiskerrostalojen lämmön ja veden kulutus (Heat and water consumption in Estonian multistorey residential buildings)	
Abstract	<p>Until now, no studies had been made on heat and water consumption in Estonian multistorey residential buildings. Proper studies only became possible with the introduction of energy and water meters in the late 1990s.</p> <p>The project was aimed at investigating the specific consumption of heat and water in Estonian multistorey residential buildings which were provided with district heating, so as to provide background material for comparisons of the energy use in individual multistorey blocks.</p> <p>The study covers ordinary multistorey residential buildings of various types all over Estonia. Consumption data for the years 1996 and 1997 were compiled for nearly 200 buildings located in Tallinn, Tartu, Pärnu and Haapsalu. The Tallinn buildings lie in the important residential areas of Mustamäe, Lasnamäe and Öismäe. The sample covers some 4 - 8 % of the total stock of multistorey residential buildings in Estonia.</p> <p>The results indicate that the average specific consumption of heat lay between 256 and 315 kWh per square metre per annum. For a comparison with corresponding Finnish values, the square area - primarily residential flats - was converted to cubic metres. This gave an average specific consumption of 66 - 81 kWh per cubic metre per annum.</p> <p>This consumption is considerably higher than the average heat consumption in Finnish multistorey residential buildings, corresponding to a high or very high Finnish level, in practice about 1.1 - 1.7 times higher.</p> <p>The average specific consumption of water in Estonian multistorey residential buildings varies between 180 and 290 litres per person a day. Depending on the level of comparison, this is some 1.1 - 1.6 times higher than in Finnish multistorey residential buildings.</p>	
Keywords	specific consumption, heat consumption, water consumption, heating degree-day, energy saving, water saving, energy consumption, multistorey residential building, renovation, building repair, heating, water and sewage, ventilation, property management	
Publication series	The Finnish Environment 267	
Theme of publication	Building	
Project name and number, if any		
Financier/commissioner	Ministry of the Environment	
Project organization		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0397-3
	No. of page 53	Language Finnish
	Restrictions for public use	Price
For sale at/distributor	Edita Ltd., telephone (09) 5660 266, telefax (09) 5660 380	
Financier of publication	Edita Ltd.	
Printing place and year	Edita Ltd., Helsinki 1998	
Other information	Contact at the Ministry of the Environment: Laila Hosia, telephone (09) 1991 9656	