

Rani Juustinen

**RAVES OY VUOKATINHOVIN ENERGIA TEHOKKUUDEN  
PARANTAMINEN LVI-TEKNISESTI**

Insinöörityö  
Kajaanin ammattikorkeakoulu  
Tekniikka ja liikenne  
Rakennustekniikka  
15.4.2011



**Kajaanin  
ammattikorkeakoulu**

## OPINNÄYTETYÖ TIIVISTELMÄ

Koulutusala Tekniikka ja liikenne	Koulutusohjelma Rakennustekniikka
Tekijä(t) Rani Juustinen	
Työn nimi RAVES Oy Vuokatinhovin energiatehokkuuden parantaminen LVI-teknisesti	
Vaihtoehtoiset ammattiopinnot	Ohjaaja(t) Allan Mustonen, lehtori  Toimeksiantaja Kainuun Etu Oy / Snowpolis Oy
Aika Kevät 2011	Sivumäärä ja liitteet 56 + 8
<p>Insinööritöä tehtiin Kainuun Etu Oy / Snowpolis Oy:lle. Työ liittyy Snowpolis Oy:n järjestämään Ekoteko Vuokatti -hankkeeseen. Tässä hankkeessa selvitetään yhtenä osa-alueena Vuokatin alueella toimivien matkailualan yritysten kiinteistöjen energiatehokkuutta. Tämän insinööritöiden tavoitteena oli tutkia energiatehokkuutta parantavia LVI-teknisiä korjaustoimenpiteitä RAVES Oy Vuokatinhovin rakennuksissa.</p> <p>Suomi on osana Euroopan unionia sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjä ja lisäämään uusiutuvien energioiden käyttöä ilmastomuutoksen torjumiseksi. Suurin osa rakennuksen energiankulutuksesta koostuu rakennuksen lämmittämisestä. Rakennuksen lämmittämisen tarvitsema energia jakautuu ilmanvaihdon lämmitykseen, käyttöveden lämmitykseen ja rakennuksen tilojen lämmitykseen.</p> <p>Työn aloitusvaiheessa tutustuttiin Vuokatinhovin rakennuksiin ja rakennuskuviin sekä hankittiin vesi- ja energiankulutustiedot. Työn yleisessä osassa tutkittiin aiheeseen liittyvää LVI-alan kirjallisuutta, tutkimusraportteja sekä rakentamismääräyksiä ja -ohjeita. Työ on tutkimustyö, joka tehtiin kohdeyrityksen vuoden 2010 toteutuneiden energiankulutusten perusteella. Energiankulutuslaskelmat tehtiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 avulla. Korjaustoimenpiteiden osalta tutkittiin myös niiden luotettavuutta, taloudellisuutta sekä ympäristöystävällisyyttä.</p> <p>Työssä selvitettiin rakennusten lämmitysenergian osuus kokonaisesta energiankulutuksesta. Näiden tietojen perusteella työssä selvitettiin mahdollisia toimenpiteitä, joilla voitaisiin pienentää lämmitysenergian kulutusta Vuokatinhovin rakennuksissa. Tällaisia toimenpiteitä ovat esimerkiksi ilmanvaihtojärjestelmän, lämmitysjärjestelmän ja wc-kalusteiden uusiminen.</p>	
Kieli	Suomi
Asiasanat	Energiansäästö, energiankäyttö, energiatehokkuus, LVI-teknikka
Säilytyspaikka	<input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun Kaktus-tietokanta <input type="checkbox"/> Kajaanin ammattikorkeakoulun kirjasto

School School of Engineering	Degree Programme Construction Engineering
Author(s) Rani Juustinen	
Title Improving Energy Efficiency in RAVES Oy Vuokatinhovi	
Optional Professional Studies	Instructor(s) Mr Allan Mustonen, Lecturer
	Commissioned by Kainuun Etu Oy /Snowpolis Oy
Date Spring 2011	Total Number of Pages and Appendices 56 + 8
<p>This Bachelor's thesis was commissioned by a company called Kainuun Etu Oy / Snowpolis Oy. Snowpolis Oy has started the Ekoteko project. The purpose of the Ekoteko project is to find out how to make the tourism area of Vuokatti more ecological. The purpose of this thesis was to study HVAC technical renovations which improve energy efficiency in the RAVES Oy Vuokatinhovi buildings.</p> <p>The thesis was started by becoming familiar with the buildings of Vuokatinhovi and acquiring information about energy and water consumption. HVAC technical renovations improving energy efficiency were studied with the help of written sources in the general part of the thesis. Energy consumption calculations were made with the help of the Finnish building code collections part D5.</p> <p>As a member of the European Union, Finland has committed to reduce greenhouse gas emissions and has also promised to use more renewable energy to decrease the climate change. The heating of buildings plays a big role in total energy consumption. The heating energy of buildings consists of the heating of ventilation energy, the heating of DHW's energy and the heating of building space energy.</p> <p>As a result, the reduction in the heating energy of buildings was calculated from the whole energy consumption. Based on this result, suggestions were made how to cut down the energy consumption of Vuokatinhovi. Such improvement includes the renewal of the ventilation, heating system and sanitary fittings.</p>	
Language of Thesis      Finnish	
Keywords	Reducing the energy consumption, energy efficiency, HVAC
Deposited at	<input type="checkbox"/> Kaktus Database at Kajaani University of Applied Sciences <input type="checkbox"/> Library of Kajaani University of Applied Sciences

## ALKUSANAT

Haluan kiittää Anita Korhosta Kainuun Etu Oy / Snowpolis Oy:stä mielenkiintoisesta ja haastavasta työstä. Kiitän myös Vuokatinhovin päällikköä Heidi Fineriä sekä kiinteistönhoitaja Unto Meriläistä asiallisesta suhtautumisesta työtäni kohtaan. Lisäksi haluan kiittää LVI-insinööri Allan Mustosta asiantuntevasta ohjauksesta ja neuvoista insinöörityöni teon aikana.

Kajaanissa 15.4.2011

Rani Juustinen

## SISÄLLYS

MÄÄRITELMIÄ	1
1 JOHDANTO	3
2 INSINÖÖRITYÖ	4
2.1 Tausta	4
2.2 Tavoitteet ja rajaus	4
3 ENERGIATEHOKKUUTTA OHJAAVAT MÄÄRÄYKSET SUOMESSA	5
3.1 Suomen rakentamismääräyskokoelmat	5
3.2 Direktiivit	6
3.3 Valtio tukee energiatehokkuutta	7
4 RAVES OY VUOKATINHOVI	8
4.1 Päärakennus	9
4.2 Mökkirakennukset	11
4.3 Muut rakennukset	13
5 RAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIAN MUODOSTUMINEN	14
5.1 Ostoenergia	14
5.2 Johtumishäviöt	15
5.3 Ilmanvaihdon lämmityksen energiankulutus	15
5.4 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia	16
5.5 Lämpökuormat	17
5.6 Käyttöveden lämmitykseen kuluva energia	18
5.7 Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt	19
6 ILMASTOINTI JA LÄMMÖNTALTEENOTTO	20
6.1 Painovoimainen ilmanvaihto	20
6.2 Koneellinen poistoilmanvaihto	21
6.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto	22
6.4 Lämmöntalteenoton merkitys	24
6.5 Lämmöntalteenotto ammattikeittiöissä, Retermia LTO	24

7 LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN ENERGIAN VÄHENTÄMINEN	27
7.1 Paineen alennus	27
7.2 Kalusteiden vaihto	29
7.3 Esimerkki kulutuksen vähentämisen tuottamasta säästöstä	30
8 LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN VERTAILU	32
8.1 Maalämpö	32
8.2 Pelletti	34
8.3 Aurinkolämpö	36
8.4 Sähkölämmitys	37
8.5 Kaukolämpö	39
8.5.1 Kaukolämpölaitteiden uusiminen	40
8.5.2 Kaukolämmön tilausteho	41
8.5.3 Kiinteistön kaukolämmön tilaustehon määrittäminen	42
9 NYKYISET LÄMMITYSTAVAT JA VEDEN KULUTUS	44
9.1 Mökkirakennukset	45
9.2 Päärakennus	46
10 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET	47
10.1 Maalämpöjärjestelmä mökkirakennusten lämmittämiseen	47
10.2 Maalämpö osatehona päärakennuksen lämmityksessä	49
10.3 Kaukolämmön tilaustehon karkea määrittäminen	51
10.4 WC-kalusteiden uusiminen	52
10.5 Retermia LTO	54
11 YHTEENVETO	55
LÄHTEET	
LIITTEET	

## MÄÄRITELMIÄ

**Ekotehokkuudella** tarkoitetaan sitä, että vähemmästä tuotetaan enemmän ympäristöä säästäen. Tavoitteena on käyttää mahdollisimman vähän materiaaleja, raaka-aineita ja energiaa. Samalla pyritään myös vähentämään tuotteen tai palvelun haitallisia ympäristövaikutuksia koko sen elinkaaren aikana.

**Energiasäästöllä** tarkoitetaan useimmiten energian käytön tehokkuuden parantamista siten, että energian ominaiskulutus alenee.

**Energiatehokkuuden parantamisella** tarkoitetaan esimerkiksi sitä, että samat sisäolosuhteet tuotetaan vähemmällä energialla.

**Hiilijalanjäljellä** mitataan toiminnan elinkaaren aikana aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä eli toiminnan kokonaisilmastokuormaa.

**Huoneen pinta-ala** ( $A_{\text{huone}} [\text{m}^2]$ ) eli huoneala on huoneen ala, jonka rajoina ovat huonetta ympäröivät seinien pinnat tai niiden ajateltu jatke. Jos huoneen katto on vino tai porrastettu, lasketaan huonealaksi 1600 mm korkeamman tilan ala. Tällöin 1600 mm korkeamman tilan keskikorkeuden tulee olla vähintään 2200 mm. Huonealaan ei lasketa muun muassa huoneessa olevien hormiryhmien, pilareitten ja seinien alaa, seiniin upotettujen takkojen alaa eikä esimerkiksi muuraamalla tehdyn komeron alaa.

**Kiinteistön energianhallinta** on prosessi, jonka tavoitteena on ylläpitää kiinteistössä hyvät sisäilmaolosuhteet ja palvelutaso mahdollisimman pienellä energiankulutuksella ja energiankustannuksilla.

**Kilowattitunti** [kWh], kulutetun sähköenergian määrää mitataan kilowattitunneilla. Energian määrä, joka kuluu käytettäessä 1000 wattia tunnin ajan.

**LTO (lämmöntalteenotto)**, ilmanvaihtokoneen ominaisuus, jolla rakennuksen poistoilmasta otetaan lämpöä käyttöön.

**LVI** lämmitys, vesi ja ilmastointi (ilma)

**Mitoittavalla lämpötilalla** tarkoitetaan niitä sisä- ja ulkoilman lämpötiloja, joiden perusteella rakennuksen lämmitys- ja jäähdytystehontarve on määritetty.

**Rakennuksen bruttopinta-ala** ( $A_{br}$  [ $\text{brm}^2$ ]) eli bruttoala kuvaa koko rakennuksen laajuutta. Bruttoala lasketaan rakennuksen kaikkien kerrostasojen kerrostasoalojen summana. Bruttoalaan lasketaan kaikki kerrostasoalat riippumatta siitä, ovatko huoneet kylmiä vai lämpimiä. Kerrostasoala on kerrostason ala, jonka rajoina ovat kerrostasoa ympäröivien ulkoseinien ulkopinnat tai niiden ajateltu jatke ulkoseinän pinnassa olevien aukkojen ja koristeosien osalla. Kerrostasoala sisältää myös porraskorotukset sekä alat, joissa huonekorkeus on alle 1600 mm.

**Rakennuksen energiankulutuksella** tarkoitetaan vuotuista lämmitykseen, sähkölaitteisiin ja jäähdytykseen yhteensä kulutettua energiamäärää, johon ei sisälly eri energiamuotojen kiinteistökohtaisen eikä kiinteistön ulkopuolisen energiatuotannon häviöitä.

**Rakennuksen ilmatilavuudella** ( $V$  [ $\text{m}^3$ ]) tarkoitetaan tilaa, joka rajautuu huonekorkeuden ja kokonaissisämittojen mukaan lasketun pinta-alan tulosta. välipohjia ei lasketa ilmatilavuuteen.

**Rakennuksen ostoeregiankulutuksella** tarkoitetaan vuotuista energiamäärää, joka rakennukseen on tuotava sähköinä, kaukolämpönä tai kaukokylmänä.

**RakMk** Suomen rakentamismääräyskokoelma.

**Rakennustilavuudella** ( $V_{rak}$  [ $\text{rak-m}^3$ ]) tarkoitetaan tilaa, jota rajoittavat ulkoseinien ulkopinnat, alapohjan alapinta ja yläpohjan yläpinta. Jos rakennuksessa ei ole yläpohjaa tai yläpohja liittyy ilman ullakkoa vesikattoon, katsotaan rajoittavaksi pinnaksi vesikaton yläpinta suojauksineen. Mikäli alapohjan paksuutta ei voida arvioida, lasketaan alapohjan paksuudeksi 200 mm alapohjan yläpinnasta.

**Rakenteen U-arvo** [ $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ] kertoo, kuinka paljon lämpöä siirtyy rakenteen läpi sisältä ulos yhden asteen lämpötilaeron vallitessa.

**Uusiutuvalla energialähteellä** tarkoitetaan energianlähdettä, joka palautuu nopeasti osittain tai kokonaan uudelleen hyödynnettäväksi ja jonka varanto ei siten vähene pitkällä aikavälillä. Uusiutuvia energialähteitä ovat esimerkiksi vesivoima, tuulivoima, aurinkoenergia, jättepolttoaine ja biokaasu.



## 1 JOHDANTO

Tässä insinöörityössä käsitellään RAVES Oy Vuokatinhovin rakennusten energiataloutta ja tutkitaan, kuinka voitaisiin parantaa olemassa olevien rakennusten energiatehokkuutta LVI-teknisesti. Kiinteistöt sijaitsevat Sotkamon kunnassa Vuokatin matkailualueella. Tämän työn energialaskelmat on tehty yhteistyössä insinööriopiskelija Janne Moilasan kanssa, joka teki samaiseen kohteeseen insinöörityönsä rakennustekniikan osalta. Moilasan insinöörityön nimi on ”*RAVES Oy Vuokatinhovin rakennustekniikan energiaselvitys*”.

Työn tilaaja on Kainuun Etu Oy / Snowpolis Oy, jolla on käynnissä Ekoteko Vuokatti -hanke. Sen yhtenä osa-alueena on tutkia Vuokatin alueella toimivien matkailualan yritysten kiinteistöjen energiatehokkuutta. Ekoteko Vuokatti -hanke on jatkohanke Snowpolis Energiapuiston esiselvityshankkeelle.

Insinöörityössä tarkastellaan RAVES Oy Vuokatinhovin mökkirakennusten ja päärakennuksen energiatehokkuutta LVI-tekniikan näkökulmasta. Työssä perehdytään siihen, mihin osa-alueisiin rakennusten käyttämä energia jakautuu. Työssä selvitetään mahdollisia korjaustoimenpiteitä ja niiden vaikutusta rakennusten energiatehokkuuteen. Korjaustoimenpiteiden osalta tarkastellaan myös niiden toteuttamiskelpoisuutta matkailualan yrityksessä. Korjaustoimenpiteiden pitää olla niin sanottuja kevyitä ratkaisuja, eivätkä niiden aiheuttamat saneeraustyömaat saisi häiritä suuresti Vuokatinhovissa olevia lomalaisia.

Tutkimuksen tavoitteena on löytää kiinteistölle tehokkaimmat ja järkevimmät toimenpiteet energiantalouden parantamiseen. Työssä pyritään myös selvittämään kustannuksia ja mahdollisella energiansäästöllä saatavaa kustannussäästöä. Toimenpiteistä esitetään investointilaskelmia, joista selviää eri vaihtoehtojen takaisinmaksuajat.

## 2 INSINÖÖRITYÖ

### 2.1 Tausta

Suomi on sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjään ja lisäämään uusiutuvan energian käyttöä ilmastonmuutoksen torjumiseksi. Rakennusten lämmityksellä on suuri osuus energian lopullisesta käytöstä ja energiantuotannon päästöistä Suomessa. Vanhaan rakennuskantaan kohdistuvat energiatehokkuutta parantavat toimenpiteet ovat keskeisiä keinoja päästöjen ja energiankulutuksen vähentämisessä.

Kainuun Etu Oy / Snowpolis Oy Vuokatista käynnisti Ekoteko Vuokatti -hankkeen, jonka tarkoituksena on selvittää mm. Vuokatin alueella toimivien matkailualan yritysten energiankäyttö ja tarve energiatehokkuuden parantamiseen. Vuokatin alueen energiantuotannossa tullaan selvittämään, kuinka paljon alueen energiasta tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä ja kuinka uusiutuvan energian käyttöä voitaisiin lisätä.

### 2.2 Tavoitteet ja rajaus

Työn tarkoituksena oli tutkia RAVES Oy Vuokatinhovin energiankulutusta ja toimenpiteitä, miten kulutusta voitaisiin vähentää LVI-teknisesti. Tällaisia toimenpiteitä ovat ilmanvaihtojärjestelmän, lämmitysjärjestelmän, lämmönsäätöjärjestelmän, käyttövesi- ja wc-kalusteiden uusiminen. Kaikkien toimenpiteiden osalta kriteereinä voidaan pitää vaivattomuutta ja luotettavuutta sekä ympäristöystävällisyyttä. LVI-teknisillä korjaustoimenpiteillä ei yksin voida saavuttaa energiatehokasta ratkaisua tai tavoiteltavaa toimivuutta. On otettava myös huomioon rakennustekniset korjaustoimenpiteet LVI-tekniikan uusimisen yhteydessä.

Aihe on rajattu käsittelemään kohdeyrityksen energiansäästötoimenpiteitä ainoastaan LVI-tekniikan kannalta. Pääpaino tarkastelussa on lämmitysenergian tarve ja sen mahdollinen vähentäminen. Rakennustekninen kannanotto rajattiin selvityksen ulkopuolelle. Aiheessa käsitellään ainoastaan ympäristöystävällisiä ratkaisuja ja toimenpiteitä energiatehokkuuden parantamisen kannalta. Korjaustoimenpiteiden osalta tarkastellaan järjestelmiä, jotka hyödyntävät uusiutuvaa energiaa tai olemassa olevan energian uusiokäyttöä.

### 3 ENERGIA TEHOKKUUTTA OHJAAVAT MÄÄRÄYKSET SUOMESSA

#### 3.1 Suomen rakentamismääräyskokoelmat

Rakentamismääräyskokoelman määräykset ovat velvoittavia. Ohjeet sen sijaan eivät ole velvoittavia, vaan muitakin ratkaisuja voidaan käyttää mikäli ne täyttävät rakentamiselle asetetut vaatimukset. Rakentamismääräyskokoelmien osat C ja D ovat keskeisimpiä määräyksiä energiatehokkuuden osalta. Määräykset koskevat uudisrakentamista ja myös korjausrakentamista Suomessa.

Osassa C3 annetaan vaatimukset ja määräykset rakennuksen lämmöneristämiseksi, rakenteiden ilmanpitävyydelle sekä rakenteiden, kuten esimerkiksi ulkovaipan osien lämmönläpäisykertoimien enimmäisarvot. Näitä arvoja käytetään rakennuksen lämpöhäviön laskennassa.

Osa D koskee LVI- ja energiataloutta rakentamisessa.

- D1, Kiinteistöjen vesi- ja viemärilaitteistot: lämpöhäviöiden pienentämiseksi lämminvesijohdot ja -varaajat kannattaa eristää tehokkaasti.
- D2, Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto: Ilmanvaihdon energiatehokkuus varmistetaan tinkimättä hyvästä sisäilmasta. Poistoilmasta on otettava lämpöä talteen tai lämpöhäviöitä pitää muulla tavoin vastaavasti pienentää. Koneellinen ilmanvaihtojärjestelmä tulee toteuttaa niin, ettei sähköä kulu tarpeettomasti.
- D3, Rakennusten energiatehokkuus: Tämä osa kokoa rakennuksen energiatehokkuusvaatimukset ja auttaa laatimaan energiaselvityksen. Rakennusten hyvä energiatehokkuus edellyttää kunnollista lämmöneristystä, vaipan tiiviyyttä ja poistoilman lämmöntalteenottoa.
- D5, Rakennuksen energiakulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta: Ohjeet energiankulutuksen laskentaan sisältäen rakennuksen vuoden aikana tarvitseman lämpö-, sähkö- ja jäähdytysenergian. Rakennuksen lämmitystehon tarpeen laskenta osoittaa, kuinka paljon lämmitystehoa rakennus voi huippupakkasilla enimmillään tarvita. Lämmitysjärjestelmä täytyy mitoittaa sen mukaan.

### 3.2 Direktiivit

#### *Rakennusten energiatehokkuusdirektiivi (2002/91/EY) [1]*

Direktiivin tavoitteena on vähentää hiilidioksidipäästöjä parantamalla rakennusten energiatehokkuutta. Direktiivin kolme pääaluetta ovat energiatodistuksen käyttöönotto, energiatehokkuuden vähimmäisvaatimukset sekä lämmityskattiloiden ja ilmastointilaitteiden määräaikaistarkastukset.

Suomi on osana EU:ta sitoutunut vähentämään kasvihuonepäästöjä ja lisäämään uusiutuvien energioiden käyttöä ilmastomuutoksen torjumiseksi. Energiankulutus kuitenkin kasvaa jatkuvasti, ja EU:ssa rakennusten osuus tästä kulutuksesta on noin 40 prosenttia. Eniten energiaa kuluu valaistukseen, lämmitykseen, lämpimään käyttöveteen ja jäähdytykseen. Rakennusten energiatehokkuutta koskeva direktiivi vaikuttaa sekä uudis- että korjausrakentamiseen.

Energiatehokkuusdirektiivi luo kehyksen rakennusten energiatehokkuuden parantamiselle ja määrittelemiselle unionin jäsenmaissa. Direktiiviä sovelletaan kansallisella tasolla ottamalla huomioon maan ilmasto-olosuhteet, paikalliset olosuhteet, sisäilmastolle asetetut vaatimukset ja kustannustehokkuus.

#### *Uusiutuvan energian direktiivi (RES-direktiivi) [1]*

Suomen tavoitteena osana Euroopan unionia on nostaa uusiutuvan energian osuus 38 %:iin energian loppukulutuksesta vuoteen 2020 mennessä. Suomessa käytettävistä uusiutuvista energiamuodoista tärkeimpiä ovat bioenergia, varsinkin puu ja puupohjaiset polttoaineet, vesivoima, tuulivoima, maalämpö ja aurinkoenergia.

Tällä hetkellä uusiutuvasta energiasta 70 % on metsäteollisuuden puuperäisiä sivutuotteita. Uusiutuvan energian lisäämisen katsotaan edellyttävän metsäteollisuuden sivutuotteiden ohella muun bioenergian (metsähakkeen, pellettien, peltobiomassan ja jätteiden) lisäkäyttöä, vesi- ja tuulivoiman sekä maalämmön hyvin suurta lisäystä sekä energiansäästötoimia.

### 3.3 Valtio tukee energiatehokkuutta

Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) myöntää hankintaperusteista energiatukea yrityksille, kunnille ja muille yhteisöille investointi- ja selvityshankkeisiin. Tuettavat investointihankkeet edistävät uusiutuvan energian käyttöä, energiansäästöä, energiantuotannon tai -käytön tehostamista tai vähentävät energiantuotannon tai -käytön ympäristöhaittoja.

Energiakatselmustukea haetaan katselmuskohteen sijaintipaikan mukaan määräytyvästä paikallisesta ELY-keskuksesta. Tuki TEM:n energiakatselmusten yleisohjeiden mukaan suoritettulle energiakatselmuksille ja -analyysille on vuosi riippuvainen, vuonna 2011 se on kuitenkin enintään 40 % hyväksytyistä katselmuksen työkustannuksista. Yritykset tai toimipaikat voivat tapauskohtaisen harkinnan perusteella saada investointitukea myös tavanomaisten säästöinvestointien toteuttamiseen. Tällaisilla investoinnilla tarkoitetaan esimerkiksi energiatehokkuutta parantavia korjaustoimenpiteitä. [2.]

Taulukosta 1 nähdään energiatukien enimmäismäärät.

Taulukko 1. Energiatukien enimmäismäärät [2].

Uusiutuviin energialähteisiin liittyvät ja energiatehokkuuteen liittyvät investoinnit, tavanomainen teknologia	30 % hyväksytyistä kustannuksista
Muu energiatuotannon ympäristöhaittoja vähentävät investoinnit	30 % hyväksytyistä kustannuksista
Energiahuollon varmuutta ja monipuolisuutta edistävät investoinnit	25 % hyväksytyistä kustannuksista



#### 4.1 Päärakennus

Vuokatinhovin päärakennuksessa sijaitsevat Vuokatinhovin ravintola-, kokous-, virkistymis- ja harrastustilat. Päärakennus on rakennettu 1960-luvulla ja sitä on laajennettu rakentamalla lisäosa vuonna 1977. Päärakennuksessa on myös 7 kappaletta kahden hengen hotellihuoneita. Hotellihuoneiden pinta-ala on yhteensä 116 m<sup>2</sup>.

Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty Vuokatinhovin päärakennuksen perus -ja laajuustiedot.

Taulukko 2. Vuokatinhovin päärakennuksen perustiedot

RAVES Oy Vuokatinhovin päärakennuksen perustiedot	
Käyttötarkoitus	Hotelli- ja ravintolatoiminta
Kerroslukumäärä	2
Kantavien rakenteiden pääasiallinen rakennusaine	Betoni
Pääasiallinen rakennustapa	Paikalla tehty
Pääasiallinen julkisivumateriaali	Tiili
Liittymät verkostoihin	Viemäri, vesijohto, sähkö
Pääasiallinen lämmitystapa	Vesikeskuslämmitys
Polttoaine/lämmönlähde	Kaukolämpö
Rakennuksen varusteet	sähkö, viemäri, vesijohto, lämmin vesi, koneellinen ilmastointi, 2 LTO:ta, talokohtaisia saunoja 2kpl
Hotelli huoneiden lukumäärä	7 kappaletta

Taulukko 3. Vuokatinhovin päärakennuksen laajuustiedot

RAVES Oy Vuokatinhovin päärakennuksen laajuustiedot		
Rakennustilavuus	7870	rak-m <sup>3</sup>
Bruttoala	2295	brm <sup>2</sup>
Ilmatilavuus V	5886	m <sup>3</sup>
Julkisivupinta-ala	700	m <sup>2</sup>
Ikkunoiden pinta-ala	139,7	m <sup>2</sup>

Päärakennuksessa (kuva 2) on kaksi kerrosta. Rakennuksen kantavat rakenteet ovat paikalla valettua betonia. Pääasiallinen julkisivumateriaali on tiili. Rakennus on liitetty viemäri-, vesijohto-, kaukolämpö- ja sähköverkkostoon. Lämmitystapana on vesikeskuslämmitys. Lämmöntuotto tapahtuu kaukolämmön avulla. Päärakennuksen ilmanvaihto tapahtuu kolmella eri ilmanvaihtokoneella, joista kahdessa on lämmöntalteenotto. Ilmanvaihtokoneiden osa-alueet on jaettu seuraavasti:

- laajennusosan luentosali ja kokoushuoneet sekä saunaosasto kellarissa, sisältää LTO:n,
- ravintola, aulaosa sekä disco, sisältää LTO:n ja
- suurtalouskeittiön ilmanvaihtokone, ei sisällä lämmön talteenottoa.



Kuva 2. Vuokatinhoivin päärakennus



## 4.2 Mökkirakennukset

Vuokatinhovin alueella sijaitsevia mökkirakennuksia on yhteensä 18 kappaletta. Ne ovat identtisiä keskenään. Yhdessä rakennuksessa on kaksi huoneistoa, joten huoneistoja on yhteensä 36 kappaletta. Huoneistojen koot ovat 73 m<sup>2</sup> ja 47 m<sup>2</sup>. Huoneistoissa on tupakeittiö, 1–2 makuuhuonetta, kuivaushuone, WC, pesuhuone, sauna, välinevarasto ja ulkokuisti. Taulukoissa 4 ja 5 on esitetty Vuokatinhovin mökkirakennusten perus- ja laajuustiedot.

Taulukko 4. Vuokatinhovin mökkirakennusten perustiedot

RAVES Oy Vuokatinhovin mökkirakennusten perustiedot	
Käyttötarkoitus	Hotelli- ja ravintolatoiminta
Kerroslukumäärä	1
Kantavien rakenteiden pääasiallinen rakennusaine	Puu
Pääasiallinen rakennustapa	Paikalla tehty
Pääasiallinen julkisivumateriaali	Puu
Liittymät verkostoihin	Viemäri, vesijohto, sähkö
Pääasiallinen lämmitystapa	Suora Sähkölämmitys
Polttoaine/lämmönlähde	Sähkö
Rakennuksen varusteet	sähkö, viemäri, vesijohto, lämmin vesi, painovoimainen ilmastointi, talokohtaisia saunoja 36

Taulukko 5. Vuokatinhovin mökkirakennusten laajuustiedot

RAVES Oy Vuokatinhovin mökkirakennusten laajuustiedot			
	1 kpl	18 kpl	yksikkö
Rakennustilavuus	455	8190	rak-m <sup>3</sup>
Bruttoala	134	2412	brm <sup>2</sup>
Ilmatilavuus V	323	5814	m <sup>3</sup>
Julkisivupinta-ala	102,9	1852	m <sup>2</sup>
Ikkunoiden pinta-ala	16	288	m <sup>2</sup>

Mökkirakennukset ovat yksikerroksisia, puurakenteisia ja paikallaan kappaletavarasta rakennettuja kiinteistöjä. Rakennusten rakennusvuosi on 1985. Julkisivumateriaalina on puuverhous. Kuvissa 3 ja 4 on esitetty Vuokatinhovin mökkirakennusten etu -ja takapuoli.



Kuva 3. Vuokatinhovin mökkirakennus edestä



Kuva 4. Vuokatinhovin mökkirakennus takaa

#### 4.3 Muut rakennukset

Pikkuhovin matkailurakennus (kuva 5) on määrä purkaa tulevaisuudessa, tarkkaa ajankohtaa purkamiselle ei kuitenkaan ole vielä määritelty. Pikkuhovissa ja rantasaunassa lämmönlähteenä on kaukolämpö.



Kuva 5. Pikkuhovin matkailurakennus

Vuokatinhovissa on myös muita kuin pelkästään matkailukäytössä olevia rakennuksia. Kohteessa on rantasauna, Pikkuhovin matkailurakennus ja huoltorakennuksia. Näiden rakennusten energiankulutus on määritelty päärakennuksen ja mökkirakennusten tulosten perusteella joko kWh/m<sup>2</sup> tai kWh/m<sup>3</sup> perusteella. Vuotuisen kävijämäärän perusteella on myös arvioitu käyttöveden kulutuksen osuutta näissä rakennuksissa.

## 5 RAKENNUKSEN LÄMMITYSENERGIAN MUODOSTUMINEN

Rakennuksen kokonaisenergian kulutuksesta noin puolet muodostuu lämmitysenergiankulutuksesta. Rakennuksen lämmitysenergiankulutuksella tarkoitetaan rakennuksen sisätilojen lämmitysenergian ja lämpimän käyttöveden lämmitysenergian yhteenlaskettua kulutusta. Rakennuksen tilojen lämmitysenergian kulutus ottaa huomioon johtumislämpöhäviöiden ja lämmitysjärjestelmän häviöiden lisäksi vuotoilman ja ilmanvaihdon lämmityksen tarvitseman energian. Sisätilojen ja ilmanvaihdon lämmitystarve on riippuvainen ulkoilman lämpötilasta. Käyttöveden lämmitykseen kuluu energiaa läpi vuoden eli se on vuodenaajasta riippumaton.

Rakennuksen tilojen lämmitysenergian kulutusta pienentäviä tekijöitä kutsutaan rakennuksen lämpökuormiksi. Hyödynnettävät lämpökuormat koostuvat ihmisistä, valaistuksen ja sähkölaitteiden luovuttamasta lämpöenergiasta, ikkunoiden läpi säteilevästä auringon energiasta ja lämmityslaitteista vapautuvista lämpöenergioista. Tässä insinöörityössä on laskettu kohdeyrityksen lämmitysenergian määrä kokonaisesta energiankulutuksesta RakMk osan D5 mukaan. Laskut on eritelty liitteessä 1.

### 5.1 Ostoenergia

Rakennuksen ostoenergia on rakennukseen ostettua lämmitysenergiaa. Se voi olla kaukolämpöenergiaa, sähköenergiaa, maakaasua tai muuta polttoainetta. Rakennuksen lämmitystapaa valittaessa valitaan samalla käytettävä ostoenergia.

Rakennuksen ostettava lämmitysenergiankulutus lasketaan yhtälöllä 1 [3].

$$Q_{\text{lämmitys}} = Q_{\text{lämmitys, osto}} N_{\text{lämmitys}} \quad (1)$$

$Q_{\text{lämmitys, osto}}$  Rakennuksen ostettavan lämmitysenergian kulutus, kWh

$N_{\text{lämmitys}}$  Lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde

## 5.2 Johtumishäviöt

Johtumishäviöt ovat sisä- ja ulkoilman välisen lämpötilaeron aikaansaamia lämpövirtoja, jotka kulkevat rakennuksen rakenteiden läpi. Tällaisia rakenteita ovat ulkoseinät, ala- ja yläpohjat sekä ikkunat ja ovet. Johtumishäviöiden suuruuteen vaikuttavat rakenteiden lämmönläpäisykertoimien (U-arvo) suuruudet ja ulkovaipan pinta-ala. Lämpövirran suuruus on myös suoraan verrannollinen sisä- ja ulkoilman väliseen lämpötilaeroon.

Rakenteen lämmönläpäisykerroin (U-arvo) tarkoituksena on kuvata rakenteen lämmöneristyskykyä. Mitä pienempi U-arvo rakenteella on, sitä parempi sen lämmöneristys on. U-arvon yksikkö on  $W/m^2K$ . Kertoimeen voidaan vaikuttaa eristysaineen lämmönjohtavuudella ja sen paksuudella.

Rakennuksen vaipan johtumishäviöt lasketaan yhtälöllä 2 [4].

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{us}} A_{\text{us}}) + \sum (U_{\text{yp}} A_{\text{yp}}) + \sum (U_{\text{ap}} A_{\text{ap}}) + \sum (U_{\text{ikk}} A_{\text{ikk}}) + \sum (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}) \quad (2)$$

$\sum H_{\text{joht}}$  rakennusosien yhteenlaskettu ominaislämpöhäviö,  $W/K$

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

A rakennusosan pinta-ala,  $m^2$

us ulkoseinät

yp yläpohjat

ap alapohjat

ikk ikkunat

## 5.3 Ilmanvaihdon lämmityksen energiankulutus

Ilmanvaihdolla on suuri merkitys rakennusten lämmitysenergian kulutuksessa. Ilmanvaihdon osuus lämmitysenergian kulutuksesta on yli neljännes. RakMk osan D2 mukaan minimivaatimus ilmatilavuuden vaihtuvuudelle on vähintään kerran kahdessa tunnissa. Lämmityskauden aikana tuloilma on lämmitettävä huoneilman lämpöiseksi. [5.]

Ilmanvaihdon ja ilmastoinnin energiankulutuksen laskennassa erotetaan toisistaan tuloilman lämmittämiseen käytetty energia sekä ilmastointikoneiden käyttämä sähkö- ja jäähdytysenergia.



Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema lämmitysenergia lasketaan yhtälöllä 3 [3].

$$Q_{iv} = \sum (H_{iv} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (3)$$

$Q_{iv}$  ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia, kWh

$H_{iv}$  ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K

$T_s$  sisäilman lämpötila, suositeltava arvo 21 °C

$T_u$  ulkoilman lämpötila, °C (kuukaudesta riippuvainen)

$\Delta t$  ajanjakson pituus, h (tuntimäärä kuukausittain)

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

#### 5.4 Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia

Vuotoilmanvaihto on rakennuksen vaipan epätiiviyksien kautta tapahtuvaa ilman kulkeutumista. Sen suuruus riippuu sääolosuhteista ja rakennuksen painejakaumasta.

Vuotoilmalla on suuri merkitys rakennuksen lämmöntarpeeseen. Lämmöntarve kasvaa tyyppillisessä asuinrakennuksessa 10...30 %, jossa ilmanvaihtoluku on noin 4 l/h verrattuna tiiviiseen rakennukseen (ilmanvaihtoluku 1 l/h). Epätiiväissä rakennuksessa syntyy usein myös vedon tunnetta, joka lisää mukavuuslämmityksen tarvetta. [6.]

Rakenteiden epätiiviyksien kautta sisään ja ulos virtaavan vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia lasketaan yhtälöllä 4 [3].

$$Q_{vuotoilma} = H_{vuotoilma} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (4)$$

$Q_{vuotoilma}$  vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia, kWh

$H_{vuotoilma}$  vuotoilman ominaislämpöhäviö, W/K

$T_s$  sisäilman lämpötila, suositeltava arvo 21 °C

$T_u$  ulkoilman lämpötila, °C (kuukaudesta riippuvainen)

$\Delta t$  ajanjakson pituus, h (tuntimäärä kuukausittain)

1000 kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

## 5.5 Lämpökuormat

Lämpökuormilla tarkoitetaan sellaisia lämmön tuottajia, joilla voidaan korvata rakennuksen lämmitykseen käytettyä energiaa. Lämpökuormia voidaan kutsua siis ilmaisenergiaksi. Ilmaisenergian lähteitä ovat auringon säteilyenergia, lämpimän käyttöveden kuljettama lämpö sekä sähkölaitteiden ja ihmisten tuottama lämpöenergia. Niiden suuruus vaihtelee rakennusten ominaisuuksien ja käyttötarkoituksen mukaan.

Laitteiden hyötysuhteen parantaminen näkyy kaikkien häviöiden pienentämispyrkimyksenä. Tämä koskee ilmapuotoja, kattilahäviöitä sekä putkistojen, säiliöiden ja muiden laitteiden lämpöhäviöitä. Normaalisti ilmaisenergiat korvaavat rakennusten tarvitsemasta energiasta noin 10-20 %. Suunnittelemalla niiden hyödyntäminen oikein, voidaan päästä huomattavasti suurempiin energian säästöihin. [7.]

Rakennuksen lämpökuormaenergia ( $Q_{\text{lämpökuorma}}$ ) lasketaan yhtälöllä 5 [3].

$$Q_{\text{lämpökuorma}} = Q_{\text{henk}} + Q_{\text{lämmitys, kuorma}} + Q_{\text{lkv, kuorma}} + Q_{\text{säh}} + Q_{\text{aur}} \quad (5)$$

Lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä ( $Q_{\text{sis. lämpö}}$ ) lasketaan yhtälöllä 6 [3].

$$Q_{\text{sis. lämpö}} = \eta_{\text{lämpö}} Q_{\text{lämpökuorma}} \quad (6)$$

$Q_{\text{sis. lämpö}}$	rakennuksen lämpökuormien lämpöenergia, joka hyödynnetään lämmityksessä, kWh
$\eta_{\text{lämpö}}$	lämpökuormien kuukausittainen hyödyntämistase
$Q_{\text{lämpökuorma}}$	rakennuksen lämpökuormaenergia eli muun säätölaitteilla ohjatun ohjatun lämmityksen kautta rakennuksen sisälle vapautuva lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{henk}}$	henkilöiden luovuttama lämpöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, kuorma}}$	tilojen lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{\text{lkv, kuorma}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmästä rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{\text{säh}}$	valaistuksesta ja sähkölaitteista rakennuksen sisälle vapautuva lämpökuormaenergia, kWh
$Q_{\text{aur}}$	ikkunoiden kautta rakennukseen tuleva auringon säteilyenergia, kWh

## 5.6 Käyttöveden lämmitykseen kuluva energia

Lämpimän käyttöveden tuottamiseen käytetty energia on 10...30 % rakennuksen lämmitysenergiankulutuksesta. Energiankulutus muodostuu käyttöveden lämmityksen tarvitsemasta lämpöenergiasta ja käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiasta.

Käyttöveden lämmityksen energiankulutus lasketaan yhtälöllä 7 [3].

$$Q_{\text{lkv}} = Q_{\text{lkv, netto}} + Q_{\text{lkv, häviöt}} - (Q_{\text{p, lkv}}) \quad (7)$$

$Q_{\text{lkv}}$	käyttöveden lämmityksen energiankulutus, kWh
$Q_{\text{lkv, netto}}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia eli netto-energiatarve, kWh
$Q_{\text{lkv, häviöt}}$	käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{p, lkv}}$	poistoilmalämpöpumpun varaajan siirtämä ja käyttöveden lämmityksessä hyödynnetty energia, kWh

Käyttöveden lämmityksen energiankulutus muodostuu veden määrän ja lämpötilan mukaan. Lämpimän käyttöveden lämpötila tulee pitää välillä 55...65 °C. Matalampi lämpötila mahdollistaa mikrobien lisääntymisen verkostossa. Lämpimän käyttöveden laskennallinen osuus kokonaisvedenkulutuksesta on noin 40 %. [8.]

Käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia lasketaan yhtälöllä 8 [3].

$$Q_{\text{lkv, netto}} = p_v C_{pv} V_{\text{lkv}} (T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}) / 3600 \quad (8)$$

$Q_{\text{lkv, netto}}$	käyttöveden lämmityksen tarvitsema lämpöenergia, kWh
$p_v$	veden tiheys, 1000kg/m <sup>3</sup>
$C_{pv}$	veden ominaislämpökapasiteetti, 4,2 kJ/kgK
$V_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden kulutus, m <sup>3</sup>
$T_{\text{lkv}}$	lämpimän käyttöveden lämpötila, °C
$T_{\text{kv}}$	kylmän käyttöveden lämpötila, °C
3600	kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi, s/h

Kulutetun veden lisäksi lämpimän käyttöveden lämmitysenergian kulutusta lisää lämpimän käyttöveden putkiston ja kiertojohdon, kiertovesipumpun ja lämmönkehityslaitteiden sekä



mahdollisten varaajien lämpöhäviöt. Käyttövesijärjestelmään liitettyjen lämmittimien luovuttama lämpöenergia huonontaa järjestelmän hyötysuhdetta, mutta vähentää rakennuksen lämmitysjärjestelmän luovuttaman lämmitysenergian tarvetta. [6.]

### 5.7 Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt

Lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöt ovat lämmöntuotantolaitteiden, putkien, säiliöiden ja putkistovarusteiden häviöitä. Häviöiden suuruus on verrannollinen nesteen ja ympäröivän ilman lämpötilaeroon sekä lämpöä siirtävien pintojen suuruuteen.

Tilojen lämmitysjärjestelmän energiatehokkuuden laskennassa otetaan huomioon lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat. Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia on lämmitysjärjestelmään tuodun lämpöenergian ja lämmityksen lämpöenergian tarpeen erotus. Osa lämpöhäviöenergiasta tulee lämpökuormina hyödyksi rakennusten lämmityksessä. [3.]

Rakennuksen tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia lasketaan kaavalla 9 [3].

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}} = Q_{\text{lämmitys, tilat, kehityshäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, jakeluhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, luovutushäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, säätöhäviöt}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, varaajahäviöt}} \quad (9)$$

$Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}}$	tilojen lämmitysjärj. lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, kehityshäviöt}}$	tilojen lämmitysjärj. lämmönkehityslaitteiden, lämmityskattiloiden ja lämmönsiirtimien lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, jakeluhäviöt}}$	tilojen lämmitysjärj. lämmönjakeluverkoston lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, luovutushäviöt}}$	tilojen lämmitysjärj. lämmönluovuttimien (radiaattori, lattialämmitys) lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, säätöhäviöt}}$	tilojen lämmitysjärj. säätöjärjestelmästä johtuva lämpöhäviöenergia, kWh
$Q_{\text{lämmitys, tilat, varaajahäviöt}}$	tilojen lämmitysjärj. lämmitysvesivaraajan lämpöhäviöenergia, kWh

## 6 ILMASTOINTI JA LÄMMÖNTALTEENOTTO

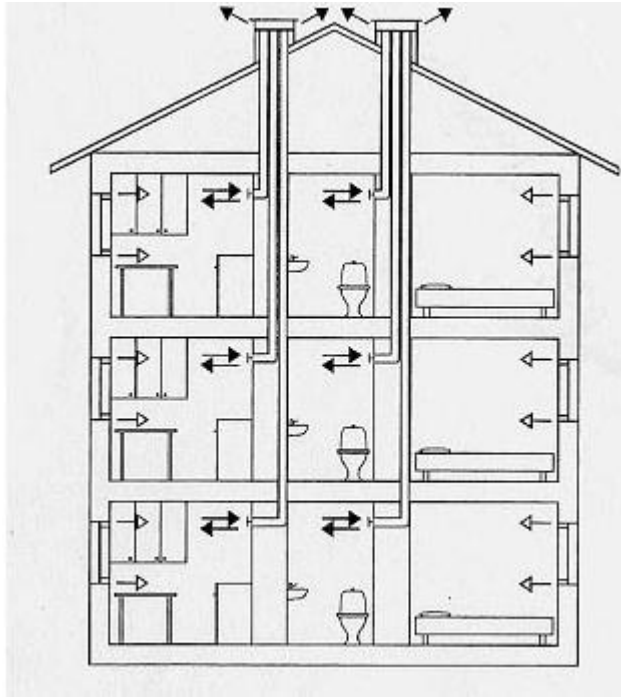
Ilmanvaihto- ja ilmastointijärjestelmät poikkeavat toimintaperiaatteiltaan täysin toisistaan. Järjestelmän valintaan vaikuttavat monet tekijät, kuten rakennustyyppi, rakennuksen käyttötarkoitus ja koko sekä sisäilmalta vaadittavat ominaisuudet.

Ilmanvaihdoilla tarkoitetaan RakMk osan D2 mukaan yleisesti huoneilman, eli hengitysilman, laadun ylläpitämistä tai parantamista ilmaa vaihtamalla. Tavallisimpia ilmanvaihtojärjestelmiä ovat:

- painovoimainen ilmanvaihto
- koneellinen poistoilmanvaihto
- koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä. [9, s. 24.]

### 6.1 Painovoimainen ilmanvaihto

Painovoimaisessa ilmanvaihdossa (kuva 6) käytetään ns. erillishormijärjestelmää, missä jokaisesta poistoventtiilistä johdetaan ilma omaa hormia pitkin vesikaton yläpuolelle. Paloturvallisuuden ja asumishygienian vuoksi hormoneja ei voida yhdistää, sillä tietyissä oloissa ilma voisi siirtyä huoneistoista toiseen. Korvausilma tulee yleensä rakennuksen vaipan rakojen tai lämmityspatterien yläpuolelle asennettujen rakoventtiilien kautta. Painovoimaista ilmanvaihtoa käytetään yleisesti pientaloissa sekä 50 -luvulla rakennetuissa ja vanhemmissa asuinkerrostaloissa. [9, s. 25.]



Kuva 6. Painovoimainen ilmanvaihto (erillishormijärjestelmä) [10, s. 35].

Painovoimainen ilmanvaihto perustuu ulko- ja sisäilman lämpötilaeroista syntyneisiin tiheyseroihin sekä tuulen vaikutukseen. Tästä johtuen painovoimainen ilmanvaihto toimii tehokkaimmin talvella. Ilmanvaihtoa voidaan tehostaa avaamalla ikkunoita tai käyttämällä keittiön poistokohteessa liesituuletinta. Poistosäleiköt tai venttiilit sijoitetaan keittiöön, kylpyhuoneeseen ja WC:hen. [9, s. 24.]

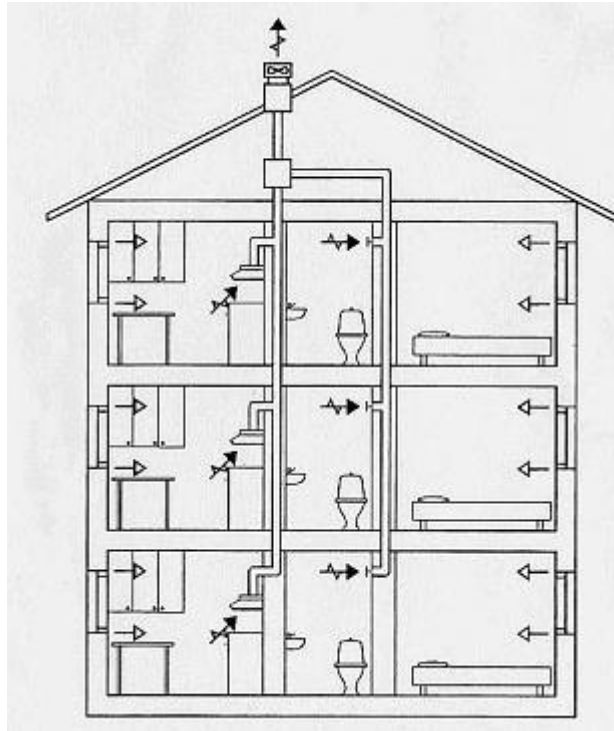
Yleisimmät korjaustarpeet ovat ulkoilmareittien parantaminen, poistoilmaventtiilien uusiminen sekä poistoilmahormien puhdistus ja tiivistys [11, s. 11].

## 6.2 Koneellinen poistoilmanvaihto

Ilman poistosta huolehtii poistoilmapuhallin tai huippuimuri, jolloin ilmanvaihto ei juurikaan riipu sääolosuhteista. Koneellisessa poistoilmanvaihdossa (kuva 7) ilma imetään puhaltimen avulla asunnoista samalla kun korvausilma virtaa sisään ulkovaipan vuotokohtien ja/tai korvausilmareittien kautta. Huonosti säädettyssä järjestelmässä esiintyy vetoa ja melua, koska joidenkin venttiilien ilmavirrat ovat liian suuret. Toisaalta joidenkin tilojen ilmanvaihto voi olla riittämätön. Riittämätön korvausilman saanti johtaa hajujen leviämiseen asuntojen välillä ja vaikeuteen asunnon oven avaamisessa. Poistokanavisto sekä poisto- ja

korvausilmaventtiilit tulee puhdistaa säännöllisesti, kanavisto 5...10 vuoden välein ja venttiilit vuosittain. [12.]

Koneellisessa poistoilmanvaihdoissa saadaan tarvittava alipaine poistokohteisiin poistopuhallinta tai huippuimuria käyttäen [9, s. 25].



Kuva 7. Koneellinen poistoilmanvaihto [10, s. 35].

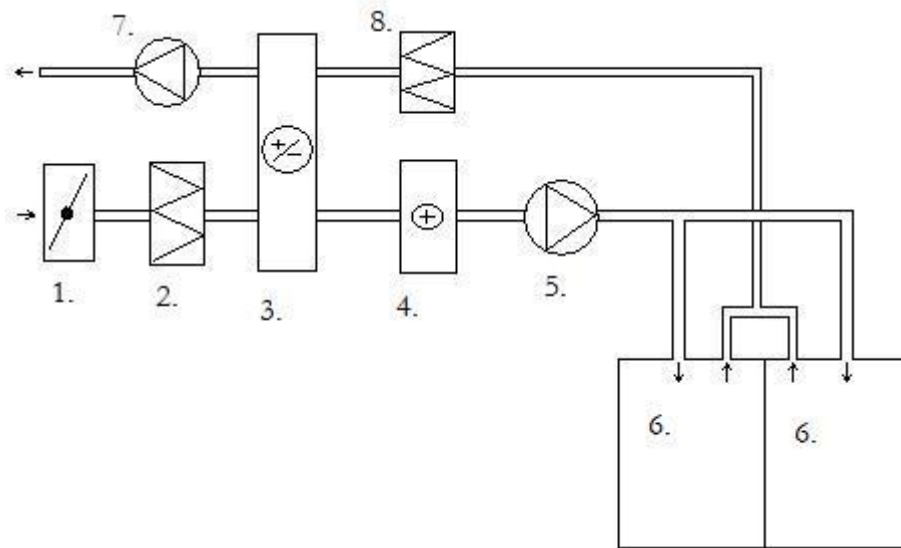
Yleisimpiä korjaustarpeita ovat poistoilmapuhaltimen kunnostus, kello-ohjauksien säätö ja korjaus sekä täyden tehon käyntiajan lisääminen tarpeenmukaiseksi, ulkoilmareittien parantaminen ja kunnostus, kanavistojen puhdistus ja tiivistäminen sekä ilmavirtojen säätö. [11, s. 12].

### 6.3 Koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto

Nykyisin lämmön talteenotolla varustettu koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä on yleisin ilmanvaihtotapa. Koneellisessa tulo- ja poistoilmanvaihdoissa ilma puhalletaan myös sisään koneellisesti. Tuloilmaa ei johdeta ulkoilman lämpöisenä sisälle, vaan se

lämmitetään eikä ikävää vedon tunnetta esiinny. Koneellinen tuloilma mahdollistaa lämmöntalteenoton poistoilmasta (kuva 8) ja paremman ilman suodatuksen. Lämmön talteenottojärjestelmän etu on poistettavan ilman lämmön saaminen hyödyksi ja siten parempi energiatehokkuus. Kerrostalossa koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihtojärjestelmä voidaan toteuttaa asunto- tai rakennuskohtaisilla laitteilla. Asuntokohtaisessa järjestelmässä jokaisessa asunnossa on oma ilmanvaihtokone, jonka tehoa asukas voi säätää tilanteen mukaan; saunoessa ja peseytyessä suuremmalle ja poissaolojen ajaksi pienemmälle teholle. [13.]

Yleisimmät korjaustarpeet ovat äänenvaimennuksen parantaminen, suodattimien uusiminen ja suodatustason parantaminen, ilmavirtojen säätö sekä ilmanvaihtokoneen puhdistaminen [11, s. 13].



Kuva 8. Koneellinen tulo- ja poistoilmajärjestelmä varustettuna lämmöntalteenotolla [9, s. 26].

Kuvan 8 numeroinnin selitykset:

- |   |                                 |
|---|---------------------------------|
| 1. Sulkupelti                                   | 5. Tuloilmapuhallin             |
| 2. Tuloilman suodatin                           | 6. Huonetila                    |
| 3. LTO yhdistettynä tulo- ja poistoilmakanaviin | 7. Poistoilmapuhallin           |
| 4. Tuloilman lämmityspatteri                    | 8. Poisto- eli jäteilmasuodatin |

#### 6.4 Lämmöntalteenoton merkitys

Yleisimmin käytetyt lämmöntalteenottolaitteet ovat alumiinista tehtyjä levylämmönsiirtimiä, jotka ovat rakenteeltaan kennomaisia. Lämpö siirtyy poistoilmasta sisään puhallettavaan ulkoilmaan suoraan ilmavirtoja erottavan levyn lävitse (kuva 8). Lämmön talteenottolaitteen tehokkuus ilmaistaan tuloilman lämpötilahyötysuhteella, joka on laitteesta riippuen 60...80 %. Lämpötilahyötysuhde kuvaa laitteen hetkellistä toimintaa. Saavutettavista säästöistä antaa paremman kuvan koko vuoden keskimääräinen energiahyötysuhde eli vuosihyötysuhde. Vuosihyötysuhde kuvaa sitä osuutta ilmanvaihdon koko vuoden energiankulutusta, mikä saadaan talteen lämmöntalteenottolaitteessa. Vuosihyötysuhteen arvo on lämpötilahyötysuhdetta pienempi ja riippuu siitä, kuinka suuri osa poistoilmavirrasta kulkee lämmöntalteenottolaitteen kautta. [10, s. 88].

#### 6.5 Lämmöntalteenotto ammattikeittiöissä, Retermia LTO

Keittiöiden poistoilma on lämmintä ja kosteaa, eli siinä on suuri lämpösisältö. Useimmiten keittiöiden ilmanvaihtokoneissa ei ole lämmöntalteenottoa keittiöilman epäpuhtauksien kuten esimerkiksi rasvan takia.

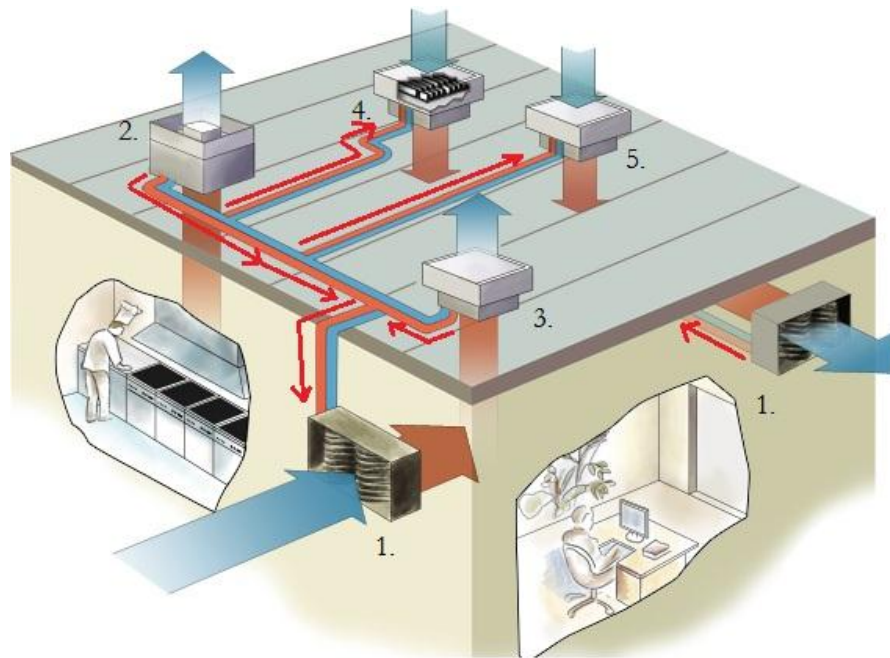
Retermia Oy on kehittänyt ja patentoinut neulalämmönsiirtimeen ja siihen liittyvän valmistusmenetelmän, jotka mahdollistavat hygieenisten ja energiaa säästävien lämmöntalteenottoratkaisujen toteuttamisen. Neulalämmönsiirrin ottaa poistoilman lämpöenergiaa talteen ja sitoo sen lämmönsiirtonesteeseen. Neste pumpataan tulopuolen lämmönsiirtimeen, missä nesteen sisältämä lämpöenergia esilämmittää tuloilman. Näin saadaan tuloilman vuotuisesta lämmitysenergian tarpeesta katetuksi 50...70 % poistoilman lämpöenergialla. [14.]

Retermian neulalämmöntalteenotto toimii rasvaisessa keittiön poistoilmassa. Retermia LTO soveltuu asennettavaksi sekä uudisrakennuksiin että olemassa oleviin rakennuksiin. Vanha ilmastointijärjestelmä voidaan muuttaa energiatehokkaammaksi, puhaltimia tai muita laitteita uusimatta. [14.] [15.]

Neulalämmönsiirrin tulee käytössä edullisimmaksi LTO-ratkaisuksi. Saneerauskohteissa välttyään uusien IV-laitteiden ja osien hankintakustannuksilta. Esimerkiksi pääsuodattimen

käyttöikä pitenee noin kolminkertaiseksi, jolloin säästetään suodatinkustannuksissa. Poistopuolella suodatinta ei tarvita. Takaisinmaksuaika riippuu ostoenergian laadusta ja hinnasta sekä päivittäisestä ilmanvaihdon käyntiajasta. [14.]

Kuvassa 9 on esitetty Retermia LTO -laitteiden toimintaperiaate sekä laitteiston sijoitusmahdollisuudet.



Kuva 9. Retermia LTO -laitteiden toimintaperiaate. Punaisella nuolella on kuvattu jäteilman talteen otettua lämpöenergiaa, joka hyödynnetään jälleen tuloilman lämmityksessä. Kuva Retermia Oy:n luvalla. [14.]

- 1 Neulalämmönsiirrin voidaan asentaa ulkosäleikön tilalle tulo- ja poistopuolella, kanavan osaksi tai ilmanotto- tai poistoilmakammioon. Ulkoilmasäleikön tilalle asennettuna neulalämmönsiirrin suojaa kaikkein tehokkaimmin IV-kanavistoa lumi- ja kosteusongelmilta. Poistopuolella neulalämmönsiirrin ottaa jäteilman lämpöenergian talteen ja kuljettaa sen uudestaan tuloilmapuolelle.
- 2 LTO-huippuimurin tyypillinen käyttökohde on uudis- ja saneerausrakennusten poistopuoli. Neulalämmönsiirtimen alhaisen ilmapuolen painehäviön ansiosta myös saneerauskohteiden vanhat huippuimurit voidaan muuttaa LTO-huippuimureiksi ilmanvirtojen kuristumatta.
- 3 Ulospuhalluskatos sijoitetaan katolle, ilman poistopuolelle. Lämpöenergia siirretään takaisin tulopuolen lämmönsiirtimeen.

- 4 Retermia-ilmankäsittelykatos esilämmittää ja kuivaa tuloilman ennen kuin se saavuttaa pääsuodattimen. Neulalämmönsiirrin sulattaa lumen, joka poistuu vetenä viemäröintiyhteen kautta. Suodattimelle tullessaan ilma on kuivaa, jolloin suodatin pysyy toimintakuntoisena pahimmillakin lumipyryillä.
- 5 Ilmanottokatos sijoitetaan katolle, ilman tulopuolelle. LTO voidaan lisätä myös olemassaolevan ulospuhalluspiipun päälle.

Retermia LTO:n edut:

- Suuri liankeräyskyky sekä helppo puhdistettavuus, poistopuolella ei tarvita suodattimia.
- Soveltuu rasvapoistojen, autohallien, hitsauspoistojen lämmön talteenottamiseen.
- LTO-laitteet voidaan sijoittaa rakennuksen ulkopuolelle ja koskematta olemassa oleviin ilmanvaihtokoneisiin.
- Helppo asentaa myös saneerauskohteeseen, kevyt ja vaivaton asennus.
- Olemassa olevan ilmanvaihdon lämmittämiseen kuluvan energian määrä pienentyy aina vähintään 20...40 %. [15.]



## 7 LÄMPIMÄN KÄYTTÖVEDEN ENERGIAN VÄHENTÄMINEN

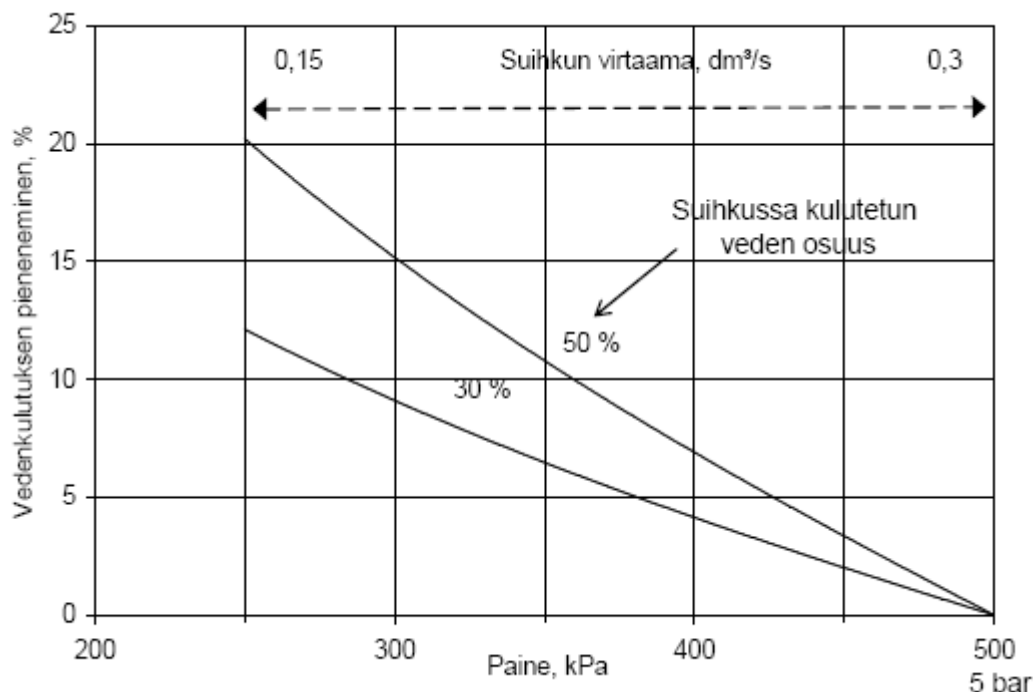
Lämpimän käyttöveden energiankulutukseen voidaan vaikuttaa korjaustoimenpiteillä eli laiteteknisillä ja käyttöteknisillä keinoilla. Eri keinojen yhteisvaikutus on korjauskohteissa suuri. Vuokatinhovi on lomailukohde, ja tällaisissa tapauksissa käyttöveden lämmityksen pienentämiseen voidaan parhaiten vaikuttaa korjausteknisillä toimenpiteillä.

Sekä veden että lämmitysenergian säästöön vaikuttavia keinoja ovat esimerkiksi:

- vesijohtoverkoston oikea mitoitus ja toteutus,
- vesilaitteiston paineen ja vesikalusteiden virtaamien säätö,
- kiinteistökohtaisen vakiopaineventtiilin käyttö tarvittaessa,
- lämpimän käyttöveden lämpötilan asetus ja kiertojohdon virtaaman mitoitus,
- lämpimän käyttövesijärjestelmän lämmöneristys,
- vesilaitteiston vesitiiviys ja vuotojen havaittavuus,
- WC-laitteiden ja muiden vesikalusteiden huolto,
- kohdekohtaisen vedenkulutuksen mittaus, seuranta ja analysointi.

### 7.1 Paineen alennus

Paineenalennusventtiilillä (ns. vakiopaineventtiili) voidaan useissa tapauksissa saada aikaan merkittävää säästöä vedenkulutuksessa. Esimerkiksi 200 kPa:n paineenalennuksella saadaan kulutusta pienennettyä noin 10...15 % verrattuna tilanteeseen, jossa painetaso olisi 500...600 kPa (kuva 10). Paineenalennus on toteutettava siten, ettei käyttömukavuus kuitenkaan heikkene. [16.]



Kuva 10. Vesijohtoverkoston paineen vaikutus veden kokonaiskulutukseen, kun parametrinä on suihkussa kulutetun veden osuus kokonaiskulutuksesta. Esimerkiksi lähtöpaine on 500 kPa, jolloin suihkun virtaama on 0,3 dm<sup>3</sup>/s. [16.]

Jos kiinteistön vesilaitteistolle käytettävissä oleva paine päävesimittarin jälkeen on yli 500 kPa, käytetään paineenalennusventtiiliä. Yli 500 kPa:n veden painetaso on liian suuri ja vesikalusteiden mitoitusvirtaamat ylittyvät [8]. Liian suuri painetaso aiheuttaa ääniongelmia, kuten esimerkiksi putkien ja vesilaitteistojen haitalliset paineiskut, sekä liian suuria virtausnopeuksia, jolloin vettä kuluu turhaan [16].

Jos paine on 350...500 kPa, voidaan paineenalennusventtiiliä käyttää riippuen kerroskorkeudesta ja vesikalusteiden painehäviöistä normivirtaamilla. Tämä edellyttää virtaamien mittauksia vesikalusteilla. Mikäli rakennuksen vesikalusteiden virtaamat ylittävät 1,5 kertaa tai enemmän kyseisten kalusteiden normivirtaaman, on paineenalennus suositeltavaa. [16.]

Paineenalennus- tai vakiopaineventtiili maksaa asennettuna noin 250 € / kpl. Tapauksissa, joissa paineenalennus on tarpeellista, on investointi kannattava.

Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 taulukosta (taulukko 6) huomataan, että esimerkiksi suihkuhanan virtaamaksi riittää 12 litraa minuutissa eli  $0,2 \text{ dm}^3/\text{s}$  ja käsienspesuhanassa 6 litraa minuutissa eli  $0,1 \text{ dm}^3/\text{s}$ .

Taulukko 6. Mitoituksessa käytettäviä normivirtaamia [8].

Vesipiste	Normivirtaama $\text{dm}^3/\text{s}$	
	Kylmä vesi	Lämmin vesi
Astianpesuallas	0,2	0,2
Astianpesukone kotitaloudessa	0,2	[0,2]
Pesuallas	0,1	0,1
Suihku	0,2	0,2
WC-istuin	0,1	
Pesukone talopesulassa tai vast.	0,4	
Vesiposti kerrostalossa tms., DN20	0,4	
Laskuhana, tasapohja-allas	0,2	0,2
Pesuistuin	0,1	0,1
Urinaalin huuhteluventtiili	0,4	
Urinaalin huuhteluhana	0,2	
Ryhmäpesuallas (n kpl)	$0,07 + 0,03$ n	$0,07 + 0,03$ n
Sarjaan kytketyt urinaalit	$0,14 + 0,06$ n	
Ryhmäsuihku (n kpl)	$0,14$ n	$0,14$ n

## 7.2 Kalusteiden vaihto

Vesihanojen veden kulutus riippuu käyttöajan lisäksi paineesta ja kalusteen normivirtaamasta. Vanhojen kaksiotehanojen virtaamat ovat hyvin suuret ja oikeanlämpöisen veden löytämiseen kuluu aikaa ja vettä. Uusimmissa hanoissa on maksimivirtaaman rajoitin, jota käytetään lyhytaikaisessa huuhtelussa. Virtaama on tällöin vain noin 75 % normivirtaamasta. Vielä yksiotehanaakin vähemmän vettä kuluttavat elektronisesti ohjatut hanat. [16.]

Hanoihin on saatavissa myös säästöporesuuttimia, jotka lisäävät painehäviötä ja siten pienentävät virtaamaa. Poresuuttimet sekoittavat ilmaa veden joukkoon, jolloin virtaama tuntuu runsaalta. Suuttimet ovat edullisia ja maksavat itsensä takaisin parissa kuukaudessa.

Suihkussa on tärkeää ja energiatehokasta vaihtaa suihkusuutin, joka on suunniteltu pienemmille virtaamille. [16.]

Uudenaikaiset wc-istuimet kuluttavat vettä alle puolet vanhoihin verrattuna. Taulukossa 7 on esitetty vesikalusteiden investointikustannuksia.

Taulukko 7. Vesikalusteiden investointikustannuksia [17].

Kalusteen uusiminen	Kustannus			
	yksikkö	€	€/m <sup>3</sup>	€/m <sup>2</sup>
Suihkukalusteet	kpl	250		
Vesikalusteet	kpl	150		
WC-istuin	kpl	400	1,3	4,0
Vedenkulutuksen mittaus	kpl	500	1,50	5

### 7.3 Esimerkki kulutuksen vähentämisen tuottamasta säästöstä

Oletetaan, että Vuokatinhovissa matkailija peseytyy kerran päivässä. Hän viipyy suihkussa 10 min/kerta. Hän viettää suihkussa siis 600 sekuntia/päivä. Tässä tapauksessa lämpimän veden virtaama on taulukosta 6 poiketen 0,25 l/s peseytymisen aikana. Lämpimän käyttöveden lämpötila on 55 °C. Kylmän käyttöveden lämpötila on 5 °C.

- Lämmintä vettä kuluu peseytymiseen päivässä  $600 \text{ s} * 0,25 \text{ l/s} = 150 \text{ litraa}$ .
- Lämmitysenergiaa kuluu siis päivässä  $58 \text{ kWh/m}^3 * 0,15 \text{ m}^3 = 8,7 \text{ kWh}$ .

Suihkujen virtaamat säädetään taulukon 6 asettamille arvoille ja mahdollisesti asennetaan vielä uudet virtaamaa pienentävät poresuuttimet. Oletetaan lämpimän veden virtaaman pienentyvän arvoon 0,18 l/s.

- Suihkussaolotottumukset pysyvät samoina  $10 \text{ min/pv} = 600 \text{ s/pv}$ .
- Lämmintä vettä kuluu peseytymiseen päivässä  $600 \text{ s} * 0,18 \text{ l/s} = 108 \text{ litraa}$ .
- Lämmitysenergia:  $58 \text{ kWh/m}^3 * 0,108 \text{ m}^3 = 6,26 \text{ kWh}$ .
- Lämmintä käyttövettä säästyy  $42 \text{ l} * 365 \text{ pv} = 15,33 \text{ m}^3 \text{ vuodessa}$ .
- Lämmitysenergiaa säästyy  $58 \text{ kWh/m}^3 * 15,33 \text{ m}^3 = 889,14 \text{ kWh vuodessa}$ .

- Vuokatinhovissa pelkästään mökkirakennusten osalta on 36 suihkua.
- Jos jokaisessa suihkussa on käyttäjä, jolla on samanlaiset käyttötottumukset suihkussa käynnin osalta, säästyy vuodessa  $36 * 889,14 \text{ kWh} = 32\,009,04 \text{ kWh} = 32 \text{ MWh}$  lämmitysenergiaa.

## 8 LÄMMITYSJÄRJESTELMIEN VERTAILU

Lämmitystavalla on suuri vaikutus rakennuksen lämmityskustannuksiin. Eri lämmitystapojen välillä on eroa siinä, kuinka paljon ostetusta energiasta saadaan hyötykäyttöön. Käyttökustannusten ero syntyy ostettavan energian määrästä ja hinnasta. Tässä työssä vertaillaan ainoastaan uusiutuvia energialähteitä ja ekotehokkuuden kannalta pienipäästöisimpiä energiantuottojärjestelmiä sekä RAVES Oy Vuokatinhovissa olevia lämmitysenergiantuottojärjestelmiä.

Varaavalla lämmityksellä tarkoitetaan sellaista järjestelmää, jossa lämpöenergiaa varataan lämmitysveteen tai kivrakenteeseen ja käytetään tarpeen mukaan. Varastointi kannattaa silloin, kun energian hinta tai lämmitystarve vaihtelee paljon. Yöaikaan sähköenergian hinta on alhaisempi kuin päivällä. Tällöin sähkölämmityksessä suositetaan varaavaa lämmityssysteemiä.

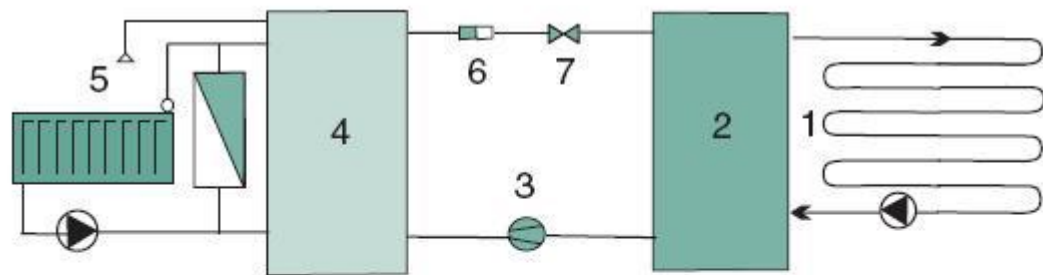
Lämmitysjärjestelmän valintaan vaikuttavat rakennuksen koko ja ominaisuudet, rakennuspaikka, ympäristövaikutukset ja taloudellisuus. Esimerkiksi jos rakennus kuluttaa vähän lämmitysenergiaa, on lämmitystavalla pienempi merkitys kuin enemmän kuluttavalla rakennuksella.

Lämmitysjärjestelmien investointikustannukset ovat usein suuria, mikäli kyseisillä järjestelmillä on matalat käyttökustannukset. Vastaavasti hankintahinnaltaan edullisen järjestelmän kokonaiskustannuksia kasvattaa energian kalliimpi yksikköhinta.

### 8.1 Maalämpö

Maalämpöjärjestelmä (kuva 11) käyttää hyödykseen joko maaperän pintakerrokseen tai vesistöön varastoitunutta aurinkoenergiaa. Tämä energia kerätään maasta joko porakaivoilla eli pystyputkilla tai vaakaputkistolla. Porakaivo sopii lämmönlähteeksi, jos peruskallio on riittävän lähellä maan pintaa. Porakaivo on yleensä 150...200 metriä syvä. Tarvittaessa porakaivoja voidaan tehdä useampia, jolloin kaivojen väliset etäisyydet tulee olla vähintään 15 metriä. Vaakaputkisto on mahdollinen ratkaisu, mikäli tontti on riittävän iso. Kosteaa savimaa on lämmön tuoton kannalta parempi kuin hiekkamaa. Vaakaputkisto asennetaan noin metrin syvyyteen. [18.]

Lämmönkeruuputkisto voidaan myös ankkuroida vesistön pohjaan, jolloin lämpö otetaan vedestä. Keruuputkiston kannalta sopiva ranta on vähintään 2 metriä syvä jo lähellä rantaviivaa. Putket upotetaan painoilla pohjaan tai pohjamutaan. Veden hyvien lämmönsiirto-ominaisuuksien takia vesistössä olevasta putkituksesta pystytään ottamaan suurempia tehoja ja energiamääriä kuin vastaavasta maaputkituksesta. Suunnittelussa täytyy kuitenkin varmistua siitä, ettei veden lämpötila putken ympärillä laske talvellakaan alle +1 °C:n. Vesistöstä vuodessa saatava teho on 70...80 kWh/putkimetri. [18.]



1 maapiiri  
2 höyrystin  
3 kompressorin  
4 lauhdutin

5 lämmitysverkosto  
lämmin käyttövesi  
6 suodatin  
7 paisuntaventtiili

Kuva 11. Maalämpöjärjestelmän periaate [19].

Maalämpöjärjestelmän keruuputkiston talteen ottama lämpöenergia siirretään höyrystimen, kompressorin ja lauhduttimen läpi rakennuksen tarpeisiin. Tutkimusten mukaan noin 3 % vuosittaisesta auringon maahan varastoituvasta energiasta riittää kattamaan vuotuisen lämmöntarpeemme maalämmöllä. Maalämpö on varma ja tasainen lämmönlähde ympäri vuoden. Maalämpöpumpun keskimääräinen käyttöikä on 15...20 vuotta. Lämpöpumppu koostuu erillisistä komponenteista, joten esimerkiksi rikkoutuneen kompressorin vaihtaminen on vaivatonta. Kompressorin uusiminen tulee ajankohdaksi reilun 15 vuoden jälkeen maalämpöpumpun käyttöönotosta. [20.]

Maalämpöpumpun hankintahinta on melko korkea, mutta sillä tuotettu lämpöenergia on edullista. Maalämpöpumpun kannattavuus on suuremmissa taloissa parempi. Jos talon koko on 130 m<sup>2</sup> tai sitä suurempi, maalämpöpumppu kannattaa ottaa yhdeksi vertailtavaksi vaihtoehdoksi. [20.]

Maalämpöpumpun maksimiteho tulisi mitoittaa vastaamaan 50...70 % rakennuksen lämmitystehon maksimitarpeesta, jolloin lämpöpumppu tuottaa Suomen olosuhteissa lämmitysenergian kokonaisvuositarpeesta peräti 85...98 %. Näin lämpöpumppu käy hyvällä hyötysuhteella pitkiä jaksoja lämmityskaudella ja huipputehon lisatarve katetaan lisävastuksella muutamina talven kylmimpinä päivinä. [20.]

Maalämpö luokitellaan uusiutuvaksi energiaksi. Lämpöpumpun tehokkuutta kuvaa lämpökerroin (COP - Coefficient Of Performance). Se kertoo, kuinka paljon pumppu tuottaa lämpöä verrattuna sen käyttämään sähköenergiaan. Maalämpöpumppujärjestelmän keskimääräinen lämpökerroin on 2,6...3,6. Kokemusperäisten tietojen mukaan lämpökerroin on yleensä 3,0. Tässä tapauksessa lämpökerroin tarkoittaa sitä, että esimerkiksi 15 000 kWh:n lämmitysenergian tuottaminen kuluttaa noin 5000 kWh sähköä. [20.]

Haittana maalämmössä on, että lämmityspattereita jouduttaisiin suurentamaan Vuokatinhovin mökkirakennuksissa, koska maalämpö tuottaa matalampaa kiertoveden lämpötilaa, jolloin joudutaan suurentamaan lämmönluovutuksen pinta-alaa. Paras hyötysuhde saataisiin, jos lämpö voitaisiin jakaa vesikiertoisen lattialämmityksen avulla.

## 8.2 Pelletti

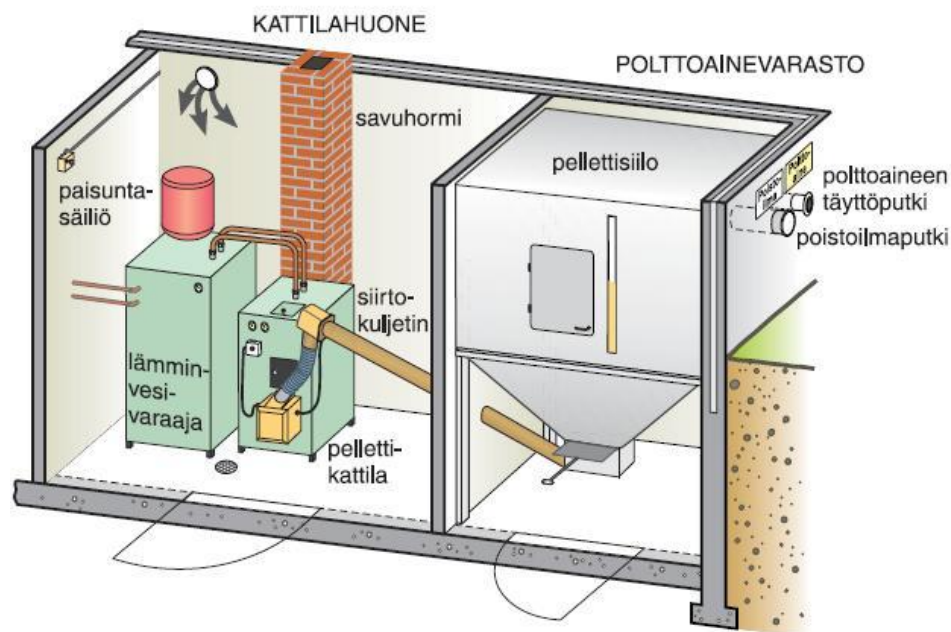
Puupelletit tehdään pääasiassa mekaanisen puunjalostusteollisuuden sivutuotteista, kuten sahanpurusta ja kutterinlastusta. Ne ovat uusiutuvaa bioenergiaa, jolloin niiden polttamisesta syntyvä hiilidioksidi sitoutuu takaisin kasvavaan puustoon. Toisaalta puupolttoaineiden tuotanto, raaka-aineiden hankinta ja kuljetus aiheuttavat hiilidioksidipäästöjä, jotka ovat arvion mukaan 18 kg CO<sub>2</sub>-ekv/MWh. [21, s. 9.]

Puupelletit sisältävät tilavuuteen nähden paljon energiaa ja niiden lämpöarvo on 4,5...5,0 kWh/kg. Puupelletti on tasalaatuista ja kuivaa. Siinä on vettä vain 8...12 % kokonaispainosta. Alhaisen kosteuspitoisuuden takia pientenkin laitteiden palamislämpötila saadaan korkeaksi, jolloin savukaasut sisältävät vähemmän ympäristöä haittaavia päästöjä.



Puun pienpoltossa pienhiukkaspäästöt nähdään yleisesti merkittävimpinä ympäristöhaittoina. Pellettien etuna voidaan pitää pienhiukkasten vähyyttä sekä korkeampaa hyötysuhdetta (jopa 90 %), jolloin puun sisältämä energia käytetään tehokkaammin hyväksi. Pelletin haittana voidaan nähdä valmistukseen kuluva energia ja siitä johtuvat päästöt. [21, s. 9.]

Pellettilämmityskattila ja polttoainevarasto (kuva 12) eli pellettisiilo sijoitetaan aina omiin erillisiin, toisistaan ja muista tiloista osastoituihin tiloihin. Tilat voidaan rakentaa lämmitettävän rakennuksen yhteyteen tai erilliseksi kattilalaitosrakennukseksi. Paloturvallisuuden kannalta erillisen kattilalaitosrakennuksen rakentaminen on suositeltavaa. Tilat osastoidaan vähintään Suomen rakentamismääräyskokoelman osassa E9 *Kattilahuoneiden ja polttoainevarastojen paloturvallisuus* annettujen ohjeiden mukaan. Pellettilämmitysjärjestelmän rakentamiseen saattaa olla lisäksi paikkakuntakohtaisia vaatimuksia ja ohjeita. [22.]



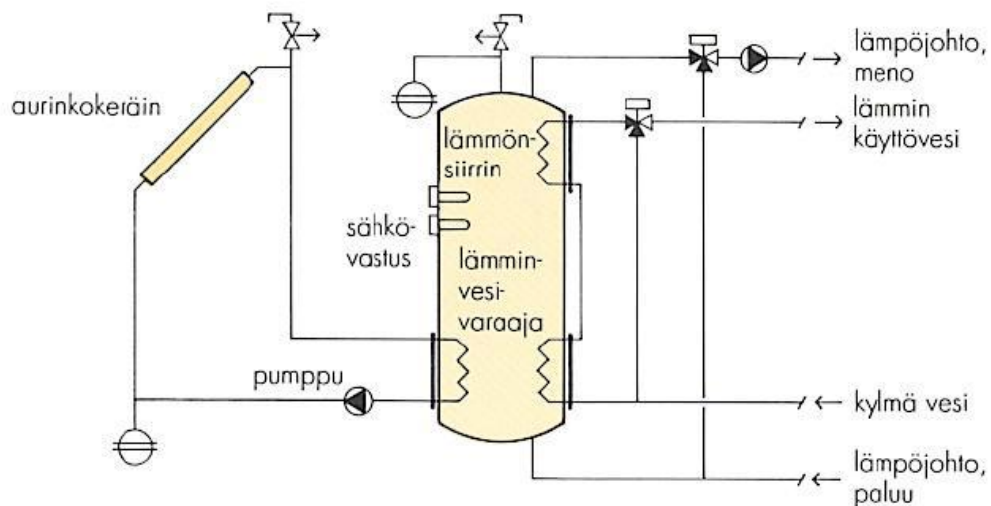
Kuva 12. Pellettilämmitysjärjestelmä [21].

Lämmönjako tapahtuu vesikiertoisesti joko patterien tai lattialämmityksen avulla. Uudiskohteiden lisäksi pellettilämmityksen voi mainiosti asentaa vanhaan vesikiertoiseen lämmönjakojärjestelmään. Lämminvesivaraaja tehostaa käyntiaikoja ja parantaa laitteiston käyttöastetta. [23.]

### 8.3 Aurinkolämpö

Aurinkolämpöjärjestelmissä lämpöenergiaa otetaan talteen aurinkokerääjillä ja siirretään lämpimään käyttöveteen tai vesikiertoiseen lämmitysjärjestelmään. Aurinkolämpö toimii yleensä lisälämmityksenä. Varsinaisena lämmönlähteenä voivat olla esimerkiksi sähkö-, pelletti-, öljy-, lämpöpumppuun perustuva lämmitys tai kaukolämpö. [23.]

Aurinkolämpöjärjestelmä koostuu aurinkokeräimestä, varaajasta, pumppu- ja ohjausyksiköstä sekä paisuntasäiliöstä (kuva 13). Tasokeräin on yleisin ja usein myös edullisin keräintyyppi. Tasokeräin asennetaan rakennuksen katolle, ja se suunnataan mahdollisimman etelään. Kattokaltevuudeksi valitaan 30...60 astetta, kun laitteistoa käytetään ympäri vuoden. Lämmitysjärjestelmän varaajaksi tai käyttövesivaraajaksi hankitaan malli, jossa on varaus aurinkopiirin lämmönsiirtimelle. [23.] [24.]



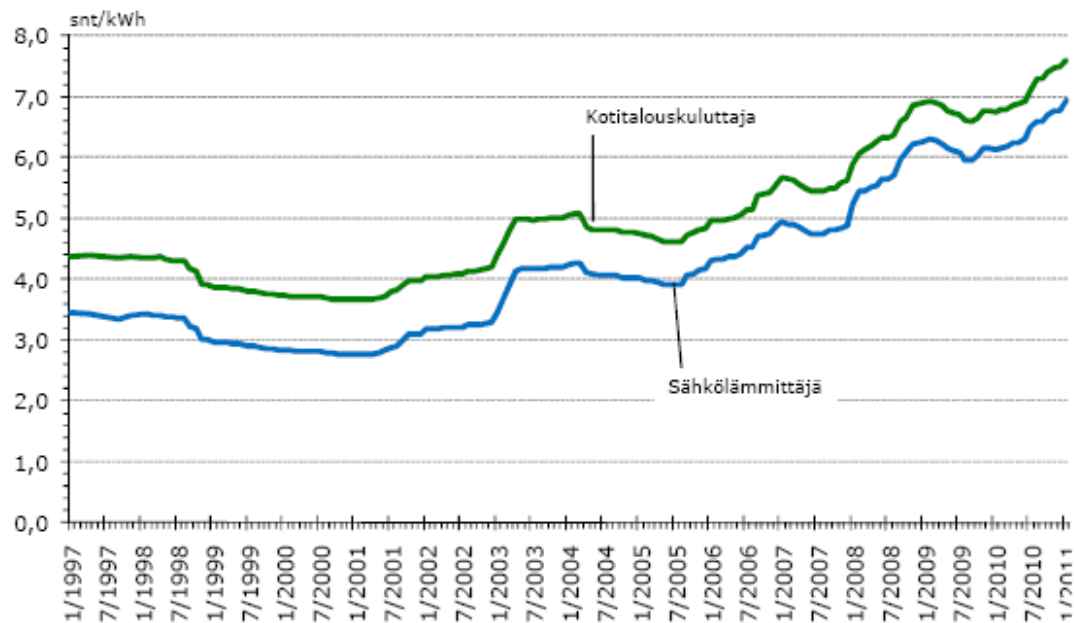
Kuva 13. Aurinkolämpöjärjestelmän periaate [25].

Yhden aurinkolämpöjärjestelmän hinta on noin 4000...8500 €. Tämä sisältää 300...750 litran käyttövesivaraajaan, noin 4,78...14,24 m<sup>2</sup> aurinkokeräinalan, pumppu- ja ohjausyksikön, paisunta-astian ja pakkasnesteen. Hintaan ei ole sisällytetty asennustyön osuutta järjestelmää kohden.

Jos aurinkolämpöä hyödynnetään vain käyttöveden lämmityksessä, järjestelmä kannattaa yleensä mitoittaa niin, että sillä tuotetaan noin puolet vuotuisesta lämpimän käyttöveden energian tarpeesta. Aurinkolämpöjärjestelmät eivät tarvitse erityisempää huoltoa. Suositeltavaa on, että keräinten pinta puhdistetaan siitepölykauden jälkeen. [24.]

## 8.4 Sähkölämmitys

Sähkö on Suomessa yleinen rakennusten lämmönlähde varsinkin pientaloissa. Sähkölämmityksessä energian hinta on korkeampi kuin muissa lämmitystavoissa. Sähköenergian verollista keskihinnan kehitystä on havainnollistettu kuvassa 14. Rakennuksen kannattaa olla lämmitettävän ilmatilavuutensa johdosta pieni tai rakennuksen ulkovaipan osien tulee olla tiiviitä, mikäli sähkölämmitykseen aiotaan päätyä.



Kuva 14. Sähköenergian verollisen keskihinnan kehitys. Kuva on energiamarkkinaviraston kalvokuvia sarjasta. [26.]

Lämmönjakotapana voi olla keskitetty tai huonekohtainen lämmitystapa.

### *Keskitetty sähkölämmitys*

Keskitetyllä sähkölämmityksellä voidaan lämmittää

- vesikiertoisia lämmityspattereita
- lattialämmitysputkistoja
- sisäänpuhallusilmaa.

Ilmalämmitys on erityisesti matala- ja passiivenergiatalojen lämmitysratkaisu. Lämmityslaite on yhdistetty ilmanvaihtojärjestelmään. Tuloilman päätelaitteessa on sähkövastus, joka

lämmittää tiloihin tuotavaa tuloilmaa. LTO:n noin 15 °C esilämmittämää ilmaa lämmitetään huonekohtaisesti termostaatin ohjaamana. [19.]

Lämmöntuottolaitteena on joko sähkövastuksilla varustettu varaaja tai sähkökattila, jos vesikeskuslämmityksen lämmönlähteenä on sähkö. Sähkövaraajia voidaan käyttää myös puukattiloiden yhteydessä. Kookas pystyvaraaja mahdollistaa myös aurinkoenergian hyödyntämisen. Sähkökattila tuottaa joka hetki talon tarvitseman lämmitysenergian sähkövastuksilla. Lämpö jaetaan huonetiloihin vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä (lattialämmityspotket tai vesikiertoiset lämmityspatterit). [19.]

#### *Huoneistokohtainen sähkölämmitys*

Huoneistokohtaisesti säädettävä sähkölämmitys voidaan toteuttaa usealla tavalla, kuten

- lattialämmityskaapeleilla
- sähköpattereilla
- kattolämmityksellä.

Kaapelilattialämmityksessä lämpö siirtyy huoneeseen pintoja lämmittävänä säteilylämpönä, loppu lämmittää huoneilmaa. Jatkuvatoiminen lattialämmitys on päällä vuorokauden ympäri termostaatin ohjaamana. Osittain varaavassa lattialämmityksessä betonilaatta lämmitetään edullisemman yösähkön aikana. Sitä voidaan täydentää esimerkiksi katto- tai patterilämmityksellä. Täysin varaavia eli pelkästään yösähkön aikana toimivia lattialämmitysratkaisuja ei kannata tehdä huonon säädettävyyden takia. Varaavuus myös lisää aina energiankulutusta. [23.]

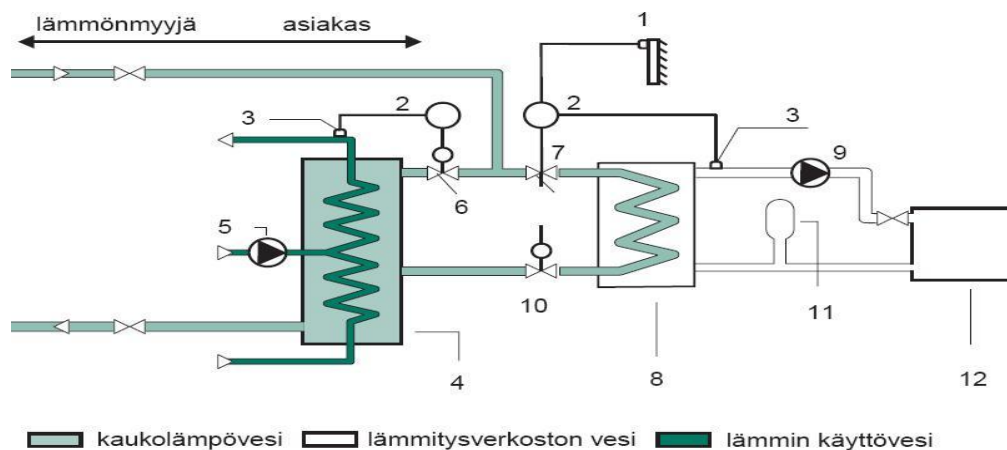
Patterilämmityksellä on hyvä hyötysuhde, ja se reagoi nopeasti lämmitystarpeen muutoksiin. Sähköpattereita on kahta päätyyppiä. Suljetussa lämmittimessä lämpö siirtyy huoneeseen pääasiassa lämpösäteilynä lämmittimen ulkopinnasta. Yhdistelmälämmitin lämmittää myös sen läpi virtaavaa ilmaa. Lämmitystä säädetään patterin omalla termostaatilla. Patterit sijoitetaan yleensä ikkunoiden alle, mistä ne parhaiten poistavat vedon tunnetta. [23.]

Kattolämmitys tarkoittaa kattorakenteeseen asennettuja lämmityskelmuja. Ne lämmittävät kattoverhoilun, joka luovuttaa lämmön lämpösäteilynä lattian, seinien, ikkunoiden ja huonekalujen kautta huoneilmaan. Kattolämmitystä säädetään erillisellä huonetermostaatilla. [23.]

Rakennukset tuottavat Suomen hiilidioksidipäästöistä noin 30 % ja suurin osa näistä päästöistä tulee rakennusten lämmittämisestä. Sähkölämmitys aiheuttaa tuntuvia hiilidioksidipäästöjä varsinkin talvikauden kovilla pakkasilla, jolloin sen päästökerroin on selvästi muita lämmitysmuotoja korkeampi. Sähkön kulutus- ja tuotantorakenteeseen perustuva Tampereen teknillisen yliopiston (TTY) kehittämä EKOREM-malli antaa lämmityssähkön (tilojen ja käyttöveden lämmitys) hiilidioksidipäästöjen arvoksi 0,4 kgCO<sub>2</sub>-ekv/kWh. [21.]

## 8.5 Kaukolämpö

Kaukolämmitys (kuva 15) on useiden kulutuskohteiden yhteinen lämmitysjärjestelmä, jossa vesi lämmitetään 70...120 °C-asteiseksi tuotantolaitoksella ja pumpataan kaukolämpöverkkoa pitkin asiakkaan lämmönjakokeskukseen. Kaukolämpövesi luovuttaa lämpöä lämmitys-, käyttövesi-, ja/tai ilmanvaihtoverkostoihin lämmönsiirtimen välityksellä. Kaukolämpövesi palaa tuotantolaitokselle uudelleen lämmitettäväksi. Kaukolämpö tuotetaan yleensä yhteistuotannossa sähkön kanssa, jolloin polttoaineen energiasta hyödynnetään 80...90 % ja ympäristöhaitat ovat pienet. Kaukolämmön tuotantolaitosten polttoaineita voivat olla esimerkiksi hiili, maakaasu, öljy, puu tai turve. [27.] [28.]



- |                              |                               |
|------------------------------|-------------------------------|
| 1 ulkoilmatermostaatti       | 7 lämmitysverkoston kesäsulku |
| 2 säätökeskus                | 8 lämmityksen lämmönsiirrin   |
| 3 tuntoelin                  | 9 lämmityspumppu              |
| 4 käyttöveden lämmönsiirrin  | 10 lämmityksen säätöventtiili |
| 5 käyttövesipumppu           | 11 paisuntasäiliö             |
| 6 käyttöveden säätöventtiili | 12 lämmitys-/iv-verkosto      |

Kuva 15. Kaukolämmön toimintaperiaate [27].

Kuvasta 15 nähdään kaukolämmön toimintaperiaate sekä lämmönjakokeskuksen osat, joita ovat lämmönsiirtimet, säätölaitteet, kiertovesipumput, paisunta- ja varolaitteet sekä putkistot, venttiilit ja mittarit.

Lämmönjakokeskuksessa kaukolämpövesi johdetaan lämmönsiirtimiin, joissa se jäähtyessään luovuttaa energiaa asiakkaan kiertoveteen huonetilojen, lämpimän käyttöveden ja/tai ilmanvaihtoilman lämmitykseen. Tilojen lämmityksellä ja ilmanvaihdolla voi olla yhteinen lämmönsiirrin. Lämmönsiirtimet mitoitetaan lämmitystehon mukaan käyttökohteittain. [27.]

Säätölaitteilla säädetään kaukolämpöveden virtaamaa niin, että asiakas saa aina tarvitsemansa lämpötehon käyttöönsä. Laitteet säättävät lämmitysverkoston lämpötilaa, niin että huonelämpötilat pysyvät tasaisina ja rakennuksen tehontarve ja energiankulutus mahdollisimman pieninä. [27.]

#### 8.5.1 Kaukolämpölaitteiden uusiminen

Kaukolämpölaitteiden teknistaloudellinen käyttöikä on 20...25 vuotta. Laitteet kannattaa yleensä uusida kerralla. Teknistaloudellisella käyttöiällä tarkoitetaan sitä, että laitteiden uusiminen ajoitetaan sellaiseen ajankohtaan, jolloin laitteiden korjauskustannukset tulevat kokonaisuutena kalliimmaksi kuin uuden laitteiston hankkiminen. Kaukolämpölaitteiden käyttöikään vaikuttaa esimerkiksi valittujen laitteiden laatu, suunnittelu ja asennus, laitteiden käyttö (esim. säätölaitteiden viritys) ja veden laatu. [27].

Kaukolämpölaitteiden käyttöikä vaihtelee kuitenkin paljon ja on riippuvainen monista eri osatekijöistä, joten asiantuntijakaan ei voi täsmällisesti sanoa, milloin kaukolämpölaitteet on uusittava. Laitteiden kuntoa tuleekin seurata säännöllisesti asennuksesta lähtien. Seurattavia kohteita ovat esimerkiksi lämmönsiirtimien vuodot (säännölliset tiiviystarkastukset), lämmön- ja vedenkulutustilastot vähintään kuukausitasolla. Lämmön- ja vedenkulutuksen muutos saattaa olla merkki siirtimien vuodoista tai säätöjärjestelmien puutteellisesta toiminnasta. [28.]

### 8.5.2 Kaukolämmön tilausteho

Yleensä kaukolämmön toimittaja laskee kiinteistölle kiinteistön tarvitseman lämpötehon eli tilaustehon. Tilausteho on määritelty paikkakuntakohtaisesti valitun mitoituslämpötilan mukaan, ja sen avulla kaukolämmön toimittaja määrittelee myös kiinteistön sopimusvesivirran (tilausvesivirta). Tilausteho on suurin kaukolämpöteho, jonka lämmönmyyjä sitoutuu toimittamaan asiakkaalle, mittayksikkö on kW. Sopimusvesivirta on suurin kaukolämpövesivirta, jonka lämmönmyyjä on sitoutunut toimittamaan asiakkaalle, yksikkönä on m<sup>3</sup>/h. [29.]

Sopimusvesivirran tulee olla oikean suuruinen. Liian suuri sopimusvesivirta nostaa kaukolämmön perusmaksua, liian pieni aiheuttaa lämmitysvaikeuksia. Yleensä perusmaksu määräytyy sopimusvesivirran eli samalla tilaustehon mukaan, mutta jotkin kaukolämmön toimittajat saattavat myöskin määrittää perusmaksun asiakaskiinteistön kokonaistilavuuden (r-m<sup>3</sup>) mukaan. Kaukolämpöön liitetyn kiinteistön vuotuisista lämmityskustannuksista saattaa perusmaksun osuus olla 30...50 %. Perusmaksu on menoerä, johon ei voida vaikuttaa esimerkiksi energiaa säästämällä, vaan sen suuruus määräytyy tilaustehon mukaan. [28.] [29.]

Kaukolämmön tilaustehon ylimitoituksen havaitseminen on vaikeaa, sillä lämmitysteho on riittävä ja lämpötilat pysyvät haluttuina. Ylimitoituksen voi huomata meno- ja paluuveden välisen lämpötilaeron (kaukolämpöveden jäähtyvyyden) ollessa pieni mitoitusolosuhteissakin. Käytännön tarkistusmittauksissa on löydetty kiinteistöjä, joiden kaukolämmön tilausteho on ollut kaksi tai kolmekin kertaa suurempi kuin todellinen kaukolämmön tehontarve. [29.]

Tilaustehon ylimitoituksen serauksena ovat myös kaukolämmön säätöventtiilit liian suuria, jolloin niiden toiminta on auki-kiinni-tyyppistä eikä jatkuvasti säätävää, kuten pitäisi. Tällöin ylimitoitettun tilaustehon voi huomata myös lämmityksen, ilmanvaihdon tai käyttöveden lämmityspiirien säädön huojumisesta lähes kaikilla ulkoilman lämpötiloilla. [29.]

Tilaustehon uusinta tarkistus on aina paikallaan, kun:

- asiakkaan eli kaukolämmön ostajan kiinteistön lämmitettävä tilavuus muuttuu radikaalisti,
- kiinteistö alkaa säästää energiaa esimerkiksi asentamalla ilmastointiin LTO:n tai pattereihin termostaattiset venttiilit,

- kiinteistö uusii ikkunat tai parantaa lämmöneristystä ulkoseinissä, välikatossa tms. kylmän ja lämpimän tilan välillä.

### 8.5.3 Kiinteistön kaukolämmön tilaustehon määrittäminen

Lämmöntoimitussopimuksessa olevaa tilaustehoa on verrattava tehontarpeeseen paikkakunnan mitoitusolosuhteissa. Paikkakunnat on jaoteltu ilmastovyöhykkeisiin kuvan 16 mukaiseen tapaan. Kuvasta 16 nähdään myös paikkakunnan ilmastovyöhykkeestä riippuva mitoituslämpötila.

Käyttöveden tehontarvetta laskettaessa joudutaan myös arvioimaan lämpimän veden osuus kokonaiskäyttövesimäärästä. Käyttöveden tarkka arvo saadaan mittarista, joka mittaa käyttöveden lämmönsiirtimelle menevän kylmän veden määrän. Mikäli kaukolämpöjärjestelmässä ei ole em. mittaria, virastotalossa lämpimän veden osuus kokonaisvesimäärästä on 20...25 %, asuintalossa noin 30 %. [29.]

Käyttöveden tarvitsema teho lasketaan yhtälöllä 10 [29].

$$\Phi_{\text{vesi}} = V_h * 1,163 * \Delta T \quad (10)$$

$\Phi_{\text{vesi}}$	käyttöveden tarvitsema teho, kW
$V_h$	tuntinen lämpimän käyttöveden määrä (mitattu tai arvioitu kylmän veden määrästä), m <sup>3</sup> /h
1,163	tehon muuntokerroin, 1kW = 1,163 Mcal/h
$\Delta T$	kylmän ja lämpimän käyttöveden välinen lämpötilaero, °C

Tilausteho mitoitusolosuhteissa lasketaan yhtälöllä 11 [29].

$$\Phi_{\text{tilausteho}} = (T_s - T_{u, pk}) / (T_s - T_{u, mitt}) * \Phi_1 \quad (11)$$

$\Phi_{\text{tilausteho}}$	tilausteho mitoitusolosuhteissa, kW
$T_s$	rakennuksen sisälämpötila, yleensä 21 °C
$T_{u, pk}$	paikkakunnan mitoitusulkolämpötila (kuva 16), °C
$T_{u, mitt}$	mittaushetkellä ulkona ollut lämpötila, °C
$\Phi_1$	mitattu ja käyttövesitehon osuudella vähennetty tuntinen huipputeho, kW



Tilausvesivirta lasketaan yhtälöllä 12 [29].

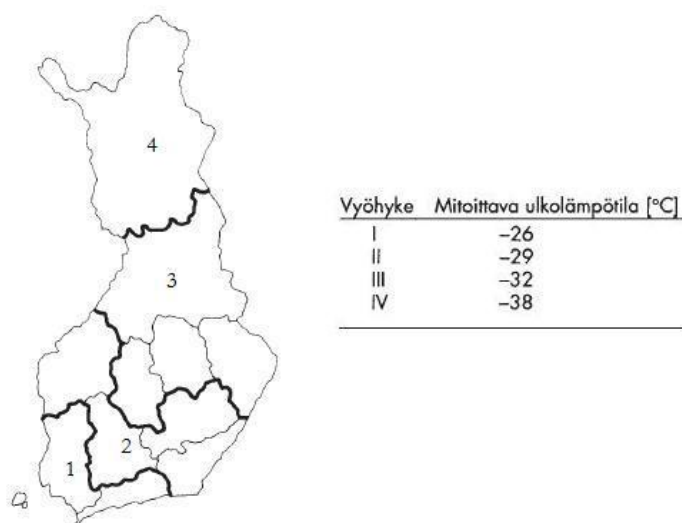
$$V_{\text{vesivirta}} = \Phi_{\text{tilausteho}} / (1,163 * \Delta T) \quad (12)$$

$V_{\text{vesivirta}}$  tilausvesivirta, m<sup>3</sup>/h

$\Phi_{\text{tilausteho}}$  tilausteho, kW

$\Delta T$  kaukolämmön tulo- ja paluuveden välinen lämpötilaero (laskelmissa yleensä + 50 °C, voidaan tarkistaa lämmöntoimittajalta), °C

1,163 muuntokerroin



Käyttötarkoitus	Tilausteho $\Phi$ ja tilausvesivirta $V$ ilmastovyöhykkeittäin							
	I		II		III		IV	
	$\Phi$ W/rm <sup>3</sup>	$V$ l/rm <sup>3</sup> h	$\Phi$ W/rm <sup>3</sup>	$V$ l/rm <sup>3</sup> h	$\Phi$ W/rm <sup>3</sup>	$V$ l/rm <sup>3</sup> h	$\Phi$ W/rm <sup>3</sup>	$V$ l/rm <sup>3</sup> h
- asuintalot, ennen 1975 valmistuneet	21	0,36	23	0,40	24	0,41	27	0,46
- asuintalot, jälkeen 1975 valmistuneet	17	0,29	18	0,31	19	0,32	21	0,36
- virastotalot, ennen 1975 valmistuneet, painovoimainen ilmanvaihto	17	0,30	19	0,32	20	0,34	22	0,38
- virastotalot, ennen 1975 valmistuneet, koneellinen ilmanvaihto	20	0,35	22	0,37	23	0,40	26	0,44
- virastotalot, jälkeen 1975 valmistuneet, koneellinen ilmanvaihto (lto, kiertoilma)	17	0,29	18	0,31	19	0,32	21	0,36
- ammattikoulut, korkeakoulut, yliopistot	22	0,38	24	0,41	25	0,43	28	0,48
- sairaalat	23	0,40	25	0,43	26	0,44	30	0,52

Kuva 16. Mittauslämpötilavyöhykkeet Suomen kartalla, vyöhykkeiden mitoittavat ulkolämpötilät ja tilaustehon sekä tilausvesivirran keskimääräisiä arvoja eri kiinteistötyypeille, kun kaukolämpöveden tulo- ja paluu lämpötilojen erotus on  $T = 50$  °C. [29]

## 9 NYKYISET LÄMMITYSTAVAT JA VEDEN KULUTUS

RAVES Oy Vuokatinhovissa kului vuonna 2010 sähköenergiaa yhteensä 1175,8 MWh, kaukolämpöä 993,2 MWh sekä vettä kulutettiin 6136 m<sup>3</sup> (taulukot 8 ja 9).

Taulukko 8. Vuoden 2010 toteutuneet sähköenergian ja kaukolämmön kulutustiedot.

SÄHKÖ	Lukuväli	Päiväenergia	Yöenergia	Yhteensä	KAUKOLÄMPÖ	Lukuväli	Energia
Kuukausi	pv	kWh	kWh	kWh	Kuukausi	pv	kWh
Tammikuu	31	74 966	68 663	143 629	Tammikuu	31	126 900
Helmikuu	28	74 683	49 516	124 199	Helmikuu	28	119 500
Maaliskuu	31	75 575	46 844	122 419	Maaliskuu	31	93 700
Huhtikuu	30	47 730	43 520	91 250	Huhtikuu	30	93 900
Toukokuu	31	38 047	33 633	71 680	Toukokuu	31	73 600
Kesäkuu	30	36 286	28 775	65 061	Kesäkuu	30	32 800
Heinäkuu	31	45 545	25 097	70 642	Heinäkuu	31	21 600
Elokuu	31	43 379	28 144	71 523	Elokuu	31	25 400
Syyskuu	30	47 501	29 007	76 508	Syyskuu	30	74 200
Lokakuu	31	57 215	37 050	94 265	Lokakuu	31	69 000
Marraskuu	30	65 597	47 110	112 707	Marraskuu	30	104 300
Joulukuu	31	66 337	65 612	131 949	Joulukuu	31	158 300
<b>Yhteensä</b>	<b>365</b>	<b>672 861</b>	<b>502 971</b>	<b>1 175 832</b>	<b>Yhteensä</b>	<b>365</b>	<b>993 200</b>

Taulukko 9. Vuoden 2010 toteutunut vedenkulutus

VESI	Lukuväli	Kulutus	Lämminvesi 40 %	Kylmävesi 60 %
Kuukausi	pv	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>
Tammikuu	31	549	219,6	329,4
Helmikuu	28	630	252,1	378,1
Maaliskuu	31	806	322,3	483,4
Huhtikuu	30	462	184,7	277,1
Toukokuu	31	233	93,3	139,9
Kesäkuu	30	405	162,2	243,3
Heinäkuu	31	647	258,7	388,0
Elokuu	31	527	210,6	315,9
Syyskuu	30	513	205,2	307,8
Lokakuu	31	542	216,6	325,0
Marraskuu	30	425	169,9	254,8
Joulukuu	31	398	159,3	239,0
<b>Yhteensä</b>	<b>365</b>	<b>6 136</b>	<b>2 454,4</b>	<b>3 681,6</b>

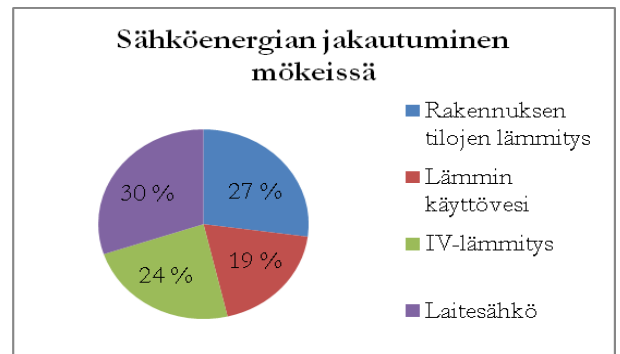
Liitteissä 2 ja 3 on esitetty sähköenergian sekä kaukolämmön jakautuminen koko Vuokatinhovin kiinteistössä. Kohdissa 9.1 ja 9.2 esitetään, miten RAVES Oy Vuokatinhovin energiankulutus jakautui vuonna 2010 tilojen lämmitykseen, ilmanvaihdon lämmitykseen,

laitesähköön ja lämpimän käyttöveden lämmitykseen päärakennuksessa ja mökkirakennuksissa. Energiankulutus on jaettu laskien Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 ohjeita hyväksikäyttäen.

### 9.1 Mökkirakennukset

Vuokatinhovissa on 18 mökkirakennusta, joista jokainen lämmitetään suoralla sähkölämmityksellä. Kuvasta 17 nähdään, miten sähköenergia jakautuu Vuokatinhovin mökkirakennuksissa. Energialaskelmat on tehty RakMk osan D5 mukaan, ja ne ovat eriteltyinä liitteessä 1.

Sähköenergian jakautuminen mökeissä	MWh/a
Rakennuksen tilojen lämmitys	208,9
Lämmin käyttövesi	148,2
IV-lämmitys	181,2
Laitesähkö	232,3
<b>Yhteensä</b>	<b>770,6</b>



Kuva 17. Sähköenergian jakautuminen eri osa-alueisiin Vuokatinhovin mökkirakennuksissa

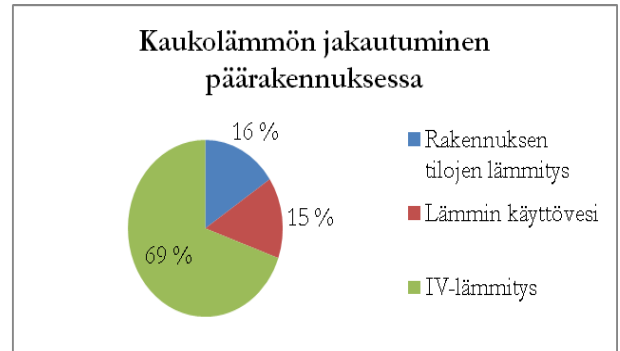
Kuvasta 17 voidaan todeta, että suurimmat säästämahdollisuudet ovat rakennusten tilojen lämmityksessä ja ilmanvaihdon lämmityksen tarvitseman energian pienentämisessä. Mökkirakennuksissa on painovoimainen ilmanvaihto. Vaihtamalla lämmitysjärjestelmä suorasta sähkölämmityksestä maalämpöön kulutettua sähköenergiaa voitaisiin säästää jopa 60 %.

Mökeissä suurimmat lämpimän käyttöveden kuluttajat ovat todennäköisesti suihkut. Vaihtamalla suihkut uudenaikaisiin vettä säästäviin kalusteisiin ja asentamalla esimerkiksi poresuuttimet suihkuihin voitaisiin päästä vedenkulutuksen osalta noin 30 % säästöihin vuodessa. Vedenkulutus jakautuu karkeasti 40 % lämpimään veteen ja 60 % kylmään veteen. Veden lämmittäminen +55°C:seen kuluttaa 58 kWh/m<sup>3</sup> sähköenergiaa.

## 9.2 Päärakennus

Vuokatinhovin päärakennuksen lämmitysjärjestelmänä on kaukolämpö. Kaukolämmöllä lämmitetään käyttövesi, tuloilma sekä rakennuksen tilat. Kuvasta 18 nähdään, miten kaukolämmön energia on jakautunut näihin osa-alueisiin. Energialaskelmat on tehty RakMk osan D5 mukaan, ja ne ovat eriteltyinä liitteessä 1.

Kaukolämmön jakautuminen päärakennuksessa	MWh/a
Rakennuksen tilojen lämmitys	87,4
Lämmin käyttövesi	82,9
IV-lämmitys	389,1
<b>Yhteensä</b>	<b>559,4</b>



Kuva 18. Kaukolämmön jakautuminen eri osa-alueisiin Vuokatinhovin päärakennuksessa

Kuvasta 18 huomataan, että kaukolämmön lämmitysenergia kuluu suurimmilta osin ilmanvaihdon lämmitykseen. Suurimmat säästömahdollisuudet ilmanvaihdon osalta saadaan esimerkiksi asentamalla suurtalouskeittiön ilmanvaihtokoneen poistoilmasäleikön eteen ja kattohuipparin päälle Retermia-lämmöntalteenotto sekä säätämällä kaikkien ilmanvaihtokoneiden käyntiajat vastaamaan rakennuksen tilojen käyttöä.

Maalämpöä voitaisiin myös hyödyntää käyttöveden ja ilmanvaihdon lämmityksessä mitoittamalla maalämpöjärjestelmä kattamaan huipputehon tarpeesta noin 60 %. Tämä tarkoittaisi sitä, että maalämmöstä saataisiin vuoden kylminä kuukausina noin 60 % lämmitysenergiaa lämpimän käyttöveden ja ilmanvaihdon lämmitykseen, loput noin 40 % kattaisi kaukolämpö. Kesä-, heinä- ja elokuussa maalämpö kattaisi kokonaan lämpimän käyttöveden ja ilmanvaihdon tarvitseman lämmitysenergian. Kaukolämpö toimisi tällöin tehostavana lämmitysjärjestelmänä.

## 10 TOIMENPIDE-EHDOTUKSET

Energiansäästötoimenpiteiden kannattavuutta arvioidaan takaisinmaksuajan menetelmällä. Takaisinmaksuaikamenetelmällä saadaan selville, onko investointi kattava. Se ei ota huomioon takaisinmaksuajan jälkeisen käyttöajan säästöjä.

Takaisinmaksuaika lasketaan yhtälöllä 13.

$$T = (I + K) / (W * e) \quad (13)$$

T	Investoinnin takaisinmaksuaika, a
I	Investoinnin hankintakustannukset, €
K	Investoinnista aiheutuvat vuotuiset käyttökustannukset, €/a
W	Energian säästö, kWh/a
e	Energian yksikköhinta, €/kWh

### 10.1 Maalämpöjärjestelmä mökkirakennusten lämmittämiseen

Vuokatinhovissa on 18 mökkirakennusta, joissa lämmitysjärjestelmänä on suora sähkölämmitys. Yhden mökkirakennuksen kerrosala on 134 m<sup>2</sup>. Vuokatinhovin maaperä on hiekkamaata, joten maalämpöjärjestelmän lämmönkeruupiirin vaihtoehtoa on tarkasteltu sekä lämpökaivojen että vesistöön sijoitetun lämmönkeruuputkiston kannalta. Investointikustannukset on laskettu lämpökaivojen osalta liitteessä 5 ja vesistöön asennettavan lämmönkeruuputkiston osalta liitteessä 6.

Takaisinmaksuaika on laskettu maalämpöjärjestelmän COP-luvuilla 2,6 ja 3,0 sekä lämpökaivojen että vesistöön asennettavan lämmönkeruuputkiston osalta.

Mökkirakennuksien lämmitysenergian jakautuminen nähdään taulukosta 10.

Taulukko 10. Mökkirakennusten lämmitysenergian jakautuminen.

Q <sub>iv</sub>	181 189	kWh/a
Q <sub>lkv</sub>	148 167,80	kWh/a
Q <sub>lämmitys, tilat</sub>	208 935,10	kWh/a
Yhteensä	538 292	kWh/a

Maalämpöjärjestelmän lämpökerroin on tapauskohtainen, mutta käytännössä se on 2,6...3,0. Taulukoista 11 ja 12 nähdään Vuokatinhovin mökkirakennusten säästömahdollisuudet sekä takaisinmaksuajat hyödynnettäessä maalämpöjärjestelmää lämmityksessä.

Taulukko 11. Maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuajat COP-luvulla 3, kun lämmönkeruupiiri on porattu kallioon

MAALÄMPÖ LÄMPÖKAIVOSTA, COP 3	Yhteensä yksikkö	1 vuosi	5 vuotta	10 vuotta	15 vuotta	yksikkö
Investointikustannukset, ALV 0%	290325,9 €					
Huoltokustannukset	1932,93 €/a					
Energian säästö, kWh		358861	1794307	3588613	5382920	kWh
Energiansäästö, € (0,11€/kWh)		39474,7	197373,7	394747,5	592121,2	€
Takaisinmaksuaika	7,40 vuotta					

MAALÄMPÖ LÄMPÖKAIVOSTA, COP 2,6	Yhteensä yksikkö	1 vuosi	5 vuotta	10 vuotta	15 vuotta	yksikkö
Investointikustannukset, ALV 0%	290325,9 €					
Huoltokustannukset	1932,93 €/a					
Energian säästö, kWh		331257	1656283	3312566	4968849	kWh
Energiansäästö, € (0,11€/kWh)		36438,2	182191,1	364382,3	546573,4	€
Takaisinmaksuaika	8,02 vuotta					

Taulukko 12. Maalämpöjärjestelmän takaisinmaksuajat COP-luvulla 2,6, kun lämmönkeruupiiri on sijoitettu vesistöön

MAALÄMPÖ KERUUPUTKISTO VEDESSÄ, COP 3	Yhteensä yksikkö	1 vuosi	5 vuotta	10 vuotta	15 vuotta	yksikkö
Investointikustannukset, ALV 0%	334384,96 €					
Huoltokustannukset	1932,93 €/a					
Energian säästö, kWh		358861	1794307	3588613	5382920	kWh
Energiansäästö, € (0,11€/kWh)		39474,7	197373,7	394747,5	592121,2	€
Takaisinmaksuaika	8,52 vuotta					

MAALÄMPÖ KERUUPUTKISTO VEDESSÄ, COP 2,6	Yhteensä yksikkö	1 vuosi	5 vuotta	10 vuotta	15 vuotta	yksikkö
Investointikustannukset, ALV 0%	334384,96 €					
Huoltokustannukset	1932,93 €/a					
Energian säästö, kWh		331257	1656283	3312566	4968849	kWh
Energiansäästö, € (0,11€/kWh)		36438,2	182191,1	364382,3	546573,4	€
Takaisinmaksuaika	9,23 vuotta					

Nykyisen lämmitystarpeen energianmäärän tuottaminen kuluttaisi maalämpöjärjestelmällä vain 179430... 207035 kWh/a sähköä. Arvioidaan sähköenergian hinnaksi 0,11 €/kWh, sisältäen sähköenergian myynnin ja siirron. Tällöin rahaa säästyisi vuodessa 36438...39474 €/a. Yhden mökkirakennuksen osalta säästö olisi noin 2000...2200 €/a.

Lämmityssähkön päästökertoimen voidaan käyttää Suomessa 0,4 kgCO<sub>2</sub>/kWh. Maalämmön ansiosta Vuokatinhovin mökkirakennusten lämmitysenergian tuottamisen osalta CO<sub>2</sub> -päästöt vähenisivät 61...67 %.

Näissä investointikustannuksissa ei ole otettu huomioon mahdollisia valtion takaamia tukia, joita voidaan saada uusiutuvan energiamuodon käyttöönotossa saneerauskohteessa. Todellisuudessa siis takaisinmaksuajat olisivat hieman lyhyempiä, mikäli energia-avustuksia haetaan valtiolta.

## 10.2 Maalämpö osatehona päärakennuksen lämmityksessä

Mökkirakennusten lämmitysjärjestelmän muuttamisen yhteydessä voidaan ajatella, että maalämpöä hyödynnettäisiin myös päärakennuksen lämmöntuottoon. Mitoitetaan maalämpö kattamaan päärakennuksen ilmanvaihdon tarvitsemasta lämmitysenergiasta sekä käyttöveden lämmityksen tarvitsemasta energiasta kylminä kuukausina 60 % ja lämpiminä kuukausina 100 %. Kylminä kuukausina lämmitys jakautuisi maalämmön tuottamaan energiaan 60 % ja loput 40 % kaukolämpöön eli olemassa olevaan lämmitystapaan. Kaukolämpö toimisi tällöin tehostavana lämmönlähteenä, joka kattaisi koko rakennuksen lämmitystarpeen kylmimpinä kuukausina.

Takaisinmaksuajan määrittämisessä ei huomioida huoltokustannuksia, koska tämä järjestelmä olisi osana mökkirakennusten maalämpöjärjestelmää, jonka investointikustannuksissa on huomioitu huoltokustannukset.

Taulukossa 13 on eritelty maalämpöjärjestelmän investointikustannukset ja takaisinmaksuaika, kun järjestelmää hyödynnettäisiin päärakennuksessa osatehona IV:n lämmityksessä sekä käyttöveden lämmityksessä. Taulukossa 14 on eritelty kuukausitasolle edellä mainitun toimenpiteen säästömahdollisuudet. Investointikustannukset on laskettu ja eritelty liitteessä 7.

Taulukko 13. Maalämpö osatehona päärakennuksessa COP-luvulla 2,6, investointikustannukset ja takaisinmaksuaika.

MAALÄMPÖ OSATEHONA PÄÄRAKENNUKSESSA, COP 2,6	Yhteensä yksikkö	1 vuosi	5 vuotta	10 vuotta	15 vuotta	Yksikkö
Investointikustannukset, ALV 0%	86457,37 €					
Huoltokustannuksia ei huomioida	0,00 €/a					
Energian säästö, MWh		304,01	1520,1	3040,1	4560,2	kWh
Energiansäästö, € (43€/MWh)		13072,4	65362,2	130724,4	196086,7	€
Takaisinmaksuaika	6,61 vuotta					

Taulukko 14. Periaate maalämmön hyödyntämisestä osatehona päärakennuksen IV:n lämmityksessä sekä käyttöveden lämmityksessä. Taulukosta nähdään myös kuukausittainen säästömahdollisuus.

Maalämmön hyödyntäminen päärakennuksen IV:n lämmityksessä sekä käyttöveden lämmityksessä.						
Kuukausi	IV päärak	LKV päärak	yht MWh	MLP hyöty %	Säästö MWh	Säästö €, 43€/MWh
Tammikuu	49711,8	6911,94	56,62	0,6	33,97	1460,89
Helmikuu	46812,9	6911,94	53,72	0,6	32,23	1386,10
Maaliskuu	36706,0	6911,94	43,62	0,6	26,17	1125,34
Huhtikuu	36784,4	6911,94	43,70	0,6	26,22	1127,37
Toukokuu	28832,1	6911,94	35,74	0,6	21,45	922,20
Kesäkuu	12849,1	6911,94	19,76	1	19,76	849,72
Heinäkuu	8461,6	6911,94	15,37	1	15,37	661,06
Elokuu	9950,2	6911,94	16,86	1	16,86	725,07
Syyskuu	29067,1	6911,94	35,98	0,6	21,59	928,26
Lokakuu	27030,1	6911,94	33,94	0,6	20,37	875,70
Marraskuu	40858,5	6911,94	47,77	0,6	28,66	1232,48
Joulukuu	62012,4	6911,94	68,92	0,6	41,35	1778,25
<b>Yhteensä</b>	389076,1	82943,33	472,02		304,01	13072,44

Kylminä kuukausina pidetään tässä tapauksessa ajanjaksoa tammikuu–toukokuu sekä syyskuu–joulukuu, jolloin maalämpöjärjestelmä tuottaisi vain 60 % päärakennuksen kokonaisesta IV:n ja käyttöveden lämmityksentarpeesta. Lämpiminä kuukausina pidetään ajanjaksoa kesäkuu – elokuu, jolloin maalämpöjärjestelmä voi tuottaa kokonaan rakennuksen IV:n ja lämpimän käyttöveden tarvitseman lämpöenergian.



### 10.3 Kaukolämmön tilaustehon karkea määrittäminen

Kaukolämmön tilaustehon ja tilausvesivirran tarkistaminen tulee aina kyseeseen, kun kiinteistössä ruvetaan säästämään energiaa. Tässä energian säästämällä tarkoitetaan esimerkiksi:

- ikkunoiden vaihtamista uusiin,
- uusien LTO-laitteiden asentamista,
- ulkovaipan lämmöneristyksen parantamista,
- lämpimän käyttöveden kulutuksen vähentämistä esimerkiksi uusimalla wc-kalusteita vähemmän kuluttaviin kalusteisiin.

Vuokatinhovin kaukolämmön jakohuoneessa 16.3.2011 saatujen tietojen perusteella kaukolämmön tuntinen ottoteho oli 195 kW ja ulkolämpötilana oli -17 °C.

Kuvasta 16 nähdään paikkakunnan mitoituslämpötilan olevan -32 °C.

Tilausteho mitoitusolosuhteissa lasketaan yhtälöllä 11.

$$\begin{aligned}\Phi_{\text{tilausteho}} &= [21\text{ °C} - (-32\text{ °C})] / [21\text{ °C} - (-17\text{ °C})] * 195\text{ kW} \\ &= 272\text{ kW}\end{aligned}\tag{11}$$

Tilausvesivirran karkea määrittäminen tapahtuu tilaustehon perusteella. Vuokatinhovissa havaittiin 16.3.2011, että kaukolämmön tulo- ja paluuveden välinen lämpötilaero oli 41,76 °C.

Tilausvesivirta lasketaan yhtälöllä 12.

$$\begin{aligned}V_{\text{vesivirta}} &= 272\text{ kW} / (1,163 * 41,76\text{ °C}) \\ &= 5,6\text{ m}^3/\text{h}, \text{ tilausvesivirta mitoitusolosuhteissa.}\end{aligned}\tag{12}$$

Vuokatinhovin kaukolämpöjärjestelmä on kaksivaiheinen, eli siinä on kaksi lämmönsiirrintä.

- lämmin käyttövesi erikseen, lämmönsiirtimen kilpiarvo 450 kW
- patteriverkosto + ilmanvaihto, lämmönsiirtimen kilpiarvo 850 kW.

Nämä laskelmat ovat karkeita ja suuntaa antavia laskelmia. Tuloksista voidaan kuitenkin todeta ja olettaa, että Vuokatinhoviin tämänhetkinen tilausvesivirta sekä tilausteho ovat liian suuria.

Toimenpiteenä ehdotan, että Vuokatinhovi pyytää puolueetonta LVI-alan ammattilaista määrittämään kohteen oikean tilausvesivirran sekä tilaustehon. Yleensä myös tilaustehon määrittäjä sopii lämmönmyyjän kanssa uuden kohteeseen tilattavan vesivirran ja tilaustehon lämmönostajan, eli tässä tapauksessa Vuokatinhoviin, puolesta.

Tarkistusmääritys maksaa noin 240...300 €. Mikäli tilausvesivirran alentumisen johdosta kaukolämmön perusmaksu alenee, perusmaksusta saadusta voitosta tarkistusmäärityksen tekijä perii yleensä myös tapauskohtaisen prosentuaalisen provision.

Esimerkki tilaustehon määrittämisen kustannuksista:

- Yhden kiinteistön tilausvesivirran uudelleen laskeminen 260 €.
- Uuden tilausvesivirran johdosta vuotuinen kaukolämmön perusmaksu väheni 10 000 €/a.
- Prosentuaalinen provisio 25 % perusmaksusta saadusta voitosta.
- Uuden tilausvesivirran määrittäminen maksoi  $260 \text{ €} + 25 \% \cdot 10\,000 \text{ €} = \underline{2560 \text{ €}}$ .

#### 10.4 WC-kalusteiden uusiminen

WC-kalusteiden uusimisella tarkoitetaan esimerkiksi suihkujen, WC-istuinten ja käsihanojen vaihtamista vettä säästäviin nykyaikaisiin kalusteisiin. On myös olemassa erilaisia poresuuttimia, joita voidaan asentaa esimerkiksi suihkun tai käsihanojen suuttimiin. Poresuuttimien hyötynä on se, että ne sekoittavat ilmaa veden joukkoon, jolloin virtaus tuntuu riittoisalta, mutta todellisuudessa veden virtaus pienenee eli vedenkulutus vähenee. Poresuuttimet ovat edullisia, noin 10 € / kpl.

WC-kalusteiden uusimisesta aiheutuvaa säästöä on vaikea arvioida, koska ei varmasti tiedetä kohdeyrityksen nykyisiä kalusteiden normivirtaamia tai matkailijoiden vedenkulutustottumuksia.

Kalusteiden uusimisesta aiheutuvaa säästöä on kuitenkin havainnollistettu tämän työn sivulla 30 kohdassa 7.3. Investointikustannuksia ja takaisinmaksuaikaa voidaan arvioida seuraavasti:

- Arvioidaan henkilökohtaisen puhtaanapidon olevan 30 % kokonaisesta vedenkulutuksesta.
  - o Uusi suihkukaluste pudottaa lämpimän vedenkulutusta noin 40 %.
- Arvioidaan WC:n huuhtelun olevan noin 15 % kokonaisesta vedenkulutuksesta.
  - o Uusi WC-istuin pudottaa kylmän veden kulutusta noin 45 %.
- Vuonna 2010 vettä kului mökkirakennusten osalta 3381,9 m<sup>3</sup> (Liite 4).
- Lämmin vesi 40 % = 1352,76 m<sup>3</sup> ja kylmä vesi 60 % = 2029,14 m<sup>3</sup>.
- Tällöin suihkuissa lämmintä vettä kului vuonna 2010 yhteensä 405,8 m<sup>3</sup> ja kylmää vettä WC-istuinten osalta 304,4 m<sup>3</sup>.
- Veden lämmittämiseen kuluu sähköenergiaa suihkujen osalta 58 kWh/m<sup>3</sup> \* 405,8 m<sup>3</sup> = 23 536,4 kWh/a.

Taulukosta 15 nähdään WC-kalusteiden investointikustannukset ja takaisinmaksuaika Vuokatinhovin mökkirakennusten osalta.

Taulukko 15. WC-kalusteiden investointikustannukset ja takaisinmaksuaika mökkirakennuksissa

VESIKALUSTEIDEN UUSIMINEN, mökkirakennukset	€/kpl	kpl	Yhteensä	1 vuosi	5 vuotta	10 vuotta	15 vuotta	yksikkö
Suihkukalusteiden uusinta	250	36	9000					
WC-istuinten uusinta	400	36	14400					
Investointikustannukset, ALV 0%			23400					
Lämmintä vettä säästyy, m <sup>3</sup>				162,3	811,6	1623,2	2434,8	m <sup>3</sup>
Kylmää vettä säästyy, m <sup>3</sup>				137,0	684,9	1369,8	2054,7	m <sup>3</sup>
Energiansäästö, kWh				9414,6	47072,8	94145,6	141218	kWh
Veden säästö, 2,8 €/m <sup>3</sup>				838,0	4190,2	8380,4	12570,6	€
Energiansäästö, € (0,11€/kWh)				1035,6	5178,01	10356	15534	€
Takaisinmaksuaika		<b>12,49</b>	vuotta	1873,6	9368,2	18736,4	28104,6	€

Taulukossa 15 oletetaan, että Vuokatinhovissa kuluisi vettä jokaisena vuotena yhtä paljon kuin vuonna 2010. Investointikustannuksissa on otettu huomioon työmenekit. Takaisinmaksuaika olisi tällöin 12,5 vuotta.

### 10.5 Retermia LTO

Vuokatinhovin päärakennuksen keittiön ilmanvaihtokoneessa ei ole LTO-laitetta. Keittiön rasvainen ilma sisältää suuren lämpömäärän, ja se saadaan otettua talteen Retermia Oy:n kehittämällä neulalämmönsiirtimellä varustetulla LTO-laitteella. Retermia Oy:n toimitusjohtaja Markus Castrenin mukaan budjettihintana voidaan käyttää 10 000 € (ALV 0 %) neulalämmönsiirtimelle, joka sisältää tulopatterin ulkosäleikölle ja LTO–huippuimurin Retermia EC-imurilla. Näissä kustannuksissa ei ole otettu huomioon IV-, putki- tai muita asennuskustannuksia. Taulukossa 16 nähdään Retermia LTO -laitteiston takaisinmaksuaika ja investointikustannukset.

Taulukko 16. Retermia LTO-laitteen takaisinmaksuaika ja investointikustannukset

RETERMIA LTO-laitteisto, päärakennus, keittiö	€/kpl	kpl	Yhteensä	1 vuosi	5 vuotta	yksikkö
Retermia laitteisto	10000	1	10000			
IV-, putki-, yms. asennuskust.	7000	1	7000			
Investointikustannukset, ALV 0%			17000			
Vuotuinen taloudellinen säästö [Liite 8]			7060,8	7060,8	35304	€
Takaisinmaksuaika		<b>2,41</b>	vuotta			

Retermia LTO-laitteen poisto- ja tuloilmapuolen vuosihyötysuhteena voidaan pitää 60,6 %. Vuotuinen taloudellinen säästö on 7060,8 €/a. [Liite 8]. Takaisinmaksuajassa ei ole huomioitu mahdollisia valtion takaamia tukia eikä energianhinnan nousemista.

## 11 YHTEENVETO

Insinööriyön tarkoituksena oli tutkia RAVES Oy Vuokatinhovin energiataloutta sekä energiatehokkuuden parantamiseen johtavia toimenpiteitä LVI-teknisesti. Työssä käytettiin apuna lähdekirjallisuutta ja -aineistoa, kuten esimerkiksi LVI-alan oppikirjoja ja LVI-ohjekortteja. Tämän työn energialaskelmat perustuvat Vuokatinhovin todellisiin kulutustietoihin vuodelta 2010. Työn alkuvaiheessa aihe pyrittiin rajaamaan tarkasti ja asetetuissa tavoitteissa onnistuttiin.

Työ aloitettiin keräämällä Vuokatinhovin kulutustietoja sähköenergiasta, kaukolämmöstä sekä veden käytöstä ja tutustumalla itse kohteeseen. Energialaskelmien osalta haasteellisuutta lisäsi se, että Vuokatinhovissa ei ole tarkkaa kulutuksen seuranta. Kohteessa oli ainoastaan päämittarit, ei alamittareita, mittaamassa noin 16 000 rak-m<sup>3</sup>:n suuruista kiinteistöä. Energialaskelmat tehtiin Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 avulla. Ostoenergian jakautumista eri kohteisiin, kuten mökkirakennuksiin ja päärakennuksiin, jouduttiin soveltamaan ja suhteuttamaan kävijämäärien perusteella. Kävijämääränä käytettiin vuoden 2010 toteutunutta kävijämäärätietoa. Kirjallisessa osiossa tarkasteltiin toimenpiteitä, jotka hyödyntävät uusiutuvia energialähteitä, jotka ovat kevyitä ratkaisuja ja joiden tulee olla huollettavuudeltaan helppohoitaisia.

Lämmitysjärjestelmiä vertailtaessa maalämpöpumppujärjestelmä osoittautui kannattavaksi vaihtoehdoksi sen luotettavuuden, näkymättömyyden, helppohoitaisuuden ja energiatehokkuutensa puolesta. Tämän järjestelmän takaisinmaksuajat osoittautuivat myös lyhyiksi. Pellettilämmitysjärjestelmää pohdittaessa esille nousi sen vaikutus matkailijoiden viihtyvyyteen. Miten pelletin täyttöauton käynnit vaikuttavat matkailijoiden viihtyvyyteen? Miten matkailijat suhtautuvat, kun naapuritalona on pellettitakkahuone ja polttoainevarasto? Pellettilämmitysjärjestelmä vaatii erillisen polttoainevaraston ja sen ylläpito sekä huoltaminen osoittautui paljon vaativammaksi kuin maalämpöpumppujärjestelmä.

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia saatiin esille niin sanotulla poissulkutekniikalla. Menetelmää käytettiin siksi, koska ei tiedetty olemassa olevien ilmanvaihtokoneiden käyntiaikoja ja todellista hyötysuhdetta. Päärakennuksen osalta hyväksi ratkaisuksi osoittautui Retermia Oy:n kehittämä neulalämmönsiirtimellä toimiva LTO-laite. Se on asennukseltaan kevyt ratkaisu, ja sitä voidaan hyödyntää päärakennuksessa sijaitsevan suurtalouskeittiön rasvaisen ilman talteenottamisessa.

Lämpimän käyttöveden osalta voidaan esittää ainoastaan arvioita, koska ei tiedetä kohteen todellisia veden virtaamia eikä matkailijoiden päivittäisiä vedenkulutustarpeita. WC-kalusteiden uusimiset ovat aina hyödyllisiä, koska ne luovat mukavuutta käyttäjille sekä vähentävät vedenkulutusta veden virtaamien alenemisen johdosta. Tällöin myös säästetään lämpimän käyttöveden lämmitykseen kuluva energiaa.

Työ oli kaikin puolin haastava, sillä opiskelujeni suuntautuminen on tuotantorakentamisessa. Tämän insinöörityön johdosta olen joutunut paneutumaan taloteknisiin järjestelmiin sekä niiden hyötyihin ja heikkouksiin. Tätä kautta olen syventänyt tietämystäni taloteknisten järjestelmien vaikutuksesta osana rakennusten energian kulutuksessa. Työn tilaajan sekä Vuokatinhovin henkilökunnan puolesta toivon työstäni olevan hyötyä. Toivon myös, että Vuokatinhovissa tutkitaan ja hyödynnetään tässä työssä ilmeneviä toimenpide-ehdotuksia.

Tässä työssä ei ole tutkittu, miten kylmälaitteiden lauhdelämpöä voitaisiin hyödyntää. Kylmälaitteista saatu lauhdutuslämpö on ilmaisenergiaa, jota voidaan käyttää esimerkiksi rakennuksen lämmittämiseen. Vuokatinhovissa tätä energiaa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi lastausluiskien ja porrastasanteiden lämpimänä pitämiseen talvella. Kylmälaitteiden lauhdelämmön hyödyntäminen, Vuokatinhovissa sekä Vuokatin matkailualueen yrityksissä, on mielestäni hyvä jatkoidea tai seuraava insinöörityön aihe Kainuun Etu Oy / Snowpolis Oy:lle.

## LÄHTEET

- 1     Direktiivit. www.dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.motiva.fi/taustatietoa/ohjauskeinot/direktiivit>  
Luettu 15.1.2011
- 2     Valtion tuet. www.dokumentti. Saatavissa:  
[http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/tietoa\\_sopimuksista/sopimustoiminan\\_kulmakivet/valtion\\_tuet/](http://www.energiatehokkuussopimukset.fi/fi/tietoa_sopimuksista/sopimustoiminan_kulmakivet/valtion_tuet/)  
Luettu 24.2.2011
- 3     Rakennuksen energiankulutuksen ja lämmitystehontarpeen laskenta, ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D5. Ympäristöministeriö. 2007.
- 4     Rakennusten energiatehokkuus, määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D3. Ympäristöministeriö. 2010.
- 5     Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Ympäristöministeriö. 2010
- 6     Lindstedt, Tuomo, Junnonen, Juha-Matti. Energiatehokkaat ja teolliset korjausrakentamiskorjausratkaisut Suomessa ja kansainvälisesti. Sitran selvityksiä 11.  
Saatavissa: <http://www.sitra.fi/julkaisut/Selvityksi%C3%A4-sarja/Selvityksi%C3%A4%2011.pdf?download=Lataa+pdf>  
Luettu 3.3.2011
- 7     HKR-Rakennuttajan kestävä kehityksen ohjelma. www.dokumentti. Saatavissa:  
<http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/3503d9004a1744debe82fe3d8d1d4668/ympohj.pdf?MOD=AJPERES>  
Ladattu 23.2.2011
- 8     Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot, määräykset ja ohjeet. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D1. Ympäristöministeriö. 2007
- 9     Rakennusalan kustantajat RAK. Ilmastointitekniikka. Kustantajat Sarmala Oy.  
Helsinki 1994. ISBN 952-9687-48-6

- 10 Virtanen, Vesa ym. Kokemuksia kerrostalon huoneistokohtaisesta ilmanvaihdosta ja lämmöntalteenotosta. Oy Edita Ab. Helsinki 1997. ISBN 952-00-0281-2
- 11 Ripatti, Harri. Asuinkerrostalon ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja säätö. Tammerpaino Oy. Tampere 1998. ISBN 952-11-01-0194-6
- 12 Ilmanvaihdon toimintaperiaate. www.dokumentti. Saatavissa: <http://www.taloyhtio.net/talotekniikka/iv/toiminta/>  
Luettu 20.3.2011.
- 13 Ilmanvaihto. www.dokumentti. Saatavissa: <http://www.energia.fi/fi/sahko/kotijasahko/tietoarantajalle/ilmanvaihto>  
Luettu: 21.3.2011.
- 14 Retermia LTO. www.dokumentti. saatavissa: <http://www.retermia.fi>.  
Luettu 17.3.2011.
- 15 LVI-insinööri Allan Mustosen tiedonanto. Kajaani 16.3.2011.
- 16 Huoneistokohtaisten vesimittareiden käyttö ja vaikutukset rakennusten energiankulutuksessa. www.dokumentti. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=104742&lan=sv>  
Ladattu: 13.2.2011.
- 17 Asuinkiintestön kuntoarvio. Laajennettu energiatalouden selvitys. LVI-kortti 01-10353. Julkaistu 1.11.2001.
- 18 Lämpöpumput. LVI-kortti 11-10332. Julkaistu 1.3.2002.
- 19 Rakennusten lämmittäminen. LVI-kortti 10-10397. Julkaistu 1.2.2006
- 20 Suomen lämpöpumppuyhdistyksen www-sivut. www.dokumentti. Saatavissa: <http://www.sulpu.fi>  
Luettu 1.3.2011
- 21 Ojaniemi, Asko, Penttinen, Lauri. Lämmityssähkön kulutuksen vähentäminen pellettitakkojen avulla. Benet Oy. Jyväskylä 2008.
- 22 Puupellettilämmitys. LVI-kortti 11-10406. Julkaistu 1.10.2006.



- 23 Pientalon lämmitysjärjestelmät. www.dokumentti. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/files/2701/Pientalon\\_lammitysjarjestelmat.pdf](http://www.motiva.fi/files/2701/Pientalon_lammitysjarjestelmat.pdf)  
Ladattu: 2.2.2011.
- 24 Auringosta lämpö ja sähköä. www.dokumentti. Saatavissa:  
[http://www.motiva.fi/files/2220/AurinkoEnergia\\_www.pdf](http://www.motiva.fi/files/2220/AurinkoEnergia_www.pdf)  
Luettu: 2.2.2011
- 25 Aurinkolämmitys. LVI-kortti 11-10194. Julkaistu 1.6.1992.
- 26 Kalvokuvia sähkön hinnasta 1.1.2011. www.dokumentti. Saatavissa:  
[http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kalvoja\\_sahkon\\_hinnan\\_kehityksesta\\_1101%20%5BYhteensopivuustila%5D.pdf](http://www.energiamarkkinavirasto.fi/files/Kalvoja_sahkon_hinnan_kehityksesta_1101%20%5BYhteensopivuustila%5D.pdf)  
Ladattu 24.2.2011.
- 27 Lämmitys kaukolämmöllä. RT-kortti 52-10859. Julkaistu 1.12.2005.
- 28 Asuntoyhtiön kaukolämpölaitteiden uusiminen. LVI-kortti 03-10368.  
Julkaistu 1.2.2004.
- 29 Kaukolämmön tilaustehon tarkistaminen. KH-kortti 25-00146. Julkaistu 1.6.1991.

## LIITTEIDEN LUETTELO

- 1      ENERGIANKULUTUSLASKENNASSA KÄYTETYT KAAVAT
- 2      SÄHKÖENERGIAN JAKAUTUMINEN KOKO VUOKATINHOVIN  
KIINTEISTÖSSÄ
- 3      KAUKOLÄMMÖN JAKAUTUMINEN KOKO VUOKATINHOVIN  
KIINTEISTÖSSÄ
- 4      VEDENKULUTUS VUONNA 2010 VUOKATINHOVIN KIINTEISTÖSSÄ
- 5      MÖKKIRAKENNUSTEN MAALÄMPÖINVESTOINTI/LÄMPÖKAIVO
- 6      MÖKKIRAKENNUSTEN MAALÄMPÖINVESTOINTI/VESISTÖ
- 7      MAALÄMPÖ OSATEHONA PÄÄRAKENNUKSESSA  
INVESTOINTIKUSTANNUKSET
- 8      RETERMIA LTO-JÄRJESTELMÄ VUOKATINHOVIN KEITTIÖÖN

## ENERGIANKULUTUSLASKENNASSA KÄYTETYT KAAVAT

Energiankulutus on laskettu Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan.

Seuraavien kaavojen numerointi määräytyy RakMk osan D5 mukaan.

- (1) RAVES OY Vuokatinhovin päärakennus
- (2) RAVES OY Vuokatinhovin mökkirakennukset, 18 kpl

ET-luku, joka on rakennuksen kokonaisenergiankulutuksen suhde bruttoneliöihin

$$E_{\text{rakennus}} = Q_{\text{lämmitys}} + W_{\text{laitesähkö}} + Q_{\text{jäähdytys}} \quad (3.6)$$

$$E_{\text{rakennus}} = Q_{\text{lämmitys}} + Q_{\text{iv}} + W_{\text{laitesähkö}} + Q_{\text{jäähdytys}} \quad (\text{poissulku tekniikka})$$

$$(1) = 170330,3 + 389076 + 306470 = 865876,3 \text{ kWh}$$

$$(2) = 357102,9 + 181189 + 232320 = 770612,9 \text{ kWh}$$

Rakennuksen lämmitysenergiankulutus

$$Q_{\text{lämmitys}} = Q_{\text{lämmitys, tilat}} + Q_{\text{lkv}} \quad (3.7)$$

$$(1) = 87386,95 + 82943,33 = 170330,28 \text{ kWh}$$

$$(2) = 208\,935,1 + 148167,8 = 357102,9 \text{ kWh}$$

Tilojen lämmitysenergiankulutus

$$Q_{\text{lämmitys, tilat}} = Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} + Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}} - Q_{\text{LP, tilat}} \quad (3.8)$$

$$(1) = 57551,9 + 29835 = 87386,9 \text{ kWh}$$

$$(2) = 194151,1 + 14784 = 208935,1 \text{ kWh}$$

Rakennuksen tilojen lämmityksen nettoenergiantarve

$$Q_{\text{lämmitys, tilat, netto}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{vuotoilma}} - Q_{\text{sis.lämpö}} \quad (3.9)$$

$$(1) = 158845,2 + 51567,8 - 156133,9 = 57551,9 \text{ kWh}$$

$$(2) = 330516,8 + 50937,0 - 190756,2 = 194151,1 \text{ kWh}$$

Käyttöveden lämmityksen energiankulutus (3.10)

$$Q_{\text{lkv}} = Q_{\text{lkv, netto}} + Q_{\text{lkv, häviöt}}$$

$$(1) = 46223,3 + 36720,0 = 82943,3 \text{ kWh}$$

$$(2) = 78911,0 + 69256,8 = 148167,8 \text{ kWh}$$

Rakennuksen ulkovaipan läpi johtuva energia

$T_u$	käytetty vuoden 2010 ulkolämpötila tietoja, °C/kk
$T_s$	sisälämpötila 21 °C
$T_{\text{maa, kuukausi}}$	maan lämpötilana on käytetty $U > 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ , RakMk D5:n arvoja
$\Delta t$	kuukauden pituus tunteina

$$Q_{\text{joht}} = \sum H_{\text{joht}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (4.1)$$

$$(1) = 1150,86 * (T_s - T_u) \Delta t / 1000 = 158845,2 \text{ kWh}$$

$$(2) = 2244,91 * (T_s - T_u) \Delta t / 1000 = 330516,8 \text{ kWh}$$

$$\sum H_{\text{joht}} = \sum (U_{\text{us}} A_{\text{us}}) + \sum (U_{\text{yp}} A_{\text{yp}}) + \sum (U_{\text{ap}} A_{\text{ap}}) + \sum (U_{\text{ikk}} A_{\text{ikk}}) + \sum (U_{\text{ovi}} A_{\text{ovi}}) \quad (4.2)$$

$$(1) = 218,42_{\Sigma_{\text{us}}} + 159,64_{\Sigma_{\text{yp}}} + 444,33_{\Sigma_{\text{ap}}} + 251,46_{\Sigma_{\text{ikk}}} + 77,00_{\Sigma_{\text{ovi}}} = 1150,86 \text{ W/K}$$

$$(2) = 491,31_{\Sigma_{\text{us}}} + 319,79_{\Sigma_{\text{yp}}} + 627,41_{\Sigma_{\text{ap}}} + 518,40_{\Sigma_{\text{ikk}}} + 288,00_{\Sigma_{\text{ovi}}} = 2244,91 \text{ W/K}$$

Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia

$$Q_{\text{vuotoilma}} = H_{\text{vuotoilma}} (T_s - T_u) \Delta t / 1000 \quad (4.5)$$

$$(1) = 310,08 * (T_s - T_u) \Delta t / 1000 = 51567,8 \text{ kWh}$$

$$(2) = 313,92 * (T_s - T_u) \Delta t / 1000 = 50937,0 \text{ kWh}$$

$$H_{\text{vuotoilma}} = p_i * c_{pi} * q_{v, \text{vuotoilma}} \quad (4.6)$$

$$(1) = 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ Ws/(kgK)} * 0,2616 \text{ m}^3/\text{s} = 310,08 \text{ W/K}$$

$$(2) = 1,2 \text{ kg/m}^3 * 1000 \text{ Ws/(kgK)} * 0,2584 \text{ m}^3/\text{s} = 313,92 \text{ W/K}$$

$$q_{\text{vuotoilma}} = n_{\text{vuotoilma}} * V / 3600 \quad (4.7)$$

Rakennuksen ilmanpitävyyttä ei tunneta, käytetty RakMk D5:n arvoa 0,16 1/h

$$(1) = 0,16 * 5886 / 3600 = 0,2616 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$(2) = 0,16 * 5814 / 3600 = 0,2584 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia on laskettu ”poissulkutekniikalla”, koska kohteen ilmanvaihtokoneista ja ilmapirtaukista ei ollut saatavilla tarkempia tietoja.

poissulkutekniikalla tarkoitetaan sitä, että ensin selvitetään kaikki mahdolliset energialähteet kuluttavat kohteet. Jäljelle jäävä energiamäärä, verrattuna Vuokatinhovin kulutustietoihin, on ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema todellinen energiamäärä. Jäljelle jäävä energiamäärä jaotellaan rakennuksien tilavuuksien perusteella eri kohteisiin.

$Q_{iv}$  = Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia

$$(1) = 389076 \text{ kWh}$$

$$(2) = 181189 \text{ kWh}$$

### Tilojen lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergiat

Tilojen lämmitysjärjestelmien lämpöhäviöenergioiden arvoina on käytetty RakMk osan D5 taulukon 6.1 arvoja ja ohjeita.

$$Q_{\text{lämmitys,tilat, häviöt}} = Q_{\text{kehityshäviöt}} + Q_{\text{jakeluhäviöt}} + Q_{\text{luovutushäviöt}} + Q_{\text{säätöhäviöt}} + Q_{\text{varaajahäviöt}} \quad (6.1)$$

$$(1) = (2 + 5 + 4 + 2 + 0) \text{ kWh/brm}^2 * 2295 \text{ brm}^2 = 29835 \text{ kWh}$$

$$(2) = (2 + 0 + 4 + 1 + 0) \text{ kWh/brm}^2 * 2295 \text{ brm}^2 = 14784 \text{ kWh}$$

### Laitteiden sähköenergiankulutus

$W_{\text{laitesähkö}}$  = 110 kWh/brm<sup>2</sup> RakMk osan D5 mukaan, taulukko 7.1.

Lisäksi pääarakennuksen ravintolan osalta olemme arvioineet keittiön kulutukseksi 148 kWh/vrk. Arvioi pohjautuu Motivan tekemään julkaisuun, *Energiatebokas ammattikeittiö*.

$$(1) = 306470 \text{ kWh}$$

$$(2) = 232320 \text{ kWh}$$

### Henkilöiden aiheuttama lämpökuorma

Henkilöiden määränä on käytetty vuoden 2010 matkustajatietoja

$\Phi_{\text{henk}}$  henkilön keskimääräinen lämpöteho 70 W, RakMk osan D5 arvo

$$Q_{\text{henk}} = \Phi_{\text{henk}} * n * \Delta t_{\text{toleskelu}} / 1000 \quad (8.1)$$

$$(1) = 70 \text{ W} * \text{kävijämäärä/kk} * 0,5 / \text{päivää kuukaudessa} / 1000 = 1844,6 \text{ kWh}$$

$$(2) = 70 \text{ W} * \text{kävijämäärä/kk} * 0,5 / \text{päivää kuukaudessa} / 1000 = 18938,6 \text{ kWh}$$

Sähkölaitteiden aiheuttama lämpökuorma

$$Q_{\text{säh}} = Q_{\text{säh, omin}} * \text{brm}^2 \quad (\text{RakMk D5, kohta 8.3.1 s. 41})$$

$$(1) = 88 \text{ kWh/brm}^2 * 2295 \text{ brm}^2 = 201960 \text{ kWh}$$

$$(2) = 88 \text{ kWh/brm}^2 * 2412 \text{ brm}^2 = 185856 \text{ kWh}$$

Lämpökuorma tilojen lämmitysjärjestelmästä

$$Q_{\text{lämmitys, kuorma}} = 0,7 * Q_{\text{lämmitys, tilat, häviöt}} \quad (8.3)$$

$$(1) = 0,7 * 29835 = 20884,5 \text{ kWh}$$

$$(2) = 0,7 * 147840 = 10348,8 \text{ kWh}$$

Lämpimän käyttöveden lämmitysjärjestelmän lämpöhäviöenergia

$$Q_{\text{lkv, kuorma}} = 0,3 * Q_{\text{lkv, netto}} + 0,5 * Q_{\text{lkv, häviöt}} \quad (8.4)$$

$$(1) = 0,3 * 46223,3 + 0,5 * 36720 = 32227,0 \text{ kWh}$$

$$(2) = 0,3 * 78911,0 + 0,5 * 69256,8 = 58\,301,7 \text{ kWh}$$

Ikkunoiden kautta tuleva auringon säteilyenergia

$$Q_{\text{aur}} = \sum G_{\text{säteily, pystypinta}} F_{\text{läpäisy}} A_{\text{ikk}} g \quad (8.6)$$

$$g = 0,9 * g_{\text{kohtisuora}} = 0,63 \quad (8.7)$$

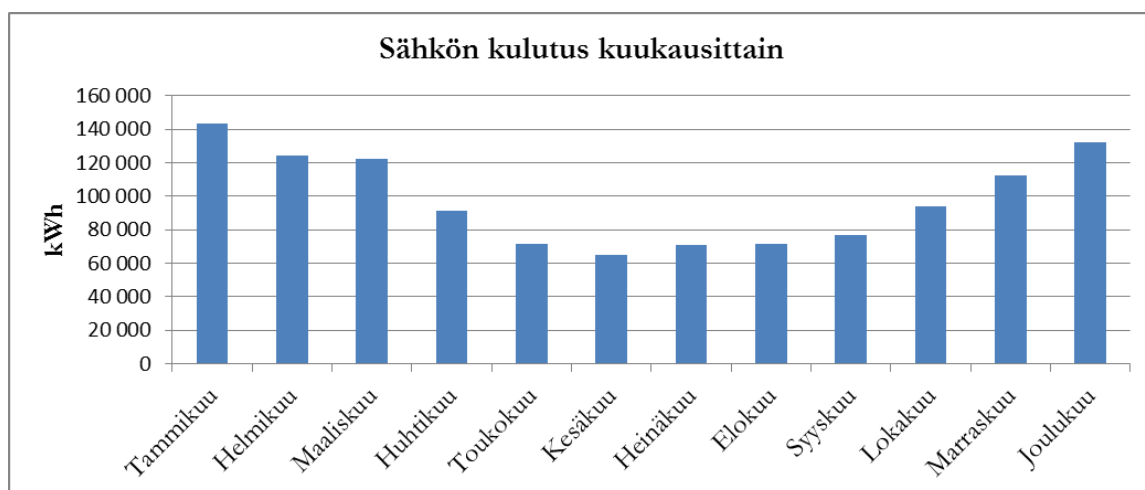
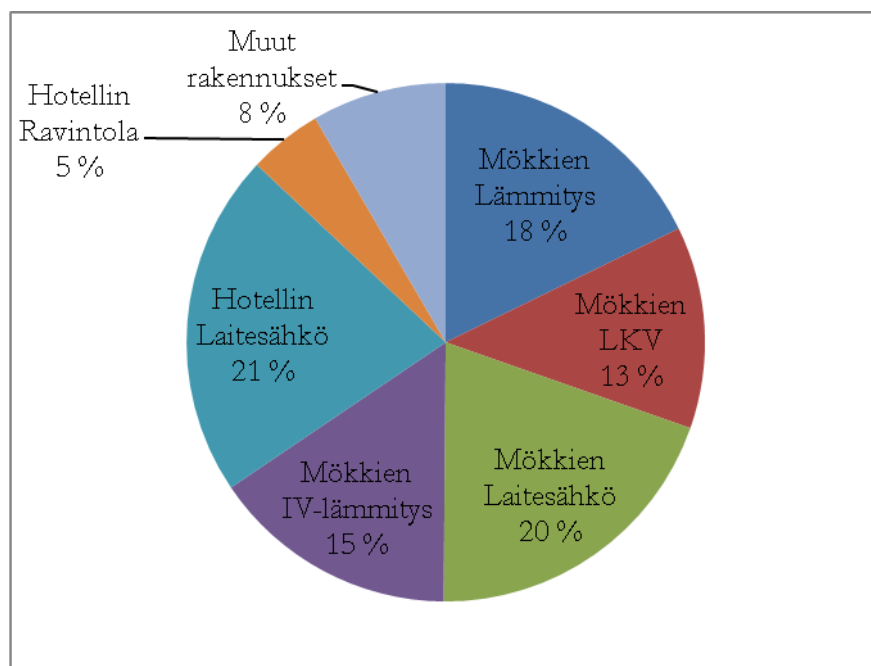
$Q_{\text{aur}}$  on laskettu RakMk osan D5 kohtien 8.4.2 – 8.4.6 mukaan

$$(1) = 16603,1 \text{ kWh}$$

$$(2) = 35889,2 \text{ kWh}$$

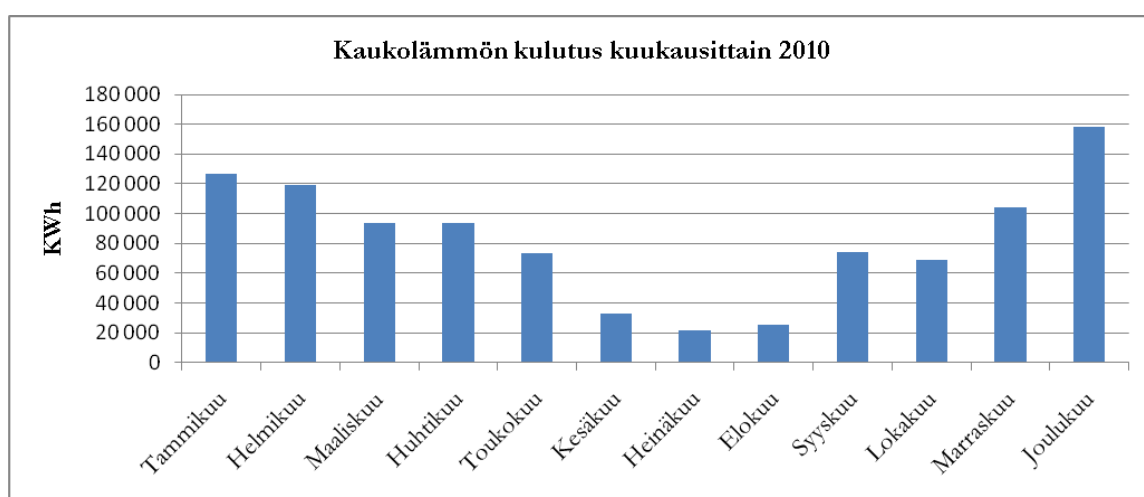
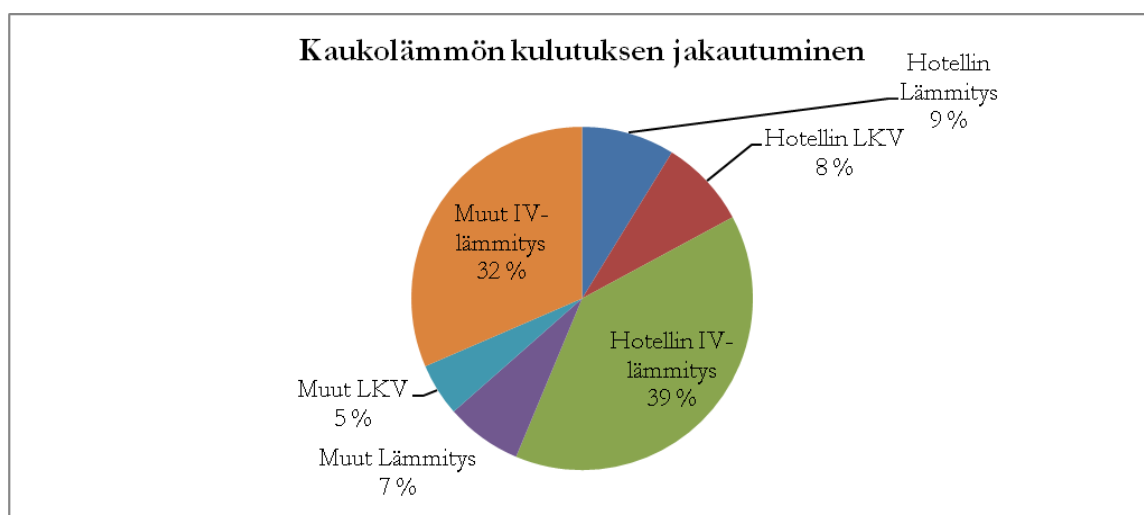
## SÄHKÖENERGIAN JAKAUTUMINEN KOKO VUOKATINHOVIN KIINTEISTÖSSÄ

Sähköenergian kulutus koko kiinteistössä vuonna 2010		kWh/a
Mökki	Mökkien Lämmitys	208935
	Mökkien LKV	148168
	Mökkien Laitesähkö	232320
	Mökkien IV-lämmitys	181189
Hotelli	Hotellin Laitesähkö	252450
	Hotellin Ravintola	54020
	Muut rakennukset	98750
		1175832



# KAUKOLÄMMÖN JAKAUTUMINEN KOKO VUOKATINHOVIN KIINTEISTÖSSÄ

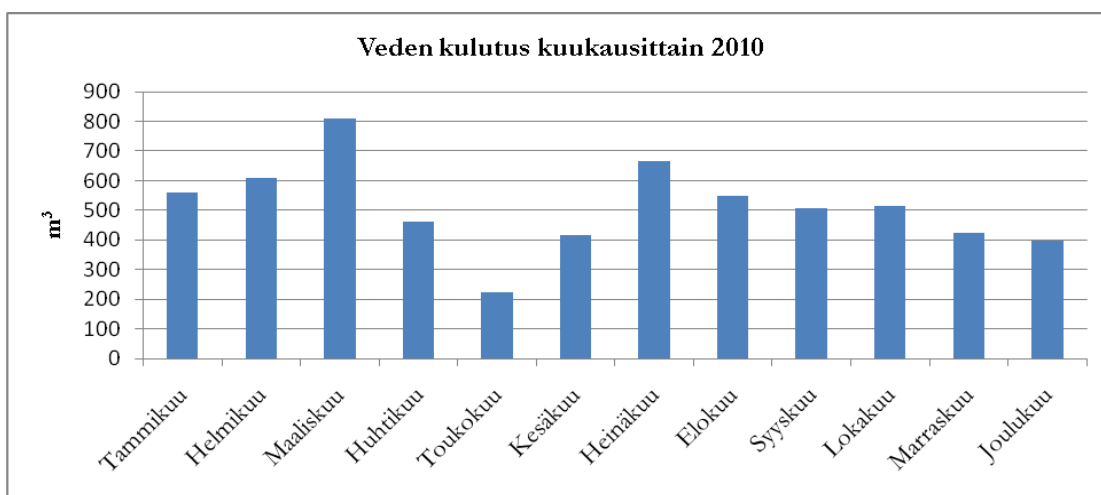
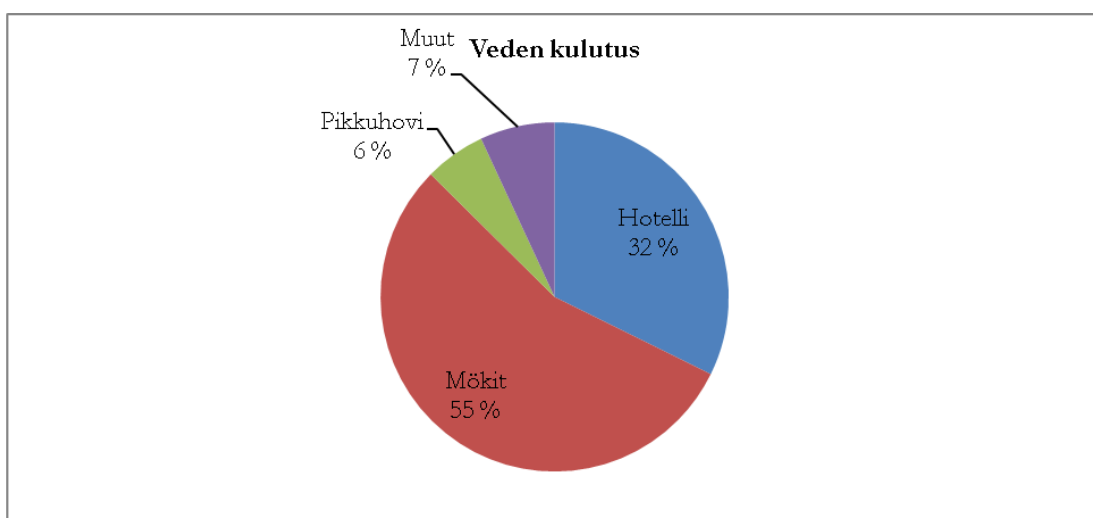
Kaukolämmön kulutus koko kiinteistössä vuonna 2010		kWh/a
Hotelli	Hotellin lämmitys	87387
	Hotellin LKV	82943
	Hotellin IV-lämmitys	389076
Muut rakennukset, pikkuhovi, rantasauna, tekninen rakennus	Muut IV-lämmitys	312445
	Muut LKV	49530
	Muut lämmitys	71819
		993200





## VEDENKULUTUS VUONNA 2010 VUOKATINHOVIN KIIINTEISTÖSSÄ

Vedenkulutus koko kiinteistössä vuonna 2010	m <sup>3</sup> /a
Hotelli	1981
Mökit	3381,9
Pikkuhovi	347,1
Muut rakennukset, esim. Rantasauna	426
	6136





## MÖKKIRAKENNUSTEN MAALÄMPÖINVESTOINTI/VESISTÖ

MAALÄMPÖ VEDESTÄ	määrä	yks	€/yks	tth/yks	yks	määrä	yks	tth	€/tth	yhteensä €
Maatyöt										
Konetyö				0,016	kone-h/m <sup>3</sup> itd	3500	m <sup>3</sup>		60	3360
Kuljetus				100	1h/10m <sup>3</sup> , kuorma	1000	m <sup>3</sup>		60	6000
Lämmönkeruuputkisto veteen	4500	jm	27,64							124390,24
ALV 0%										
Laitteet mlp	1	a/kpl	50000							50000
tarvikkeet	1	a/kpl	10000							10000
Asennustyöt										
Ulkopuoliset putkistot ja liittymät				0,03	tth/pohja-m2	2500	m <sup>2</sup>		38	2850
Lämmönjakohuoneen asennustyöt				0,04	brm <sup>2</sup>	2412	m <sup>2</sup>		38	3666,24
Jako-, nousu- kytkentäjohtot				0,5	brm <sup>2</sup>	2412	m <sup>2</sup>		38	45828
lämpö				0,17	brm <sup>2</sup>	2412	m <sup>2</sup>		38	15581,52
vesi				0,24	brm <sup>2</sup>	2412	m <sup>2</sup>		38	21997,44
Lämmityspatteriasennukset				0,05	brm <sup>2</sup>	2412	m <sup>2</sup>		38	4582,80
Kalusto	216	kpl	160							34560
Eristystyöt				0,12	brm <sup>2</sup>	2412	m <sup>2</sup>		38	10998,72
										333814,964
MAALÄMPÖ HUOLTOKUSTANNUKSET				määrä		yks	€/yks	aika/a	€/a	
Maalämpöjärjestelmän huoltotarkistus (2 kertaa / 15a)				2		4 tth	38	15		20,27
Maalämpöjärjestelmän suodattimien putsaus (1 kerta / 2kk)				1		2 tth	38	0,17		12,67
Maalämpöpumppujen mahdollinen uusintainvestointi (1 kerta / 20a)				1			38000	20		1900
										1932,93





### Retermia LTO- järjestelmän tunnusluvut

kohde: Vuokatin Hovi keittiö  
suunnittelija: Kajaanin AMK / Rani Juustinen & Allan Mustonen 15.4.2011

<u>Tulopatterien mitoitus tiedot:</u>			<u>Poistopatterien mitoitus tiedot:</u>		
Mitoitusilmavirta	1,40	[m <sup>3</sup> /s]	Mitoitusilmavirta	1,40	[m <sup>3</sup> /s]
kokonais nestevirta	0,55	[kg/s]	kokonais nestevirta	0,55	[kg/s]

<u>Liuospiirin mitoitus tiedot:</u>			<u>Yleiset tiedot:</u>		
LS neste:	Etyleeniglykoli		LTO:n jälkeisen ilman max lt	18	[C]
liuosvauvuus	40	[%]	laskenta vuosi	1990	
putkiston painehäviö	20	[kPa]	laskenta paikkakunta:	Joensuu	
3 - tie venttiilin vaikutusaste	15	[%]	laskennallinen epätarkkuus	5	[%]
pumpun hyötysuhde	60	[%]			

### Tunnusluvut:

<b>Tuloilman vuosihyötysuhde</b>	<b>60,6</b>	<b>%</b>
<b>LTO:n vuotuinen energiakerroin</b>	<b>53,1</b>	
- LTO- järjestelmän vuotuinen energian säästö	121,5	MWh/a
- Lämmön hinta	60	€/MWh
- Sähkön hinta	100	€/MWh
- LTO:sta aiheutuva taloudellinen säästö	7289,8	€/a
- LTO- järjestelmän vuotuinen sähkön kulutus	2,29	MWh/a
LTO:n vuotuisen sähkönkulutuksen kustannus	229,0	€/a
Vuotuinen taloudellinen säästö	7060,8	€/a

Lämmön talteenotto on toteutettu hajautetusti 1 kpl poistupuolen neulalämmönsiirtimellä ja 1 kpl tulopuolen neulalämmönsiirtimellä.

Retermia LTO- järjestelmän tuloilman vuosihyötysuhteen laskennassa on huomioitu eri suuret tulo- ja poistoilmavirrat.

Tuloilman vuosihyötysuhde lasketaan jakamalla vuotuinen LTOlla tuloilmaan siirretty lämmitysenergia vuotuisella tuloilman lämmitysenergian tarpeella:

$$\text{Tuloilman vuosihyötysuhde : } \varepsilon_T = \frac{Q_{LTO}}{Q_{TOT}} = \frac{Q_{LTO}}{Q_{LTO} + Q_{JÄLK}}$$

$$\text{LTO:n energiakerroin: } E_{LTO} = \frac{Q_{LTO}}{Q_S}$$

missä

$Q_{LTO}$	on vuotuinen LTO:lla tuloilmaan siirretty lämpöenergia [kWh]
$Q_{TOT}$	on vuotuinen tuloilman lämmitysenergian tarve [kWh]
$Q_{JÄLK}$	on vuotuinen tuloilman jälkilämmitysenergian tarve [kWh]
$Q_{SAHKO}$	LTO-järjestelmän vuotuinen sähkönkulutus [kWh]

Retermia LTO- järjestelmän poistoilman vuosihyötysuhde saadaan kertomalla tuloilman vuosihyötysuhde tulo- ja poistoilmavirtojen suhteella  $R_{LTO}$ .

Tulo- ja poistoilmavirtojen suhde:

<b>Poistoilman vuosihyötysuhde</b>	<b><math>R_{LTO} =</math></b>	<b>1,00</b>
	<b>60,6</b>	<b>%</b>