

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma, talotekniikka
Mikko Vihanto

Opinnäytetyö

Leirikeskuksen lämmityksen energiatehokkuuden parantaminen

Työn ohjaaja
Työn tilaaja
Tampere 5/2010

Diplomi-insinööri Veijo Piikkilä, TAMK
Nokian seurakunta, valvojana kiinteistöpäällikkö
Timo Jokinen

Tekijä	Mikko Vihanto
Työn nimi	Leirikeskukseen lämmityksen energiatehokkuuden parantaminen
Sivumäärä	63
Valmistumisaika	5/2010
Työn ohjaaja	Diplomi-insinööri Veijo Piikkilä, TAMK
Työn tilaaja	Nokian seurakunta, valvojana kiinteistöpäällikkö Timo Jokinen

Tiivistelmä

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli Nokialla sijaitsevan Kurssikeskus Urhatun lämmitysenergian kulutuksen tutkiminen. Samalla tavoitteena oli kartoittaa millä keinoin lämmitysenergian kulutusta olisi mahdollista pienentää. Työssä lähdettiin liikkeelle lämmitysenergian kulutuksen ja sen jakautumisen tutkimisesta. Tutkiminen suoritettiin analysoimalla selvitettyjä lähtö- ja kulutustietoja. Analyysissa käytettiin apuna rakentamismääräyskokoelman osaa D5, jonka pohjalta laskenta pääosin suoritettiin.

Heti työn alussa selveni, että suurin yksittäinen energiankuluttaja kiinteistöissä oli A-talon ilmanvaihtojärjestelmä. Laitteisto oli yli 20 vuotta vanha, eikä siinä ollut lämmöntalteenottoa, joten tutkittiin kannattaisiko laitteistoon tehdä parannuksia. Työssä tutkittiin myös voitaisiinko tilojen lämmitysenergiaa säästää esimerkiksi ikkunoiden suojauksella, lämmöntalteenotolla tai lämpöpumpputekniikalla.

Lopputulosten perusteella ilmalämpöpumppu osoittautui teknistaloudellisesti tehokkaimmaksi ratkaisuksi tilojen lämmitysenergian vähentäjänä. Ilma-vesilämpöpulla saataisiin vähennettyä käyttöveden lämmittämiseen kuluva energiaa tilojen lämmityksen lisäksi. A-talon ilmanvaihtolaitteiden saneerauksella olisi myös saavutettavissa merkittäviä säästöjä.

Writer	Mikko Vihanto
Thesis	Improving camp centre's energy efficiency
Pages	63
Graduation time	5/2010
Thesis Advisor	Master of Science in Engineering Veijo Piikkilä, TAMK
Co-operating Company	Nokia's congregation, Supervisor: Master of property Timo Jokinen

Abstract

The aim of this thesis was investigating the heating energy consumption of camp centre called Kurssikeskus Urhattu which is located in Nokia. At the same time the objective was to survey possibilities to reduce consumption of the heating energy. The work started from examining the consumption of the heating energy and its division. The examining was performed by analyzing clarified source data and consumption information. The D5 of the building regulations was the base for calculations in the analysis.

Immediately at the beginning of the work cleared up that the biggest individual energy consumer in the real estate's was the ventilation system of the house A. The equipment was more than 20 years old and there was no heat recovery so it was studied if improvements would be worth making to the equipment. In the work it was also studied if the heating energy of premises could be saved for example with the protection of windows, with heat recovery units or heat pump technology.

On the basis of the final results the air heating pump proved to be the most efficient solution as a decreasing the heating energy of premises. In addition to the heating of premises, energy which wears out for the warming of service water would be reduced with air-to-water heat pump. The renovation of the ventilation equipment of the house A could also be used to reach significant savings.

Keywords energy analysis, heat pumps, heat recovery units, venetian blinds

Alkusanat

Työ on tehty Nokian seurakunnan pyynnöstä tutkia Leirikeskus Urhatun energiankulutusta ja esittää parannusehdotuksia energian kulutuksen vähentämiseksi.

Haluan kiittää kaikkia Nokian seurakunnan työntekijöitä tuesta ja avusta opinnäytetyön teossa. Erityisesti haluan kiittää Nokian seurakunnan kiinteistöpäällikkö Timo Jokista ja kiinteistöjohtokunnan puheenjohtajaa Pirkko Pihlajamaata, jotka avustivat työn eri vaiheissa.

Tampereella huhtikuussa 2010



Mikko Vihanto

Sisällysluettelo

1	JOHDANTO	8
1.1	TYÖN TAVOITE	8
1.2	TYÖN RAJAUS JA LÄHTÖKOHDAT TYÖN SUORITTAMISELLE	9
2	KIINTEISTÖN LÄHTÖTIEDOT	10
2.1	A-TALON TIEDOT	10
2.1.1	<i>Ilmanvaihtojärjestelmä</i>	<i>10</i>
2.1.2	<i>Lämmin käyttövesi</i>	<i>11</i>
2.1.3	<i>Lämmitysjärjestelmä</i>	<i>11</i>
2.2	B-TALON TIEDOT	11
2.2.1	<i>Ilmanvaihtojärjestelmä</i>	<i>12</i>
2.2.2	<i>Lämmin käyttövesi</i>	<i>12</i>
2.2.3	<i>Lämmitysjärjestelmä</i>	<i>12</i>
2.3	SAUNAN TIEDOT	12
2.3.1	<i>Ilmanvaihtojärjestelmä</i>	<i>12</i>
2.3.2	<i>Lämmin käyttövesi</i>	<i>13</i>
2.3.3	<i>Lämmitysjärjestelmä</i>	<i>13</i>
2.4	SÄHKÖENERGIAN HINTA	13
2.5	KÄVIJÄMÄÄRÄ JA VEDEN KULUTUS	14
3	NYKYISEN ENERGIANKULUTUKSEN ANALYSOINTI	16
3.1	SÄHKÖENERGIAN KOKONAISKULUTUS JA KUSTANNUKSET	16
3.2	KÄYTTÖVEDEN LÄMMITTÄMISEEN KULUVA ENERGIA	18
3.3	TULOILMAN LÄMMITYKSEEN KULUVA SÄHKÖENERGIA	20
3.4	TULOILMAN JÄÄHDYTYKSEEN KULUVA SÄHKÖENERGIA	23
3.5	ENERGIANKULUTUKSEN JA KUSTANNUSTEN ANALYSOINTI	24
3.5.1	<i>Energiankulutuksen analysointi</i>	<i>24</i>
3.5.2	<i>Energiakustannusten analysointi</i>	<i>29</i>
4	BUDJETTI JA TAVOITTEET TAKAISINMAKSUAJALLE	29
5	NYKYISTEN TALOTEKNISTEN JÄRJESTELMIEN TARKISTUS	30
5.1.1	<i>Vedenjakelujärjestelmä</i>	<i>30</i>
5.1.2	<i>Ilmanvaihtojärjestelmä</i>	<i>31</i>
5.1.3	<i>Poissaoloajan lämpötilanpudotus</i>	<i>33</i>
6	PARANNUSEHDOTUKSET	34

6.1 SÄLEKAIHTIMET	34
6.2 LÄMMÖNTALTEENOTTO.....	35
6.2.1 <i>Vaihtoehto 1</i>	36
6.2.2 <i>Vaihtoehto 2</i>	36
6.3 ILMA-VESILÄMPÖPUMPPU	37
6.3.1 <i>Vaihtoehto 1</i>	37
6.3.2 <i>Vaihtoehto 2</i>	38
6.4 ILMALÄMPÖPUMPPU	39
7 PARANNUKSILLA SAAVUTETTAVA ENERGIAN SÄÄSTÖ.....	40
7.1 SÄLEKAIHTIMILLA SAATAVA ENERGIAN SÄÄSTÖ	40
7.2 LÄMMÖNTALTEENOTOLLA SAATAVA ENERGIAN SÄÄSTÖ.....	42
7.2.1 <i>Vaihtoehto 1</i>	42
7.2.2 <i>Vaihtoehto 2</i>	42
7.3 ILMA-VESILÄMPÖPUMPULLA SAATAVA ENERGIAN SÄÄSTÖ	43
7.3.1 <i>Vaihtoehto 1</i>	43
7.3.2 <i>Vaihtoehto 2</i>	45
7.4 ILMALÄMPÖPUMPULLA SAATAVA ENERGIAN SÄÄSTÖ	46
8 PARANNUSEHDOTUSTEN KANNATTAVUUDEN TARKASTELU	47
8.1 LÄMMÖNTALTEENOTON KANNATTAVUUS.....	48
8.1.1 <i>Vaihtoehto 1</i>	48
8.1.2 <i>Vaihtoehto 2</i>	48
8.2 ILMA-VESILÄMPÖPUMPUN KANNATTAVUUS.....	49
8.2.1 <i>Vaihtoehto 1</i>	49
8.2.2 <i>Vaihtoehto 2</i>	50
8.3 ILMALÄMPÖPUMPUN KANNATTAVUUS	50
9 YHTEENVETO	51
LÄHTEET	52
LIITTEET.....	54
LIITE 1: LÄMMINVESIVARA AJIEN JÄRJESTELMÄKAAVIOT.....	54
LIITE 2: A-TALON ILMANVAIHTOJÄRJESTELMÄ.....	56
LIITE 3: RETERMIA LÄMMÖNTALTEENOTON MITOITUS A-TALOON.....	58

Lyhenteiden ja termien luettelo

LKV	lämmin käyttövesi
KV	kylmä vesi
LVK	lämminvesikierto
PK	poistoilmakone
TK	tuloilmakone
LTO	lämmöntalteenotto
EER	energiatehokkuussuhde
COP	toiminnan hyötykerroin

Muut työssä esiintyvät lyhenteet ja termit on avattu osiinsa ja selitetty varsinaisessa tekstissä.

1 Johdanto

Työn aiheena oli Nokian seurakunnan omistaman Kurssikeskus Urhatun lämmitysenergian kulutuksen analysointi, parannusehdotukset kulutuksen vähentämiseksi ja parannusten kannattavuuden tutkiminen.

Kurssikeskus Urhattu tarjoaa läpi vuoden monipuoliset mahdollisuudet kurssien, leirien, palaverien, koulutusten tai vaikkapa perhejuhlien toteuttamiseen. Käyttö on siis hyvin vaihtelevaa vuoden aikana, kesäaikaan pääpainon ollessa rippileireillä ja talviaikaan muilla tilaisuuksilla. Tämä vaikeuttaa energia-analyysin tekemistä, sillä on hyvin vaikea arvioida tarkasti käyttöä pelkkien kävijämäärätilastojen perusteella.

Työssä pyrittiin selvittämään kiinteistön energian kulutukseen liittyviä lähtöarvoja pitkäköltä ajanjaksolta ja analysoimaan niitä. Tällaisia lähtöarvoja ovat esimerkiksi sähköenergian ja veden kulutus, sekä ilmanvaihdon käyntiajat ja kävijämäärät. Laskelmat ja arviot perustettiin näiden lähtötietojen varaan, sillä pitkäköltä ajanjaksolta oleva mittausinformaatio antaa hyvän kuvan kiinteistön energian kulutuksesta.

1.1 Työn tavoite

Työn tavoitteena oli analysoida kiinteistön lähtötietoja ja niiden avulla löytää lämmitykseen, lämpimän käyttöveden valmistukseen ja ilmanvaihtoon energiatehokkaampia ratkaisuja. Energiatehokkuutta voidaan parantaa esimerkiksi lämpöpumpputekniikan, lämmöntalteenoton ja sälekaihtimien avulla. Nykyisten järjestelmien tarkistaminen ja käyttöaikojen analysointi oli myös osana työtä, koska niiden optimoinnilla saadaan ”ilmaisia” säästöjä.

Kiinteistön lämmitys oli toteutettu sähkövastuspattereilla ja sähkökäyttöisellä lattialämmityksellä. Käyttövesi lämmitettiin niin ikään myös sähkökäyttöisillä lämminvesivaraajilla. Ilmanvaihto oli toteutettu erillisillä tulo- ja poistoilmakoneilla, jotka eivät ota lämpöä talteen, tai tulo/poistokoneilla varustettuna lämmöntalteenotolla.

Näiden tietojen pohjalta alettiin tutkia erilaisia toteuttamiskelpoisia vaihtoehtoja energian säästämiseksi. Käyttöveden valmistamisessa ja tilojen lämmityksessä on mahdollista hyödyntää lämpöpumpputekniikkaa. Tuloilman lämmitykseen kuluva energia voidaan vähentää lämmöntalteenoton avulla. Työssä myös arvioitiin sälekaihtimien merkitystä lämmitysenergian kulutuksen vähentäjänä.

1.2 Työn rajaus ja lähtökohdat työn suorittamiselle

Kiinteistön jokainen rakennus tutkittiin erikseen, mutta parannusehdotuksissa pyrittiin yhtenäiseen toteutukseen huollon ja kunnossapidon tehostamiseksi. Yhtenäinen laitteisto selkeyttää myös kustannusten laskentaa esimerkiksi urakkatarjousten laatimisessa; samoin yhtenäisen laitteiston huolto- ja kunnossapito saadaan yhdestä yrityksestä.

Työtä rajattiin rakennusten osalta siten, että rantasauna jätettiin kokonaan pois parannusehdotusten piiristä sillä sen merkitys oli kokonaisuuteen nähden lähes merkityksetön ja se oli rakennuksista selkeästi energiatehokkain. B-talon ilmanvaihtojärjestelmä jätettiin myös tarkastelussa huomiotta sillä se oli hiljattain saneerattu hyvin energiatehokkailla ilmanvaihtokoneilla.

Työn päätavoite oli antaa käyttäjälle kuva nykyisestä energian kulutuksesta ja sen jakautumisesta. Parannusehdotukset ja niillä saavutettavat hyödyt olivat myös tärkeitä selvittää. Työssä ei kuitenkaan pyritty suunnittelemaan eikä mitoittamaan tarkasti parannuksia, vaan pyrittiin kertomaan niistä pääpiirteittäin ja esitellä niiden tuomat mahdollisuudet. Tästä on hyötyä käyttäjälle ostopäätöksen tekemisessä ja erilaisten laitteistojen keskinäisessä vertailussa. Työtä voidaan myös käyttää laitteistojen suunnittelussa ja mitoituksen apuna. Nykyisillä markkinoilla ostajan on syytä olla entistä valveutuneempi ja tästä syystä työllä pyritään myös antamaan faktoja asioista, joilla myyjät saattavat toisinaan johtaa ostajaa harhaan.

2 Kiinteistön lähtötiedot

Kiinteistöön kuuluu kolme erillistä rakennusta: A-talo, B-talo ja saunarakennus.

Saunarakennuksenkin tiedot on esitelty, jotta se voidaan rajata myöhemmässä vaiheessa pois parannusehdotuksien piiristä. Kiinteistön perustiedot on esitetty taulukossa 1.

Pinta-aloja ja tilavuuksia on jouduttu piirustuksista osittain mittaamaan, sillä B-taloon on tehty laajennus saneerausvaiheessa.

Taulukko 1. Kiinteistön perustiedot

Rakennusten yhteenlaskettu kerrosala (m ²)	1750
Rakennusten yhteenlaskettu tilavuus (m ³)	6100
Lämmin käyttövesi	Sähkökäyttöiset lämminvesivaraajat
Ilmanvaihto	Koneellinen tulo/poisto
Lämmitystapa	Suora sähkölämmitys

2.1 A-talon tiedot

A-talo on rakennettu vuonna 1987. A-talossa on mahdollista majoittua 2–3-hengen hotellitasoisiin huoneisiin. Huoneet ovat kahdessa kerroksessa ja suihku- ja wc-tilat ovat käytävillä. Talossa on myös suurkeittiö ja 130-paikkainen ruokasali. Taulukossa 2 on esitetty rakennuksen perustiedot.

Taulukko 2. A-talon perustiedot

Rakennuksen kerrosala (m ²)	1235
Rakennuksen tilavuus (m ³)	4456,5
Rakenne	Kivi-/puurakenteinen

2.1.1 Ilmanvaihtojärjestelmä

Rakennuksen ilmanvaihtojärjestelmä koostuu erillisistä tulo/poisto – koneista, joissa ei ole lämmöntalteenottoa (Liite 2). Tiedot koneista on kerätty LVIS-suunnitelmista ja esitetty taulukossa 3. IV-konehuoneen poistopuhaltimen PK7:n tiedot perustuvat arvioon, sillä niitä ei ollut dokumentoitu.

Taulukko 3. A-talon ilmanvaihtojärjestelmän tiedot

Kone	TK1	TK2	TK3	PK1	PK2	PK3	PK4	PK7
Tuloilmavirta (l/s)	1420	700	1100					
Poistoilmavirta (l/s)				1660	800	620	560	200
Lämmityspatterit (kW)	48	36	36					
Puhaltimet 100/50 % (kW)	1,8/0,9	0,8	1,6/0,9	1,1/0,6	0,6	0,8/0,5	0,5/0,2	0,2

2.1.2 Lämmin käyttövesi

Lämmin käyttövesi valmistetaan sähkökäyttöisessä varaajassa, jonka tiedot on katsottu varaajan järjestelmäkaaviosta (Liite 1) ja luetteloitu taulukkoon 4.

Taulukko 4. A-talon lämminvesivaraajan tiedot

Tilavuus (m ³)	2,5
Teho (kW)	2 x 5 + 2 x 9
Käyttövesikierukat (l/min)	2 x 35

2.1.3 Lämmitysjärjestelmä

Rakennuksen lämmitys on toteutettu seinille asennetuin sähköpatterein ja sähköisellä lattialämmityksellä.

2.2 B-talon tiedot

B-talo on valmistunut vuonna 1968 ja saneerattu vastaamaan nykyaikaisia mukavuuksia vuonna 1987. B-talossa on viisi huonetta, joissa jokaisessa on vuodepaikat kahdeksalle henkilölle. Talon päätyyn on rakennettu esimerkiksi leirin johtajille omat, erilliset huoneet. Suihku- ja wc-tilat ovat yhteisessä käytössä. Talossa on kaksi saunaa. Talon monet käyttötarkoitukset mahdollistaa hyvin varusteltu minikeittiö yhteisessä tilassa, jossa tunnelmaa luo takka. Taulukossa 5 on esitetty rakennuksen perustiedot.

Taulukko 5. B-talon perustiedot

Rakennuksen kerrosala (m ²)	445
Rakennuksen tilavuus (m ³)	1433
Rakenne	Puurakenteinen

2.2.1 Ilmanvaihtojärjestelmä

B-talon ilmanvaihtojärjestelmä jätetään myös tarkastelussa huomiotta, sillä se on hiljan saneerattu energiatehokkailla ilmanvaihtokoneilla. Koneet on varustettu levylämmöntalteenotolla.

2.2.2 Lämmin käyttövesi

Lämmin käyttövesi valmistetaan sähkökäyttöisessä varaajassa, jonka tiedot on katsottu varaajan järjestelmäkaaviosta (Liite 1) ja luetteloitu taulukkoon 6.

Taulukko 6. B-talon lämminvesivaraajan tiedot

Tilavuus (m ³)	3
Teho (kW)	2 x 6 + 2 x 12
Käyttövesikierukat (l/min)	2 x 50

2.2.3 Lämmitysjärjestelmä

Rakennuksen lämmitys on toteutettu seinille asennetuin sähköpatterein ja sähköisellä lattialämmityksellä.

2.3 Saunan tiedot

Tässä luvussa esitetään saunasta vain välttämättömimmät tiedot. Sauna ei ole parannusehdotusten piirissä, mutta joitakin tietoja tarvitaan muiden laskelmien käsittelyssä. Saunan perustiedot on esitetty taulukossa 7.

Taulukko 7. Saunan perustiedot

Rakennuksen kerrosala (m ²)	70
Rakennuksen tilavuus (m ³)	220
Rakenne	Puurakenteinen

2.3.1 Ilmanvaihtojärjestelmä

Saunan ilmanvaihtojärjestelmä jätetään myös tarkastelussa huomiotta, sillä se on hiljan saneerattu energiatehokkailla ilmanvaihtokoneilla. Koneet on varustettu regeneratiivisella lämmöntalteenotolla.

2.3.2 Lämmin käyttövesi

Lämmin käyttövesi valmistetaan sähkökäyttöisissä varaajissa, joiden tiedot on katsottu saunan piirustuksista ja luetteloitu taulukkoon 8.

Taulukko 8. B-talon lämminvesivaraajien (2 kpl) tiedot

Tilavuus (m ³)	0,3
Teho (kW)	yö 3, päivä 4,5

2.3.3 Lämmitysjärjestelmä

Rakennuksen lämmitys on toteutettu seinille asennetuin sähköpatterein ja sähköisellä lattialämmityksellä.

2.4 Sähköenergian hinta

Sähköenergian kokonaishinta on esitetty taulukossa 9. Kokonaishinta muodostuu sähkön siirrosta ja energian hinnasta. Siirto on Vattenfallin normaaleilla hinnoilla, mutta energian hinta on vakio Nokian kaupungin kilpailuttama hinta, joka on samansuuruinen kellonajasta ja vuodenajasta riippumatta. (Verkkopalveluhinnasto 2009)

Taulukko 9. Sähköenergian kokonaishinnan muodostuminen alv. 0 %

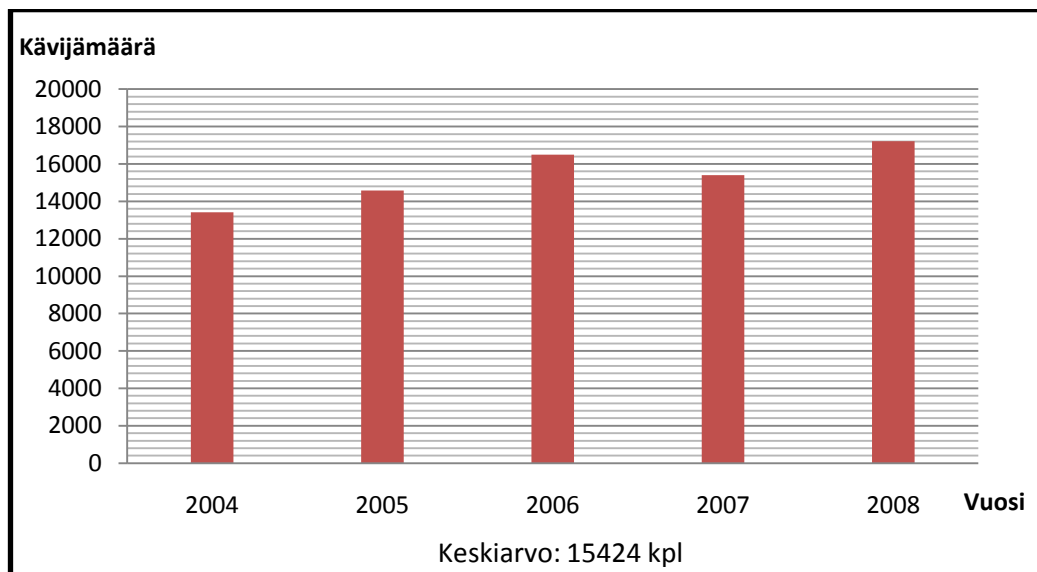
Energian hinta, kiinteä (€/kWh)	0,041
Siirto:	
Perusmaksu (€/kk)	41,55
Tehomaksu (€/kW, kk)	2,22
Loistehomaksu (€/kVar, kk)	3,95
Talviarkipäivä 1.11.—31.3. ma—la klo 07—22 (€/kWh)	0,02391
Muu aika (€/kWh)	0,01135
Sähkövero (veroluokka 1) (€/kWh)	0,00883

Tehosiirtotuotteissa 1–3 pätötehon veloitusteho on viimeisen 12 kuukauden kahden suurimman kuukausitehon keskiarvo, mutta kuitenkin vähintään 40 kW.

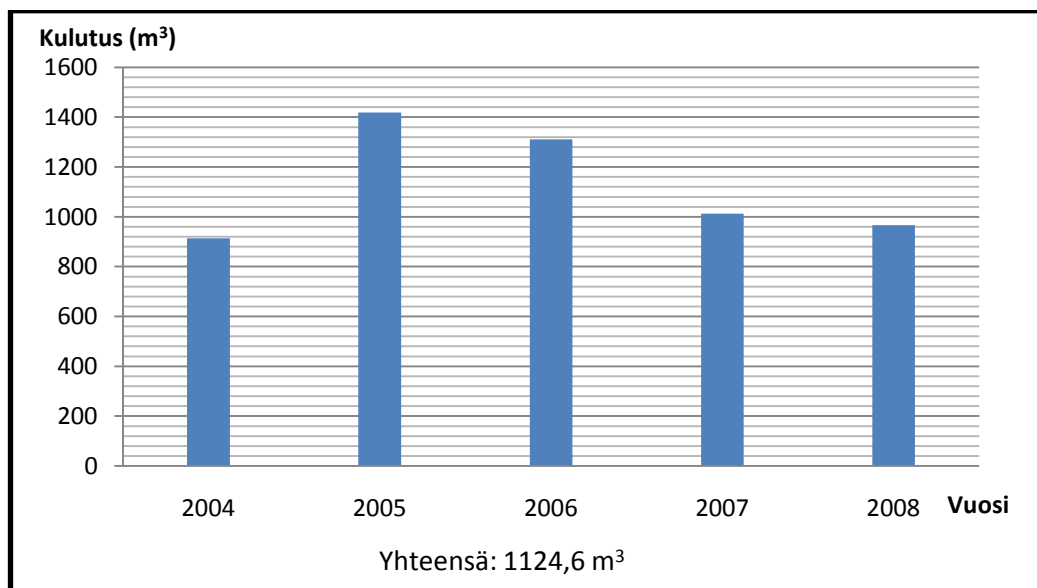
Tehosiirtotuotteissa 1–3 veloitusloisteho on kuukausittain mitattu suurin 60 minuutin loiskeskiteho, josta vähennetään 16 % laskutettavan pätötehon määrästä.

2.5 Kävijämäärä ja veden kulutus

Kiinteistön kävijämääristä sain listan vuosilta 2004–2008. Lista ei kuitenkaan erittele sitä, miten pitkään kävijät ovat viipyneet tai millaista käyttö on ollut. Asia on havaittavissa, kun verrataan vuotuisia kävijämääriä veden käyttöön. Veden kulutus ei ole ainakaan vuositasolla suoraan verrannollinen kävijämäärän kanssa, joka on nähtävissä kuvioista 1 ja 2.

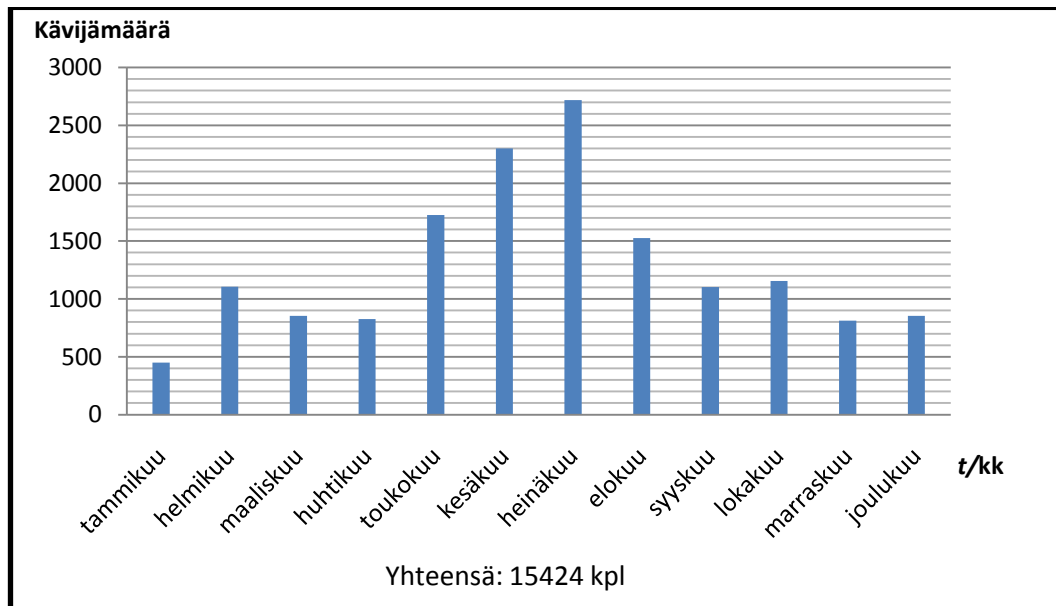


Kuvio 1. Vuosittainen kävijämäärä



Kuvio 2. Vuosittainen vedenkulutus

Vaikka veden kulutuksen ja kävijämäärän välillä ei vuositasolla ole havaittavissa selkeää yhteyttä, niin kävijämäärä on tässä tapauksessa ainoa keino tutkia veden kulutuksen jakautumista kuukausitasolla. Tietoja kävijämääristä voidaan hyödyntää veden kulutuksen mittauksen ohella myös energiankulutuksen analysoinnissa. Kuukausittaisten kävijämäärien keskiarvot vuosilta 2004–2008 on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Kuukausittainen kävijämäärä (vuosien 2004–2008 keskiarvo)

Kuviosta 3 nähdään eri kuukausien kävijämäärissä olevan suuria vaihteluita. On tiedossa, että kesällä yöpyjien määrä on leireistä johtuen suurempi kuin talvella. Tarkka käyttöasteen analysointi vaatisi kuitenkin kävijämäärän lisäksi tiedon yöpyjien määrästä ja siitä montako yötä he ovat viettäneet.

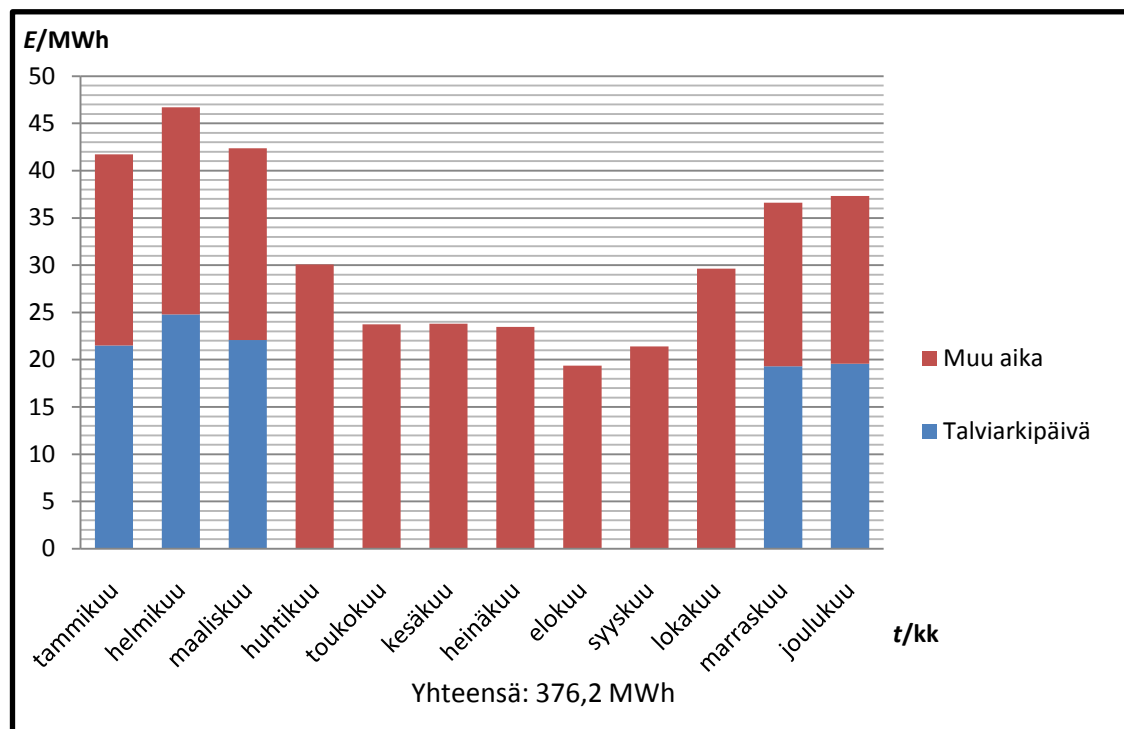
Vaikka vuositasolla veden kulutuksella ja kävijämäärällä ei ollut selkeää yhteyttä, niin kuukausitasolla erot kävijämäärissä ovat paljon huomattavammat ja ne näyttäisivät kuvastavan kuitenkin melko hyvin aikaisempaa tietoa käytön jakautumisesta. Todennäköisesti kesäajan todellinen käyttöaste on vielä talviaikaa korkeampi, mutta tarkempien tietojen puuttuessa sitä on hyvin vaikea analysoida.

3 Nykyisen energiankulutuksen analysointi

Nykyisen energiankulutuksen analysoinnissa tutkitaan sähkönenergian kokonaiskulutusta vuosina 2004–2008 ja muodostetaan ns. normaalivuosi. Tämän jälkeen selvitetään miten normaalivuoden kulutus jakautuu kuukausittain ja millainen kustannusjakauma siitä syntyy.

3.1 Sähköenergian kokonaiskulutus ja kustannukset

Sähköenergian kokonaiskulutus on esitetty kuviossa 4. Siinä on esitetty vuosien 2004–2008 kulutusten keskiarvo eli muodostettu ns. normaalivuosi. Talviarkipäivät on erotettu sinisellä värillä, sillä niiden hinnoittelu poikkeaa muun ajan hinnoittelusta. Tehomaksuksi on laskelmissa otettu viimeinen käytössä oleva arvo, joka on 150 kW.

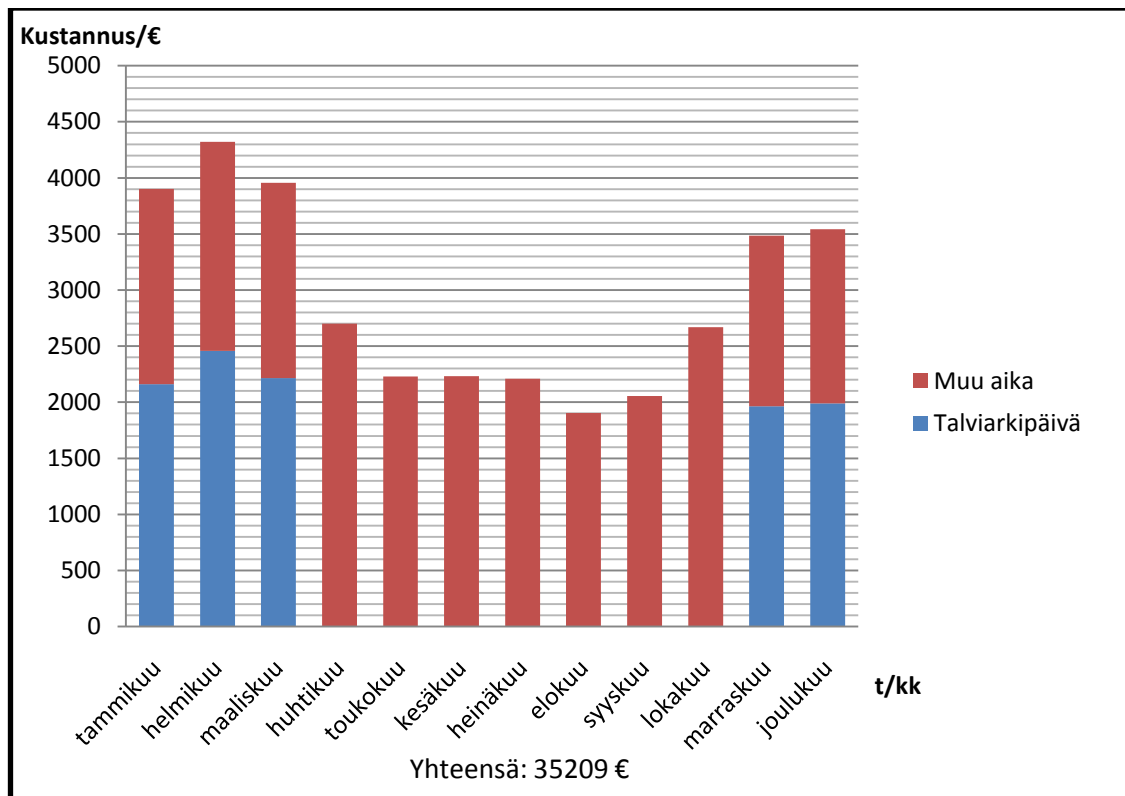


Kuvio 4. Sähköenergian kokonaiskulutus kuukausitasolla (vuosien 2004–2008 keskiarvo)

Kustannusten laskennassa on käytetty nykyisiä energian ja siirron hintoja.

Tarkasteltaessa kustannusten jakautumista pitää ottaa huomioon talvipäivän kesäkautta korkeampi hinta. Kuukausikustannukset (tehomaksu ja perusmaksu) voidaan jakaa tasan molemmille tariffeille, jolloin nähdään selkeästi tariffien välinen ero. Hintoja tarkasteltaessa voisi äkkiseltään kuvitella, että talviarkipäivä olisi yli puolet kalliimpi.

Asia ei ole kuitenkaan näin yksinkertainen, kokonaishintaan vaikuttavat vakio energian hinta ja sähkövero, joilla on tasoittava vaikutus. Kuvioita 4 ja 5 tarkastelemalla tämä asia voidaan todeta esim. tammikuun pylväästä. Tammikuussa kulutus on ollut lähes tasan tariffien kesken, mutta kuukauden kustannuksissa (€/kWh) eroa tariffien välillä on vain n. 17 %.



Kuvio 5. Sähköenergian kustannukset kuukausitasolla (vuosien 2004–2008 keskiarvo)

3.2 Käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia

Käyttöveden lämmittämiseen tarvittava energia ei ole juurikaan riippuvainen ulkolämpötilasta. Varsinaisen käyttöveden lämmittämisen vaatiman energiamäärän lisäksi lämpimän käyttöveden kiertojohtojen ja lämminvesivaraajien lämpöhäviöt sisältyvät käyttöveden lämmittämiseen tarvittavaan energiaan. Kiertojohtojen lämpöhäviöt ovat usein merkittäviä. (RakMK D5, luku 5)

Jos lämpimän käyttöveden lämmitysenergian kulutusta ei mitata erikseen, se voidaan arvioida. Arviointitapa riippuu käytettävissä olevista lähtötiedoista. Tässä työssä käytetään arviointiin kiinteistön käyttöveden kokonaiskulutusta ja lämmitysverkoston rakennetietoja. Lämpimän käyttöveden osuudeksi arvioidaan 40 % veden kokonaiskulutuksesta. Laskenta suoritetaan RakMK D5:n mukaan ja kaavaan 1 sijoitetaan kiinteistön lähtöarvot. (RakMK D5, luku 5)

$$Q_{\text{lkv}} = Q_{\text{lkv,netto}} + Q_{\text{lkv,häviöt}} \quad (1)$$

$$Q_{\text{lkv}} = \rho_v \cdot c_{\text{pv}} \cdot V_{\text{lkv}} \cdot \frac{T_{\text{lkv}} - T_{\text{kv}}}{3600} + Q_{\text{lkv,kiertohäviöt}} \cdot A_{\text{br}} + Q_{\text{lkv,varaajahäviöt}}$$

jossa

Q_{lkv} on käyttöveden lämmitykseen kuluva energia
vuodessa sisältäen häviöt (kWh)

$Q_{\text{lkv,netto}}$ on käyttöveden lämmittämiseen kuluva
nettoenergia (kWh)

$Q_{\text{lkv,häviöt}}$ on käyttöveden lämmittämisestä aiheutuvat häviöt (kWh)

ρ_v on veden tiheys ($\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$)

c_{pv} on veden ominaislämpökapasiteetti ($\frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}}$)

V_{lkv} on lämpimän käyttöveden kulutus (m^3)

T_{lkv} on lämpimän käyttöveden lämpötila ($^\circ\text{C}$)

T_{kv} on kylmän veden lämpötila ($^\circ\text{C}$)

$Q_{\text{lkv,kiertohäviöt}}$ ovat kiertojärjestelmässä aiheutuvat häviöt (kWh)

A_{br} on kiinteistön brutto pinta-ala (m^2)

$Q_{\text{lkv, varaajahäviöt}}$ ovat varaajien häviöt (kWh)

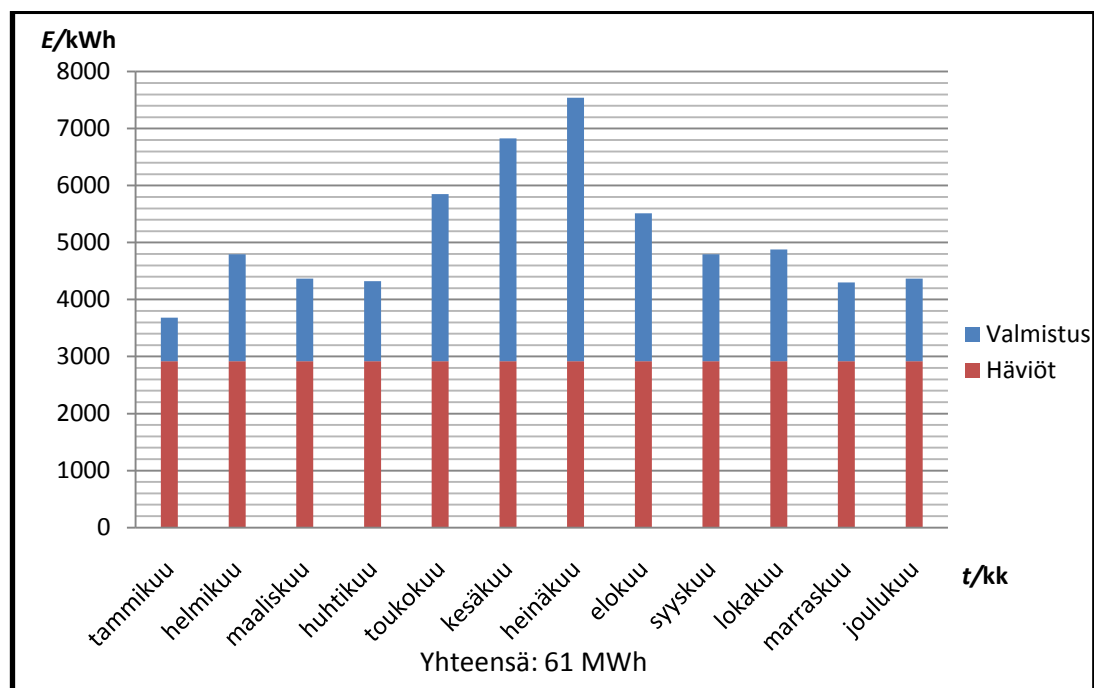
Sijoitetaan arvot kaavaan 1:

$$Q_{\text{lkv}} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4,2 \frac{\text{kJ}}{\text{kg} \cdot ^\circ\text{C}} \cdot 0,4 \cdot 1124,6 \frac{\text{m}^3}{\text{a}} \cdot \frac{50 \text{ } ^\circ\text{C}}{3600} + 15 \frac{\text{kWh}}{\text{brm}^2} \cdot 1750 \text{ m}^2 +$$

$$1 \text{ kW} \cdot 24 \text{ h} \cdot 365$$

$$\approx 61 \text{ MWh/a}$$

Lämpimän käyttöveden kulutuksen voidaan ajatella olevan suoraan verrannollinen käyttöasteen kanssa. Tarkkaa käyttöastetta ei ole kuitenkaan määriteltävissä, joten käytetään kuvion 3 kävijämääriä apuna. Lämpimän käyttöveden valmistamiseen kuluva energia on luonnollisesti suoraan verrannollinen lämpimän käyttöveden kulutukseen. Kuviossa 6 on esitetty käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia suhteutettuna viiden vuoden keskimääräiseen kuukausittaiseen kävijämäärään. Kiertojohtoissa ja varaajissa tapahtuvat häviöt ovat kuitenkin vakiot, eli kävijämäärät eivät vaikuta niihin mitenkään.



Kuvio 6. Käyttöveden lämmittämiseen kuluva energia kuukausitasolla (vuosien 2004–2008 keskiarvo)

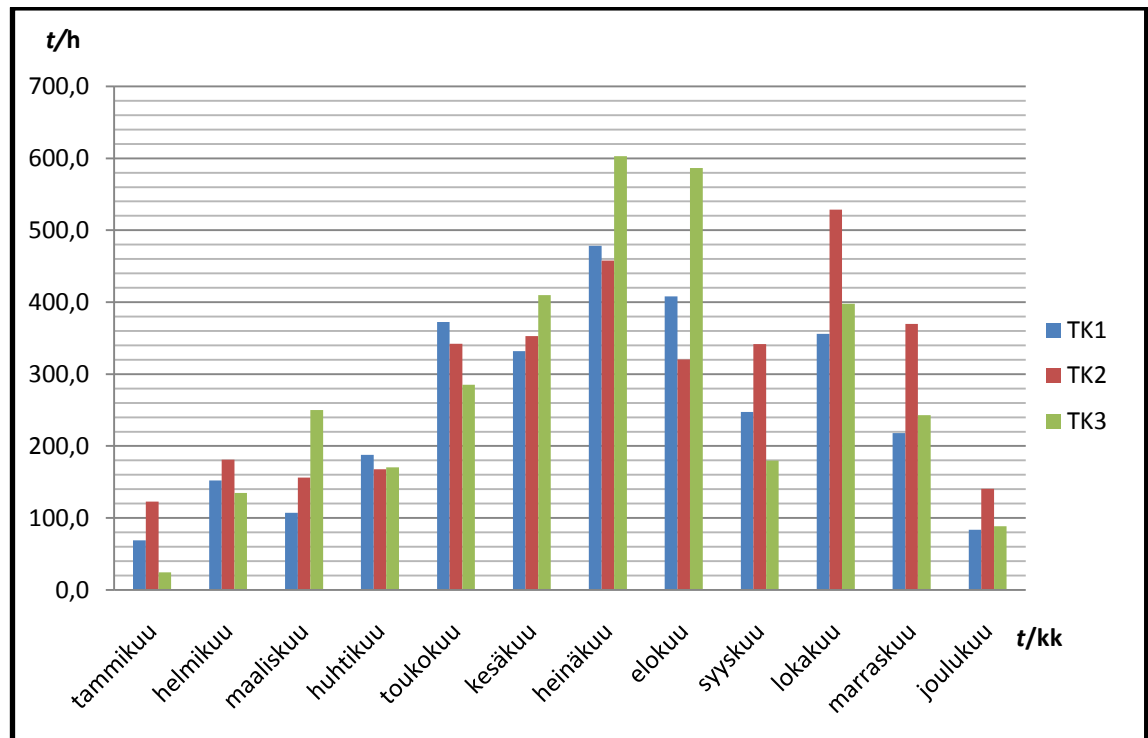
3.3 Tuloilman lämmitykseen kuluva sähköenergia

Tutkitaan A-talon tuloilmakoneita, sillä muiden rakennusten ilmanvaihtokoneet on rajattu pois parannusehdotusten piiristä. Tuloilmakoneiden tuloilman lämmityspatterien kuluttama sähköenergia voidaan arvioida RakMK D5:n mukaan. Tässä esiteltyä kaavaa voidaan soveltaa siten, että siinä hyödynnetään vuoden lämmitystarvelukua ja lopuksi kaavaan 2 sijoitetaan kiinteistön lähtöarvot. (RakMK D5, luku 4.3)

Rakennuksen ilmanvaihtokoneista oli saatavissa käyntiaikatiedot, mutta niiden tulkinta osoittautui haasteeksi. Kuukausiraporteissa oli tuntimääriä jotka olivat mahdottomia, sillä joukossa oli jopa negatiivisia arvoja. Ohjelmistotoimittajalta saadun tiedon mukaan suuremmat luvut kuin 744 h/kk pitää tulkita siten, että kone on käynyt 24 h/vrk ja negatiiviset arvot johtuvat Excelin ja valvomo-ohjelman välisestä tiedonsiirrosta.

Käyntiaikatietoja muokattiin siten, että mahdottoman suuret luvut muutettiin kyseisen kuukauden sisältämäksi tuntimääräksi ja negatiiviset luvut muutettiin positiivisiksi. Karkausvuosia ei ole huomioitu laskennassa. Kuviossa 7 on esitetty jokaisen tuloilmakoneen kuukausittaisten käyntiaikojen keskiarvot vuosilta 2005–2009. Käyntiaikatietoja ja niiden vuosittaisia eroja on tutkittu tarkemmin luvussa 5.1.2.

Tuloilmakoneiden keskimääräiset käyntitehot on arvioitu kaavassa 2 kertoimella ”r”. Kerroin perustuu kiinteistöpäällikön arvioon, jossa koneet käyvät keskimäärin puolet ajasta 50 %:n teholla ja puolet ajasta 100 %:n teholla. Keittiön ilmanvaihdosta huolehtiva kone TK2 kuitenkin käy aina 100 %:n teholla. TK1:n tuloilmapatterin tammikuussa kuluttama energia on laskettu esimerkiksi, muut laskelmat on tehty Excel-ohjelmalla ja tulokset on esitetty kuviossa 8.



Kuvio 7. Tuloilmakoneiden kuukausittaiset käyntiajat (vuosien 2005–2009 keskiarvo)

$$Q_{\text{tuloilmapatterit}} = \rho_i \cdot c_{pi} \cdot q_{v,\text{tulo}} \cdot t_a \cdot r \cdot S_{17} \quad (2)$$

jossa

$Q_{\text{tuloilmapatterit}}$ on tuloilmapatterin energiankulutus, kWh

ρ_i on ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} on ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/(kgK)

$q_{v,\text{tulo}}$ on tuloilmavirta, m³/s

t_a on kuukausittainen käyntiaikasuhde h/730 h

r on kerroin joka huomioi koneen keskimääräisen käyntitehon

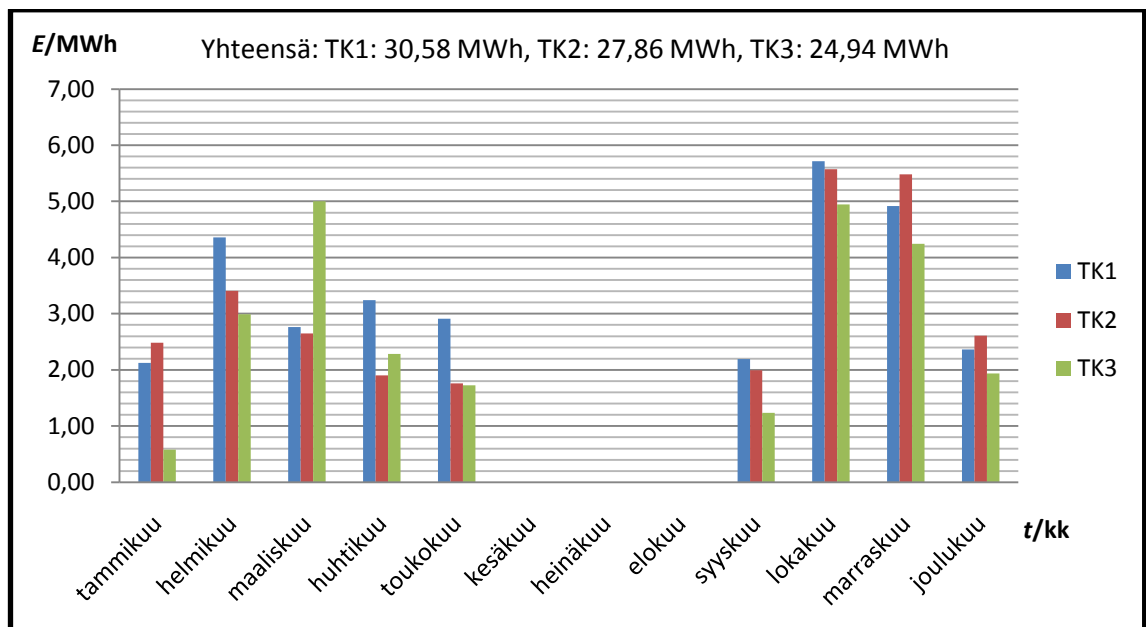
S_{17} on 30 vuoden keskimääräinen paikkakunnan lämmitystarveluku, joka perustuu 17 °C sisälämpötilaan (Kd) (Lämmitystarveluku 1971–2000)

Sijoitetaan arvot kaavaan 2:

$$Q_{\text{tuloilmapatteri,tk1}} = \frac{1,2 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 1000 \frac{\text{Ws}}{\text{kgK}} \cdot 1,420 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot \frac{68,93 \text{ h}}{730 \text{ h}} \cdot 0,75 \cdot 24 \text{ h} \cdot 734 \text{ Kd}}{1000}$$

$$= 2125,8 \text{ kWh}$$

$$\approx 2 \text{ MWh}$$



Kuvio 8. Tuloilmakoneiden tuloilman lämmitykseen kuluva energia kuukausitasolla (vuosien 2005–2009 keskiarvo)

Virheitä tähän laskelmaan voi aiheuttaa TK2:n lämpötila-asettelu, sillä keittiöön saatetaan puhaltaa viileämpää ilmaa aika-ajoin suuren lämpökuorman vuoksi. Koneiden keskimääräinen käyntiteho on todennäköisesti suurempi kesällä kuin talvella, mutta tätä seikkaa on myös vaikea arvioida laskelmissa. Tuloilmapatterien on oletettu olevan pois kytkettyinä kesäkuusta elokuun loppuun.

3.4 Tuloilman jäähdytykseen kuluva sähköenergia

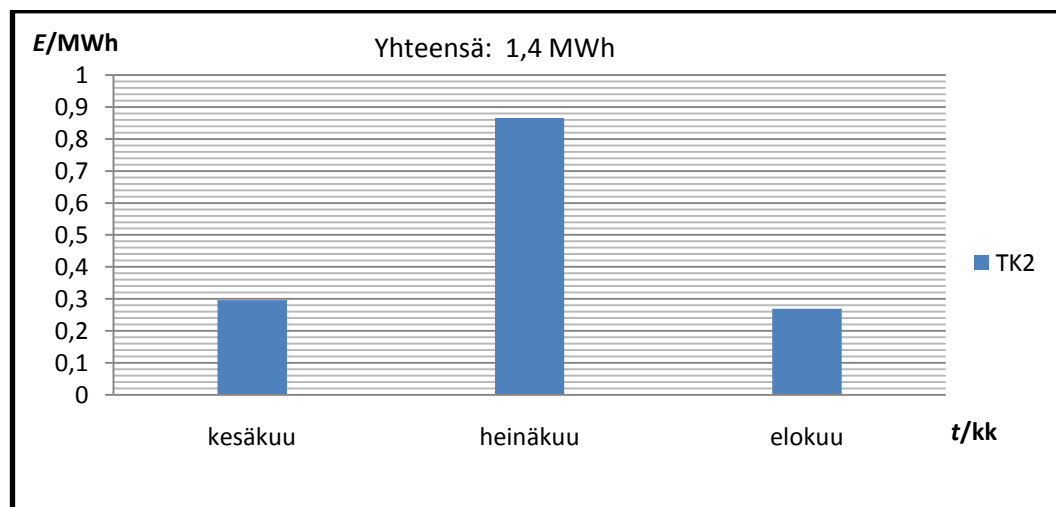
A-talon keittiön, eli TK2:n tuloilmaa jäähdytetään kesäaikana. Jäähdytyskoneesta ei löytynyt dokumentaatiota, mutta saadun tiedon mukaan kone on päällä kesäaikaan jatkuvasti TK2:n käydessä ja tuloilman lämpötila on säädetty termostaatilla. Tällöin jäähdytykseen kuluva sähköenergia voidaan laskea kuten lämmitykseenkin kulunut energia kaavalla 2. Laskennassa on kuitenkin huomioitava jäähdytysjärjestelmän EER-arvo, joka on tyypillisesti n. 2.

Jäähdytystarveluku voidaan arvioida kesäkuukausien keskimääräisten päivälämpötilojen ja TK2:n käyntiaikojen perusteella. Tuloilman lämpötilaksi oletetaan 18 °C, arvot on esitetty taulukossa 10. Tuloilman jäähdytykseen kulunut energia on laskettu Excel-ohjelmalla ja tulokset esitetty kuviossa 9. Tuloksien perusteella jäähdytysjärjestelmän ottoteho käyttökaudella on keskimäärin n. 1 kW ja antoteho n. 2 kW, jotka vaikuttavat suuruusluokaltaan oikean suuntaisilta.

Taulukko 10. Jäähdytystarveluvun määrittäminen (vuosien 2005–2009 keskiarvo).

(Wikipedia. Kuukausi)

Kuukausi	Päivälämpötila (°C)	Jäähdytystarve (°C)	Tuntimäärä (h)	Jäähdytystarveluku (h °C)
kesäkuu	20	2	352,9	705,8
heinäkuu	22,5	4,5	458,1	2061,5
elokuu	20	2	320,2	640,4



Kuvio 9. A-talon keittiön jäähdytykseen kuluva sähköenergia (vuosien 2005–2009 keskiarvo)

3.5 Energiankulutuksen ja kustannusten analysointi

Energian kulutuksen analysointi sähkölämmitteisessä kiinteistössä on normaalisti helposti arvioitavissa, esimerkiksi tilojen lämmitykseen kuluva energia saadaan vähentämällä kesäkuukausien energian kulutus lämmityskauden kulutuksesta. Käyttöasteen vaihdellessa huomattavasti vuoden aikana, tulee arviointi kuitenkin hieman haastavaksi. Tässä tapauksessa käyttöaste on kesällä huomattavasti lämmityskautta korkeampi, mikä tarkoittaa, että laitesähköä ja käyttövettä kulutetaan enemmän kuin muulloin.

3.5.1 Energiankulutuksen analysointi

Käyttöveden kulutusjakauma onkin jo arvioitu kuviossa 6 ja sitä voidaan hyödyntää laskennassa. A-talon ilmanvaihtokoneiden moottorien, tuloilmapattereiden ja jäähdytyksen kuluttama energia on helposti laskettavissa käyntiaikatietojen avulla ja voidaan niin ikään hyödyntää laskennassa. Muun laitesähkön, kuten saunomisen, ruuanvalmistuksen ja valaistuksen riippuvuutta käyttöasteesta on vaikeaa, ellei mahdotonta arvioida tarkasti. Tämä vaihtelu kuitenkin oletetaan tässä tapauksessa lineaariseksi kävijämäärän suhteen lukuun ottamatta kiinteistön peruskulutusta (IV-puhaltimet, märkätilojen lattialämmitys, pumput, kylmälaitteet yms.).

Peruskulutus on selvitettävissä tarkastelujakson pienimpien päiväkulutusten avulla, joiden ajatellaan vastaavan sellaista tilannetta, että kiinteistö on tyhjillään. IV-koneiden käyttö on myös riippuvainen kävijämäärästä, mutta varsinkin kesäkaudella ne ovat useimmiten päällä, vaikka kiinteistö on lyhyitä aikoja tyhjillään. Peruskulutuksesta pitää vähentää siis A-talon IV-koneiden kuluttama energia ko. aikajaksolla ja lämpimän käyttöveden häviöt, jotta vältetään niiden kertaantumiset laskennassa.

Pienimmät päiväkulutukset on esitetty taulukossa 11. Nyt voidaan johtaa kaava 3 laitesähkön laskemiselle. Peruskulutus on ratkaistavissa kaavalla 4. Analyysissa hyödynnetään siis kaikkia luotettavia sekä helposti saatavilla olevia kulutustietoja ja loppu laskenta tukeutuu kesäkauden kulutuksen tarkasteluun.

Taulukko 11. Pienimmät päiväkulutukset vuosina 2004–2008

	Vuosien 2004–2008 minimikulutus (MWh/vrk)
13.8.2007	0,328
14.8.2006	0,396
13.8.2006	0,288
9.8.2005	0,372
12.8.2006	0,34
24.6.2006	0,337
24.6.2006	0,347
ka.	0,344

$$W_{\text{laitesähkö,kk}} = W_{\text{kok,kk}} - W_{\text{lkv,kk}} - W_{\text{iv-koneet,a-talo,kk}} - W_{\text{peruskulutus,kk}} \quad (3)$$

jossa

$W_{\text{laitesähkö,kk}}$	on kiinteistön kokonaiskulutus kesäkaudella kuukaudessa lukuun ottamatta LKV:tä, A-talon IV-koneita ja peruskulutusta (MWh)
$W_{\text{kok,kk}}$	on kiinteistön kokonaiskulutus kuukaudessa (MWh)
$W_{\text{lkv,kk}}$	on kiinteistön lämpimän käyttöveden valmistukseen kuluva energia kuukaudessa (MWh)
$W_{\text{iv-koneet,a-talo}}$	on A-talon IV-koneiden tuloilmapattereiden, jäädytyksen ja puhaltimien energiankulutus kuukaudessa (MWh)
$W_{\text{peruskulutus,kk}}$	on kiinteistön peruskulutus kuukaudessa ilman LKV:n häviöitä ja A-talon IV-koneita (MWh)

$$W_{\text{peruskulutus}} = W_{\text{minimit,kk,ka.}} - W_{\text{iv-koneet,a-talo}} - W_{\text{lkv,häviöt,kk}} \quad (4)$$

jossa

$W_{\text{minimit,kk,ka.}}$ on taulukossa 11 esitetty minimikulutusten keskiarvo (MWh)

$W_{\text{lkv,häviöt,kk}}$ on LKV:n kierto- ja varaajahäviöt (MWh)

Laskussa käytetään A-talon iv-koneiden kesäkuun ja elokuun energiankulutuksen keskiarvoa, koska käytetyt minimikulutukset ovat samoilta kuukausilta. Lämpimän käyttöveden häviöt on ratkaistavissa kaavan 1 avulla, joka käsiteltiin luvussa 3.2.

Nyt johdetaan kaava 5 kiinteistön tilojen lämmitysenergian laskemiselle (ei sisällä märkätilojen lämmitystä, joka sisältyy jo peruskulutukseen).

$$W_{\text{tilojen lämmitys,kk}} = W_{\text{kok,kk}} - \mu \cdot W_{\text{laitesähkö,kesä ka, kk}} - W_{\text{lkv,kk}} - W_{\text{iv-koneet,a-talo,kk}} - W_{\text{peruskulutus,kk}} \quad (5)$$

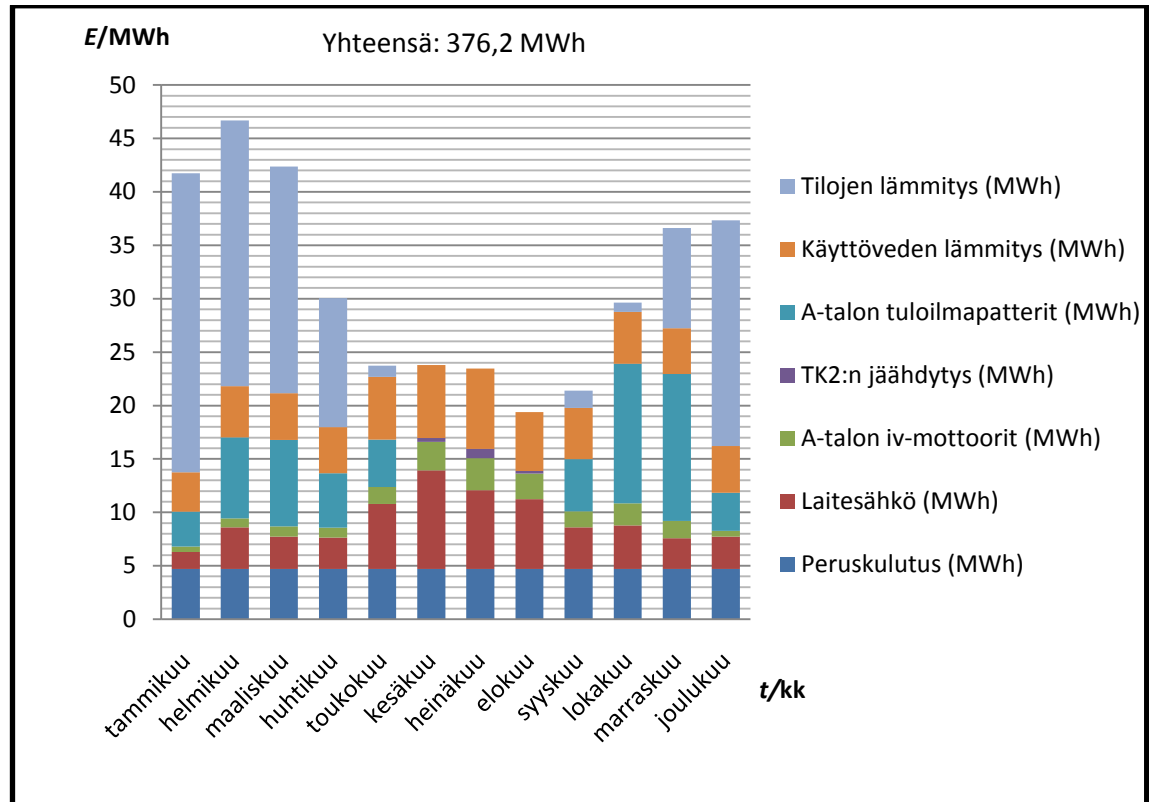
jossa

$W_{\text{tilojen lämmitys,kk}}$ on kiinteistön tilojen lämmitys kuukaudessa, lukuun ottamatta märkätilojen lämmitystä, joka sisältyy peruskulutukseen (MWh)

$W_{\text{laitesähkö,kesä ka, kk}}$ on kiinteistön keskimääräinen kokonaiskulutus kesäkaudella lukuun ottamatta LKV:tä, A-talon IV-koneita ja peruskulutusta (MWh)

μ on tarkasteltavan kuukauden kävijämäärän ja kesäkauden keskimääräisen kävijämäärän suhde

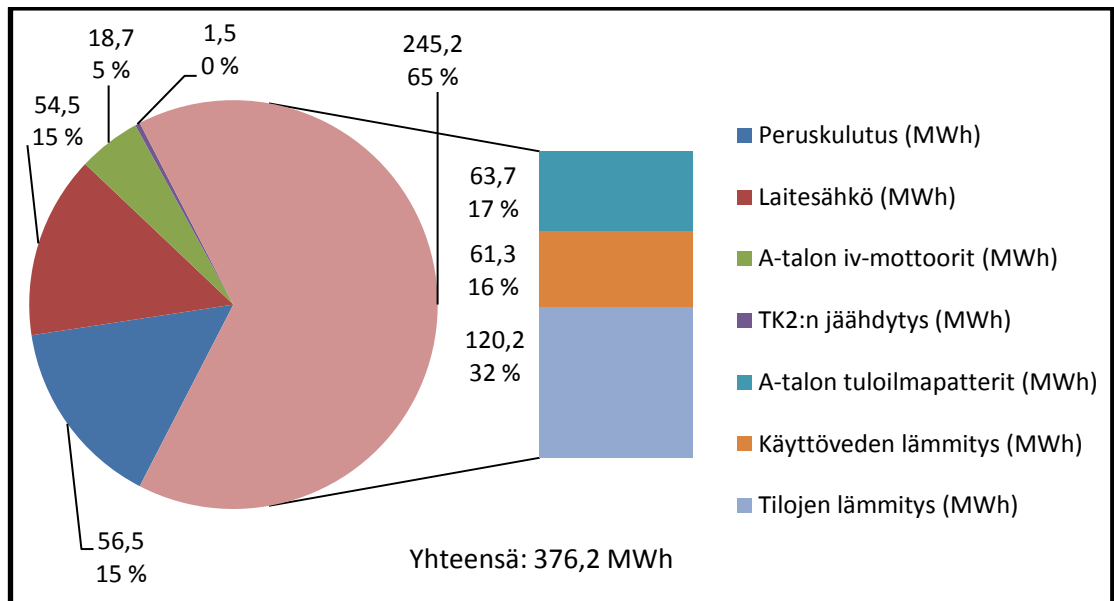
Suuren työmäärän vuoksi laskenta on suoritettu Excel-ohjelmalla ja tulokset esitetty kuvioissa 10 ja 11. Kuviossa 10 on esitetty analyysi sähköenergian kulutuksen jakautumisesta eri kuukausina.



Kuvio 10. Sähköenergian kulutuksen jakautuminen kuukausitasolla (vuosien 2004–2008 keskiarvo)

Laskennassa on käytetty A-talon IV-koneiden käyntiaikatietoja vuosilta 2005–2008, vaikka muut laskennassa käytetyt arvot ovat vuosilta 2004–2008. Tästä johtuen A-talon IV-koneiden energian kulutuksessa voidaan havaita pieni ero aikaisemmin esitettyihin tuloksiin, joissa on käytetty vuosien 2005–2009 arvoja. Tietojen keruuta suoritettiin useaan eri aikaan mikä aiheutti sen, että selvitetty IV-koneiden käyntiajat olivatkin vuosilta 2005–2009.

Kiinteistön lämmitysenergian osuus kokonaiskulutuksesta on esitetty kuviossa 11. Lämmitysenergiaa kuvastava sektori voidaan nyt jakaa edelleen kolmeen osaan: A-talon tuloilman lämmitys, kiinteistön käyttöveden lämmitys ja tilojen lämmitys.



Kuvio 11. Lämmitysenergian jakautuminen ja osuus sähköenergian kokonaiskulutuksesta (vuosien 2004–2008 keskiarvo)

Kuvion 11 jakauma näyttää johdonmukaiselta. Suuruusluokkien voidaan todeta olevan oikean suuntaisia verrattaessa esimerkiksi muuta energian kulutusta, kuin lämmitykseen ja jäähdytykseen kuluva n. $(74 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2})$ RakMk D5 luku 7.1 esitettyihin samankaltaisten rakennusten arvoihin ($50\text{--}60 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}$). RakMk:ssa esitetty laitesähkö ei kuitenkaan sisällä tilojen lämmitystä, kun taas tässä laskennassa esitetty peruskulutus sisältää märkätilojen lämmityksen, minkä vuoksi arvot ovat todellisuudessa hyvin lähellä toisiaan. (RakMK D5, luku 7.1)

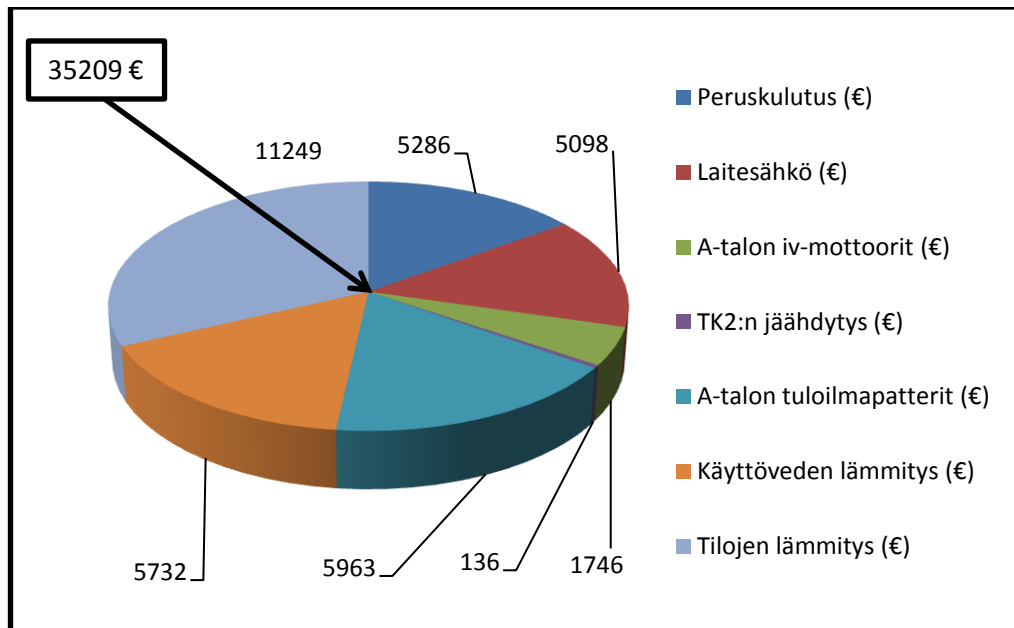
Lämmitysenergian tarvetta voidaan verrata esimerkiksi Motivan julkaisemaan taulukkoon pientalon energian jakautumisesta. Arvot on esitetty taulukossa 12 ja niitä verrattaessa kuvioon 11 voidaan todeta suuruusluokkien olevan yhdenmukaiset. (Motiva - Mihin lämpöä tarvitaan? 2009)

Taulukko 12. Pientalon energiankäytön jakautuminen

huoneilojen lämmitysenergia	noin 40–60 %
käyttöveden lämmitys	noin 10–25 %
tuloilman esilämmitys	noin 5–15 %
huoneisto- ja kiinteistö sähkö	noin 20–30 %

3.5.2 Energiakustannusten analysointi

Energiakustannusten analysointi on helppoa, kun kulutuksen jakautuminen on selvitetty. Kuviossa 12 esitetyt kustannukset on laskettu suoraan kulutusjakauman perusteella suhteutettuna kokonaiskuluihin. Laskennassa ei ole huomioitu tariffien vaikutusta kustannuksiin.



Kuvio 12. Energiakustannusten jakautuminen ja osuus kokonaiskuluista (vuosien 2004–2008 keskiarvo)

4 Budjetti ja tavoitteet takaisinmaksuajalle

Vuosibudjetiksi on määritelty n. 10.000 €, joka olisi käytettävissä arvion mukaan 3-4 vuotena. Takaisinmaksuajan tavoite on viisi vuotta, mutta siitä voidaan hieman joustaa investoinnista riippuen. Kaikki parannusehdotukset käsitellään työssä omina kokonaisuuksinaan.

Toteutuskelpoisille parannusehdotuksille arvioidaan investointikustannukset ja takaisinmaksuaika. Lopuksi arvioidaan investointien kannattavuutta ja käsitellään eri vaihtoehtojen ominaisuuksia.

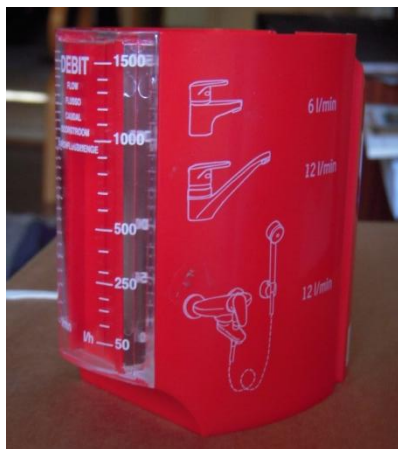
5 Nykyisten taloteknisten järjestelmien tarkistus

Tässä luvussa käsitellään olemassa olevien järjestelmien toimintaa, niihin liittyviä mahdollisia epäkohtia ja käyttöön liittyviä vinkkejä.

5.1.1 Vedenjakelujärjestelmä

Tällä hetkellä kiinteistön vesi mitataan perinteisellä vesimittarilla, joka sijaitsee liittymisjohdossa. Päävesimittarin jälkeen on paineenalennusventtiili (vakiopaineventtiili), joka huolehtii tasaisesta virtauksesta kulutuksesta riippumatta.

Mittaukset suoritettiin kauimmaiseksi oletetusta vesipisteestä A-talossa sekä lähimmäksi oletetusta vesipisteestä B-talossa Oraksen virtausmittarilla (kuvio 13). Tulokset olivat suositusten mukaiset, joten vedenjakelujärjestelmä toimii odotusten mukaisesti. Tulokset on esitetty taulukossa 13.



Kuvio 13. Virtausmittari Oras

Taulukko 13. Vedenjakelujärjestelmän mittaustulokset

Tutkittava kohde	A-talo	B-talo
Varaaajan paine (Bar)	1,6	2,0
Virtaus (l/min)	7	9

Vedenkulutusta tulisi tarkkailla nykyistä aktiivisemmin, jotta mahdolliset poikkeamat kulutuksessa saataisiin selville ajoissa. Seurannan tarkoituksena on antaa tietoa vedenkäytön kulutustrendistä. Siitä saatavia tietoja voidaan käyttää myös mahdollisten

vesivuotojen, kuten vuotavien hanojen, wc-pönttöjen ja putkistovaurioiden havaitsemiseen. Tällä tavoin saadaan vähennettyä vedenkulutusta ja tätä kautta myös mahdollisesti lämpimän käyttöveden valmistamiseen kuluva energiaa.

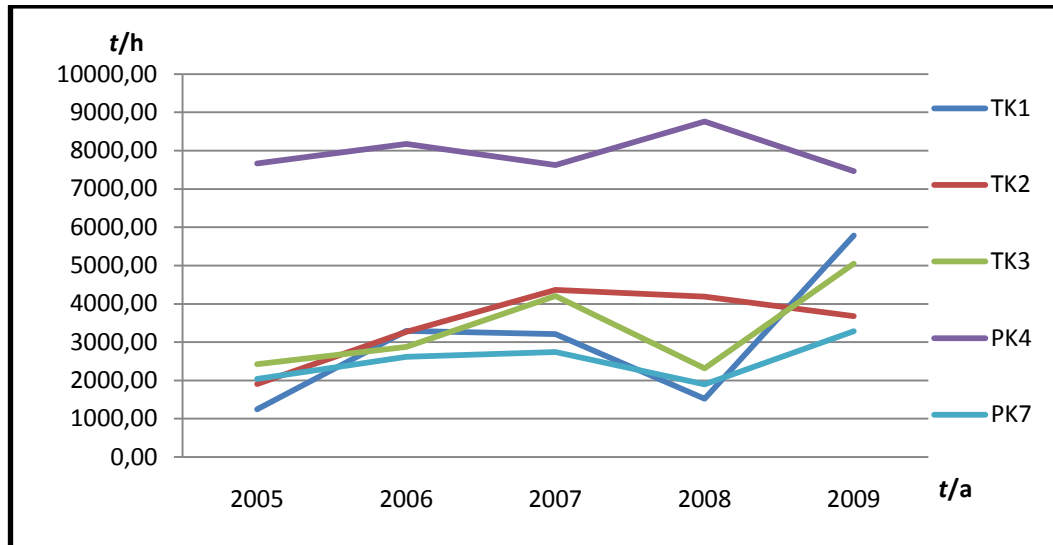
Kulutuksen seurannan helpottamiseksi olisi perusteltua asentaa etäluettava päävesimittari ja liittää se nykyiseen valvomojärjestelmään. Eri rakennuksien veden kulutus ja lämpimän käyttöveden kulutus voitaisiin mitata myös erikseen. Se olisi helposti toteutettavissa vastaavalla tavalla asentamalla etäluettavat takamittarit. Lämminvesivaraajissa on jo ennestään valvomoon liitettviä mittauksia, joten uusien mittausten liittäminen olisi todennäköisesti melko vaivatonta ja edullista.

5.1.2 Ilmanvaihtojärjestelmä

Rakennuksissa on hyvin erityyppiset ilmanvaihtojärjestelmät, kuten luvussa 2 on todettu. Työssä on keskitytty A-talon ilmanvaihtojärjestelmän tutkimiseen. Sen toimintaa ohjataan valvomo-ohjelmalla, mikä mahdollistaa viikko-ohjelmien käytön. Tämä on erittäin tärkeä osa energiatehokkuutta ja viikko-ohjelmat tulisi suunnitella rakennuksen käytön mukaan.

Tuloilmakoneista keittiön ilmanvaihdosta huolehtiva TK2 on kuitenkin ohjattavissa manuaalisesti keittiöstä käsin, joten sen käyntiajat ovat varmasti tarkoituksenmukaiset, mikäli käyttäjät muistavat ohjata sitä käytön mukaan. On siis syytä perehtyä erityisesti tuloilmakoneiden TK1 ja TK3 käyntiaikoihin, jotka on ohjattu valvomo-ohjelmalla.

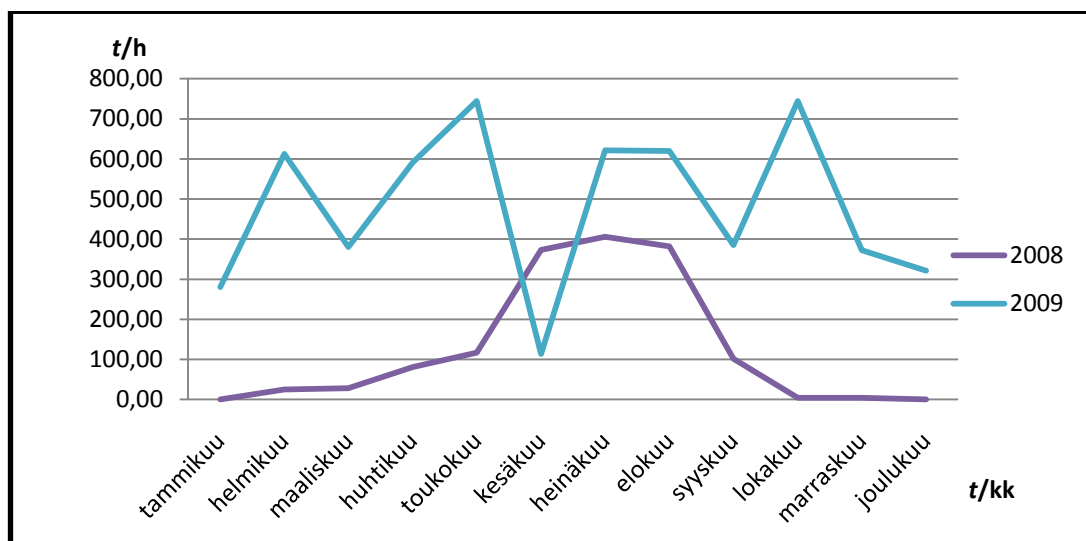
Käyntiaikaraportteja tutkimalla nähdään, miten A-talon IV-koneiden käyttö on viime vuosina vaihdellut. Kuviosta 14 voidaan havaita, että käyntiajoissa on yllättävän suuria vaihteluita ja yleisvaikutelma on kasvava. Kävijämäärät huomioon ottaen näyttäisi siltä, että viikko-ohjelmissakin olisi parantamisen varaa ja käyttöä tulisi seurata erityisen tarkasti lämmityskaudella. On tietysti huomioitava, että rakenteiden terveenä pysyminen edellyttää kohtuullista ilmanvaihtoa käyttöajan ulkopuolellakin.



Kuvio 14. Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen kehitys vuosina 2005–2009

Kuvion 14 perusteella voidaan todeta, että tuloilmakoneiden TK1 ja TK3 käyntiajat ovat vaihdelleet merkittävästi tarkastelujaksolla. Energiatohokkuuden kannalta niiden tulisi pysyä 2000–4000 h välillä, kuten vuosina 2005–2007. Verrattaessa lukujen 3.3 ja 3.5.1 tarkastelujaksoja keskenään, voidaan havaita n. 30 % ero tuloilmapatterien energian kulutuksessa. On siis selvää, että vuoden 2009 kasvaneet käyntiajat ovat lisänneet energian kulutusta merkittävästi.

Kuviossa 15 on esitetty suurin vaihtelu A-talon IV-koneiden käyntiajoissa. Se on havaittavissa TK1:n käyntiajoissa vuosina 2008 ja 2009. Tämä vaihtelu asettaa jo kyseenalaiseksi käyntiaikaraportoinnin toimivuuden.



Kuvio 15. TK1:n käyntiajat vuosina 2008 ja 2009

Poistokone PK4, joka on tarkoitettu wc- ja suihkutilojen ilmanvaihtoon, on käynyt tasaisesti vuodesta toiseen lähes jatkuvasti. Tämä riittääkin jo lähes toteuttamaan RakMk D2:n asettaman perusvaatimuksen $0,5x/h$. PK4:n virtaus on nimittäin n. $2000 \frac{m^3}{h}$, mikä vastaa suunnilleen puolta rakennuksen tilavuudesta. (RakMk D2 2010, 28)

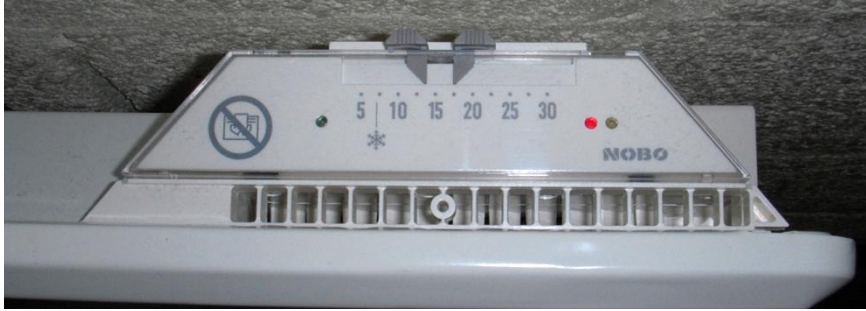
Teknisesti A-talon ilmanvaihtojärjestelmä vaikuttaa hyvin suunnitellulta lukuun ottamatta lämmöntalteenottoa, jonka puuttumista on vaikea ymmärtää. Vuosittaiset säästöt olisivat olleet merkittävät, jos kohteeseen olisi asennettu jo rakennusvaiheessa lämmöntalteenotolla varustetut ilmanvaihtokoneet. Lämmöntalteenoton toimintaperiaatteeseen ja lisäykseen liittyvistä seikoista on kerrottu tarkemmin luvussa 6.2.

5.1.3 Poissaoloajan lämpötilanpudotus

A- ja B-talo on varustettu lämpötilan pudotustoiminnolla, joka on ohjattavissa valvomo-ohjelman kautta. Lämpötilan pudotusta käytetään poissaoloaikana ja kesäkaudella, kun lämmitys halutaan kytkeä pois käytöstä. Pudotus on toteutettu lämmittimissä olevilla kaksiasentoisilla termostaateilla, jotka ovat ohjattavissa valvomo-ohjelmalla. Kaikissa lämmittimissä ei termostaattia ole, vaan osa toimii ns. orjalämmittiminä, jotka on kytketty termostaatilla varustetun lämmittimen perään siten, että ne kytkeytyvät samaan aikaan päälle kuin termostaatilla varustetut.

Järjestelmän tehokkaan käytön kannalta tulisi poissaolojaksoja ennakoida ja kytkeä pudotus käyttöön jo hieman aikaisemmin. Vastaavasti poissaoloajan lämpötila voidaan pitää suhteellisen matalana, mikäli tiedetään tarkasti milloin käyttö taas jatkuu. Kiinteistön varauskalenterilla onkin suuri merkitys järjestelmän tehokkuuteen.

Lämmittimien termostaattien asetusten tarkastus ja optimointi tilakohtaisesti voisi tuoda myös merkittäviä säästöjä, mikäli asetuksissa on parantamisen varaa. Kuviossa 16 on esitetty yhden A-talon ”yleisen oleskelutilan” lämmittimen termostaatin asetellut, jotka ovat melko hyvin kohdillaan. Varsinaista lämpötilaa ei voida oikeastaan laskea sillä asetellu on jo n. $18 \text{ }^\circ\text{C}$, mutta pudotusajan lämpötilaa voisi alentaa mahdollisesti muutamalla asteella nykyisestä n. $14 \text{ }^\circ\text{C}$.



Kuvio 16. A-talon lämmittimen termostaatin nykyiset asettelut

6 Parannusehdotukset

Tässä luvussa käsitellään tutkittavia parannusehdotuksia, kerrotaan niiden yleisistä toimintaperiaatteista ja esitetään miten niitä voitaisiin tässä kohteessa hyödyntää.

6.1 Sälekaihtimet

Juhlasalissa olevassa erkkerissä sijaitsevat ikkunat edustavat kiinteistön suurinta yksittäistä ikkunaa. Se onkin siitä syystä edullisin tarkastelun kohde, kun lähdetään tutkimaan sälekaihtimien vaikutusta lämmitysenergian säästöön. Ikkunan lämpöhäviö muodostuu seuraavalla tavalla:

- Lämpö siirtyy sisimpään lasiin säteilemällä huoneen pinnoista ja konvektiolla huoneilmasta.
- Lämpö johtuu lasikerroksen läpi.
- Lämpö säteilee lämpimämmästä lasipinnasta kylmempään sekä siirtyy johtumisen ja konvektion välityksellä ilmassassa.
- Lämpö johtuu lasikerroksen läpi.
- Lämpö siirtyy ulommasta lasista säteilemällä ympäröiviin pintoihin ja avaruuteen sekä konvektiolla ilmavirtauksiin.

(EDU, Ikkunoiden rakenne)

Sälekaihtimien toimintaperiaate lämmöneristyksen kannalta on hyvin yksinkertainen. Sälekaihtimilla saavutettava lämpöhäviön pienentyminen perustuu siihen, että kaihdin muodostaa teoriassa yhden lasin lisää. Käytännössä vaikutus on kuitenkin pienempi, sillä kaihdin ei ole reunoiltaan tiiviisti kiinni karmeissa ja säleiden välissä on rakoja.

Sälekaihtimella saavutettava ikkunan lämmöneristävyys on sitä parempi mitä huonompi on pelkän ikkunan lämmöneristävyys. Sälekaihtimen vaikutus ei juuri riipu ikkunan rakenteesta, mutta sen suhteellinen merkitys kasvaa ikkunan eristävyysollessa huono. (Hemmilä 2000, 1-3)

6.2 Lämmöntalteenotto

A-talossa olevissa IV-koneissa ei ole minkäänlaista lämmöntalteenottoa, mutta jos suunnittelussa olisi noudatettu RakMk D2 1987:n asetuksia, niin tämä ei olisi mahdollista. Rakennuslupaa on kuitenkin haettu ennen kuin uudet määräykset ovat tulleet voimaan ja rakennuttaja on päättänyt säästää investointikustannuksissa jättämällä lämmöntalteenoton pois.

Nestekiertoinen LTO on oikeastaan ainoa varteenotettava vaihtoehto saneerauskohteessa, jossa on käytössä erilliset tuloilmakoneet ja poisto on toteutettu huippuimureilla. Nestekiertoisen LTO:n toimintaperiaate on hyvin yksinkertainen. Poistopuolella oleva lämmönsiirrin ottaa poistoilman lämpöenergiaa talteen ja sitoo sen lämmönsiirtonesteeseen. Neste pumpataan liuospumpan avulla tulopuolen lämmönsiirtimeen, missä nesteen sisältämä lämpöenergia esilämmittää tuloilman. Retermia Oy:n toimitusjohtajan Markus Castrenin mukaan näin saadaan tuloilman vuotuisesta lämmitysenergian tarpeesta katetuksi 50–70 % poistoilman lämpöenergialla. (Castren, Markus)

Nestekiertoinen LTO lisää kuitenkin huoltokustannuksia, koska patterit pitää pestä säännöllisin väliajoin niihin kertyvien epäpuhtauksien vuoksi. Hyötysuhde on myös heikko regeneratiivisiin järjestelmiin verrattuna. Keskustelin aiheesta myös energia-analyseja tekevän yrityksen MP-Management Group Oy:n toimitusjohtajan Martti Pennasen kanssa ja hän painotti huomioimaan nykyisen ilmanvaihtojärjestelmän olevan

yli 20 vuotta vanha. Näin ollen ei ole ehkä järkevää lähteä lisäämään vanhaan järjestelmään lämmöntalteenottoa. Sen sijaan tulisi miettiä investointia uusiin energiatehokkaisiin ilmanvaihtokoneisiin lähitulevaisuudessa. (Pennanen, Martti)

Ilmanvaihtojärjestelmän teoreettinen käyttöikä on määriteltävissä seuraavasti:

- koneet 20–25 vuotta
- kanavistot 50 vuotta
- päätelaitteet 25 vuotta
- automatiikka 15 vuotta

(Reinikainen, Erja 2002)

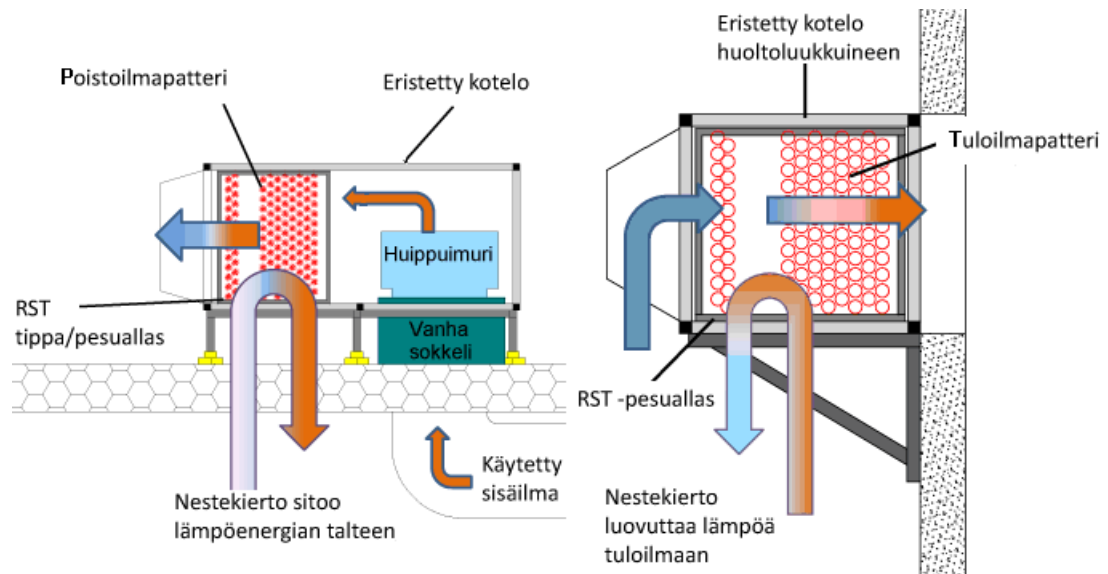
6.2.1 Vaihtoehto 1

Nykyiset tulo- ja poistokanavat olisi johdettavissa nykyiseen IV-konehuoneeseen ja pienellä laajennuksella uudet tulo/poistokoneet olisi asennettavissa samaan yhtenäiseen tilaan. Tällöin tuloilmakoneet TK1 ja TK3 olisi mahdollista varustaa regeneratiivisella lämmöntalteenotolla, jolla saadaan tuloilman vuotuisesta lämmitysenergian tarpeesta katetuksi yli 70 % poistoilman lämpöenergialla. (Enervent Oy)

Investoinnin kustannukset tulevat olemaan suuret ja työ vaatii myös nykyisen automaatio- ja valvomojärjestelmän uusimista. Ilmanvaihtojärjestelmän perusparannuksella saavutettavissa oleva hyöty olisi kuitenkin käytettävissä rakennuksen koko elinkaaren ajan. Rakennuksen jäljellä olevaksi eliniäksi voidaan arvioida vielä yli 50 vuotta, joka toisaalta puolustaa perusparannuksen toteuttamista.

6.2.2 Vaihtoehto 2

Nykyisistä tulo/poistokoneet ovat helposti varustettavissa nestekiertoisella LTO:lla (Liite 2 ja 3). Tämän vaihtoehdon suurin etu on se, että nykyisiin järjestelmiin ei tarvitse tehdä suuria muutoksia ja näin ollen hankintakustannus ei ole niin suuri kuin vaihtoehdossa 1. Kuviossa 17 on esitetty yksinkertaistettu periaatekaavio järjestelmän toiminnasta, lopullinen kokoonpano vaatii oman erityissuunnitelmansa.



Kuvio 17. A-talon lämmöntalteenottojärjestelmän periaatekaavio, vaihtoehto 2

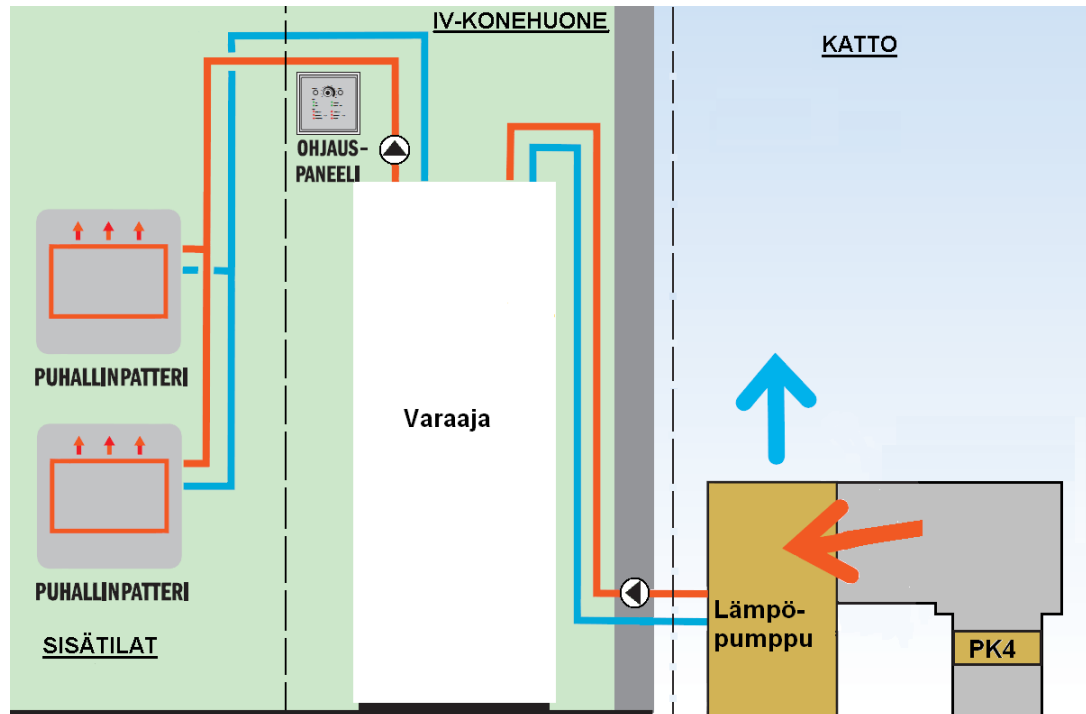
6.3 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumppu siirtää tavallisesti lämpöenergiaa ulkoilmasta veteen, jolla voidaan lämmittää tiloja ja käyttövettä. A-talon katolla sijaitsevan poistokoneen PK4 puhaltamasta jäteilmasta on mahdollista ottaa lämpöä talteen lämpöpumpputekniikalla. Tavallisesti tähän tarkoitukseen käytetään kanavakohtaisia poistoilmalämpöpumppuja, mutta markkinoilla olevia ilma-vesilämpöpumppuja voidaan myös käyttää samalla periaatteella IVT Center Kangasala Oy:n myyntipäällikön Pekka Koiviston mukaan. PK4:n tuottama jäteilma voidaan johtaa sopivalla sovitekatoksella ilma-vesilämpöpumpulle, jolloin saavutetaan hyvä hyötysuhde ympäri vuoden. Pientaloihin suunnitellut pakettiratkaisut ovat usein edullisempia kuin kohteeseen erityisesti räätälöidyt järjestelmät. (Koivisto, Pekka)

6.3.1 Vaihtoehto 1

Lämmitetty vesi voidaan tässä tapauksessa johtaa A-talon suurimpiin tiloihin asennettaviin puhallinpattereihin. Järjestelmä on yksinkertainen toteuttaa ja ei vaadi suuria muutoksia nykyisiin taloteknisiin järjestelmiin. Kuviossa 18 on esitetty yksinkertaistettu periaatekaavio järjestelmästä, lopullinen kokoonpano vaatii oman

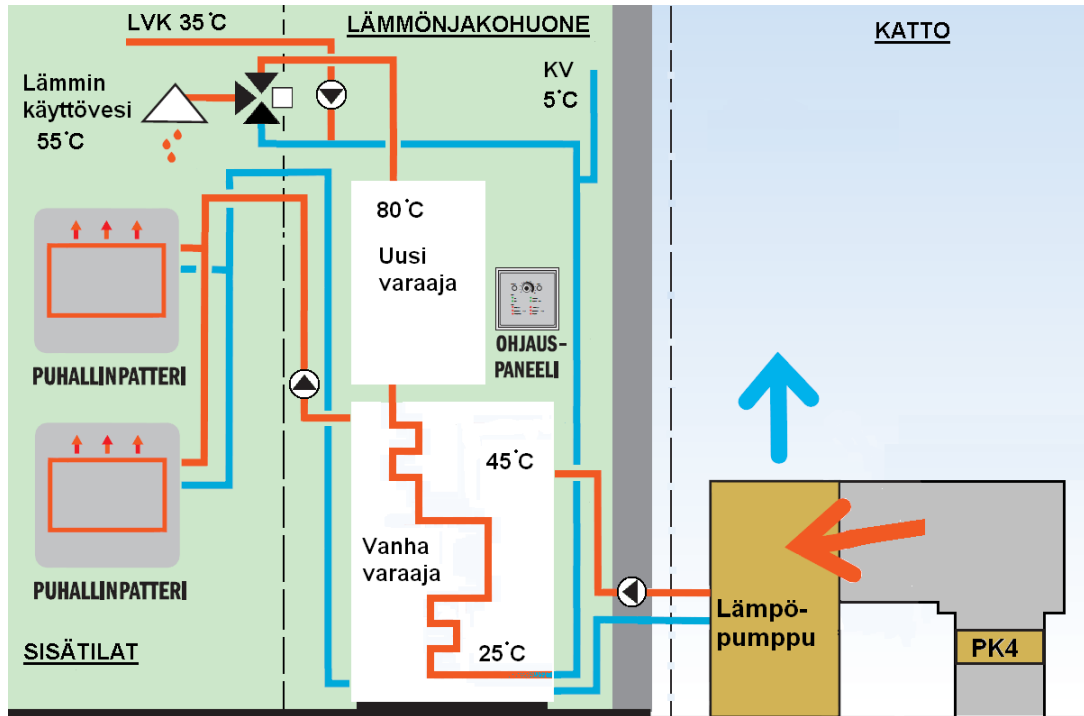
erityissuunnitelmansa. Poistokone PK4:n tai lämpöpumpun puhallin voidaan poistaa, jolloin selvittää vain yhdellä puhaltimella.



Kuvio 18. A-talon ilma-vesilämpöpumpputjärjestelmän periaatekaavio, vaihtoehto 1

6.3.2 Vaihtoehto 2

Ilma-vesilämpöpumpulla voidaan tilojen lisäksi lämmittää myös käyttövettä. Lämpöpumpun tuottama lämpötila on kuitenkin yksistään liian matala ja teho riittämätön, mutta järjestelmä on kuitenkin toteutettavissa erillisen tulistusvaraajan avulla. Investointikustannus on suurempi ja järjestelmä on monimutkaisempi, mutta saatava säästöpotentiaali on myös suurempi. Kuviossa 19 on esitetty yksinkertaistettu periaatekaavio järjestelmästä, lopullinen kokoonpano vaatii oman erityissuunnitelmansa.



Kuvio 19. A-talon ilma-vesilämpöpumpputjärjestelmän periaatekaavio, vaihtoehto 2

Tässä vaihtoehdossa nykyistä varaajaa lämmitetään ilma-vesilämpöpumpulla ja sen sähkövastukset olisi kytketty normaalitilanteessa pois päältä. Varaajien yhteenlasketun lämpösisällön tulisi kuitenkin vastata suunnilleen alkuperäistä jotta varmistetaan lämpimän käyttöveden riittävyys kaikissa tilanteissa.

6.4 Ilmalämpöpumppu

Ilmalämpöpumpulla lämpöä voidaan siirtää ulkoilmasta sisäilmaan huomattavasti edullisemmin kuin tavanomaisella sähkölämmityksellä. B-talossa voitaisiin hyödyntää ilmalämpöpumppua suurimpien yhtenäisten tilojen lämmitykseen. Sopiva tila olisi takkahuoneen ja hallin yhdistelmä, joka kattaa n. 25 % rakennuksen tilavuudesta.

Ilmalämpöpumppu sopisi parhaiten B-taloon, koska siellä lämmitettävissä oleva tila on suhteellisen pieni ja nykyinen ilmanvaihtojärjestelmä ei myöskään mahdollista luvussa 6.3 esitettyä laitteistoa. Ilmalämpöpumpun valintaa puolustavat myös A-taloa huomattavasti pienemmät kiertopiirin häviöt ja erittäin ahdas lämmönjakuhuone. Kohteessa voitaisiin käyttää valmista pakettiratkaisua ja näin ollen ilmalämpöpumppu olisi teknistaloudellisesti järkevin vaihtoehto.

7 Parannuksilla saavutettava energian säästö

Tässä luvussa käsitellään parannusehdotuksilla saavutettavaa energian säästöä ja todetaan kannattaako investoinnille tehdä kannattavuuslaskelma.

7.1 Sälekaihtimilla saatava energian säästö

Sälekaihtimien vaikutusta lämmitysenergian säästöön on tutkittu laajalti. Sain arvokasta tietoa asiaan liittyen VTT:llä työskentelevältä DI Kari Hemmilältä. Hän on kirjoittanut sälekaihtimien vaikutuksesta ikkunan lämmöneristyskykyyn ja käytinkin hänen artikkeleita apuna laskelmissani.

Laskelmissa on huomioitu vain lämmityskaudella saavutettava hyöty verrattuna ikkunaan ilman kaihtimia. Auringon lämpösäteilyä ei ole huomioitu laskelmissa, sillä sen vaikutus ei juuri muutu mikäli kaihtimet pidetään suljettuina vain pimeään aikaan. Mikäli kaihtimet pidettäisiin kiinni myös valoisaan aikaan, voisi kokonaisvaikutus olla negatiivinen, sillä n. 10–20 % vuotuisesta lämmitysenergiasta saadaan auringon lämpösäteilynä. (Kari Hemmilä & Ismo Heimonen 2006)

Tutkitaan edellä mainittua juhlasalin ikkunaa, jonka tiedot on kerätty alla olevaan taulukkoon 14. Tarkkoja parametreja ikkunasta ei ollut saatavilla, mutta eri valmistajien väliset erot samantyyppisissä ikkunoissa ovat varsin pienet. Kaihdin vaihtoehtoina käytetään tavallista valkoista kaihdinta, sekä selektiivisellä pinnoitteella varustettua kaihdinta.

Taulukko 14: Sälekaihtimien vaikutus MSE-tyyppisen ikkunan lämpöhäviöön (Hemmilä 2000, 1-3)

Kaihdin	Lämmönläpäisykerroin ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$)
Ei kaihdinta	1,74
Maalattu valkoinen kaihdin	1,54
Solar energy+	1,35

Vuotuinen lämmitysenergian säästö voidaan laskea riittävällä tarkkuudella kaavalla 6 (Hemmilä 2000, 1-3). Arvioidaan ikkunan olevan suljettuna lämmityskaudella klo. 18–08 välisen ajan eli 14 h.

$$Q = \frac{14 \cdot S_{17} \cdot \Delta U \cdot A}{1000} \quad (6)$$

jossa

Q on vuotuinen lämmitysenergian säästö (kWh)

S_{17} on 30 vuoden keskimääräinen paikkakunnan lämmitystarveluku, joka perustuu 17 °C sisälämpötilaan (Kd) (Lämmitystarveluku 1971–2000)

ΔU on ikkunan lämmönläpäisykertoimen muutos ($\frac{W}{m^2 \cdot K}$)

A on ikkunan pinta-ala (m^2)

Sijoitetaan arvot kaavaan:

$$Q = \frac{14 \text{ h} \cdot 4502 \text{ Kd} \cdot \left(1,74 \frac{W}{m^2 \cdot K} - 1,54 \frac{W}{m^2 \cdot K}\right) \cdot 3 \text{ m} \cdot 2,2 \text{ m}}{1000}$$

$$\approx 80 \text{ kWh}$$

Taulukko 15. Sälekaihtimilla saavutettava lämmitysenergian säästö vuodessa

Kaihdin	Vuotuinen lämmitysenergian säästö (kWh)
Maalattu valkoinen kaihdin	80
Solar energy+	160

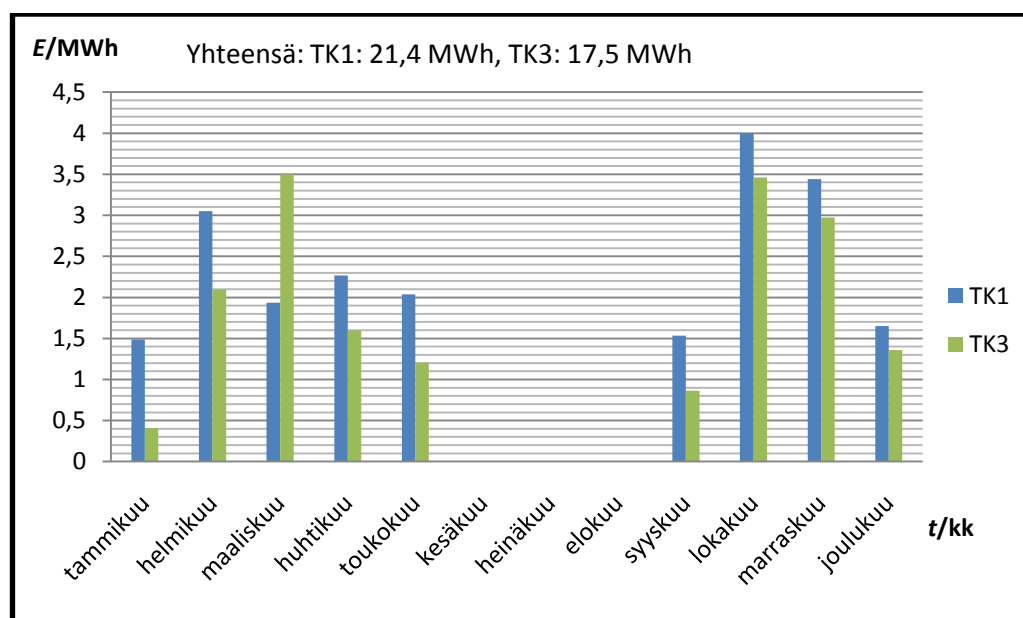
Taulukosta 15 voidaan nähdä jo ilman parempaa tarkastelua, että sälekaihtimien asennus pelkästään lämmitysenergian säästöä silmälläpitäen ei ole kannattavaa. Esimerkiksi tavalliset valkoiset sälekaihtimet maksavat halvimmillaan n. 20 €/m². (Kaihdinkulma Oy). Näin ollen jo pelkkien kaihtimien takaisinmaksuaika muodostuu kiusallisen pitkäksi, puhumattakaan noin sadan euron kaihdinmoottorista jollainen vaaditaan jokaiseen ikkunaan. (Florida Automated Shade)

7.2 Lämmöntalteenotolla saatava energian säästö

Tutkitaan luvuissa 6.2.1 ja 6.2.2 esitetyjä vaihtoehtoja ja niillä saatavaa energian säästöä.

7.2.1 Vaihtoehto 1

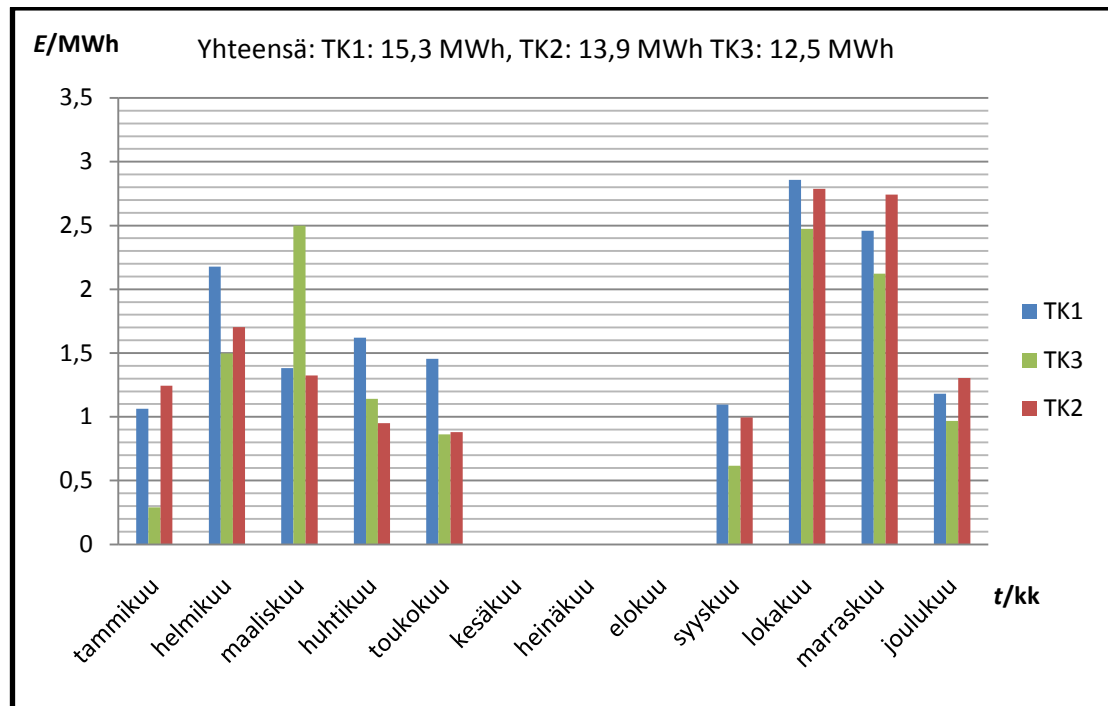
Toteutettaessa luvun 6.2.1 mukainen perusparannus voidaan säästettävissä olevan energian määrä arvioida kuvion 8 avulla. Kuviossa 20 on esitetty tuloilmakoneiden TK1 ja TK3 tuloilman lämmityksessä saavutettava säästö. Lämmöntalteenoton hyötysuhteena käytetään luvussa 6.2 esitettyä arvoa 70 %.



Kuvio 20. Tuloilmakoneiden tuloilman lämmityksessä saavutettavissa oleva säästö kuukausitasolla, vaihtoehto 1 (vuosien 2005–2009 keskiarvo)

7.2.2 Vaihtoehto 2

Toteutettaessa luvun 6.2.2 mukainen järjestelmä voidaan säästettävissä olevan energian määrä arvioida kuvion 8 avulla. Järjestelmän hyötysuhde on n. 50 % (Liite 3). Kuviossa 21 on esitetty tuloilmakoneiden TK1, TK2 ja TK3 tuloilman lämmityksessä saavutettava säästö.



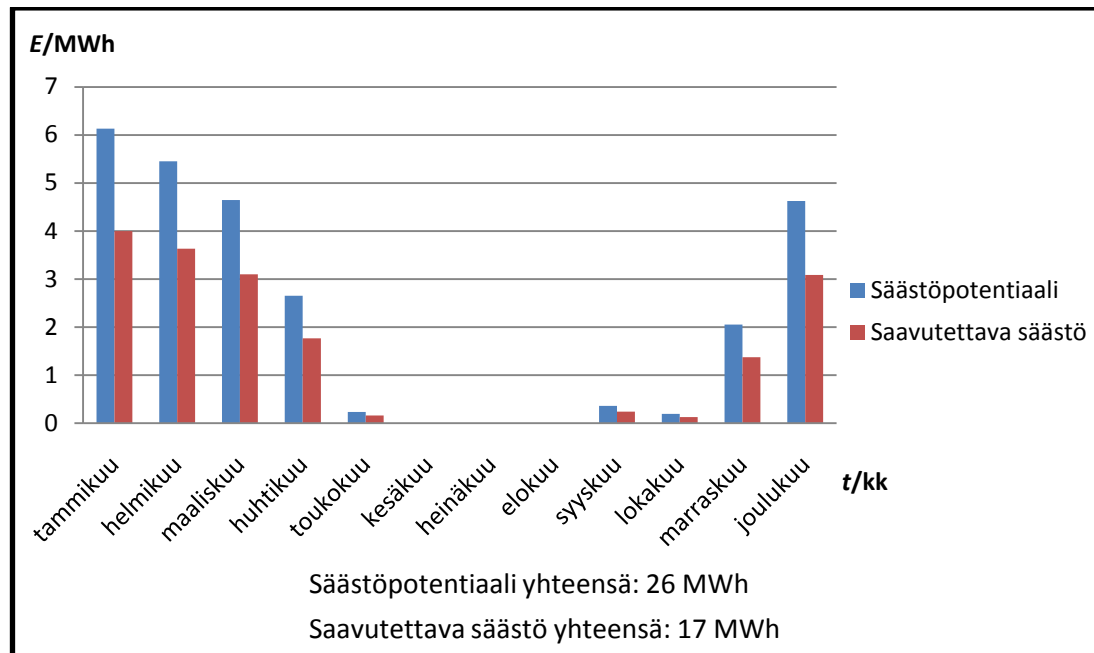
Kuvio 21. Tuloilmakoneiden tuloilman lämmityksessä saavutettavissa oleva säästö kuukausitasolla, vaihtoehto 2 (vuosien 2005–2009 keskiarvo)

7.3 Ilma-vesilämpöpumpulla saatava energian säästö

Tarkastelussa lähdetään liikkeelle kartoittamalla ne tilat joiden lämmitys olisi teknistaloudellisesti järkevintä. Näitä tiloja ovat esimerkiksi: ruokasali, opetustila, eteishalli, tuulikaappi ja oleskelutila. Lämmönjako voidaan toteuttaa vesikiertoisilla puhallinpattereilla joita tarvitaan 3–4 kpl tasaisen lämmönjaon aikaansaamiseksi.

7.3.1 Vaihtoehto 1

Karkeasti arvioiden A-talon tilavuudesta n. 30 %:ssa voitaisiin helposti käyttää ilma-vesilämpöpumppua lisälämmönlähteenä. Tämän tilan lämmittämiseen kuluva energia saadaan arvioitua suhteuttamalla tilavuus koko kiinteistön tilavuuteen ja hyödyntämällä kuvion 10 tietoja tilojen lämmitykseen kuluva energiasta. Kuviossa 22 on esitetty A-talon tilojen lämmitykseen sisältyvä säästöpotentiaali ja saavutettavissa oleva säästö.



Kuvio 22. A-talon tilojen lämmitykseen sisältyvä säästöpotentiaali ja lämpöpumpulla saavutettava säästö

Ilma-vesilämpöpumpun valintaan vaikuttavat monet seikat, mutta nyt keskitytään tutkimaan laitetta jonka läpi kulkeva ilmamäärä vastaisi suunnilleen PK4:n ilmamäärää ja hyötysuhde olisi hyvä. Sopiva lämpöpumppu tarkoitukseen löytyy esimerkiksi IVT:n Optima mallistosta. Laitteen oleellimmat tiedot on esitetty taulukossa 16. Ominaisuuksiltaan vastaavia laitteita valmistavat useat valmistajat joten valinnanvaraa markkinoilta löytyy runsaasti.

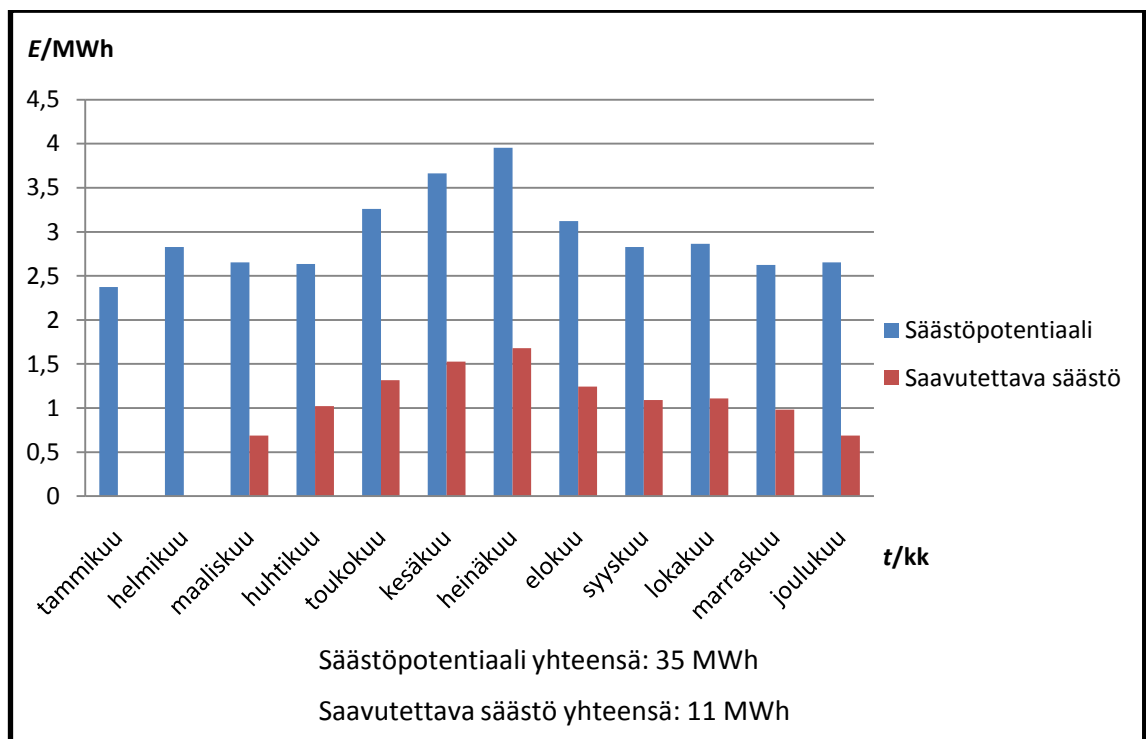
Taulukko 16. IVT Optima 1100 tekniset tiedot (IVT_Optima_IVLP)

IVT Optima	1100
Antoteho/Ottoteho +7/50 °C (kW)	9,8/3,3
Ilmanvirtaus (m ³ /h)	2200

Laite pystyy tuottamaan lämpöenergiaa n. 6 MWh/kk, joten sillä saadaan katettua suurin osa suunniteltujen tilojen lämmitystarpeesta. Asennettaessa laite kuvioissa 18 ja 19 esitetyllä tavalla voidaan COP-arvona pitää n. 3 ympäri vuoden, sillä poistoilman lämpötila on aina yli 20 °C. Ominaisuuksiltaan vastaavia laitteita valmistavat useat valmistajat joten valinnanvaraa markkinoilta löytyy runsaasti.

7.3.2 Vaihtoehto 2

Kuviosta 22 nähdään, että taulukon 16 lämpöpumpulla käyttöveden lämmittämiseen riittäisi energiaa käytännössä välillä maaliskuu–joulukuu. Kuviossa 23 on esitetty saavutettavissa oleva säästö ja A-talon osuus kiinteistön lämpimän käyttöveden valmistamiseen kuluva energiasta, joka voidaan arvioida varaajan koon perusteella. (RakMK D5, luku 9.5.2)



Kuvio 23. A-talon käyttöveden lämmitykseen sisältyvä säästöpotentiaali ja lämpöpumpulla saavutettava säästö

Laskennan lähtötietoina on käytetty kuviossa 19 esitettyjä arvoja. Ilma-vesilämpöpumpun kapasiteetti saadaan tällä tavoin hyödynnettyä ympäri vuoden ja tällä vaihtoehdolla saavutetaan n. 60 % suurempi säästö kuin luvussa 7.3.1 esitetyllä vaihtoehdolla 1.

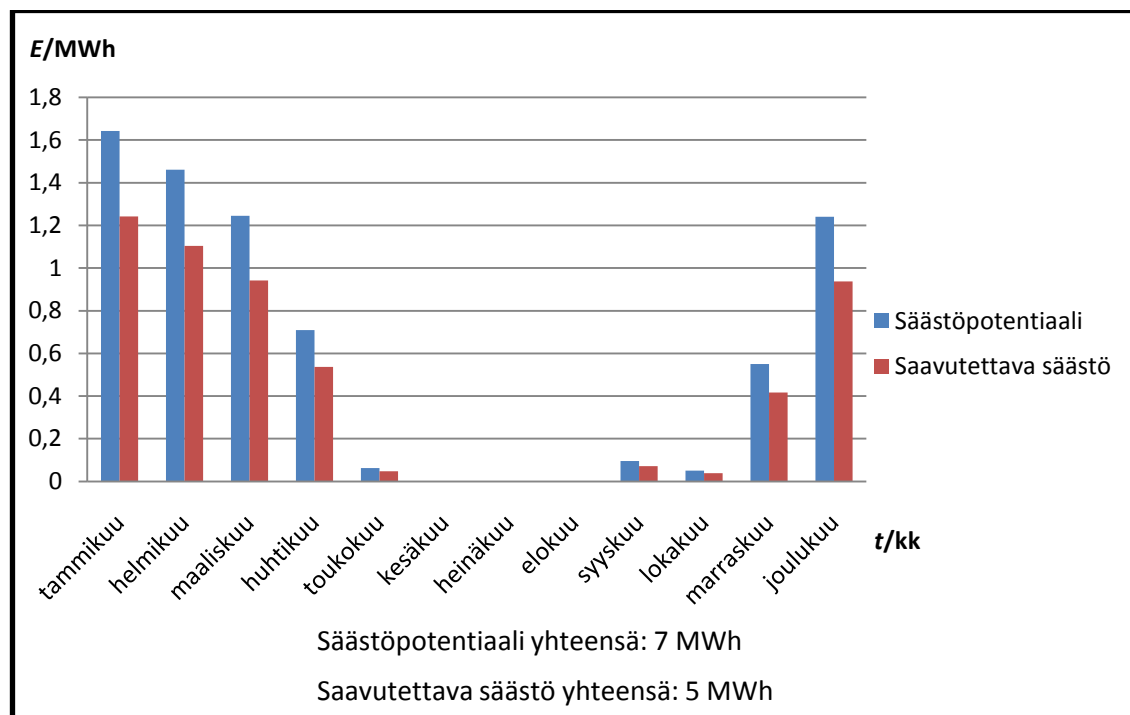
7.4 Ilmalämpöpumpulla saatava energian säästö

Ilmalämpöpumpulla saatava energian säästö voidaan laskea luvussa 7.3 esitetyllä tavalla. Ilmalämpöpumpun valintaan vaikuttavat monet seikat, mutta nyt keskitytään tutkimaan laitetta jonka hyötysuhde olisi hyvä kovillakin pakkasilla ja jossa olisi myös poissaoloajan lämpötilanpudotus.

Sopiva lämpöpumppu tarkoitukseen löytyy esimerkiksi IVT:n Nordic Inverter mallistosta. Laitteen oleelliset tiedot on esitetty taulukossa 17. Se riittää lämmittämään yksistään suunnitellun tilan lähes kaikissa olosuhteissa, mutta sähköpattereita tarvitaan huippupakkasilla. Asennettaessa ilmalämpöpumppu luvussa 6.4 esitetyllä tavalla saadaan kuvion 24 mukainen säästöpotentiaali ja saavutettavissa oleva säästö.

Taulukko 17. IVT Nordic 12 KHR-N tekniset tiedot (IVT Nordic Inverter 12 KHR-N)

Vuosihyötysuhde	4,1
Antoteho/Ottoteho (kW)	0,9 - 6,5/ 0,16 - 1,7



Kuvio 24. B-talon tilojen lämmitykseen sisältyvä säästöpotentiaali ja lämpöpumpulla saavutettava säästö

8 Parannusehdotusten kannattavuuden tarkastelu

Investoinnin kannattavuutta voidaan tutkia esimerkiksi takaisinmaksuajan menetelmällä. Takaisinmaksuaika on se aika, jonka kuluttua investoinnista saadut tulot ovat yhtä suuret kuin investoinnin aiheuttamat menot. Yksinkertaisimmillaan takaisinmaksuaika saadaan jakamalla investoinnin hankintameno saatavilla vuosituloilla. Tällöin korkoa ei oteta laisinkaan huomioon. Mikäli korko otetaan huomioon ja vuosittainen tulo oletetaan vakioksi, voidaan takaisinmaksuaika laskea seuraavalla kaavalla:

$$t = \frac{-\ln\left(\frac{1-H}{i-q}\right) - \ln(i)}{\ln(1+i)} \quad (7)$$

jossa

t	on takaisinmaksu aika (a)
H	on investoinnin hankintameno (€)
q	on vuosittainen tulo (€)
i	on laskentakorkokanta

(TKK/Energiatalous ja voimalaitostekniikka, 2002)

Laskentakorko kuvaa investoinnin yhteydessä rahasta maksettavaa hintaa eli korkoa. Laskentakoron valinnalla voidaan vaikuttaa investointien edullisuuteen. Korkea laskentakorko painottaa sitä, että rahalle on olemassa vaihtoehtoisia sijoituskohteita, joista on saatavissa koron suuruinen tuotto. Matala laskentakorko puolestaan painottaa tulevaisuudessa mahdollisesti saatavien hyötyjen (säästöjen) merkitystä. Reaalinen korko sisältää inflaation aiheuttaman rahan arvon muutoksen, nimellinen korko ei sitä sisällä. (FIM - Sanasto)

Nykyinen reaalikorko on suuruudeltaan n. 2 %. (Osuuspankki, 2010)

8.1 Lämmöntalteenoton kannattavuus

Lämmöntalteenoton kannattavuutta tutkitaan luvuissa 7.2.1 ja 7.2.2 esitettyjen laskelmien avulla. Vaihtoehdolle 1 lasketaan hankintamenon sallittu suuruus ja vaihtoehdolle 2 arvioidaan takaisinmaksuaika.

8.1.1 Vaihtoehto 1

Toteutettaessa luvun 6.2 mukainen kattava perusparannus, voidaan investoinnin kannattavuutta arvioida investoinnin hankintamenon suuruudella. Hankintamenon laskemiseksi on määriteltävä takaisinmaksuaika, vuosittainen tulo ja laskentakorkokanta. Takaisinmaksuaikaa määriteltäessä on huomioitava investoinnin hyödyt pitkällä aikavälillä. Investoinnin hyödyt näkyvät koko rakennuksen jäljellä olevan elinkaaren ajan, mutta sopivana takaisinmaksuaikana voidaan pitää uusien IV-koneiden luvussa 6.2 esitettyä käyttöikä. Investoinnin tiedot on esitetty taulukossa 18.

Taulukko 18. IV-laitteiston perusparannuksen investointitiedot

Takaisinmaksuaika (a)	20
Vuosittainen tulo q (€)	3650
Laskentakorkokanta i (%)	2

Sijoitetaan arvot kaavaan 7:

$$20 = \frac{-\ln\left(\frac{1}{0,02} - \frac{H}{3650}\right) - \ln(0,02)}{\ln(1 + 0,02)}$$

$$H = 60.000 \text{ €}$$

8.1.2 Vaihtoehto 2

Nestekiertoisen LTO:n takaisinmaksuajan laskemiseksi on määriteltävä investoinnin hankintameno, vuosittainen tulo ja laskentakorkokanta. Investoinnin tiedot on esitetty taulukossa 19. Liitteen 3 mukaisten neulalämmönsiirtimien (LTO- huippuimurit asiakkaan imureihin valmistettuna) budjettihintana voidaan käyttää n. 19 000 € (+alv). Tämän lisäksi tulee putki-, IV- ja automaatiotöitä. Lisäkustannusten karkeana arviona voidaan käyttää 1-2 x neulalämmönsiirtimien hinta. (Castren, Markus)

Taulukko 19. Nestekiertoisen LTO:n investointitiedot (sis. alv 22 %).

Investoinnin hankintameno yhteensä H (€)	46.360
Vuosittainen tulo q (€)	3.900
Laskentakorkokanta i (%)	2

Sijoitetaan arvot kaavaan 7:

$$t = \frac{-\ln\left(\frac{1}{0,02} - \frac{46360}{3900}\right) - \ln(0,02)}{\ln(1 + 0,02)}$$

$$= 14 \text{ vuotta}$$

8.2 Ilma-vesilämpöpumpun kannattavuus

Ilma-vesilämpöpumpun takaisinmaksuajan laskemiseksi on määriteltävä investoinnin hankintameno, vuosittainen tulo ja laskentakorkokanta. Kannattavuutta tutkitaan luvuissa 7.3.1 ja 7.3.2 esitettyjen laskelmien avulla.

8.2.1 Vaihtoehto 1

Investoinnin tiedot on esitetty taulukossa 20, jossa putkiurakan osuudeksi on arvioitu n. 3000 €.

Taulukko 20. Ilma-vesilämpöpumpun investointitiedot (sis. alv 22 %).

(SolarShop Bergman Oy), (Ecoheater)

IVT-Optima ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä asennettuna (€)	11.789
Puhallinpatterit 4 kpl (€)	1.920
Putkityöt (€)	3.000
Investoinnin hankintameno yhteensä H (€)	16.709
Vuosittainen tulo q (€)	1.600
Laskentakorkokanta i (%)	2

Takaisinmaksuajaksi saadaan:

$$t = 12 \text{ vuotta}$$

8.2.2 Vaihtoehto 2

Investoinnin tiedot on esitetty taulukossa 21, jossa asennustöiden osuudeksi on arvioitu n. 3000 € ja putkiurakan osuudeksi n. 5000 €.

Taulukko 21. Ilma-vesilämpöpumpun investointitiedot (sis. alv 22 %).

(SolarShop Bergman Oy), (Taloon.com : Rautakauppa)

Nibe F2025 ilma-vesilämpöpumppujärjestelmä (€)	5.690
Nibe ES 500 varaaja (€)	1.804
Nibe SMO 10 ohjainmoduuli	995
Puhallinpatterit 4 kpl (€)	1.920
Putkityöt (€)	5.000
Asennustyöt (€)	3.000
Investoinnin hankintameno yhteensä H (€)	18.409
Vuosittainen tulo q (€)	2.600
Laskentakorkokanta i (%)	2

Takaisinmaksuajaksi saadaan:

$$t = 8 \text{ vuotta}$$

8.3 Ilmalämpöpumpun kannattavuus

Ilmalämpöpumpun takaisinmaksuajan laskemiseksi on määriteltävä investoinnin hankintameno, vuosittainen tulo ja laskentakorkokanta. Kannattavuutta tutkitaan luvussa 7.4 esitettyjen laskelmien avulla. Investoinnin tiedot on esitetty taulukossa 22.

Taulukko 22. Ilmalämpöpumpun investointitiedot (sis. alv 22 %). (Raahen LVI-Palvelu Oy)

Ilmalämpöpumppujärjestelmä asennettuna (€)	2.790
Investoinnin hankintameno yhteensä H (€)	2.790
Vuosittainen tulo q (€)	500
Laskentakorkokanta i (%)	2

Takaisinmaksuajaksi saadaan:

$$t = 6 \text{ vuotta}$$

9 Yhteenveto

Ilmalämpöpumppu on ainoa parannusehdotus, joka täyttää luvussa 4 esitetyt vaatimukset budjetin ja takaisinmaksuajan suhteen. Sen vaikutus kiinteistön vuotuisessa energian kulutuksessa on kuitenkin pieni. Tarkasteltaessa takaisinmaksuajan jälkeen tapahtuvaa säästöä, on ilma-vesilämpöpumppu ehkä varteenotettavin vaihtoehto. Se maksaa itsensä takaisin alle kymmenessä vuodessa ja saavutettavat säästöt ovat yli 2.500 €/v. Siihen liittyvät investoinnit tulevat palvelemaan todennäköisesti koko rakennuksen odotettavissa olevan eliniän ajan kuluvia osia lukuun ottamatta (esim. kompressori, pumput ja puhallin). Nestekiertoisella lämmöntalteenotolla olisi saavutettavissa suurimmat säästöt, mutta hankintakustannus ja huoltokulut ovat niin ikään merkittävät.

Nykyisten taloteknisten järjestelmien tarkistuksella saavutettaisiin suuria säästöjä, kuten luvussa 5 on todettu. Etenkin A-talon ilmanvaihdon tarkoituksenmukaisilla käyntiajoilla olisi säästettävissä merkittävästi energiaa ilmaiseksi (Kuvio 15). Käyntiaikaraportoinnin toimivuus olisi syytä tarkistaa ja valvomo-ohjelmaan lisätä ominaisuus, jolla kaikki käyttöön liittyvät trendit olisi helposti saatavilla. Esimerkiksi vedenkulutuksen seuranta olisi liitettävissä nykyiseen valvomojärjestelmään, sillä valvomo-ohjelman mittauksista se jo löytyy (Kuvio 25). Sähköisen varauskalenterin mahdollisuuksia tulisi myös arvioida, sillä sen avulla voisi ohjata esim. ilmanvaihtoa ja lämpötilanpudotusta käytön mukaan. Näin käyttäjän työtaakka pienenesi ja inhimillisiltä virheiltiltä vältyttäisiin.

Mittaukset	
Sähkömittari	35875.9 kWh
Vesimittari	0.0 0

Kuvio 25. Valvomo-ohjelman nykyiset mittaukset

Poissaoloajan lämpötilanpudotuksella saavutettavia säästöjä (n. 5 %/aste) voitaisiin lisätä kiinnittämällä huomiota varauskalenteriin siten, että poissaoloajoista saataisiin mahdollisimman pitkiä ja yhtenäisiä. A-taloa tulisi käyttää lämmityskaudella vain tapauksissa, joissa B-talo ei mahdollista käyttöön liittyviä tarpeita.

Lähteet

Castren, Markus. Retermia Oy, toimitusjohtaja. [sähköpostiviesti 24.3.2010]

D5 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, Asunto ja rakennusosasto 2007. [online] [viitattu 10.10.2009].
<http://www.finlex.fi/data/normit/29520-D5-190607-suomi.pdf>

D2 Suomen rakentamismääräyskokoelma. Ympäristöministeriö, Rakennetun ympäristön osasto 2010. [online] [viitattu 10.12.2009].
http://www.finlex.fi/data/normit/34164-D2-2010_suomi_22-12-2008.pdf

EDU – Ikkunoiden rakenne. [www-sivu] [viitattu 10.10.2009]
http://www.edu.fi/oppimateriaalit/puutuoteteollisuus/rakennuspuusepan_teollisuus/ikkunat/index_ikkunoiden_rakenne.html

Ecoheater. [online] [viitattu 10.3.2010].
http://www.ecoheater.fi/manuals/Vesi-ilpo_taulukko_www.pdf

Enervent Oy. [www-sivu] [viitattu 10.1.2010]
<http://www.enervent.fi>

FIM – Sanasto. [www-sivu] [viitattu 10.1.2010]
<https://www.fim.com/suomi/mutualfunds/fundacademy/terminology>

Florida Automated Shade. [www-sivu] [viitattu 10.1.2010]
 (http://shop.floridautomatedshade.com/Somfy-Motors_c2.htm).

Hemmilä, Kari 2000. Ikkunan lisälämmöneristäminen sälekaihtimilla. [online] [viitattu 10.12.2009].
<http://www.motiva.fi/files/97/salekaihdin-2.pdf>

Ilmatieteen laitos - Sää ja ilmasto - Ilmastotilastot - Lämmitystarveluku 1971–2000 . [www-sivu] [viitattu 10.10.2009]
http://www.fmi.fi/saa/tilastot_148.html

IVT Nordic Inverter 12 KHR-N. [online] [viitattu 10.3.2010]
http://doc.ivt.se/download.asp?pt=files_fi&fn=IVT12KHR-N_lr.pdf

IVT_Optima_IVLP. [online] [viitattu 10.3.2010]
http://www.tuottolampo.com/esitteet/IVT_Optima_IVLP.pdf

Kaihdinkulma Oy. [www-sivu] [viitattu 10.1.2010]
<http://www.kaihdinkulma.fi/>

Kari Hemmilä & Ismo Heimonen 2006. Ikkunoiden energialuokituksen pilotointi. [online] [viitattu 20.11.2009].
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2006/T2356.pdf>

Koivisto, Pekka. IVT Lämpöpumput Oy, myyntipäällikkö. [sähköpostiviesti 16.3.2010]

Motiva - Mihin lämpöä tarvitaan? 2009. [www-sivu] [viitattu 10.10.2009]
http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/mihin_lampoa_tarvitaan

Osuuspankki, 2010. [www-sivu] [viitattu 10.3.2010]
<http://www.op.fi>

Pennanen, Martti. MP-Management Group Oy, toimitusjohtaja. [sähköpostiviesti 7.3.2010]

Raahen LVI-Palvelu Oy. [www-sivu] [viitattu 10.3.2010]
<http://www.skarpy.com/>

Reinikainen, Erja 2002. Ilmanvaihtojärjestelmän käyttöikäsuunnittelu ja elinkaarikustannukset. Insinööritoimisto Olof Granlund Oy. [online] [viitattu 10.3.2010]. <http://www.recair.fi/download/Elinkaariesitelma.pdf>

SolarShop Bergman Oy. [www-sivu] [viitattu 10.3.2010]
<http://www.solarpower.fi/Hinnasto.php>

Taloon.com : Rautakauppa. [www-sivu] [viitattu 20.3.2010]
<http://kauppa.taloon.com>

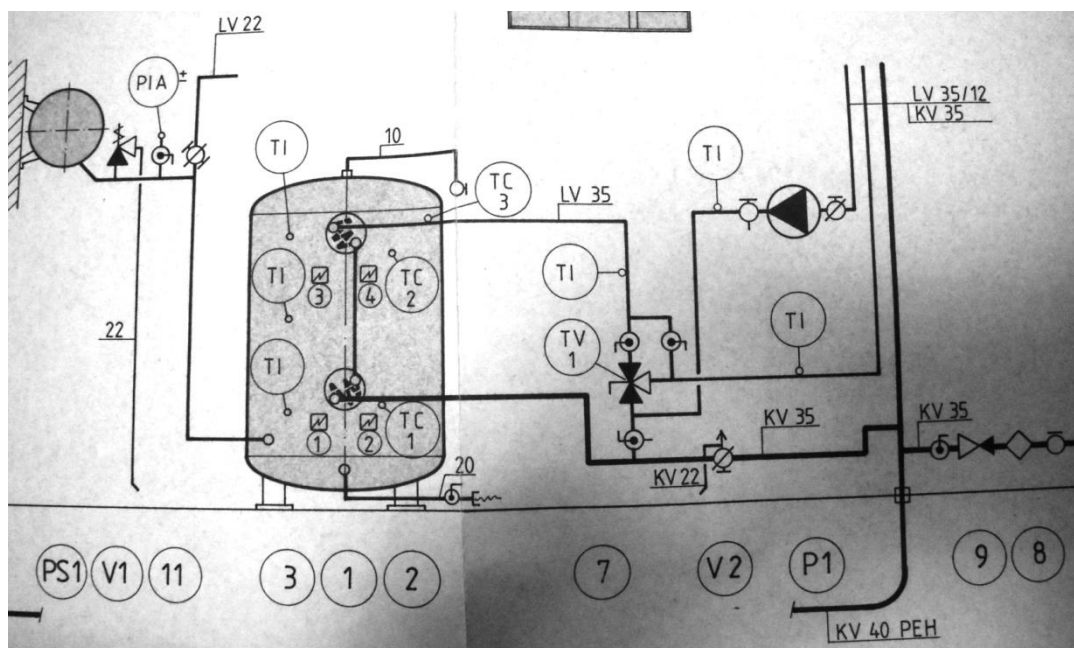
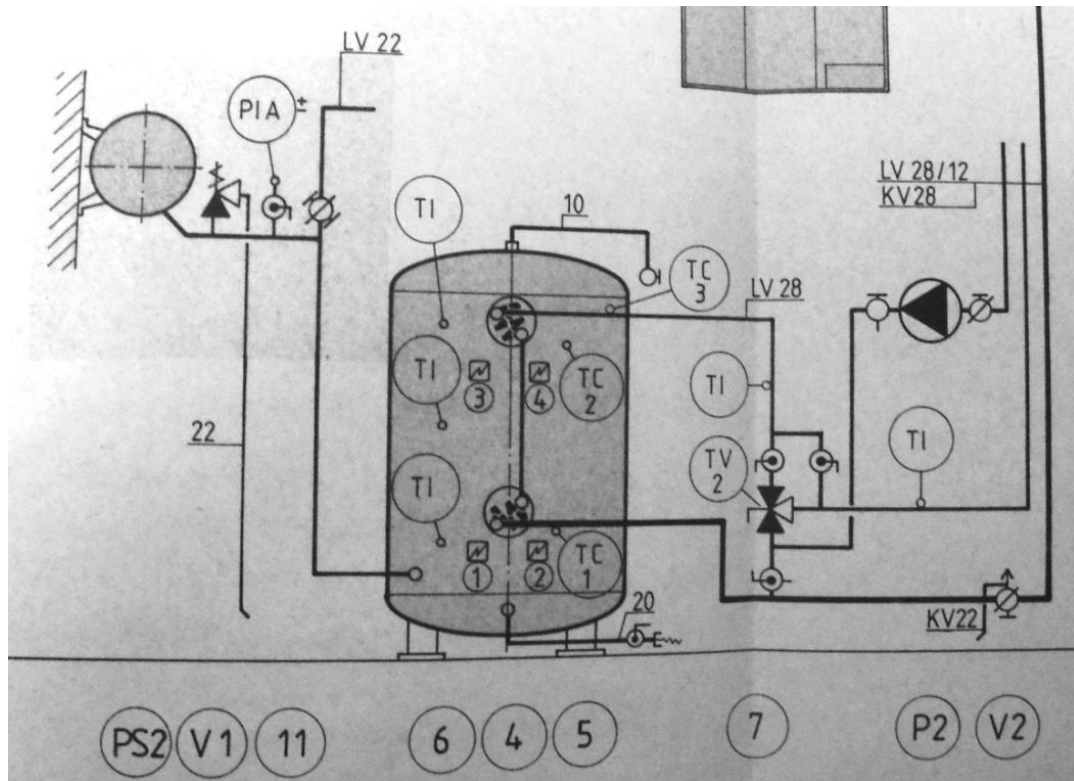
TKK/Energiatalous ja voimalaitostekniikka. [online] [viitattu 10.3.2010]
<http://www.tkk.fi/Yksikot/Energiatalous/kurssit/materiaalia/Investointikriteerit.pdf>

Vattenfall Verkko Oy. Verkkopalveluhinnasta 2009. [online] [viitattu 26.11.2009].
http://www.vattenfall.fi/www/vf_fi/vf_fi/Gemeinsame_Inhalte/DOCUMENT/196002vatt/645362verk/P0284273.pdf

Wikipedia. Kuukausi. [www-sivu] [viitattu 10.12.2010]
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kuukausi>

Liitteet

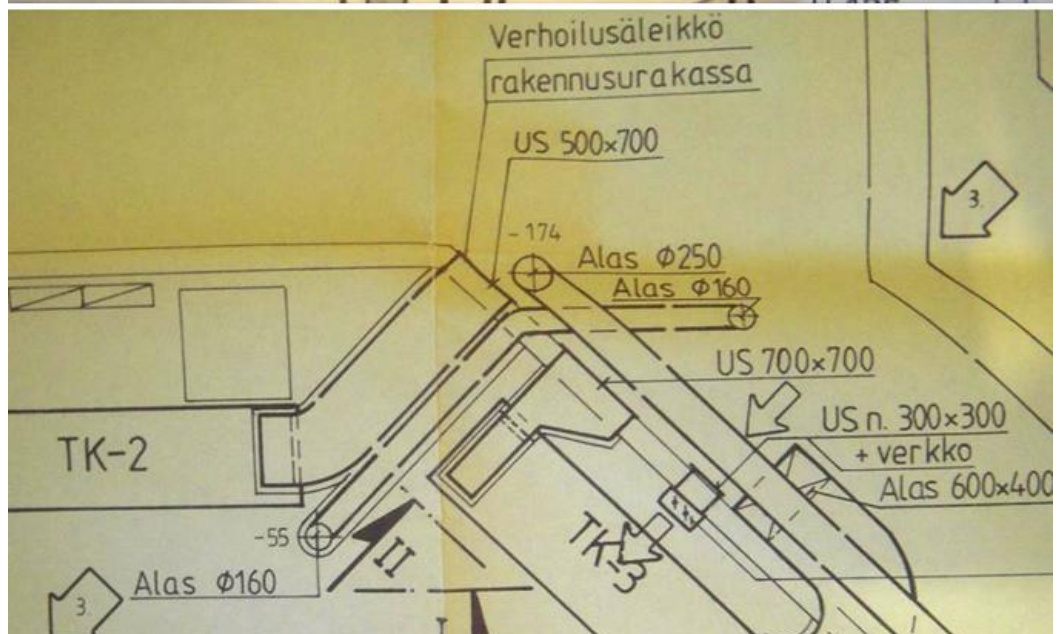
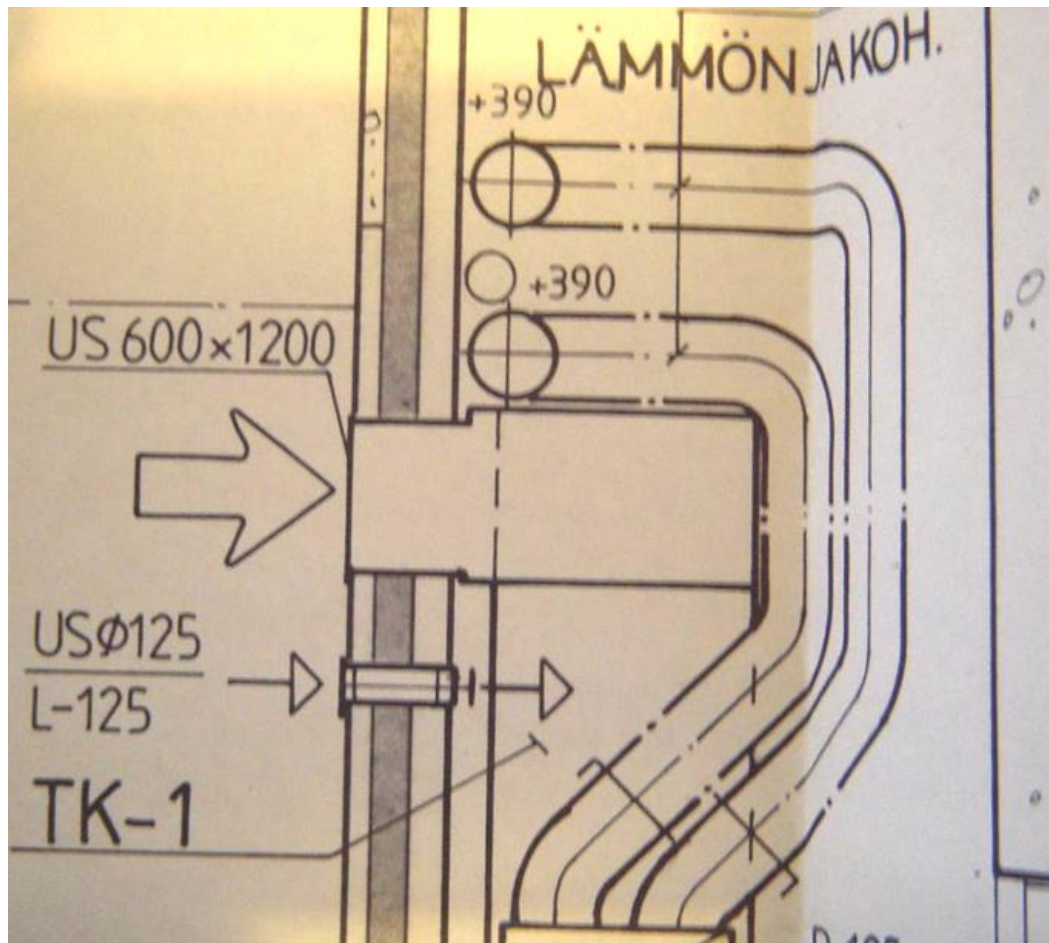
Liite 1: Lämminvesivaraajien järjestelmäkaaviot



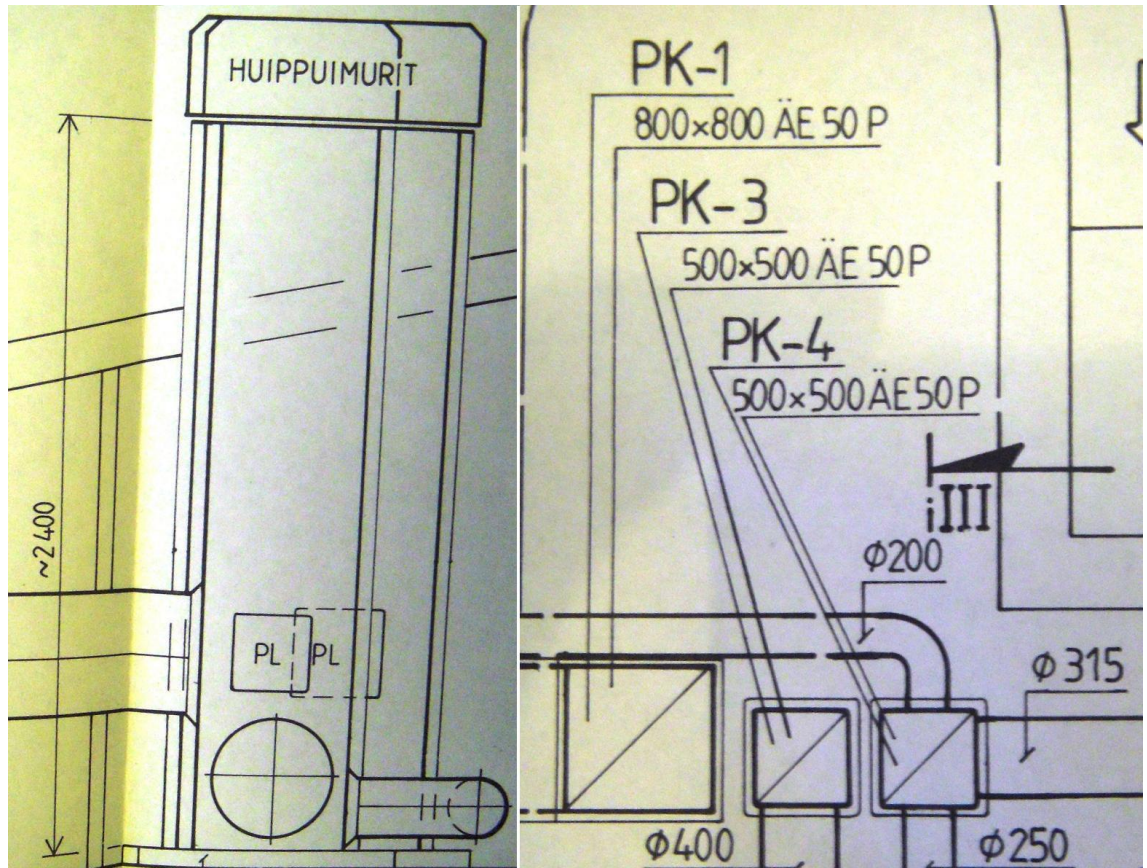
Jatkuu

LAITSELVITYS- JA MITOITUSTAUDUKKO			Mitoitus
N:o	kp1	Laite	
1	1	Lämminvesivaraaja pystymallinen kahdella käyttövesikierukalla	3 m ³ , rakennepaine 300 kPa lämpötila +120°C
2	4	Sähkövastus (ruostumaton teräs, esim. Effekt)	ylärivi 2x6 kW alarivi 2x12 kW
3	2	Käyttövesikierukat	2 x 50 l/min
4	1	Lämminvesivaraaja, pystymallinen kahdella käyttövesikierukalla	2,5 m ³ , rakennepaine 300 kPa lämpötila +120°C
5	4	Sähkövastus (ruostumaton teräs, esim. Effekt)	ylärivi 2 x 5 kW alarivi 2 x 9 kW
6	2	Käyttövesikierukat	2 x 35 l/min
7	2	Kytkenäkaavio muovitettuna ja kehystettynä seinällä	
8	1	Vesimittari, hankkii ja asentaa putkiurakoitsija	DN 25/32 40 4900
9	1	Paineenalennusventtiili	DN 32 37 9520
10	1	Kasteluletku 30 m	
SÄÄTÖVENTTIILIT			
TV1	1	Omavoimainen säätöventtiili OSYBLEND	DN 25 1,26 dm ³ /s, 50kPa, +50°C
TV2	1	Omavoimainen säätöventtiili OSYBLEND	DN 25 1,12 dm ³ /s, 36kPa, +50°C
KIERTOVEDEN PUMPUT			
P1	1	Käyttöveden kiertopumppu	0,02 dm ³ /s 25 kPa
P1	1	" "	0,02 dm ³ /s 25 kPa
PAISUNTA- JA VAROLAITTEET			
PS1	1	Kalvopaisunta-astia	140 dm ³ 50/300 kPa
PS2	1	Kalvopaisunta-astia	110 dm ³ 50/300 kPa
11	2	Hälytyspainemittari	ø 100 50/300 kPa
V1	2	Varoventtiili koko/av.paine	DN 20 / 300 kPa
V2	1	Varoventtiili koko/av.paine	DN 20 / 1000 kPa
HÄLYTYSKOHTEET			
	2	Kiertovesipumpuilta	
	2	Painemittarilta ala-/yläraja	
	2	Rajatermostaatti, yläraja	+ 110°C
	1	Varaajan lämpötila	+ 105°C

Liite 2: A-talon ilmanvaihtojärjestelmä



jatkuu



Liite 3: Retermia lämmöntalteenoton mitoitus A-taloonMIKKO VIHANTO / TAMK
NEULAMITOITUS

23.03.2010

LEIRIKESKUS RAKENNUS A / TK1
Sivu:2

TULOILMAPATTERIT: YLEISET TIEDOT

Lämpöteho, yhteensä	45.16 kW
Neulaputkimäärä, yhteensä	135.00 m
Riviluku	3
Ilman tilavuusvirta	1.42 m ³ /s
Ilman massavirta	1.70 kg/s
Tulolämpötila	-29.0 °C
Lähtölämpötila	-2.7 °C
Otsapintanopeus	0.85 m/s
* Ilmapuolen painehäviö	34.79 Pa
Tuloilmapattereiden vesitilavuus	21.50 l
Nesteen massavirta	0.56 kg/s
Tulolämpötila	9.9 °C
Lähtölämpötila	-13.0 °C
Virtausnopeus	0.79 m/s

Projekti ID:
FIN2010-0056

TULOILMAPATTERIT: 1 laite(tta)

Tyyppi	TK1 LTO-ESIS./ULKOSÄLEIKKÖ
Lukumäärä	1 laite(tta)
* Lämpöteho	45.16 kW
Neulaputkimäärä	135.00 m
Putkiläpimenoja	5
Pass	12
Putkea/läpimeno	27.00 m
Putkea/rivitaso: 2.25 x 1	2.25 m
* Nestepuolen painehäviö	83.17 kPa
Nesteen virtausnopeus	0.79 m/s
Patterin leveys	0.83 m
Patterin korkeus	1.20 m
Patterin syvyys	0.75 m
Aukon pinta-ala	0.74 m ²
Patterin otsapinta-ala	1.67 m ²
Patterin vesitilavuus	21.50 l
Ilman tilavuusvirta	1.42 m ³ /s
Ilman massavirta	1.70 kg/s
Nesteen massavirta	0.56 kg/s

DN 40 / 42

Neulalämmönsiirin varustetaan sivusta avattavalla huoltokannella.

jatkuu

POISTOILMAPATTERIT: YLEISET TIEDOT

Lämpöteho, yhteensä	45.16 kW
Neulaputkimäärä, yhteensä	157.50 m
Poistoilman kosteus	30.0 %
Ilman massavirta, yhteensä	1.97 kg/s
Tulolämpötila, kaasu	22.0 °C
Lähtölämpötila, kaasu	1.3 °C
Ilman lämpökapasiteetti virta	2.18 kW/K
Otsapintanopeus	0.85 m/s
* Ilmapuolen painehäviö	36.42 Pa
Poistopattereiden vesitilavuus	25.09 l
Nesteen massavirta	0.56 kg/s
Tulolämpötila	-13.0 °C
Lähtölämpötila	9.9 °C
Nesteen mitoitussnopeus	0.79 m/s

POISTOILMAPATTERIT

1 laite(tta)

Tyyppi	PK1 LTOH juhlas./esim HIFEK-12
Lukumäärä	1 laite(tta)
* Lämpöteho/laite	45.16 kW
Ilman tulolämpötila	22.0 °C
Ilman lähtölämpötila	1.2 °C
Patterin vesitilavuus	25.1 l
Neulaputkimäärä/laite	157.50 m
Putkiläpimenoja/laite	5
Pass	9
Putkea/läpimeno	31.50 m
Putkea/rivitaso: 3.50 x 1	3.50 m
Riviluku	3
Patterin pituus	1.62 m
Patterin korkeus	0.65 m
Patterin syvyys	1.55 m
Patterin otsapinta-ala	1.94 m ²
* Ilman tilavuusvirta/laite	1.66 m ³ /s
Nesteen massavirta/laite	0.56 kg/s
Nesteen virtausnopeus	0.79 m/s
* Nestepuolen painehäviö	97.03 kPa

DN 40 / 42

ITEROINTIARVOT:

ILMA	tulo	1.70 kg/s 1.71 kW/K	1.42 m ³ /s
	poisto	1.97 kg/s 2.18 kW/K	1.66 m ³ /s
LS-neste		0.56 kg/s 1.98 kW/K	35.0 % VGL Eyleeniglykoli (Dowcal 10)
Lämpötilahyötysuhde			0.52
Lämpöteho			45.16 kW
Putkipituudet	T/P	135.00 m	157.50 m
Lämpötilat	T1/T2	-29.0 °C	-2.7 °C
	T3/T4	22.0 °C	1.3 °C
	T8/T9	9.9 °C	-13.0 °C

TULOILMAPATTERIT: YLEISET TIEDOT

Lämpöteho, yhteensä	56.96 kW
Neulaputkimäärä, yhteensä	162.00 m
Riviluku	3
Ilman tilavuusvirta	1.80 m ³ /s
Ilman massavirta	2.16 kg/s
Tulolämpötila	-29.0 °C
Lähtölämpötila	-2.8 °C
Otsapintanopeus	0.90 m/s
* Ilmapuolen painehäviö	38.61 Pa
Tuloilmapattereiden vesitilavuus	25.80 l
Nesteen massavirta	0.68 kg/s
Tulolämpötila	9.8 °C
Lähtölämpötila	-13.7 °C
Virtausnopeus	0.81 m/s

Projekti ID: FIN2010-0056

TULOILMAPATTERIT: 1 laite(tta)

Tyyppi	TK2&TK3 LTO-ESIS./ULKOSÄLEIKKÖ
Lukumäärä	1 laite(tta)
* Lämpöteho	56.96 kW
Neulaputkimäärä	162.00 m
Putkiläpimenoja	6
Pass	6
Putkea/läpimeno	27.00 m
Putkea/rivitaso: 4.50 x 1	4.50 m
* Nestepuolen painehäviö	86.68 kPa
Nesteen virtausnopeus	0.81 m/s
Patterin leveys	0.53 m
Patterin korkeus	1.20 m
Patterin syvyys	0.94 m
Aukon pinta-ala	0.80 m ²
Patterin otsapinta-ala	2.00 m ²
Patterin vesitilavuus	25.80 l
Ilman tilavuusvirta	1.80 m ³ /s
Ilman massavirta	2.16 kg/s
Nesteen massavirta	0.68 kg/s

DN 40 / 42

Neulalämmönsiirrin varustetaan sivusta avattavalla huoltokannella.
--

POISTOILMAPATTERIT: YLEISET TIEDOT

Lämpöteho, yhteensä	56.96 kW
Neulaputkimäärä, yhteensä	182.25 m
Poistoilman kosteus	30.0 %
Ilman massavirta, yhteensä	2.34 kg/s
Tulolämpötila, kaasu	22.4 °C
Lähtölämpötila, kaasu	0.9 °C
Ilman lämpökapasiteetti virta	2.65 kW/K
Otsapintanopeus	0.88 m/s
* Ilmapuolen painehäviö	37.64 Pa
Poistopattereiden vesitilavuus	29.03 l
Nesteen massavirta	0.68 kg/s
Tulolämpötila	-13.7 °C
Lähtölämpötila	9.8 °C
Nesteen mitoitusnopeus	0.70 m/s

POISTOILMAPATTERIT 2 laite(tta)

Tyyppi	PK3&4 LTOH maj.&WC/ 2xHIFEK-06
Lukumäärä	1 laite(tta)
* Lämpöteho/laite	33.72 kW
Ilman tulolämpötila	22.0 °C
Ilman lähtölämpötila	-2.0 °C
Patterin vesitilavuus	17.2 l
Neulaputkimäärä/laite	108.00 m
Putkiläpimenoja/laite	4
Pass	6
Putkea/läpimeno	27.00 m
Putkea/rivitaso: 4.50 x 1	4.50 m
Riviluku	3
Patterin pituus	2.34 m
Patterin korkeus	0.39 m
Patterin syvyys	1.35 m
Patterin otsapinta-ala	1.33 m ²
* Ilman tilavuusvirta/laite	1.18 m ³ /s
Nesteen massavirta/laite	0.40 kg/s
Nesteen virtausnopeus	0.72 m/s
* Nestepuolen painehäviö	69.97 kPa

DN 25 / 28

Tyyppi	PK2 LTOH keittiö/es. HIFEK-09		
Lukumäärä			1 laite(tta)
* Lämpöteho/laite			23.24 kW
Ilman tulolämpötila			23.0 °C
Ilman lähtölämpötila			-1.5 °C
Patterin vesitilavuus			11.8 l
Neulaputkimäärä/laite			74.25 m
Putkiläpimenoja/laite			3
Pass			9
Putkea/läpimeno			24.75 m
Putkea/rivitaso: 2.75 x 1			2.75 m
Riviluku			3
Patterin pituus			1.40 m
Patterin korkeus			0.42 m
Patterin syvyys			1.28 m
Patterin otsapinta-ala			0.92 m ²
* Ilman tilavuusvirta/laite			0.80 m ³ /s
Nesteen massavirta/laite			0.28 kg/s
Nesteen virtausnopeus			0.66 m/s
* Nestepuolen painehäviö			55.05 kPa

DN 25 / 28

ITEROINTIARVOT:

ILMA	tulo	2.16 kg/s	1.80 m ³ /s
		2.17 kW/K	
	poisto	2.34 kg/s	1.98 m ³ /s
		2.65 kW/K	
LS-neste		0.68 kg/s	35.0 % VGL Etyleeniglykoli (Dowcal 10)
		2.43 kW/K	
Lämpötilahyötysuhde			0.51
Lämpöteho			56.96 kW
Putkipituudet	T/P	162.00 m	182.25 m
Lämpötilat	T1/T2	-29.0 °C	-2.8 °C
	T3/T4	22.4 °C	0.9 °C