

Lauri Järvelä

Palvelutalon energiakatselmus

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK)
Talotekniikan koulutusohjelma
Insinöörityö
5.6.2012

Tekijä Otsikko	Lauri Järvelä Palvelutalon energiakatselmus
Sivumäärä Aika	61 sivua + 13 liitettä 5.6.2012
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI, tuotantopainotteinen
Ohjaaja	yliopettaja Jukka Yrjölä
<p>Tämä insinööriyö on tehty HEA-hankkeelle (Hyvinvointia ja energiatehokkuutta asumiseen) tehdyn energiakartoituksen tietojen pohjalta. Tarkoituksena oli tehdä energiakatselmus Kuivolassa sijaitsevaan palvelutaloon LVI-järjestelmien osalta. Tavoitteena oli selvittää rakennuksen energiankäytön nykytila erilaisten mittauksien ja katselmuksien sekä saatujen kulutustietojen avulla. Rakennuksen kulutustiedot normeerattiin Jyväskylään ja ominaiskulutuksia veden-, lämmön- ja sähkön käytöstä vertailtiin muihin vastaaviin rakennuksiin.</p> <p>Kun rakennuksen energiankäytön nykytila saatiin selvitettyä, kartoitettiin energiankäytön parannusmahdollisuuksia.</p> <p>Energiansäästötoimenpiteistä tehtiin investointilaskelmat, ja kannattavimmat säästötoimenpiteet suositeltiin toteutettaviksi.</p> <p>Arvioitu energiankulutuksen säästö oli 67,7 MWh vuodessa. Tämänhetkisillä energianhinnoinnilla rahallista säästöä saadaan 4 705 € vuodessa. Energiansäästö investointien hinnaksi arvioitiin 21 000 €. Takaisinmaksuajaksi kaikista ehdotetuista investoinneista saatiin 4,5 vuotta. Energiansäästöjen investointilaskelmat ovat arvioita, ja todelliset säästöt on selvitettävä mittaamalla.</p>	
Avainsanat	energiakatselmus, energiatehokkuus, palvelutalo

Author Title	Lauri Järvelä Energy survey at a block of service flats
Number of Pages Date	61 pages + 13 appendices 5 June 2012
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Specialisation option	HVAC Engineering, Production Orientation
Instructor	Jukka Yrjölä, Principal Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to carry out an energy survey in a service block of flats in Kouvola, with data originally gathered for another project. The survey was made from the HVAC system point of view. The aim was to examine the current energy consumption of the building with various measurements and inspections, as well as with consumption data. Then the consumption of water, heat and electricity were compared to the energy consumption of other similar buildings.</p> <p>When the current state of the energy consumption of the building was established, energy consumption improvements were planned. Investment calculations were made to evaluate the energy saving measures, and the most cost-saving measures were recommended for implementation.</p> <p>With recommended energy saving measures the estimated annual savings were 67.7 MWh. At current energy prices, financial savings would be €4705 per year. The price of the energy-saving investments was estimated at €21000. Thus, the repayment of interest-bearing period was 4.5 years.</p>	
Keywords	energy survey, energy efficiency

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Kohteen kuvaus	2
2.1	Kohdetiedot	2
2.2	Rakennuksen LVI-järjestelmä	3
2.3	Ilmanvaihtojärjestelmä	6
2.4	Vesi- ja viemärijärjestelmät	6
2.5	LVI-järjestelmien yleinen kunto	7
3	Rakennuksen energiankulutus kulutustiedoista	7
3.1	Kohteen kulutustiedot	7
3.2	Uimahallin puoli	8
3.2.1	Lämmönkulutus	8
3.2.2	Uimahallin vedenkulutus	11
3.3	Palvelutalon puoli	13
3.3.1	Palvelutalon lämmönkulutus	13
3.3.2	Palvelutalon vedenkulutus	15
3.4	Sähkönkulutus	17
3.5	Yhteenveto kulutuksista	19
3.6	Energian hinta	20
4	Kenttämittaukset	22
4.1	Mittalaitteet	22
4.2	Huonelämpötilamittaukset	26
4.3	Ilmanvaihdon päätelaitteiden ilmavirtojen mittaukset	27
4.4	Ilmanvaihtokoneiden kokonaisilmavirtojen mittaukset	28
4.5	Vesikalusteiden virtaamien mittaukset	29
4.6	Kattiloiden hyötysuhteen mittaus	32
5	Säästötoimet	33
5.1	LVI-järjestelmien ongelmia	33
5.2	Energiansäästöehdotuksia	34
5.2.1	Patteriverkoston tasapainotus ja säätö	34
5.2.2	Ilmanvaihdon tasapainotus ja säätö	35

5.2.3	Maakaasun tilaustehon tarkistus	37
5.2.4	Lämmityskattiloiden uusiminen	38
5.2.5	Vedenkäsittelylaitteet	38
5.2.6	Keittiön ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton lisäys	40
5.2.7	Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen tarkistus	41
5.2.8	Aurinkolämmitys	42
5.3	Rakennustekniset ongelmat	44
5.3.1	IV-konehuoneen viereisellä katolla jäätä	44
5.3.2	Kylmät pääty-asunnot	46
6	Investointilaskelmat	47
6.1	Korollisen takaisinmaksuajan kaava	47
6.2	Nykyarvon menetelmä	48
6.3	Patteriverkoston tasapainotus ja säätö	48
6.4	Ilmastoinnin tasapainotus ja säätö	50
6.5	Vedenkäsittelylaitteet	50
6.6	Keittiön ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton lisäys	51
6.7	Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen tarkistus	56
6.8	Aurinkolämmitys	56
6.9	Riskit	57
7	Analyysit ja johtopäätökset	57
7.1	Johtopäätökset	57
7.2	Energiansäästötaulukko, yhteenveto	58
8	Yhteenveto	59
	Lähteet	60

Liitteet

Liite 1. Rakennuksen tekniset tiedot

Liite 2. Rakennuksen pohjakuvat

Liite 3. Ilmanvaihtokoneiden palvelualueet ja ilmavirrat

Liite 4. Asukaskysely sekä asukaskyselyn tulokset

Liite 5. Huonelämpötilojen mittaussuunnitelma

Liite 6. Ilmavirtojen mittaussuunnitelma

Liite 7. Päätelaitteiden mitatut ilmavirrat

Liite 8. Ilmanvaihtokoneiden mitatut kokonaisilmavirrat

Liite 9. VTT:n tutkimusraportti elysaattori vedenkäsittelylaitteesta

Liite 10. Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen muutokset

Liite 11. Lämpökuvausraportti yläpohjan lämpimistä kanavista

Liite 12. Lämpökuvausraportti viileistä päätyasunnoista

Liite 13. Marjamäen excelpohjaisen laskentataulukon tulokset

1 Johdanto

Tämä työ on laadittu käyttäen hyväksi Metropolian Ammattikorkeakoulun koordinoimassa HEA-hankkeessa kerättyjä tietoja. Hyvinvointia ja energiatehokkuutta asumiseen (HEA) hankkeessa haetaan energiatehokkaita ja kestävän kehityksen mukaisia sosiaalisia ja teknisiä ratkaisuja ikääntyvän väestön asumiseen. Hankkeen tavoitteena on energiatehokkaiden ratkaisujen kehittäminen ikääntyvien hoito- ja palvelutaloihin sekä erilaisiin palveluyksikköihin ja asuinyhteisöihin. (1)

Tässä insinööriyössä esitetään Kouvolassa sijaitsevaan palvelutaloon LVI-järjestelmien osalta tehty energiakatselmus. Rakennuksen LVI-järjestelmien kunto sekä toimivuus kartoitettiin erilaisten mittausten, käyttöhenkilökunnan haastatteluin sekä silmämääräisin tarkasteluin. Pehdyimme myös rakennuksen kulutustietoihin. Tavoite on parantaa rakennuksen energiatehokkuutta sekä viihtyisyyttä LVI-järjestelmien osalta. Työssä käsitellään myös muutamaa LVI-järjestelmiin liittyvää rakennusteknistä ongelmaa. Palvelukeskus koostuu asuntopuolesta sekä uimahallin puolesta. Asuntopuolella on vanhusten asunnot, ryhmäkodit sekä ruokala. Uimahallinpuolella on uima-allastilat, sauna ja suihkutilat sekä fysioterapiahuoneet. Keskityn insinööriyössä enimmäkseen palvelutalon puolen energiatehokkuuden parantamiseen. Julkaisemattomassa insinööriyöössään, Uimahallin energiatilan kartoitus (2012), Antti Mäenpää käsittelee saman palvelutalon uimahallin energiansäästötoimenpiteitä.

Kohteessa suoritettiin ilmvirtamittauksia, vesivirtamittauksia ja lämpötilamittauksia sekä suoritettiin yleisiä katselmuksia talotekniikan järjestelmien kunnosta ja toiminnasta. Käytössämme olivat rakennuksen veden-, sähkön- ja lämmönkulutustiedot neljän vuoden ajalta. Mittausten, katselmusten ja kulutustietojen avulla määritettiin kohteen energiankäytön nykytila.

Tässä työssä kulutustiedot normeerattiin Jyväskylään, koska se on valtakunnallinen vertailupaikka. Rakennuksen ominaiskulutusta (kWh/m³), vertailtiin lämmön, veden ja sähkön osalta muihin vastaaviin rakennuksiin.

Kun energiankäytön nykytila sekä lvi-järjestelmien kunto oli selvillä, suunniteltiin parannusehdotuksia rakennuksen lvi-järjestelmiin. Parannustoimenpiteistä tehtiin investointilaskelmat.

2 Kohteen kuvaus

2.1 Kohdetiedot

Korian palvelukeskus (kuva 1) tarjoaa turvallista asumista ja hoivaa ikäihmisille sekä monipuolisia palveluita kaikenikäisille ihmisille. Palvelukeskuksessa on fysioterapiapalveluita, erilaisia hoitoja sekä liikuntaryhmiä ja kuntosali. Palvelukeskuksen yhteydessä on täysikokoinen uimahalli saunoineen. Palvelukeskus on rakennettu vuosina 1997 ja 1998. (2)

Rakennuksessa on yhteensä 29 paikkaa ikäihmisille, joista 15 soveltuu muistihäiriöisille asukkaille. Lisäksi talossa on neljä lyhytaikaishoitopaikkaa mm. omaishoitajien vapaita varten. Palvelukeskuksessa on myös ravintola/kahvila, joka tarjoaa asukkaille sekä muille asiakkaille päivittäiset ateriat, välipalat sekä virvokkeet. Tällä hetkellä palvelutalossa asuu 30 ikäihmistä sekä henkilökuntaa on 45. Palvelukeskuksen viereen valmistui senioritalo vuonna 2009, mutta sitä ei ole otettu huomioon katselmuksessa. Rakennuksen tekniset tiedot ovat liitteessä 1. (2)



Kuva 1. Korian palvelukeskus.

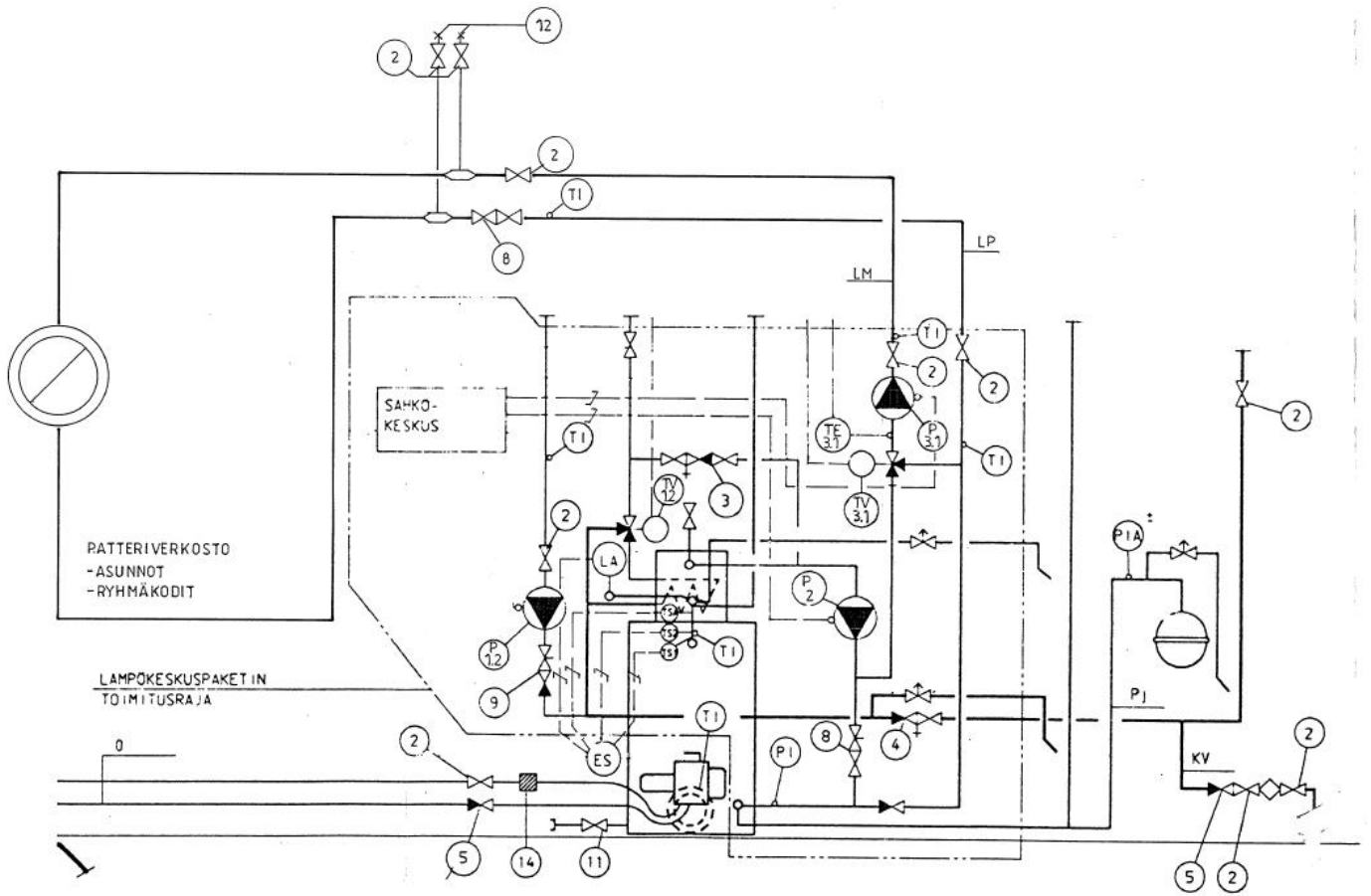
2.2 Rakennuksen LVI-järjestelmä

Lämmitysjärjestelmä

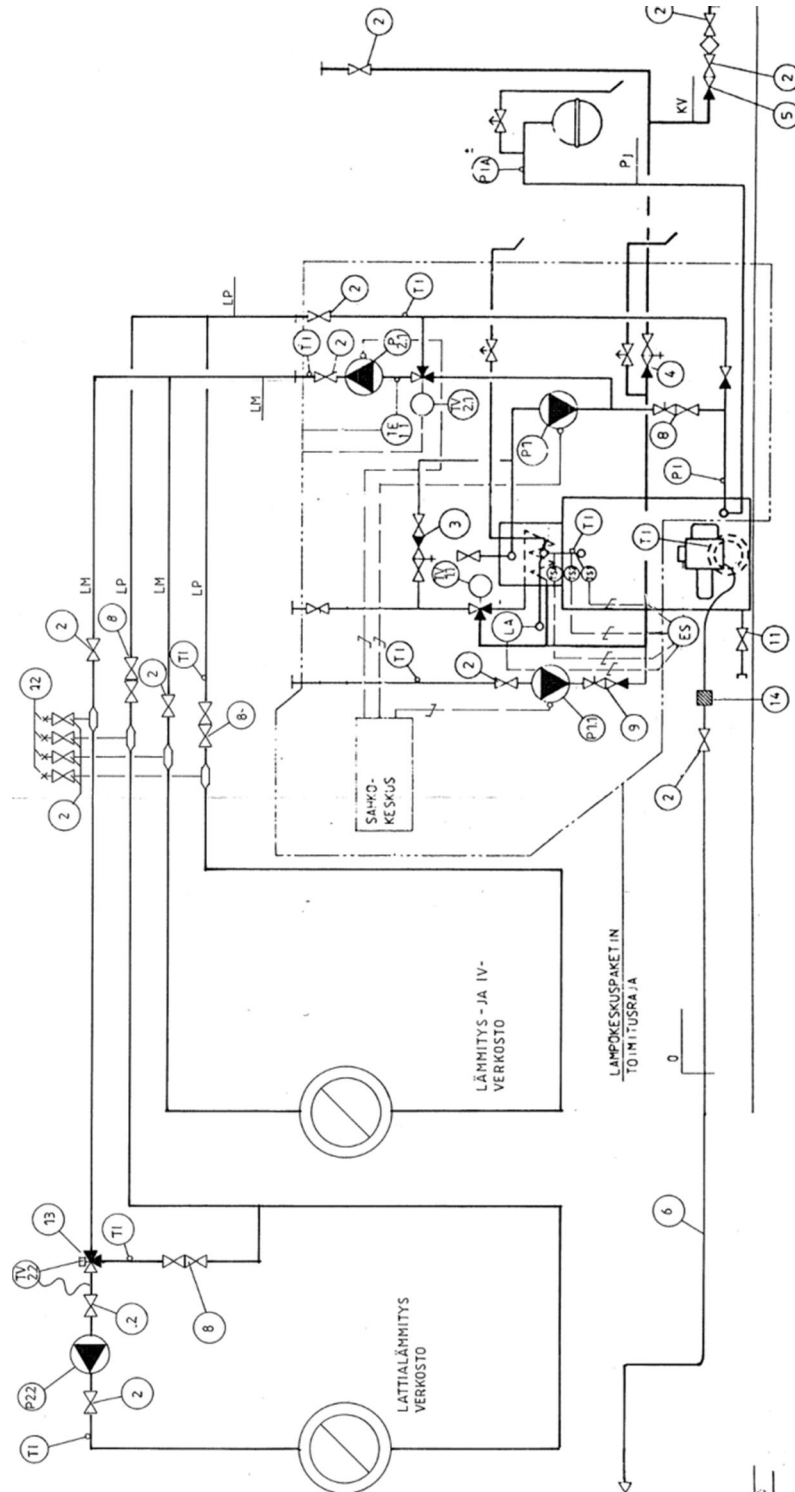
Kiinteistö on liitetty KSS Energia Oy:n maakaasuverkkoon. Rakennus on jaettu lämmityksen osalta kahteen lämmityspiiriin. Jako tapahtuu suurin piirtein rakennuksen keskeltä, ruokalan kohdalta. Palvelutalon piiri käsittää ryhmäkodit, asunnot, sosiaalitilat ja ruokalan. Uimahallin piiri käsittää allastilan, allaslaitteiden huoltotilan, saunat, suihkut, pukuhuoneet sekä hoituhuoneet ja kuntosalin. Liitteessä 2 on rakennuksen pohjakuvat, joista nähdään konkreettisesti rakennuksen tilajako. Palvelutalon puolta palvelee oma maakaasukattila, ja uimahallin puolta palvelee oma kattila. Kattilat lämmittävät rakennuksen käyttövesi-, lämmitys- ja iv-verkostoa. Palvelutalo lämmitetään vesikiertoisella patterilämmityksellä sekä ilmanvaihdolla. Uimahallin puolta lämmittää vesikiertoinen lattialämmitys sekä ilmanvaihto.

Lämmityskattila K1 nimellisteholtaan 500 kW lämmittää uimahallin puolen tulo- ja poistoilmakoneita TK1/PK1, TK4/PK4 sekä käyttöveden, uimahallin lattialämmityksen sekä allasveden lämmityksen. K1-kattilan maakaasun tilauskaasuvirta on 40 nm³. Lämmityskattila K2 nimellisteholtaan 350 kW lämmittää palvelutalon puolen tulo- ja poistoilmakoneita TK2/PK2, TK3, TK5/PK5, TK6/PK6, käyttöveden sekä palvelutalon vesikiertoisia lämmityspattereita. K2-kattilan maakaasun tilauskaasuvirta on 20 nm³. Lämmitysjärjestelmien kytkentäkaaviot näkyvät kuvissa 2 ja 3.

Kohteen energiankulutus mitataan lämmönjakohuoneessa sijaitsevalla maakaasumäärämittarilla. Mittaria ei ole yhdistetty rakennuksen automaatiojärjestelmään vaan se luetaan analogisesti lämmönjakohuoneesta. Kulutustiedot näkyvät maakaasun kokonaiskulutuksena, nm³ (normikuutiometriä).



Kuva 2. Palvelutalon puolen lämmityksen kytkentäkaavio.



Kuva 3. Uimahallin puolen lämmityksen kytkentäkaavio.

2.3 Ilmanvaihtojärjestelmä

Rakennuksessa on koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto kaikkialla muualla paitsi asuntopuolella. Asuntopuolella on koneellinen poisto, ja tuloilma otetaan raitisilmaventtiileistä. Rakennusta palvelee yhteensä 5 kpl tulo/poisto-ilmanvaihtokonetta sekä 4 huippuimuria ja 5 kanavapuhallinta. 3 ilmanvaihtokonetta ja keittiön tuloilmakone sijaitsevat talon katolla ilmanvaihtokonehuoneessa. 2 ilmanvaihtokonetta sijaitsee konehuoneessa rakennuksen tuulettuvassa yläpohjassa. Kaikissa tulo/poisto-ilmanvaihtokoneissa on lämmöntalteenotto (LTO). Uimahallin ilmanvaihtokoneessa on lasiputkilämmönsiirrin, ja muissa koneissa on levylämmönsiirrin. Huippuimurit sijaitsevat talon katolla. Ilmanvaihtokoneiden, huippuimurien ja kanavapuhaltimien toimintaa ohjataan käyntiajoilla. Tarkemmat tiedot ilmanvaihtokoneiden, huippuimureiden sekä kanavapuhaltimien palvelualueista, ilmavirroista sekä käyntiajoista ovat liitteessä 2.

2.4 Vesi- ja viemärijärjestelmät

Käyttövesi tulee kaupungin vesiverkosta. Rakennuksessa ei ole käyttöveden paineenkorotus- tai alennusasemaa. Ennen vesimittareita on asennettuna käyttöveden sähköinen vedenkäsittelylaite. Jätevesi lasketaan kaupungin jätevesiverkoston. Hanat ovat yksiotehanoja. WC-istuimet ovat malliltaan Gustavsberg Nautic, ja niissä on 6 litran huuhtelu. Kiinteistössä on kaksi vesimittaria, palvelutalon puolelle omansa sekä uimahallin puolelle omansa. Vesimittarit sijaitsevat lämmönjakohuoneessa.

2.5 LVI-järjestelmien yleinen kunto

Ilmastointikoneet toimivat halutulla tavalla. Ilmastointikoneet ja kanavistot ovat yleisesti ottaen hyvässä kunnossa. IV-koneissa havaittiin pieniä vuotoja ilmakammioissa. Vesikalusteiden kunto oli hyvä. Käyttövesiputket yleiskunnoltaan hyvät, ei vuotoja ja eristykset ehjiä. Vesikalusteiden virtaamat olivat oikeat, mikä selviää tarkemmin kohdassa vesivirtamittaukset. Viemäreissä ei havaittu tukoksia tai muita ongelmia. Tuuletusviemäreissä ei ollut vesikatolla jäätymissuojia. palvelutalon puolen lämmitysputkistoissa ei havaittu vuotoja, ja eristykset olivat ehjiä. palvelutalon lämmityskattilan lämmönsiirtimen kylmänveden liitoksessa havaittiin pieni vuoto. Kattiloiden lämmönsiirtimet ja niiden liitokset sekä lämpimän käyttöveden moottoriventtiilit olivat ulkoisesti hieman huonossa kunnossa. Uimahallin huoltotilan allaslaitteet, lämmönsiirtimet, putkistot ja kannakkeet olivat yleiskunnoltaan huonossa kunnossa. Uimahallin huoltotilan putkistoissa havaittiin muutamia pieniä vuotoja. Huoltotilassa on erittäin korroosioaltis ilma, jonka aiheuttavat tasausaltaista ja uima-altaista haihtuva kosteus ja allaskemikaalit.

3 Rakennuksen energiankulutus kulutustiedoista

3.1 Kohteen kulutustiedot

Saimme kohteen toteutuneet kulutustiedot lämmön-, veden- ja sähkönkulutuksen osalta vuosilta 2008, 2009, 2010 ja 2011. Seuraavista luvuista 3.2–3.5 nähdään eriteltynä uimahallin, palvelutalon sekä yhteenvetona koko rakennuksen lämmönkulutus, vedenkulutus ja sähkönkulutus sekä Jyväskylään normeeratut lämmönkulutukset.

Lämmitysenergian kulutuksen normeerauksessa rakennuksen lämmönkulutus saadaan korjauskertoimilla eri paikkakunnalla sijaitsevien rakennusten kanssa vertailukelpoiseksi. Korjauskertoimilla kulutus voidaan normeerata joko rakennuksen vertailupaikkakunnalle tai valtakunnalliseen vertailupaikkakuntaan Jyväskylään. (2)

Rakennuksen lämmönkulutuksen normeerauksessa on käytetty Lahden vuosittaisia toteutuneita lämmitystarvelukuja. Tässä työssä lämmönkulutus on normeerattu Jyvä-

kylään. Rakennuksesta on laskettu myös ominaiskulutus, kWh/m³ (lämpöindeksi). Normeeraus Jyväskylään on suoritettu seuraavalla yhtälöllä.

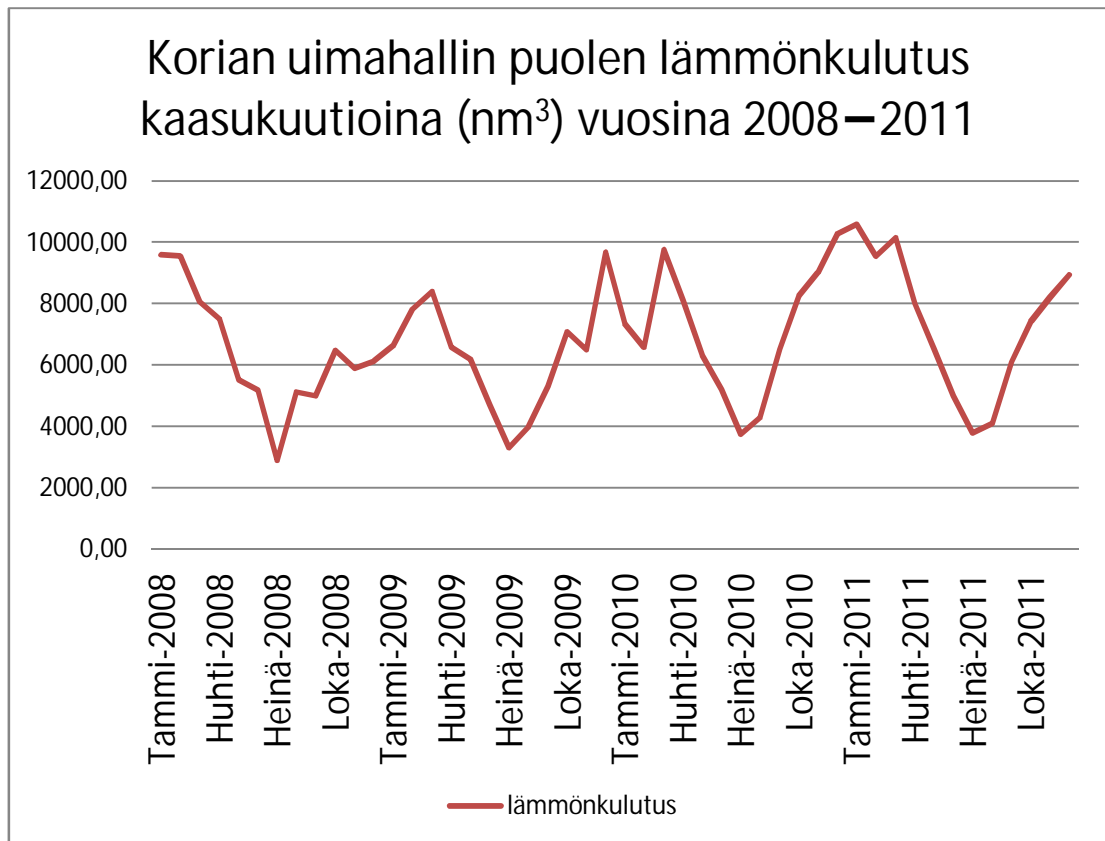
$$Q_{norm} = k_2 \times \frac{S_n \text{ vpkunta}}{S_{toteutunut} \text{ vpkunta}} \times Q_{toteutunut} + Q_{\text{lämmin käyttövesi}} \quad (1)$$

<i>Q_{norm}</i>	on rakennuksen normitettu lämmitysenergiankulutus.
<i>Q_{toteutunut}</i>	on rakennuksen tilojen lämmittämiseen kuluva energia.
<i>Q_{lämmin käyttövesi}</i>	on käyttöveden lämmittämisen vaatima energia.
<i>S_{n vpkunta}</i>	on normaalivuoden (1971–2000) lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla.
<i>S_{toteutunut}</i>	on toteutunut lämmitystarveluku vuositasolla vertailupaikkakunnalla.

3.2 Uimahallin puoli

3.2.1 Lämmönkulutus

Uimahallin lämmönkulutukseen sisältyy ilmanvaihtokoneet (TK1/PK1, TK4/PK), käyttöveden lämmitys, uimahallin lattialämmitys sekä allasvesien lämmitys. Kuvassa 4 on uimahallin puolen lämmönkulutus vuosilta 2008–2011. Kuvaajasta nähdään selvästi kesän ja talven erot lämmityskuluissa, mutta koska allasvettä lämmitetään kestä ja talvet, pysyy kaasun kulutus suhteellisen korkeana koko vuoden. Vuoden 2010 tammi-helmikuussa huomataan selvä väheneminen kaasunkulutuksessa. Luultavasti tämä on johtunut lämpimästä säästä, koska samanlainen tiputus voidaan havaita palvelutalon puolen kaasunkulutuksessa tammi-helmikuussa.



Kuva 4. Korian palvelutalon uimahallin puolen lämmön kulutus vuosina 2008–2011.

Uimahallin puolen normeerattu lämmönkulutus

Kouvola on maantieteellisesti etelämpänä kuin Jyväskylä, näin ollen normeeratut kulutukset ovat hieman todellisia kulutuksia suuremmat. Uimahallin puolen normeeratut lämmönkulutukset näkyvät taulukosta 1. Lämpöindeksi kertoo lämmönkulutuksen (kWh/r-m³) suhteessa rakennustilavuuteen.

Taulukko 1. Uimahallin puolen normeerattu lämmönkulutus vuosilta 2008–2011.

Jyväskylään normeerattu lämmönkulutus			
Uimahallin puoli	MWh		kWh/r-m ³
Qnorm 2008	974,6	Lämpöindeksi 2008	137,3
Qnorm 2009	855,9	Lämpöindeksi 2009	120,5
Qnorm 2010	846,7	Lämpöindeksi 2010	119,3
Qnorm 2011	1083,2	Lämpöindeksi 2011	152,6
Keskiarvo	940,1	Keskiarvo	132,4

Keskiarvo vuosien 2008–2011 normeeratusta lämmönkulutuksesta on 940,1 MWh, ja keskiarvo samojen vuosien lämpöindeksistä on 132,4 kWh/m³. Verrataan uimahallin puolen normeerattujen lämmönkulutuksien keskiarvoa Motivan taulukkoon (taulukko 2). Motivan taulukossa on jaettu samantyyppisten rakennusten lämmön-, veden- ja sähkön ominaiskulutukset asteikolle pienestä kulutuksesta suureen. Taulukon arvoihin voidaan vertailla muita rakennuksia ja näin saadaan käsitystä oman rakennuksen energiakulutuksesta verrattuna muihin vastaaviin rakennuksiin Suomessa. Taulukosta nähdään miten vertaillun rakennuksen lämmönkulutus sijoittuu suhteessa muihin vastaaviin rakennuksiin.

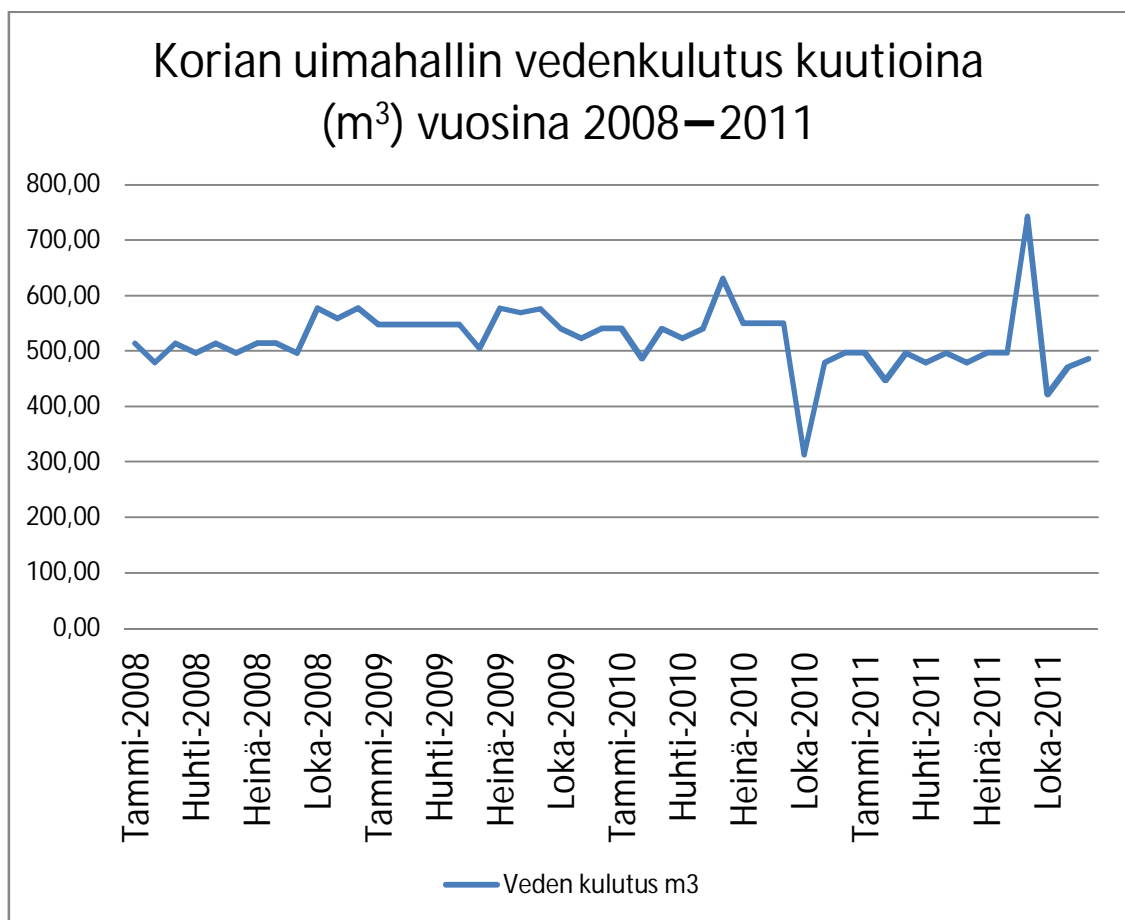
Taulukko 2. Motivan taulukko uimahallien lämmityksen ominaiskulutuksista (3).

Tyyppi	Kohteita	Tilavuus	Lämpö - ominaiskulutus (kWh/r-m ³)								
			Ennen energiakatselmusta								
TK1994	kpl	1000 r-m ³	Min	5 %	10 %	Alakv	Med	Yläkv	90 %	95 %	Max
Uimahallit	20	489	34,3	34,6	38,9	58,6	93,9	125,4	197,6	216,8	231,5

Nähdään, että uimahallin puolen rakennus sijoittuu yläkvartiiliin ja 90 %:n väliin. Tuloksia verrattaessa pitää ottaa huomioon, että uimahallin puolella on myös muita lämmitettäviä tiloja kuin allastila. Voidaan todeta, että rakennusta ei voida vertailla suoraan muiden uimahallien kulutuksiin, mutta nämä tulokset ovat kuitenkin suuntaa antavia. Uimahallin puolen lämmityksen ominaiskulutusta voidaan pitää kohtuullisen huonona.

3.2.2 Uimahallin vedenkulutus

Kuvasta 5 nähdään uimahallin puolen vedenkulutus vuosilta 2008–2011. Kuvaajasta nähdään, että vedenkulutus on ollut suhteellisen tasaista. Lokakuussa 2010 havaitaan iso notkahdus alaspäin, ja syyskuussa 2011 nähdään hetkellinen iso nousu vedenkulutuksessa. Nämä kummatkin heittelyt vedenkulutuksessa johtuvat vesilaitoksen tasauslaskutuksesta ja voidaan näin ollen jättää huomioimatta.



Kuva 5. Uimahallin puolen vedenkulutus vuosilta 2008–2011.

Vedenkulutus on huomattavan suurta uimahallin vedenkäytön takia.

Uimahallin vuosittainen vedenkulutus ja veden ominaiskulutus näkyvät taulukossa 3.

Taulukko 3. Uimahallin puolen vedenkulutus

Vedenkulutus			
Uimahallin puoli			Ominaiskulutus
Vuosi	m ³	dm ³	dm ³ /r-m ³
2011	6015	6015000	847
2010	5709	5709000	804
2009	6576	6576000	926
2008	6255	6255000	881
Keskiarvo	6138,75	6138750	865

Keskiarvo vuosien 2008–2011 uimahallin puolen vedenkulutuksesta on 6 139 m³, ja keskiarvo veden ominaiskulutuksesta on 865 dm³/r-m³. Verrataan uimahallin puolen veden ominaiskulutuksen keskiarvoa Motivan taulukkoon (taulukko 4). Taulukosta nähdään, miten vertailun rakennuksen veden ominaiskulutus sijoittuu suhteessa muihin vastaaviin rakennuksiin.

Taulukko 4. Motivan taulukko uimahallien veden ominaiskulutuksista. (4)

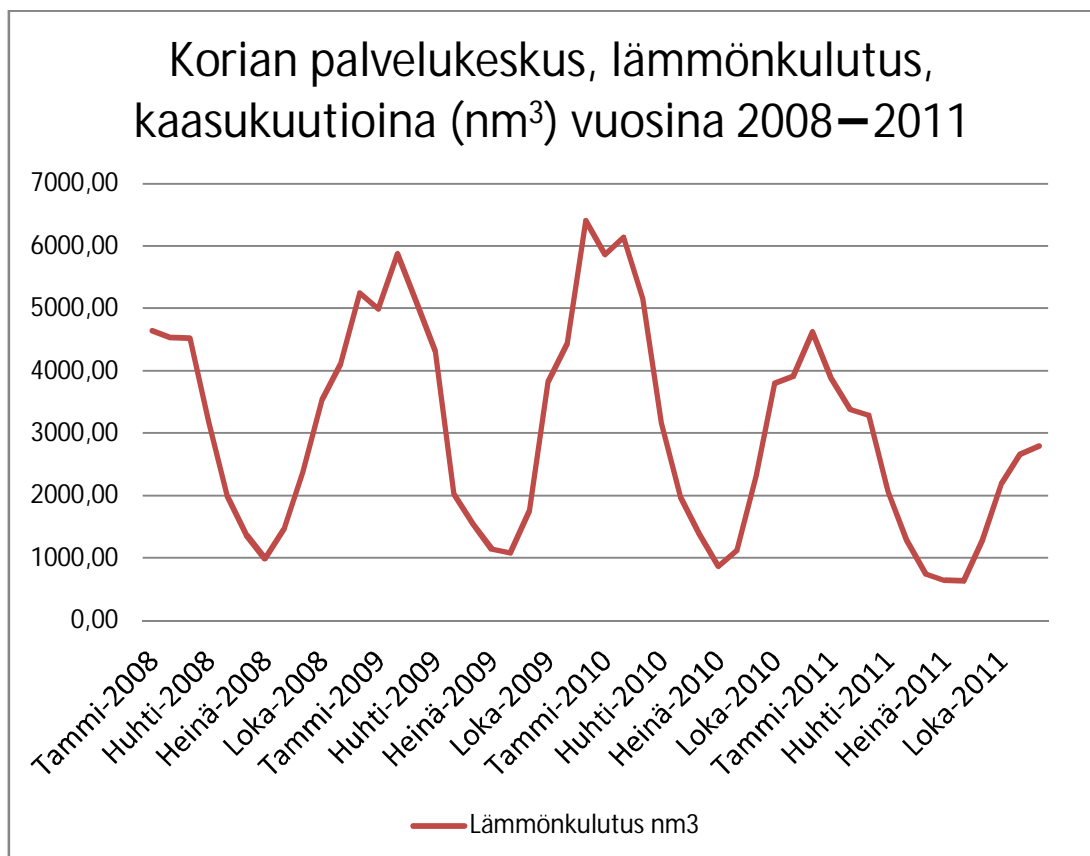
Tyyppi	Kohteita	Tilavuus	Vesi - ominaiskulutus (dm ³ / r-m ³)									
			Ennen energiakatselmusta									
TK1994	kpl	1000 r-m ³	Min	5 %	10 %	Alakv	Med	Yläkv	90 %	95 %	Max	
Uimahallit	20	489	122	212	362	559	769	1194	2138	2328	2338	

Nähdään, että uimahallin puolen veden ominaiskulutus sijoittuu mediaanin ja yläkvartiilin väliin. Tuloksia vertailtaessa pitää ottaa huomioon, että uimahallin puolella on myös muita kuin uimahallin tiloja, mutta näiden tilojen vedenkulutus on hyvin pientä. Voidaan todeta, että rakennusta ei voida vertailla suoraan muiden uimahallien kulutuksiin, mutta nämä tulokset ovat kuitenkin suuntaa antavia. Uimahallin puolen veden ominaiskulutusta voidaan pitää kohtalaisena.

3.3 Palvelutalon puoli

3.3.1 Palvelutalon lämmönkulutus

Palvelutalon lämmitykseen sisältyy Ilmanvaihdon lämmitys (TK2/PK2, TK3, TK5/PK5, TK6/PK6), käyttöveden lämmitys sekä patterilämmitys. Kuvasta 6, nähdään palvelukeskuksen puolen lämmönkulutus vuosilta 2008–2011. Kuvaajasta voidaan nähdä selvät erot kesän ja talven välillä kaasunkulutuksessa. Tammi-helmikuussa 2009 nähdään pieni väheneminen kaasunkulutuksessa, samoin kuin lämmönkulutuksessa uimahallin puolella. Voidaan todeta, että vuosi 2010 oli selvästi lämpimämpi kuin kaksi aikaisempaa vuotta. Verrattaessa uimahallin puolen kaasunkulutusta palvelutalon kaasunkulutukseen huomataan eroavaisuuksia kulutuksissa eri vuosina. Tämä johtuu uimahallin puolen suuresta allasveden lämmityksen osuudesta.



Kuva 6. Korian palvelukeskuksen lämmönkulutus (nm³) vuosilta 2008–2011.

Palvelutalon normeerattu lämmönkulutus

Kouvola on maantieteellisesti etelämpänä kuin Jyväskylä, näin ollen normeeratut kulutukset ovat hieman todellisia kulutuksia suuremmat. Palvelutalon puolen normeeratut lämmönkulutukset näkyvät taulukosta 5.

Taulukko 5. Palvelutalon puolen Jyväskylään normeerattu lämmönkulutus.

Jyväskylään normeerattu lämmönkulutus			
Palvelutalon puoli	MWh		kWh/r-m ³
Qnorm 2008	481,8	Lämpöindeksi 2008	56,8
Qnorm 2009	378,7	Lämpöindeksi 2009	44,7
Qnorm 2010	399,8	Lämpöindeksi 2010	47,2
Qnorm 2011	299,5	Lämpöindeksi 2011	35,3
Keskiarvo	389,9	Keskiarvo	46,0

Keskiarvo palvelutalon puolen vuosien 2008–2011 Jyväskylään normeeratusta lämmönkulutuksesta on 389,9 MWh, ja keskiarvo saman aikavälin lämpöindeksistä on 46 kWh/m³. Verrataan palvelutalon puolen normeeratun lämpöindeksin keskiarvoa Motivan taulukkoon (taulukko 6). Taulukosta nähdään, miten vertaillun rakennuksen lämpöindeksin keskiarvo sijoittuu suhteessa muihin vastaaviin rakennuksiin.

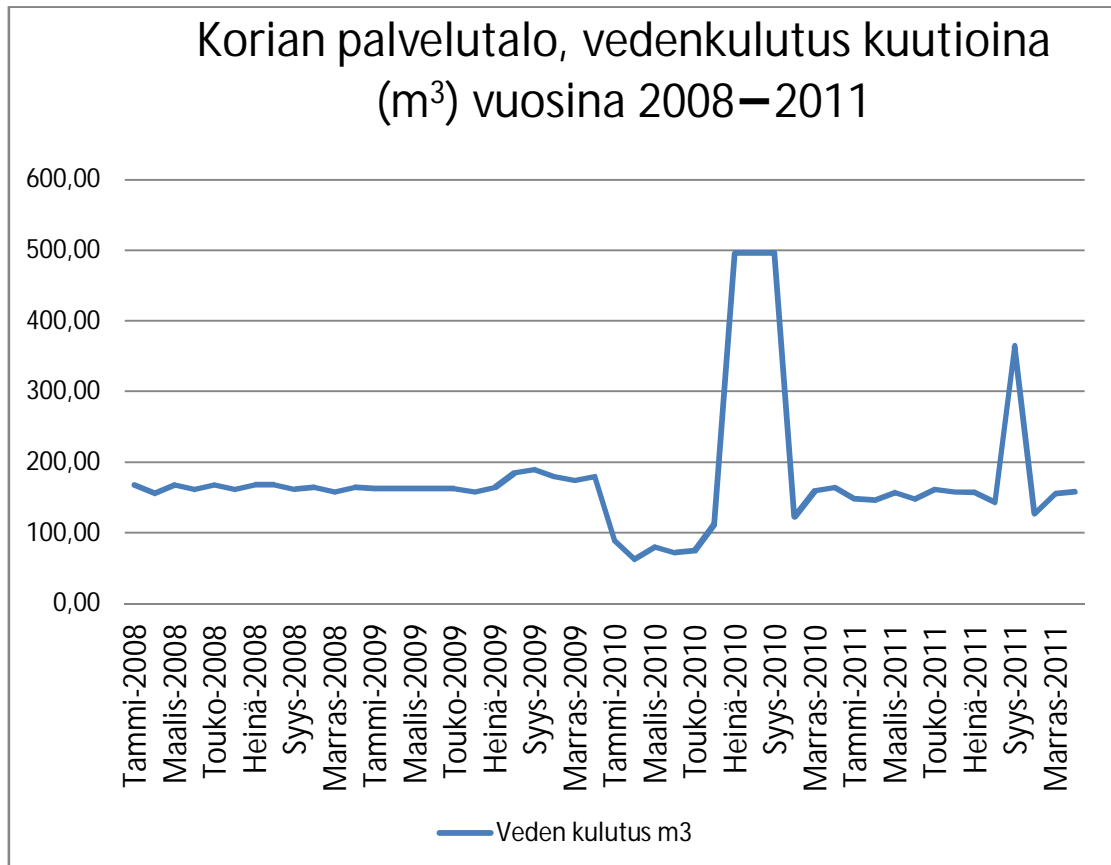
Taulukko 6. Motivan taulukko terveydenhoitorakennuksien lämmityksen ominaiskulutuksille (3).

Tyyppi	Kohteita	Tilavuus	Lämpö - ominaiskulutus (kWh/r-m ³)								
			Ennen energiakatselmusta								
TK1994	kpl	1000 r-m ³	Min	5 %	10 %	Alakv	Med	Yläkv	90 %	95 %	Max
Terveystoimintakeskukset (poislukien Terveyskeskukset ja -asemat)	48	2882	24,1	27,1	33,5	45,8	58,1	67,4	83,8	104,1	154

Nähdään, että palvelutalon lämmityksen ominaiskulutus sijoittuu alakvartiiliin ja medianin väliin. Palvelutalon puolen lämmityksen ominaiskulutusta voidaan pitää kohtuullisen hyvänä.

3.3.2 Palvelutalon vedenkulutus

Kuvasta 7 nähdään palvelutalon vedenkulutus vuosilta 2008–2011. Veden kulutus on ollut tasaista 2009 vuoden loppuun asti, mutta taas huomataan vesilaitoksen tasauslaskutuksesta aiheutuvat isot heitot vuoden 2010 aikana. Vuoden 2011 syyskuussa huomataan myös suuri piikki vedenkulutuksessa.



Kuva 7. Palvelutalon vedenkulutus vuosilta 2008–2011.

Veden kulutus palvelutalon puolella on kohtalaista. Keittiö on suurimpia vedenkuluttajia palvelutalossa. Uimahallin puolen vedenkulutus on yli kaksinkertaista palvelutalon puoleen verrattuna.

Palvelutalon vedenkulutuksen vertaaminen muihin vastaaviin rakennuksiin

Palvelutalon puolen vuosittaiset vedenkulutukset sekä veden ominaiskulutus näkyvät taulukossa 7.

Taulukko 7. Palvelutalon vedenkulutus vuosilta 2008–2011.

Vedenkulutus			
Palvelutalon puoli			Ominaiskulutus
Vuosi	m ³	dm ³	dm ³ /r-m ³
2011	2025,00	2025000	239
2010	2272,00	2272000	268
2009	2045,00	2045000	241
2008	1968,00	1968000	232
Keskiarvo	2077,50	2077500	245

Keskiarvo vuosien 2008–2011 palvelutalon puolen vedenkulutuksesta on 2078 m³, ja keskiarvo veden ominaiskulutuksesta on 245 dm³/r-m³. Verrataan palvelutalon puolen veden ominaiskulutuksen keskiarvoa Motivan taulukkoon (taulukko 8). Taulukosta nähdään, miten vertailun rakennuksen veden ominaiskulutus sijoittuu suhteessa muihin vastaaviin rakennuksiin.

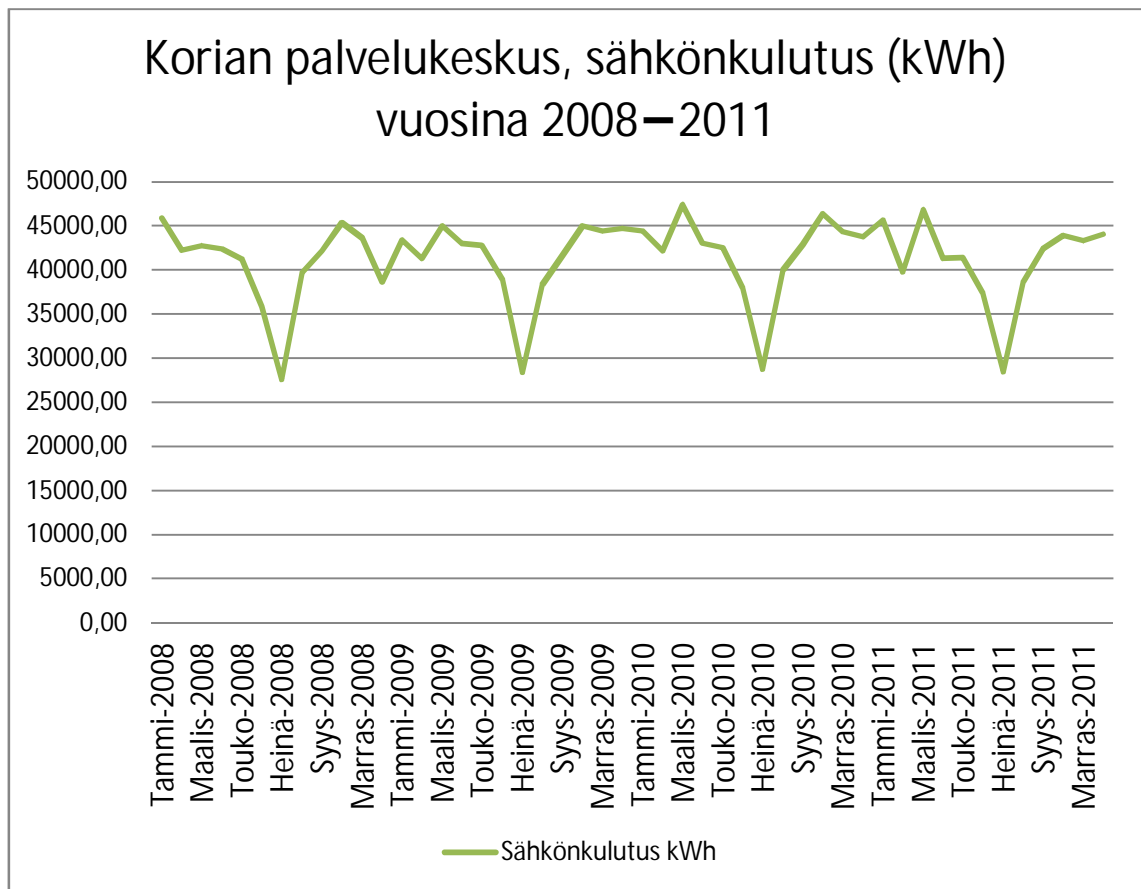
Taulukko 8. Motivan taulukko terveydenhoitorakennusten veden ominaiskulutuksista (4).

Tyyppi	Kohteita	Tilavuus	Vesi - ominaiskulutus (dm ³ /r-m ³)								
			Ennen energiakatselmusta								
TK1994	kpl	1000 r-m ³	Min	5 %	10 %	Alakv	Med	Yläkv	90 %	95 %	Max
Terveystoimintarakennukset (poislukien Terveyskeskukset ja -asemat)	20	489	21	55	72	156	262	332	396	447	520

Nähdään, että palvelutalon puolen veden ominaiskulutus sijoittuu alakvartiiliin ja medianin väliin. Palvelutalon puolen veden ominaiskulutusta voidaan pitää kohtuullisen hyvänä.

3.4 Sähkönkulutus

Kuvasta 8 nähdään koko rakennuksen sähkönkulutus vuosilta 2008–2011. Rakennuksessa on vain yksi sähkömittari. Kuvaajasta nähdään, että sähkönkulutus on ollut suhteellisen tasaista läpi vuosien. Keskikesällä on selvästi havaittavissa vuosittainen notkahdus sähkönkulutuksessa.



Kuva 8. Koko rakennuksen sähkönkulutus vuosilta 2008–2011.

Rakennuksen sähkön ominaiskulutuksen vertaus samantyyppisiin rakennuksiin

Taulukosta 9 nähdään koko rakennuksen vuosittaiset sähkönkulutukset.

Taulukko 9. Rakennuksen vuosittaiset sähkönkulutukset.

Sähkönkulutus		
Koko rakennus		Ominaiskulutus
Vuosi	kWh	kWh/r-m ³
2011	493461	31,7
2010	503817	32,3
2009	497216	31,9
2008	487610	31,3
Keskiarvo	495526,00	31,8

Keskiarvo vuosien 2008–2011 koko rakennuksen vuosittaisesta sähkönkulutuksesta on 495526 kWh, ja keskiarvo sähkön ominaiskulutuksesta on 31,8 kWh/r-m³. Verrataan sähkön ominaiskulutuksen keskiarvoa Motivan taulukkoon (taulukko 10). Taulukosta nähdään, miten vertailun rakennuksen sähkön ominaiskulutus sijoittuu suhteessa muihin vastaaviin rakennuksiin.

Taulukko 10. Motivan taulukko sähkön ominaiskulutuksista terveydenhoitorakennuksissa (5).

Tyyppi	Kohteita	Tilavuus	Sähkö - ominaiskulutus (kWh / r-m ³)								
			Ennen energiakatselmusta								
TK1994	kpl	1000 r-m ³	Min	5 %	10 %	Alakv	Med	Yläkv	90 %	95 %	Max
Terveydenhoitorakennukset (poislukien Terveyskeskukset ja -asemat)	48	2882	11	15	16,8	19,5	25,2	33	41	42,7	60,5

Nähdään, että rakennuksen sähkön ominaiskulutus sijoittuu mediaanin ja yläkvartiilin väliin. Tarkastelussa pitää ottaa huomioon, että rakennuksesta osa on uima-allastiloja. Motivan uimahallien sähkön ominaiskulutus taulukossa rakennus sijoittuisi alakvartiilin ja mediaanin väliin. Näin ollen rakennuksen sähkön ominaiskulutusta ei voi suoraan verrata kumpaankaan Motivan taulukkoon. Tuloksia voidaan pitää vain suuntaa antavina. Rakennuksen sähkön ominaiskulutusta voidaan arvioida kohtuulliseksi.

3.5 Yhteenveto kulutuksista

Taulukosta 11 nähdään vuosittaiset rakennuksen lämmön-, veden- ja sähkönkulutukset. Vertailu Motivan taulukoihin antaa vain suuntaa antavia tuloksia. Rakennusta on hankala luokitella, koska osa rakennusta on uimahallia ja osa terveydenhoitorakennusta. Näiden tulosten pohjalta voidaan arvioida, että veden-, sähkön- ja palvelutalon puolen lämmönkulutus on kohtalaista, mutta uimahallin lämmönkulutus on hieman korkea.

Taulukko 11. Yhteenveto Korian palvelukeskuksen energiankulutuksesta

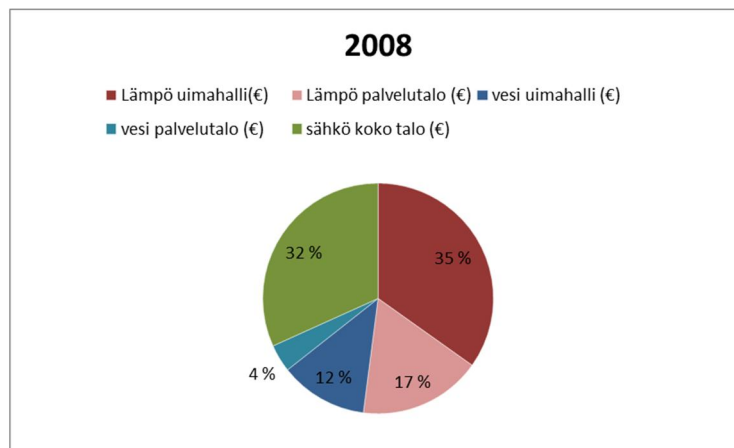
Uimahalli		Palvelutalo		Uimahalli		Palvelutalo		Koko rakennuksen sähkönkulutus			
Lämpö		Lämpö		Vesi		Vesi		Sähkö			
Vuosi	kWh	Vuosi	kWh	Vuosi	m3	Vuosi	m3	Vuosi	kWh		
2011	883841	2011	248540	2011	6015	2011	2025	2011	493461		
2010	854366	2010	403339	2010	5709	2010	2272	2010	503817		
2009	776020	2009	425360	2009	6576	2009	2045	2009	497216		
2008	769060	2008	379890	2008	6255	2008	1968	2008	487610		

3.6 Energian hinta

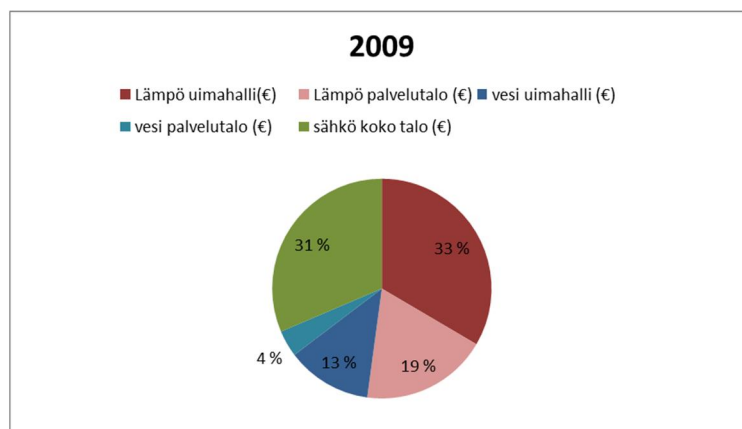
Seuraavista kuvista nähdään koko rakennuksen energiankulutuksen kustannusten jakautuminen. Kuvista 9, 10, 11 ja 12 nähdään ympyrädiagrammista, miten koko rakennuksen energiankulutus on jakautunut kustannuksellisesti vuosien 2008–2011 aikana. Laskuissa on käytetty oikeita energian hintoja. Energianhinnat näkyvät taulukossa 12. Energian hinnoissa ei ole huomioitu perusmaksuja tai muita kiinteitä kustannuksia.

Taulukko 12. Energian hinnat, Korian palvelutalo.

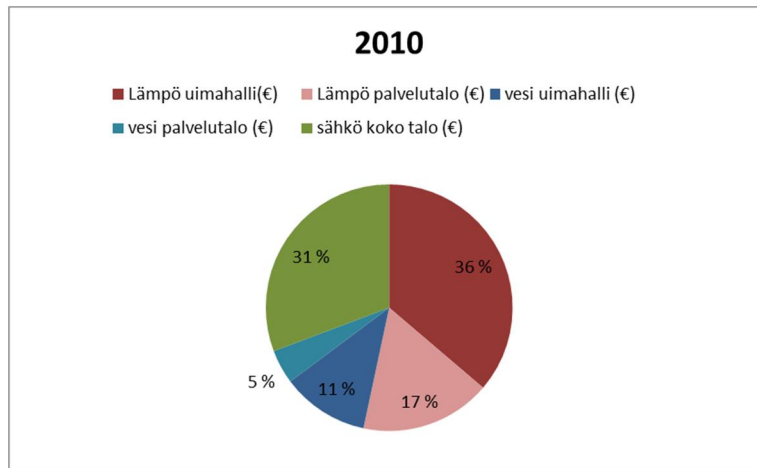
Tuote	hinta (€) alv 0 %	yksikkö
Sähkö (siirto ja kulutus)	0,09	kWh
Maakaasu(siiro+energia)	0,63	nm ³
Vesi+jätevesi	2,74	m ³



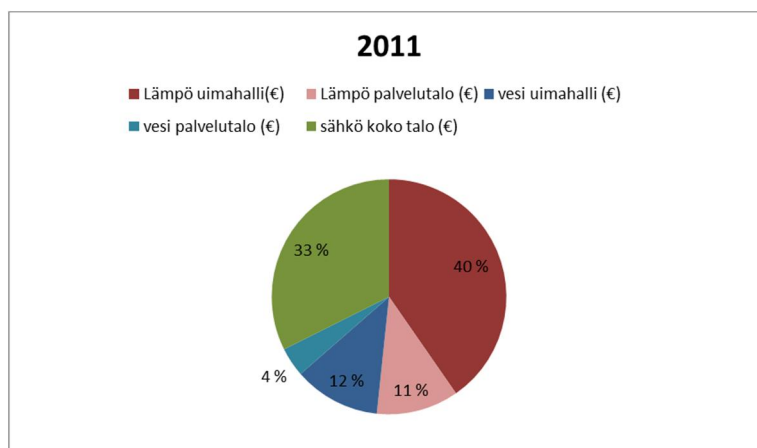
Kuva 9. Vuoden 2008 energiankustannusten jakautuminen.



Kuva 10. Vuoden 2009 energiankustannusten jakautuminen.



Kuva 11. Vuoden 2010 energiankustannusten jakautuminen.



Kuva 12. Vuoden 2011 energiankustannusten jakautuminen.

Voidaan todeta, että uimahallin veden lämmityksestä tulee suurimmat kustannukset. Toiseksi eniten kustannuksia tulee sähkönkulutuksesta. Kolmanneksi eniten kustannuksia tulee palvelutalon lämmityksestä. Viimeisenä ovat uimahallin puolen vedenkulutus ja palvelutalon puolen veden kulutus.

Vuosittaiset vaihtelut kustannuksissa ovat suhteellisen pieniä, muutamia prosentteja.

4 Kenttämittaukset

Suoritimme kohteessa huonelämpötilan mittaukset, päätelaitteiden ilmavirtamittaukset, iv-koneiden kokonaisilmavirtojen mittaukset, vesikalusteiden virtaamien mittaukset, lämpökamerakuvauksen ongelma huoneista sekä datalogger-mittaukset osasta tiloja. Teimme myös kyselyn rakennuksen käyttäjille, koskien sisäilmastotekijöitä ja viihtyvyyttä. Jokaisesta mittauksesta tehtiin mittaussuunnitelma. Asukaskysely ja kyselyn tulokset ovat liitteessä 3.

4.1 Mittalaitteet

Seuraavissa kuvissa 11–17 nähdään kenttämittauksissa käytettyjä mittalaitteita.



Kuva 13. TSI IAQ-CALC Indoor Air Quality Meters 7525.

TSI IAQ-Calc -mittarilla (kuva 13) voi mitata ilman lämpötilaa, hiilidioksidipitoisuutta, ilman suhteellista kosteutta sekä ilman kastepisteen.



Kuva 14. Sentry st650 -infrapunalämpömittari.

Infrapunalämpömittarilla (kuva 14) voidaan mitata pintojen lämpötiloja koskettamatta mitattavia pintoja. Mittaustulos saadaan välittömästi. Käytimme infrapunalämpömittaria seinien ja lattioiden lämpötilamittauksiin.



Kuva 15. TSI VELOCICALC Plus Air Velocity Meter 8360.

TSI Velocicalc Plus 8360 -mittarilla (kuva 15) voidaan mitata ilman lämpötilaa, kosteutta, paine-eroa sekä ilman nopeutta. Käytimme mittaria lämpötilamittauksiin sekä ilmanvaihdon päätelaitteiden ilmavirtojen sekä ilmanvaihtokoneiden kokonaisilmavirtojen mittauksiin.



Kuva 16. Diligence-dataloggeri.

Diligence-dataloggereilla (kuva 16) voidaan mitata jatkuvia tietyn jakson pituisia mittauksia. Mittari pystyy mittaamaan ilman lämpötilan ja kosteuden.



Kuva 17. Oraksen vedenvirtaamamittari

Oraksen virtaamamittarilla (kuva 17) voidaan mitata vesikalusteista saatavaa veden virtaamaa. Virtaamamittarilla mittasimme hanojen ja suihkujen veden virtaamat. Tarkemmat tulokset mittauksista ovat luvussa 5.5 Vesikalusteiden virtaamien mittaukset.



Dräger MSI 150 PRO2-i:
Industrial 4-gas analyser.

Kuva 18. Dräger MSI 150 PRO2 -savukaasuanalysointilaitte.

Dräger MSI 150 PRO2 -mittarilla (kuva 18) mitattiin savukaasuista kattiloiden savukaasuuhäviöt. Mittari ilmoittaa t-kastepisteen, ympäristön lämpötilan, kattilahäviöt, kattilan hyötysuhteen, O₂-pitoisuuden, paineen, CO-pitoisuuden, CO₂-pitoisuuden, paineen ja savukaasun lämpötilan.



Kuva 19. FLIR P660 -lämpökamera.

FLIR P660 -lämpökameralla (kuva 19) kuvattiin rakennuksen ilmapuotokohtia sekä huonosti eristettyjä ilmanvaihtokanavia.

4.2 Huonelämpötilamittaukset

Mittasimme huoneista lämpötilan oleskeluvyöhykkeeltä, ulkoseinästä sekä lattiasta. Merkitsimme ylös, jos huoneessa oli paikalla ihmisiä tai jos asunnossa oli jotain muuta, joka saattoi vaikuttaa mittaustulokseen. Ennen mittauksia teimme mittaussuunnitelman huonelämpötilojen mittauksista. Mittaukset suoritettiin standardin SFS 5512 mukaisesti. (3). Mittaussuunnitelma on liitteessä 4. Energiatehokkaassa ja viihtyisässä rakennuksessa huonelämpötilat ovat lämpötilaltaan sopivia, ja kaikissa asunnoissa on suurin piirtein sama lämpötila. Yhden asteen lämpötilan lasku lämmityksen menoveden lämpötilassa, pienentää energiankulutusta 5 % (7). Mittaustulokset näkyvät taulukossa 13. Kaikkien mitattujen tilojen huonelämpötilan keskiarvo on noin 24 °C. Matalimman ja korkeimman huonelämpötilan ero on 5,5 °C. Mittaustuloksista voidaan huomata, että keskimäärin asunnoissa on hyvin korkeat lämpötilat ja että vaihtelua lämpötiloissa on paljon. Asukaskyselystä selvisi, että noin 40 % vastaajista tuuletti asunnoissaan talvella. Asukaskyselyn tulokset näkyvät liitteessä 3.

Taulukko 13. Huonelämpötilat Korian palvelutalo

Lämpötilamittaukset Koria			8.3.2012 klo 13-15		Sää olosuht Tu = -6 °C, aurinkoista		
KERROS	OSA	HUONE	HUONELÄMPÖTILA (°C)	ULKOSEINÄ (°C)	LATTIA (°C)	Henkilöitä huoneessa	Huomautettavaa
1	1	Ruokala	21,5	21,5	21,2	0	
1	1	Jumppasali	22,6	21,1	24,1	0	
1	1	Uimahalli	25	23	25,5	-10	
1	2	RK-tupa-alue	24,5	23,3	23,3	6	
1	2	As. 7	23,3	22	21,9	0	ovi auki ja lisälämmitin
1	2	As. 6	23,5	22	22	0	
1	2	Tupahuone kulma	24,4	21	23	0	
1	2	RK-tupa-alue	24,5	23	23	3	
1	2	Käytävä	24,6	-	22,4	0	
1	2	AS. 15	23,3	21	20,5	0	
1	2	Välikäytävä	22	20	21,2	0	
1	3	As. 6	26				
1	3	Käytävä	22				
1	3	As. 1	24,5	22,5	22,5	1	
1	3	As. 2	23,5	22	22,9	0	
1	3	As. 3	26	25	24,5	1	
1	3	As. 5	22,5	20,6	21,5	1	
2	3	Porraskäytävä	22,5				
2	3	As. 8	23,5	21,5	22	0	
2	3	As. 10	27	27	26,5	1	
2	3	As. 11	28,5	28	28	2	
2	3	As.12	26	22	23,3	1	ikkuna auki
			keskiarvo				
			24,14545455				

4.3 Ilmanvaihdon päätelaitteiden ilmavirtojen mittaukset

Hyvään sisäilmaan kuuluu, että ilmanvaihto toimii ja tuo ihmisille tarpeeksi happea sekä poistaa ilman epäpuhtauksia. Ilmanvaihdon pitää olla vedotonta sekä melutonta. (8) Mittasimme noin 80 % rakennuksen ilmanvaihdon päätelaitteiden ilmavirroista. Ennen mittauksia teimme mittaussuunnitelman päätelaitteiden ilmavirtojen mittauksista. Mittaussyunnitelma on liitteessä 5. Mittasimme päätelaitteet TSI Velocicalc Plus 8360 -mittarilla paine-eron avulla. Mittaukset suoritettiin standardin SFS 5512 mukaisesti. (3). Päätelaitteiden ilmavirrat voitiin laskea valmistajan kaavalla yhtälöstä.

$$qv = k \times \sqrt{\Delta P_m} \quad (2)$$

qv on ilmavirta

k on valmistajan k -arvo

ΔP_m on paine-ero

Päätelaitteen ilmavirta qv , saadaan laskettua k -arvon ja paine-eron avulla. k -arvo saatiin valmistajan taulukoista. Mitatut päätelaitteiden ilmavirrat löytyvät liitteestä 6. Mittaushetkellä tulo- sekä poistopuhaltimet sekä huippuimurit olivat täydellä teholla. Tuloksia tulkittaessa pitää ottaa huomioon, että virhemarginaali mittauksissa oli 10–15 %. Mittaustuloksista nähdään, että suurimmassa osassa päätelaitteista ilmavirrat olivat alle suunnitteluarvojen. Liitteessä 6 punaisella merkityt tulokset ovat alle suunnitteluarvojen ja vihreällä merkityt tulokset ovat suunnitteluarvojen tasalla tai niiden yli.

4.4 Ilmanvaihtokoneiden kokonaisilmavirtojen mittaukset

Mittasimme päätelaitteista ilmavirrat ja saimme vaihtelevia arvoja. Seuraavaksi mittasimme kokonaisilmavirrat ilmanvaihtokoneilta. Mittasimme TSI Velocicalc Plus 8360 -mittarilla tulo- ja poistoilmakanavista ilman nopeuden viiden pisteen menetelmällä. Menetelmässä mitataan kanavasta ilman nopeus viidestä eri pisteestä, ja niiden keskiarvoa käytetään tuloksena. Mittaukset suoritettiin standardin SFS 5512 mukaisesti. (3). Keittiön jäteilmaa/poistoilmaa emme pystyneet mittaamaan, koska kanava oli eristetty. Kun tiesimme kanavan halkaisijan, pystyimme ilmannopeuden ja kanavan halkaisijan avulla laskemaan seuraavalla yhtälöllä kanavassa virtaavan ilmamäärän.

$$qv = \pi r^2 \times v \quad (3)$$

qv on ilmavirta

r on säde

v on ilman nopeus

Suoritimme mittaukset iv-koneiden käydessä täydellä teholla sekä puoliteholla. Mittaus-tulokset löytyvät liitteestä 7. Liitteessä 7, punaisella merkityt tulokset ovat alle suunnittelu-arvojen ja vihreällä merkityt tulokset ovat suunnittelu-arvojen tasalla tai niiden yli. Mittausten virhemarginaalina voidaan pitää +/- 10 %. Tuloksista voidaan huomata suurta heittelyä, samoin kuin päätelaitteiden ilmavirtamittaustuloksista.

4.5 Vesikalusteiden virtaamien mittaukset

Suomen rakentamismääräyskokoelma D1, määrittelee pesualtaan hanan normivirtaamaksi 6 l/min, suihkun normivirtaamaksi 12 l/min, tasapohja-altaan normivirtaamaksi 12 l/min ja WC-istuimen normivirtaamaksi 6 l/min. D1 määrittelee minimivirtaamaksi 70 % normivirtaamasta sekä maksimivirtaamaksi 150 % normivirtaamasta. (10). Mittasimme Oraksen vesivirtaama mittarilla suurimman osan rakennuksen hanoista ja suihkuista. Mittaustulokset näkyvät taulukoissa 14, 15 ja 16. Vesivirtaama mittarin virhearvoksi voidaan olettaa +/- 3 l/min. Tulokset olivat suhteellisen hyviä, minimissään 58 % normivirtaamasta, ja maksimissaan 133 % normivirtaamasta. Teoriassa mitattu minivirtaama jää 12 % rakentamismääräyskokoelma D1:n antamasta arvosta (70 % normivirtaamasta), mutta käytännössä näin pienestä alituksesta ei aiheudu haittaa. (10)

Taulukko 14. Vesivirtaamamittaukset, Korian palvelukeskus, osa 1.

Asunto	Sijainti	Normi	Mitattu	Virtaaman	Mitattu	Virtaaman
nro	Osa/krs./huone	virtaama l/min	virtaama KV l/min	%normivirtaamasta %	virtaama LV l/min	%normivirtaamasta %
Lepohuone 110 allas	1	6	6	100	6	100
Lepohuone110 suihku	1	12	8	67	8	67
Lepohuone 111 allas	1	6				
Fysioterapia 132	1	12	13	108	9	75
Fysioterapia 132 allas	1	6	5	83	5	83
Fysioterapia 133	1	12	10	83	8	67
Käytävä wc 1	1	6	7	117	6	100
Käytävä wc 2	1	6	7	117	7	117
Käytävä wc 3	1	6	8	133	7	117
Käytävä wc 4	1	6	7	117	7	117
Pukuhuone M wc allas	1	6	7	117	7	117
Suihku 1	1	12	14	117	14	117
Suihku 2	1	12	12	100	9	75
Suihku 3	1	12	10	83	10	83
Suihku 4	1	12	13	108	12	100
Keittiö allas (käsi)	1	6	5	83	5	83
Keittiön iso allas	1	12	15	125	15	125
keittiön allas (pesu)	1	12	15	125	14	117
keskiarvo				105		98
pienin/suurin arvo				67/133		67/125

1-osan mitatut virtaamat olivat riittävän lähellä suositusarvoja.

Taulukko 15. Vesivirtaamamittaukset, Korian palvelukeskus, osa 2.

Asunto	Sijainti	Normi	Mitattu	Virtaaman	Mitattu	Virtaaman
nro	Osa/krs./huone	virtaama l/min	virtaama KV l/min	%normivirtaamasta %	virtaama LV l/min	%normivirtaamasta %
Hoituhuone wc	2	6	6	100	7	117
Inva WC 1	2	6	7	117	6	100
Inva WC 2	2	6	6	100	6	100
Hoituhuone	2	12	11	92	15	125
Pukuhuone N						
allas	2	6	7	117	4	67
suihku	2	12	8	67	8	67
wc	2	6	7	117	5	83
Pukuhuone M						
allas	2	6	8	133	6	100
suihku	2	12	8	67	8	67
wc	2	6	7	125	7	117
Huone 1 wc	2	6	6	100	6	100
Huone 1 suihku	2	12	7	58	7	58
Keittiö Aula	2	12	10	83	13	108
Huone 3 wc	2	6	6	100	6	100
Huone 3 suihku	2	12	8	67	8	67
Huone 8 wc	2	6	6	100	6	100
Huone 8 suihku	2	12	10	83	10	83
Pesutupa	2	12	12	100	12	100
Sauna p.allas	2	12	12	100	12	100
Sauna suihku1	2	12	13	108	12	100
Sauna suihku2	2	12	12	100	11	92
Keittiö Aula 2	2	12	12	100	12	100
Huone 14 wc	2	6	6	100	6	100
Huone 14 suihku	2	12	9	75	9	75
Huone 14 wc	2	6	8	133	6	100
Huone 14 suihku	2	12	12	100	12	100
Huone 9 wc	2	6	7	117	5	83
Huone 9 suihku	2	12	8	67	8	67
Huone 11 wc	2	6	8	133	6	100
Huone 11 suihku	2	12	10	83	8	67
Siivousk.153	2	12	12	100	13	108
Pesutupa 151	2	12	10	83	10	83
keskiarvo				98		92
pienin/suurin arvo				58/133		67/125

2-osan virtaamissa suurin poikkeama oli huoneen 1 suihkussa, jossa virtaama oli 58 % suositusarvosta 12 l/min. Olettaessa mahdollinen mittausvirhe +/- 3 l/min mukaan voidaan todeta, että toimenpiteisiin yhden suihkun takia ei ole kannattavaa ryhtyä.

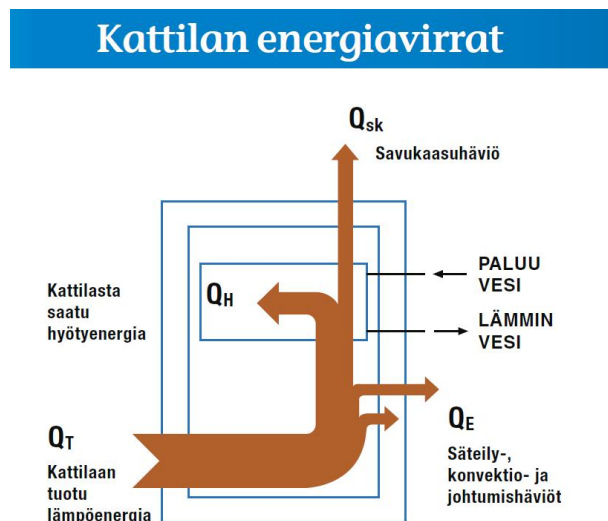
Taulukko 16. Vesivirtaamamittaukset, Korian palvelukeskus, 3. krs osa 1 ja 2.

Asunto	Sijainti	Normi	Mitattu	Virtaaman	Mitattu	Virtaaman
nro	Osa/krs./huone	virtaama	virtaama KV	% normivirtaamasta	virtaama LV	% normivirtaamasta
		l/min	l/min	%	l/min	%
Huone 1 keittiö	Osa 3, krs 1	12	8	67	13	108
Huone 1 wc	Osa 3, krs 1	6	6	100	6	100
Huone 3 keittiö	Osa 3, krs 1	12	12	100	14	117
Huone 3 wc allas	Osa 3, krs 1	5	5	100	5	100
Huone 3 suihku	Osa 3, krs 1	12	9	75	9	75
Huone 7 keittiö	Osa 3, krs 1	12	13	108	14	117
Huone 7 wc allas	Osa 3, krs 1	6	5	83	5	83
Huone 7 suihku	Osa 3, krs 1	12				
Huone 4 keittiö	Osa 3, krs 1	12	10	83	14	117
Huone 4 wc allas	Osa 3, krs 1	6				
Huone 4 suihku	Osa 3, krs 1	12				
Huone 5 keittiö	Osa 3, krs 1	12	15	125	15	125
Huone 5 wc allas	Osa 3, krs 1	6	6	100	5	83
Huone 5 suihku	Osa 3, krs 1	12	10	83	10	83
Huone 6 keittiö	Osa 3, krs 1	12	10	83	9	75
Huone 6 wc allas	Osa 3, krs 1	6	5	83	5	83
Huone 6 suihku	Osa 3, krs 1	12				
Rapa-allas	Osa 3, krs 1	12	8	67	7	58
Huone 11 keittiö	Osa 3, krs 2	12	12	100	12	100
Huone 11 wc allas	Osa 3, krs 2	6	8	133	6	100
Huone 11 suihku	Osa 3, krs 2	12	8	67	8	67
Huone 12 keittiö	Osa 3, krs 2	12	13	108	10	83
Huone 12 wc allas	Osa 3, krs 2	6	7	117	9	150
Huone 12 suihku	Osa 3, krs 2	12	9	75	8	67
Huone 13 keittiö	Osa 3, krs 2	12	12	100	13	108
Huone 13 wc allas	Osa 3, krs 2	6	8	133	7	117
Huone 13 suihku	Osa 3, krs 2	12	8	67	8	67
Huone 8 keittiö	Osa 3, krs 2	12	11	92	13	108
Huone 8 wc allas	Osa 3, krs 2	6	7	117	7	117
Huone 8 suihku	Osa 3, krs 2	12	10	83	10	83
Huone 9 keittiö	Osa 3, krs 2	12	10	83	10	83
Huone 9 wc allas	Osa 3, krs 2	6	7	117	7	117
Huone 9 suihku	Osa 3, krs 2	12	9	75	9	75
Huone 10 keittiö	Osa 3, krs 2	12	12	100	12	100
Huone 10 wc allas	Osa 3, krs 2	6	8	133	6	100
Huone 10 suihku	Osa 3, krs 3	12	9	75	9	75
Väestönsuoja	Osa 3, krs 0	12	11	92	9	75
keskiarvo				95		94
pienin/suurin arvo				67/133		58/150

3-osan suurin heitto virtaamissa oli eteisen kura-altaan suihkussa. Mitattu virtaama oli 58 % suositusarvosta 12 l/min. Otettaessa huomioon mittausvirhe sekä paikan vähäinen käyttö voidaan todeta, että toimenpiteisiin ei ole kannattavaa ryhtyä.

4.6 Kattiloiden hyötysuhteen mittaaminen

Kattiloiden hyötysuhde määrittää, kuinka tehokkaasti kattilaan tuodusta lämpöenergiasta saadaan hyötyenergia talteen. Maakaasukattilassa häviöitä syntyy säteily-, konvektio- ja johtumishäviöistä sekä savukaasuhäviöistä. Hyvä hyötysuhde vaatii oikeat olosuhteet, jotta kaasu palaisi puhtaasti. Palamisen hyötysuhde voidaan määrittää savukaasun koostumuksen ja lämpötilan perusteella. Hyötysuhteen laskentaan pitää savukaasujen koostumuksen lisäksi ottaa huomioon kattilan eristyshäviöt ja palamatta jääneen polttoaineen aiheuttamat häviöt. Selvästi suurin häviö aiheutuu savukaasuhäviöstä, jonka suuruus riippuu savukaasun koostumuksesta ja loppulämpötilasta. Kaasujen poltossa palamaton osuus jää yleensä hyvin pieneksi. (11). Kattilan energiavirrat näkyvät kuvasta 20.



Kuva 20. Kattilan energiavirrat. (11).

Kattiloiden hyötysuhde mitattiin Dräger MSI 150 PRO2 -savukaasu-analysaattorilla. Mittari asetettiin kattilan käydessä pakoputkeen niin, että mittarin pää on suurin piirtein pakoputken keskellä. Pitää varmistaa, että mittari on tiiviisti savukanavan mittareissä, ettei ilmaa pääse mittareistä sekoittamaan mittaustulosta. Savukaasu-analysaattori näyttää suoraan kattilan hyötysuhteen. Korian palvelukeskuksessa mitattiin kaksi kattilaa. Savukaasujen lämpötilat vaihtelivat välillä 92–135 °C. Hetkellinen hyötysuhde vaihteli välillä 94–95 %. O_2 -pitoisuus vaihteli välillä 3,3–3,8 %. Tuloksissa ei ole otettu huomioon kattilan säteily-, konvektio- ja johtumishäviöitä. Hyötysuhde on erittäin hyvä, joten kattiloiden uusimista ei kannata miettiä.

5 Säästötoimet

5.1 LVI-järjestelmien ongelmia

Asuntojen päätelaitteiden ilmavirtamittauksissa huomasimme, että virtaamat ovat hyvin pieniä verrattuna suunnitteluarvoihin. Viimeisessä katselmuksessa lähdimme tarkastelemaan huippuimureiden toimintaa. Huomasimme, että asuntojen poistopuhaltimen turvakytin oli off-asennossa. Huoltomies ei tiennyt asiasta mitään. Huippuimuri on voinut olla poissa päältä jo vuosia. Käänsimme huippuimurin päälle, mutta emme enää ehtineet mitata päätelaitteiden ilmavirtoja uudestaan. Asunnoissa moni ilmoitti tuulettavansa talvella sekä kesällä, ja yksi syy siihen on varmasti ollut se, että huippuimuri on ollut poissa päältä. Tämä on myös aiheuttanut rakennuksen energiankulutukseen vajeen.

Rakennuksen energiakulutuksen seurantaan helpottaisi suuresti lämpimän käyttöveden kulutusmittarin asentaminen uimahallin puolelle. Uimahallin lämpimän veden kulutus vie suuren osan rakennuksen kokonaisenergiankulutuksesta, joten sen seuranta on tärkeää energiatehokkuuden ylläpidossa.

5.2 Energiansäästöehdotuksia

5.2.1 Patteriverkoston tasapainotus ja säätö

Asuinhuoneistoissa sisäilman lämpötila pitäisi olla kaikissa sama. Huoneistojen lämpötilaerot syntyvät ajan kuluessa, jos patteriverkoston perussäätöä ei ole tehty huolellisesti tai patteritermostaatti tai linjasäätöventtiili vikaantuu. Tällöin toisissa asunnoissa lämpötila laskee, kun taas toisissa se pysyy oikeassa arvossaan. Monesti tässä tilanteessa huoltomies nostaa koko patteriverkoston menoveden lämpötilaa. Näin kylmät huoneistot lämpenevät, mutta oikeassa lämpötilassa olleet huoneistot yllämpenevät ja asukkaat joutuvat tuulettamaan. Samalla energiaa menee hukkaan. Asuinhuoneiston liian korkea lämpötila voi lisätä väsymystä, keskittymiskyvyn alenemista, hengitysoireilua ja kuivuuden tunnetta. Korkea huonelämpötila voi myös kiihdyttää kaasumaisten epäpuhauksien vapautumista rakennusmateriaaleista. Liian kylmä lämpötila voi aiheuttaa vedon tunnetta sekä terveyshaittoja. Oikea sisälämpötila parantaa asumisviihtyvyyttä, nostaa vireystilaa, kohentaa sisäilman laatua, pienentää rakennusmateriaalien haitallisia päästöjä ja vähentää kuivuuden tunnetta (8).

Patteriverkon tasapainotuksella ja säädöllä saadaan aikaiseksi oikea virtaama jokaiselle lämmityspatterille. Näin saadaan haluttu lämpötila jokaiseen huoneeseen. Patteriverkoston ollessa tasapainossa ja oikein säädetty energiaa säästyy ja viihtyvyys sisätiloissa paranee. Verkoston ollessa epätasapainossa lämmönjakokeskuksen lähimmät huoneet ovat lämpimiä, mutta kaukaisimmat huoneet ovat kylmiä. Huoneiden lämpötilat myös vaihtelevat erityisesti pienellä ja keskisuurella kuormituksella. Yksittäisen asunnon hieman kohonnut lämpötila ei vaikuta asumisviihtyvyyteen tai energiakustannuksiin juuri lainkaan, mutta jos koko rakennuksen keskilämpötila on väärä, kustannukset nousevat. Yksi aste yli 20 °C:n lisää energiakustannuksia vähintään 5–8 %. Perussäädön avulla rakennuksen energiankulutusta on mahdollista vähentää 10–15 %. (8)

Patteriverkoston perussäätö tai ainakin toimivuuden tarkistus olisi hyvä tehdä noin 10 vuoden välein satunnaisten vikojen varalta. Patteriverkoston perussäätö olisi hyvä tehdä myös, jos rakennusta muutetaan rakennusteknisesti, tai jos uusia lämmittimiä asennetaan rakennukseen. Rakennukseen oli rakennettu lisäsiipi (senioritalo) vuonna 2009, ja ryhmäkotien päätyasuntoihin oli asennettu uusia lämmityspattereita sekä keittiöön oli asennettu ilmalämpöpumppu vuonna 2009. Kaikkien mitattujen tilojen huonelämpötilan keskiarvo oli 24,8 °C. Palvelukeskusten suositeltu sisäilman lämpötila on 23 °C. Tilojen lämpötilamittausten tulokset ovat taulukossa 15. Mittausten aikana huomattiin, että hyvin moni asukas tuulettaa asuntoaan ylälämpötilojen takia. Asukkaille tehtiin myös kysely koskien sisäilmaston viihtyvyyttä. Kyselystä ilmeni, että 41 % vastaajista tuuletti talviaikaan. Näiden tulosten valossa suosittelemme rakennukseen tehtäväksi patteriverkoston tasapainotuksen ja säädön sekä huonelämpötilan laskemista 23 asteeseen. Huonelämpötilan lasku kannattaa tehdä pitkän aikavälin kuluessa, jotta asukkaat ehtivät tottumaan viileämpään lämpötilaan. Linjasäätöventtiilien ja patteritermostaattien vaihtamisen tarpeen määrittää perussäädön toteuttaja. Yleensä tasapainotuksen yhteydessä linjasäätöventtiilit ja termostaattiventtiilit vaihdetaan. Samalla suosittelemme lämmityksen menoveden säätökäyrien tarkastamista. (8)

5.2.2 Ilmanvaihdon tasapainotus ja säätö

Ilmanvaihdon tarkoitus on tuoda riittävä määrä puhdasta ilmaa hengitykseen sekä poistaa rakennuksessa syntyvät epäpuhtaudet. Ilmastoinnilla on erittäin suuri merkitys rakennuksen sisäilmaan, ja sitä kautta se vaikuttaa ihmisten viihtyvyyteen ja työtehoon sisätiloissa. Huono sisäilma voi jopa vaarantaa ihmisen terveyden. Tyypillisiä haittoja huonosta sisäilmasta ovat esimerkiksi epämiellyttävä haju, veto ja tunkkaisuus. Ilmanvaihdolla on tärkeä rooli myös rakenteiden säilyvyyden kannalta. Riittämätön ilmanvaihto voi aiheuttaa kosteuden tiivistymistä rakennuksiin ja sen seurauksena sisäilma- sekä rakenteellisia ongelmia. Ilmanvaihdon toiminta perustuu paine-eroihin. Ilma virtaa aina suuremmasta paineesta pienempään. Paine-ero muodostuu joko koneellisesti tai lämpötilan ja tuulen yhteisvaikutuksesta. (12)

Ilmastointikanaviston likaantuessa ilmavirrat muuttuvat. Kanavistojen puhtaudesta tulee huolehtia valvomalla ilmastointikoneiden suodattimien kuntoa säännöllisesti. Poistoilmaventtiilit tulisi puhdistaa niiden likaantuessa, jotta varmistetaan oikea ilman virtaama. Kanaviston likaantuessa se puhdistetaan. Kanaviston puhdistuksen jälkeen kanaviston tasapainotus on suoritettava uudestaan. (12)

Ilmanvaihdon oikean toiminnan edellytyksenä on puhdas ja oikein säädetty sekä tasapainotettu kanavisto. Ilmastointijärjestelmän tasapainotuksen tarkoituksena on saada suunnitelman mukaiset tulo- ja poistoilmavirrat haluttuihin tiloihin, ja varmistaa riittävä ilmanvaihto rakennuksen käytön aikana. Riittämätön tai väärin toimiva ilmanvaihto voi aiheuttaa rakenteellisia ongelmia sekä terveydellisiä haittoja ihmisille. Puhdas ja tasapainoinen ilmanvaihto takaa laadukkaan ja energiatehokkaan sisäilman.

Ilmanvaihtokanavistossa ilman virtausta vastustavat monet eri tekijät. Ilman virtausta vastustaa muun muassa virtauksen aiheuttama kitka kanavistossa, kanaviston haarojen ja käyrien virtaushäiriöt, virtaussäätimet sekä päätelaitteet. Kanaviston haaroissa ilmavirta jakautuu siten, että haaran jälkeiset virtausvastukset ovat yhtä suuret. Kanaviston tasapainotuksessa virtausvastukset asetetaan virtaussäätimien ja päätelaitteiden avulla niin, että kaikkiin huonetiloihin saadaan suunnitelman mukaiset virtaamat. (12)

Käytössä olevien ilmanvaihtojärjestelmien tilavuusvirrat tulee tasapainottaa, jos järjestelmäkohtaiset tilavuusvirrat poikkeavat $\pm 10\%$ tai tilakohtaiset tilavuusvirrat poikkeavat yli $\pm 20\%$ suunnitelman mukaisista arvoista. Ilmanvaihdon tasapainotus tulee suorittaa ennen patteriverkoston tasapainotusta.

Mittasimme toteutuneet ilmastointikoneiden kokonaisilmavirrat sekä noin 80 % kanaviston päätelaitteista. Ilmavirtojen mittaustulokset näkyvät liitteissä 5 ja 6.

5.2.3 Maakaasun tilaustehon tarkistus

Lämmitysjärjestelmän tehokkuus määritetään rakennuksen tarvitseman huipputehon mukaan. Huipputeho tarkoittaa hetkellistä ajankohtaa, jolloin rakennuksen lämmitystarve on suurin. Luonnollisesti kesällä lämmitystarve on pienempi kuin talvella. Rakennus pitää pysyä lämpimänä myös kovilla pakkasilla. Monesti rakennuksien lämmityskattilat on ylimitoitettu lämmitystehon riittämisen varmistamiseksi. Maakaasuyhtiöt mitoittavat yleensä tilauskaasuvirran suoraan kattilatehon mukaan. Jos kattila on ylimitoitettu, myös tilauskaasuvirrasta tulee liian suuri, ja tämä aiheuttaa liian ison perusmaksun. Tämän takia tilauskaasuvirta kannattaa tarkistaa.

Korian palvelutaloa lämmittää kaksi kattilaa. Palvelukeskusta lämmittää 350 kilowatin maakaasukattila, ja tämän kattilan tilauskaasuvirta on 20 nm^3 . Yhden normikuution tehollinen lämpöarvo on noin 10 kWh, jolloin tilauskaasuvirta 20 nm^3 vastaa polttoainetehoa $20 \text{ nm}^3 \times 10 \text{ kWh/nm}^3 = 200 \text{ kW}$. Voidaan todeta, että tilauskaasuvirta on kattilatehoa pienempi. Uimahallinpuolta lämmittää 500 kilowatin maakaasukattila, ja tämän kattilan tilauskaasuvirta on 40 nm^3 . Samalla periaatteella laskettaessa $40 \text{ nm}^3 \times 10 \text{ kWh/nm}^3 = 400 \text{ kW}$. Myös uimahallin tilauskaasuvirta on kattilatehoa pienempi. Arvioidaan, että maakaasun tilausvirroissa ei ole pienentämismahdollisuutta.

5.2.4 Lämmityskattiloiden uusiminen

Palvelutalon sekä uimahallin puolen kattiloiden hyötysuhteet mitattiin savukaasu-analysointilaitteilla. Kummankin kattilan hyötysuhde vaihteli välillä 94–96 %. Mittauksissa ei otettu huomioon kattilan säteily-, konvektio- ja johtumishäviöitä. Mittauksissa todettiin kattiloiden hyötysuhteet niin hyväksi, että kattiloiden uusimista ei tarvita.

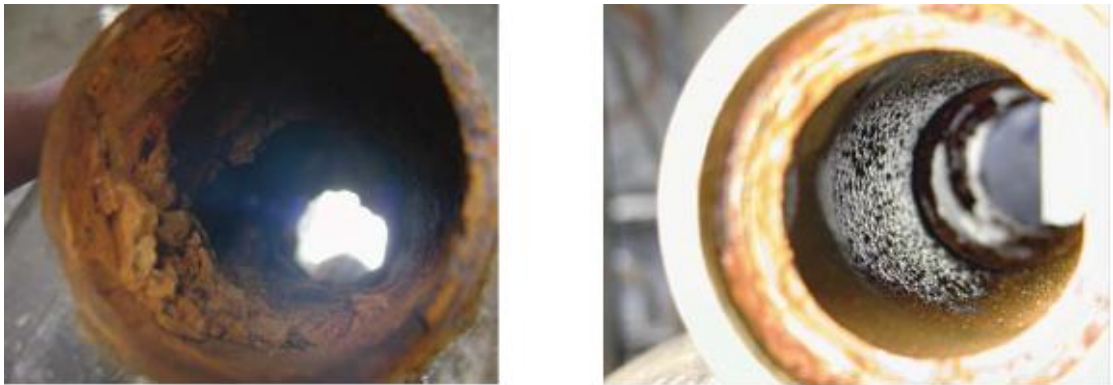
5.2.5 Vedenkäsittelylaitteet

Ajan kuluessa putkistoista liukenee metalleja jotka sakkautuvat hapen vaikutuksesta ja muodostavat kerrostumia putkien, vesikalusteiden sekä lämmönsiirtimien sisäpinnoille. Vesi aiheuttaa myös ruoste- ja kalkkikerrostumia sekä putkien korroosiota. Jäähdytysjärjestelmissä myös bakteerikasvu on ongelma. Nämä kaikki tekijät huonontavat veden virtausta, ja näin järjestelmän energiatehokkuus laskee. (13)

Vedenkäsittelylaite estää ruoste- ja kalkkikerrostumien syntyä käyttövedessä sekä suoja lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmää ruosteelta, sakkautumilta ja korroosiolta. Järjestelmä ehkäisee metallien liukenemistä putkistoista sekä parantaa yleisesti veden laatua. Näin putkistojen, vesikalusteiden ja lämmönsiirtimien käyttöikä pitenee sekä energiatehokkuus kasvaa. Vedenkäsittelylaite vähentää vesijärjestelmien ja laitteiden huoltotarvetta, esimerkiksi jumittuneet termostaatit sekä venttiilit ja lämmönsiirtimet puhdistuvat. Kylpylöissä vedenkäsittelylaite vähentää kemikaalien tarvetta allas-vedessä sekä helpottaa altaan puhtaanapitoa. (13)

Vedenkäsittelylaite Bauer on kemikaaliton, alkuperäiset kivennäisaineet vedessä säilyttävä vedenkäsittelylaite. Laite soveltuu lämmitys-, jäähdytys-, käyttövesi- sekä kostutusvesijärjestelmiin. Laitteisto koostuu ohjauksyksiköstä sekä käsittelyosasta. Suljettuihin järjestelmiin asennetaan myös erillinen suodatuslaite. Toiminta perustuu laitteen synnyttämään vaihtelevataajuuksiseen magneettikenttään, joka kiteyttää veden epäpuhtaudet, ja näin putkistoon ei synny saostumia. Laitteen käytön vaikutuksesta myös vanhat saostumat liukenevat. Kuvassa 21 nähdään sinkitty käyttövesiputki ennen vedenkäsittelylaitteen asentamista ja sama putki 16 kk vedenkäsittelylaitteen asennuksen jälkeen. Poistuvat saostumat eivät aiheuta minkäänlaisia maku- tai toimintahäiriöitä. Suljetuissa järjestelmissä poistuva sakka kerätään talteen erillisellä suodattimella. (12)

Vedenkäsittelylaitteen hinta vaihtelee 5000–8000 euron välillä kappaletta kohti. Laite maksaa itsensä takaisin, jos välttyään yhdeltäkin putkivuodon etsimiseltä ja korjausurakalta tai lämmönsiirtimen tukkeutumiselta. Vedenkäsittelylaite pidentää putkiston sekä vesikalusteiden ja järjestelmien ikää. Laite vähentää myös järjestelmien ja vesikalusteiden huoltotoimenpiteitä ja kemikaalien tarvetta uima-altaissa. Liitteestä 8 nähdään VTT:n testi toisen valmistajan vedenkäsittelylaitteen toiminnasta. (13)

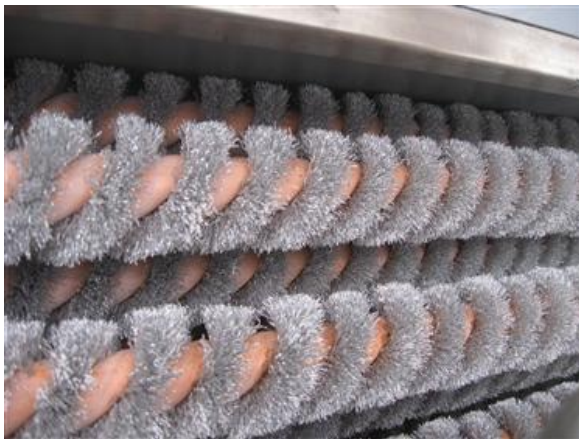


Kuva 21. Vasemmalla käyttövesiputki ennen vedenkäsittelylaitteen asennusta ja oikealla 16 kk asennuksen jälkeen.

5.2.6 Keittiön ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton lisäys

Keittiön ilmanvaihdossa ei ole lainkaan lämmöntalteenottoa. Keittiön ilma on suhteellisen lämmintä ruoanlaitossa käytettävien uunien ja levyjen vaikutuksesta, ja täten myös poistoilma on normaalia lämpimämpää. Nestekiertoisella lämmöntalteenotolla poistoilman energiasta saadaan talteen noin 45 %. Keittiön poistoilma on ruoanlaiton takia rasvaista ja vaatii erilaisen lämmöntalteenoton kuin tavallisissa ilmanvaihtokoneissa. Lämmöntalteenotoksi sopisi harjalämmönsiirrin, joka sopii likaiselle ilmalle. (14)

Harjalämmönsiirrin (kuva 22) koostuu monista kupari- tai alumiinilangoista, jotka on kierretty kahden tai useamman putken väliin. Se on neste- tai kaasulämmönsiirrin ja soveltuu lukuisiin eri käyttötarkoituksiin. Harjalämmönsiirtimen etuina ovat huurteen-sieto, modulaarisuus, hyvä hyötysuhde, pieni painehäviö, liiankestävyys, hygieenisuus, helppo huollettavuus sekä toiminta alhaisilla virtausnopeuksilla. Se voidaan asentaa tulopuolella ennen tuloilmasuodattimia, jolloin se toimii samalla esisuodattimena sekä esilämmittimenä. (14)



Kuva 22. Harjalämmönsiirrin.

Keittiön lämmöntarve katetaan luultavasti melkein kokonaan keittiön sisäisillä kuormilla, uunit ja muut keittiölaitteet. Keittiön poistoilmasta lämmöntalteenotolla talteen otettu lämpö voitaisiin hyödyntää jonkun muun ilmanvaihtokoneen käyttöön.

5.2.7 Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen tarkistus

Ilmanvaihtokoneiden tulisi käydä alueiden käyttötilanteiden mukaan. Alueen kuormituksen ollessa suurimmillaan koneet ovat täysillä, ja taas kun tilan kuormitus on pientä tai sitä ei ole ollenkaan, voidaan ilmanvaihtokoneita ajaa puoliteholla tai jopa sammuttaa kokonaan. Näin ilmastointi toimii energiatehokkaasti ja järkevästi.

Käydessämme ilmastointikoneiden käyntiaikoja läpi huomasimme, että ne eivät enää vastaa rakennuksen käyttöaikoja. Esimerkiksi kuntosali oli poistunut kokonaan käytöstä, ja keittiön aukioloaikoihin oli tullut muutoksia.

Seuraaviin ilmanvaihtokoneiden aikaohjelmiin tehtiin muutoksia. Uimahallin ilmanvaihtokoneen (TK1/PK1) aikaohjelma käynnisti koneen täydelle teholla joka päivä klo 04.00–23.00, vaikka uimahalli aukesi vasta klo 06.00 ja sulkeutui klo 20.00. Keittiön ilmanvaihto (TK3/PK3) oli säädetty täydelle teholla maanantaista perjantaihin klo 5.30–19.00 sekä klo 21.00–22.00. Lauantain sekä sunnuntain kone palveli täydellä teholla 08.30–11.30. Keittiön käyttöajat ovat muuttuneet niin että, ma, ke, pe keittiö on auki klo 06.00–20.00 ja ti ja to klo 08.00–20:00. Viikonloppuisin keittiö palveli klo 07.00–16.00. Vanhaa kuntosalin tilaa sekä sosiaalitiloja palveleva ilmanvaihtokone (TK4/PK3) oli asetettu käymään täysillä jokaisena päivänä viikossa klo 07.00–22.00, vaikka arkena tilojen käyttötarve loppuu iltakahdeksan aikaan ja viikonloppuna täyden ilmanvaihdon tarvetta on vain klo 10.00–17.00. Uimahallin puolen vessojen poisto oli asetettu käymään jokaisena päivänä täydellä teholla 24 tuntia päivässä. Todellinen tarve riippui uimahallin asiakkaista eli uimahallin käyttöajoista. Tarkemmat muutokset ilmanvaihtokoneiden ja huippuimureiden käyntiajoista selviävät liitteestä 9, jossa näkyvät vanhat käyntiajat sekä ehdotetut uudet käyntiajat ja niistä lasketut energiansäästöt.

5.2.8 Aurinkolämmitys

Auringon energia voidaan hyödyntää joko passiivisesti tai aktiivisesti. Passiivisesti aurinkoenergiaa voidaan hyödyntää kiinnittämällä huomiota talon sijaintiin, arkkitehtuuriin sekä rakenteisiin. Aktiivisesta aurinkolämmityksestä puhutaan kun auringon energia otetaan talteen erillisellä järjestelmällä. Etelä-Suomessa jokainen neliometri vastaanottaa vuoden aikana noin 1 000 kilowattituntia auringonsäteilyä. Auringon energia voidaan muuntaa aurinkopaneeleilla sähköksi, tai aurinkokeräimillä lämmöksi. Auringon lämmön hyödyntämisessä voidaan käyttää joko tasokeräimiä (kuva 23) tai tyhjiöputki-keräimiä. Auringon lämpöenergia varastoidaan yleensä lämminvesivaraajaan. Suomessa aurinkolämmitystä käytetään yleensä päälämmitysjärjestelmän lisänä. (15)

Yleisin ratkaisu aurinkokeräinjärjestelmissä on neste/kaasu kiertoinen tasokeräin, jossa pumpun avulla kierrätetään kaasu tai vesi-glykoliseosta. Välittäjä aine lämpiää aurinkokeräimessä, josta se pumpataan joko lämpövarastoon tai suoraan lämmittämään haluttua järjestelmää. Periaatekuva aurinkokeräinjärjestelmästä on kuvassa 24. (15)

Suomessa auringosta saadaan kerättyä energiaa talteen periaatteessa koko vuoden, mutta käytännössä noin 7–8 kuukautta. Auringon energiaa saadaan kerättyä talteen myös pilvisellä säällä. (15)

Useimmiten auringosta kerätty lämpö hyödynnetään käyttöveden lämmitykseen, koska lämmintä käyttövettä tarvitaan läpi vuoden. Suurin teho keräimistä saadaan kesällä, joten silloin, kun meillä on suurin lämmöntarve, aurinkoenergiaa ei saada riittävästi.



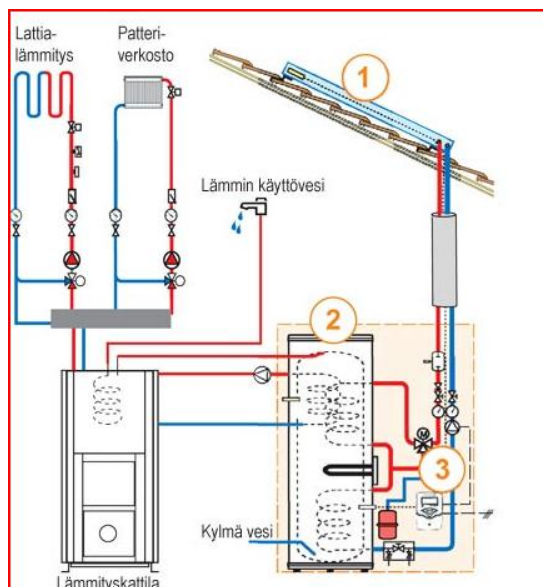
Kuva 23. Tasokeräinelementti.

Yksi neliometri vastaanottaa auringon säteilyä vuosittain noin 1000 kWh. Tasokeräinten hyötysuhde vaihtelee 50–60 % välillä, joten laskennallisesti yhdeltä neliometriltä vuodessa käyttöön saataisiin auringon säteilyä noin 550 kWh/m². Käytännössä päästään vuosittaiseen 300–500 kilowattituntiin neliöltä.

Ehdotuksena oli, että uimahallin katolle sijoitettaisiin 60 kpl 2,57 m²:n kokoisia tasokeräimiä. Yhteensä keräimiä tulisi katolle 154,2 m². Vuodessa keräimistä saataisiin noin 46260 – 77100 kWh lämpöenergiaa. Yhden tasokeräin elementin maksimiteho on 750 W, joten keräinten yhteisteho on 115,6 kW. Aurinkokeräinjärjestelmä vaatii lämpimän veden varaajan. Kuusi kappaletta 1,5 kuution lämpimän veden varaajia sijoitettaisiin allaslaitetilaan.

Ensisijaisesti aurinkoenergialla lämmitettäisiin käyttövettä, mutta jos lämpöä jää yli, voitaisiin yli jäänyt lämpö hyödyntää allasveden lämmitykseen.

Tarkempaa tietoa tasokeräinten kustannuksista ja säästöistä löytyy kohdasta investointilaskelmat. Kuvassa 24, on periaatekuva aurinkokeräinjärjestelmästä.



Kuva 24. Periaatekuva aurinkokeräinjärjestelmästä.

5.3 Rakennustekniset ongelmat

5.3.1 IV-konehuoneen viereisellä katolla jäätä

Talvella huomasimme, että fysioterapiahuoneiden katolla on paksu kerros jäätä. Muualla katolla samaa ongelmaa ei ollut havaittavissa. Paksu jääkerros voi aiheuttaa katon rakenteelle ongelmia. Kuvassimme lämpökameralla tuulettuvassa yläpohjassa jään kohdalla meneviä ilmastointikanavia ja huomasimme, että kanavien eristyksestä huolimatta eristeen pintalämpötila oli huomattavan korkea. Tästä johtuen kanavat lämmittävät tuulettuvaa yläpohjaa niin paljon, että samalla kohdalla katolla oleva lumi muuttuu jääksi. Jään kohdalla, tuulettuvassa yläpohjassa kulkivat 4TK/4PK:n sekä 1TK/PK:n tulo- että poistokanavat. Koska lämpöä siirtymään tuulettuvaan yläpohjaan, joutuu ilmanvaihtokone lämmittämään tuloilmaa enemmän, ja näin energiaa menee hukkaan. Suosittelemme näiden kanavien lisäeristämistä, jolloin energiaa säästyy eikä katolle enää muodostu paksua jääkerrosta. Valitettavasti kuvat on otettu keväällä, jolloin jää oli jo melkein kokonaan sulanut. Kuvasta 25 nähdään, miten jää on vahingoittanut räystästä. Kuvasta 26 nähdään kyseiset ilmanvaihtokanavat. Kuvasta 27 nähdään lämpökamerakuva samoista ilmanvaihtokanavista. Liitteessä 10 on lämpökamerakuvausraportti kyseisestä ongelmasta.

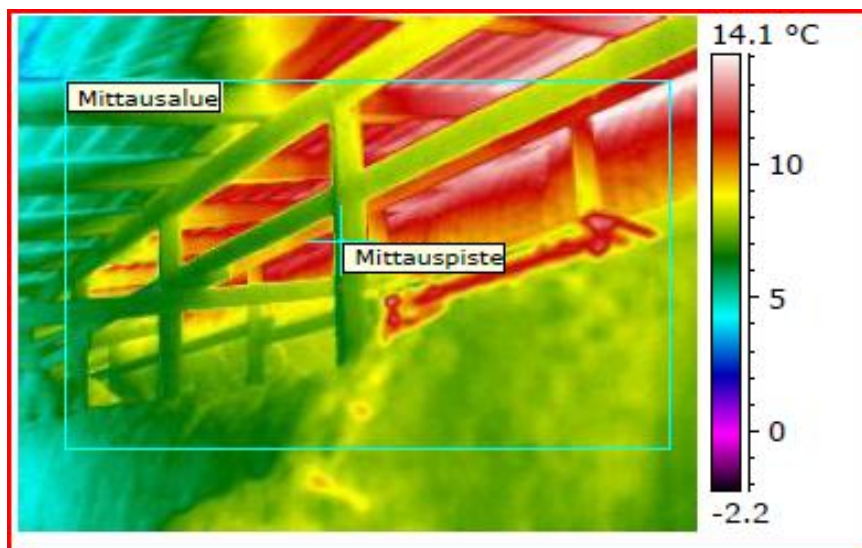


Kuva 25. Fysioterapiahuoneiden katolla ollut jää on vahingoittanut räystästä.



Kuva 26. Tuulettuvassa yläpohjassa olevat kanavat, jotka lämmitävät kattoa

Kuvassa 26 näkyvät kanavat lämmitävät kattoa niin paljon, että talvella lumi sulaa ja muuttuu jääksi ja voi aiheuttaa painollaan vahinkoa katon rakenteille sekä räystäälle.



Kuva 27. Lämpökuvaa kuvan 25 kanavista.

5.3.2 Kylmät pääty-asunnot

Asukkaat valittivat ryhmäkotien pääty-asuntojen olevan kylmiä, joten päätimme lämpökuvata asunnot. Muutamiin asuntoihin oli kylmyyden takia lisätty toiset lämmityspatterit jälkikäteen. Jälkeenpäin lisätyt patterit tuntuivat kylmiltä, vaikka huoneen toinen patteri oli lämmin. Tämä viittaa siihen, että veden virtaama ei riitä jälkikäteen lisätyille pattereille. Lisättyjen pattereiden lisäksi osassa kuvattavista asunnoista oli liikuteltavia sähkölämmittimiä.

Lämpökuvauksessa havaittiin ilmapuotoja asuntojen nurkista seinän ja lattian liitoksesta sekä jalkalistojen alta. Voidaan todeta, että eristykset päätyasuntojen lämpökuvatuissa ongelmakohdissa ovat puutteelliset. Asuntojen lämpökuvauksen raportti on liitteessä 11.

Yksinään asuntojen vuotavien kohtien perusteellinen korjaus ei todennäköisesti ole rahallisesti kannattavaa. Suosittelemme kääntymään tässä asiassa rakennusurakoitsijan puoleen ja kysymään neuvoa ja hinta-arvioita ongelman ratkaisusta. Luultavasti pattereiden tasapainotus ja säätö parantaa tilannetta huomattavasti, koska sitten saadaan lisätyt patterit lämpimiksi.

6 Investointilaskelmat

Jokaisesta energiansäästöehdotuksesta lasketaan korollinen takaisinmaksuaika sekä hankinnan kannattavuutta käsitellään nettonykyarvon menetelmällä. Laskuissa korkona käytetään tämän hetkistä (20.5.2012) 12 kk euribor-korkoa + pankin veloittama arvioitu marginaali 1 %. Euribor 365-korko oli 20.5.2012 1,283 %, korko ja pankin marginaali on yhteenlaskettuna 2,283 %. Käytetään laskuissa 3 %:n korkoa. Säästötoimenpiteiden kustannusarviot on kysytty kyseisiä palveluita tarjoavilta urakoitsijoilta, mutta osa hinnoista on vain karkeita arvioita. Hinta-arviot eivät sisällä arvolisäveron osuutta, joka on 23 % kustannuksista. Maakaasun ja sähkön tulevaa hintakehitystä ei ole otettu huomioon laskuissa.

6.1 Korollisen takaisinmaksuajan kaava

Takaisinmaksuaika ilmoittaa vuosina sen ajan, jonka kuluessa investointi säästää tulojen lisäyksellä tai menojen säästöillä hankintahintansa takaisin. Takaisinmaksuaika jättää huomiotta investoinnin pitoajan, eli ajan joka on hankitun investoinnin oletettu käyttöikä. Se jättää huomiotta myös takaisinmaksuajan jälkeiset tuotot sekä eriaikaisiin maksusuorituksiin liittyvät korkovaikutukset sekä riskin. (16)

Korollinen takaisinmaksuaika lasketaan seuraavalla yhtälöllä:

$$n = \ln\left(\frac{T}{T - Hi}\right) / \ln(1 + i) \quad (4)$$

n on takaisinmaksuaika
 T on vuotuiset säästöt
 H on hankintahintojen erotus
 i on korko %

6.2 Nykyarvon menetelmä

Nykyarvon menetelmää käytettäessä tuotot ja kulut diskontataan nykyhetkeen valitulla korkokannalla laskettuna. Investointi on järkevä, jos nettotuottojen nykyarvo on suurempi kuin hankintakustannukset. (16)

6.3 Patteriverkoston tasapainotus ja säätö

Patteriverkoston tasapainotuksen ja säädön kustannusarvio on 4800 €. Motivan verkkodokumentissa Lämmitysverkoston perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilmaston (8, s, 3), esitetään patteriverkoston säädön ja tasapainotuksen energiansäästökseksi 10–15 %. Laskennassa oletetaan säästökseksi 10 %. Patteriverkoston säädön ja tasapainotus tehdään pelkästään palvelutalon puolelle, koska muualla patteriverkostoa ei ole. Palvelutalon puolen vuosien 2008–2011 keskimääräinen lämmön kulutus on 364 282 kWh/a. Tästä 70 % on arvioitu patterilämmityksen osuudeksi. 70 % keskimääräisestä lämmönkulutuksesta on 206 799,6kWh. Tästä 10 % on 20 680kWh, josta syntyy maakaasun hinnalla 0,063 €/kWh säästökseksi 1303 € vuodessa. Kustannusarvio patteriverkoston tasapainotuksesta ja säädöstä on 4800 €. Investoinnin pitoajaksi on oletettu 15 vuotta. Investoinnin jäännösarvo on 0 €.

Korolliseksi takaisinmaksuajaksi 3 %:n korolla saadaan 4 vuotta.

Nykyarvon menetelmällä todetaan investointi kannattavaksi. Taulukosta 17 nähdään, että nettotuottojen nykyarvo on 15 555,1 € on selvästi suurempi kuin investointi 4 800 €, joten investointi todetaan kannattavaksi.

Taulukko 17. Nettonykyarvon laskenta, pattereiden tasapainotus ja säätö.

NYKYARVOMENETELMÄN LASKURI					
Lähtötiedot					Lisää viimeiseen tuottoon
	Korko	Pitoaika	Hankintahinta	Jäännösarvo	
anna arvo	3,00 %	15	4800	0	
Aika	Investointi	Nettotuotto	Diskonttaustekijä	Nykyarvo	Yhteensä
0	4800				4800
1		1303	0,97087379	1265,048544	
2		1303	0,94259591	1228,20247	
3		1303	0,91514166	1192,429582	
4		1303	0,88848705	1157,698623	
5		1303	0,86260878	1123,979246	
6		1303	0,83748426	1091,241986	
7		1303	0,81309151	1059,458239	
8		1303	0,78940923	1028,600232	
9		1303	0,76641673	998,6410022	
10		1303	0,74409391	969,5543711	
11		1303	0,72242128	941,3149234	
12		1303	0,70137988	913,8979839	
13		1303	0,68095134	887,279596	
14		1303	0,66111781	861,436501	
15		1303	0,64186195	836,3461175	
16			0,62316694	0	
17			0,60501645	0	
18			0,58739461	0	
19			0,57028603	0	
20			0,55367575	0	
			Nettotuottojen nykyarvo		15555,12942
			erotus		10755,12942

6.4 Ilmastoinnin tasapainotus ja säätö

Ilmastoinnin tasapainotus ja säätö ei tuo varsinaisesti rahallisia säästöjä, vaan lisää rakennuksen viihtyvyyttä, mutta riittämätön tai väärin toimiva ilmanvaihto voi aiheuttaa rakenteellisia ongelmia sekä terveydellisiä haittoja ihmisille. Tasapainotettu ilmanvaihto mahdollistaa laadukkaan ja energiatehokkaan sisäilman. Tarkempaa tietoa oikein toimivan ilmanvaihdon eduista on kohdassa 5.2.2 Ilmastoinnin tasapainotus ja säätö. Ilmastoinnin tasapainotuksen ja säädön kustannusarvio on 4 350 €.

6.5 Vedenkäsittelylaitteet

Vedenkäsittelylaitteiden kaikkia tuomia hyötyjä on vaikea laskea rahallisesti. Jos vältetään yhdeltäkin putkiremontilta tai vesivahingolta, laite maksaa välittömästi itsensä takaisin. Laitteen tuomia välittömiä hyötyjä on putkiston, vesikalusteiden ja lämmönvaihtimien puhtaana pysyminen, mutta tästä ei saada välitöntä rahallista säästöä.

6.6 Keittiön ilmanvaihtokoneen lämmöntalteenoton lisäys

Keittiön lämmöntalteenoton hinnaksi on saatu 7 850 €. Lisätään hintaan arvioidut asennuskustannukset 4 000 €, ja yhteensä hinta-arvioiksi tulee 11 850 €. Investoinnin pitoajaksi arvioidaan 20 vuotta.

Lasketaan lämmöntalteenottolla (LTO) poistoilmasta käyttöön saatu teho. Keittiön poistoilman lämpötila on noin 23 °C ja jäteilman lämpötila LTO:n jälkeen on noin 1 °C. Keittiön poistopuhaltimen ilmavirta täydellä teholla on 0,71 m³/s, ja puoliteholla 0,355 m³/s.

$$\Phi = q_v * \rho * c_p * (T_p - T_j) \quad (4)$$

Φ on teho

q_v on ilmavirta

ρ on ilmantiheys 1,2 kg/m³

c_p on ilman ominaislämpökapasiteetti = 1

T_p on poistoilman lämpötila

T_j on jäteilman lämpötila

Sijoitetaan arvot tehon kaavaan.

Lämmöntalteenoton teho poistopuhaltimen ollessa täydellä teholla ja LTO:n jäähdyttäessä poistoilmaa maksimimäärän.

$$\Phi = 0,71 \text{ m}^3/\text{s} * 1,2 * 1 * (23 \text{ °C} - 1 \text{ °C}) = 18,74 \text{ kW}$$

Lämmöntalteenoton teho vastaavasti poistopuhaltimen ollessa puoliteholla:

$$\Phi = 0,355 \text{ m}^3/\text{s} * 1,2 * 1 * (23 \text{ °C} - 1 \text{ °C}) = 9,4 \text{ kW}$$

Tehoksi saadaan täydellä teholla 18,74 kW ja puoliteholla 9,4 kW. LTO:n hyötysuhde täydellä teholla on 43 % ja puoliteholla 49 %. (17). Lämmöntalteenotto siirtää lämpötehoa poistoilmasta tuloilmaan. Mitä suurempi on lämpötilaero tuloilman ja poistoilman välillä, sitä suuremmalla hyötysuhteella lämmönsiirto tapahtuu. Ulkolämpötila vaihtelee vuodenaikojen mukaan. Excel-pohjaisesta laskurista (18) saadaan laskettua arvot LTO:n vuosihyötysuhteelle sekä lämmöntarveluvut LTO:n jälkeisen tuloilman lämpötilan ja ulkoilman välille lämmityskaudella. Liitteessä 12 nähdään laskentataulukon tulokset. Sijoitetaan nämä arvot seuraavaan kaavan.

$$Q = H_{iv} * (S_j * (\text{todelliset käyntiajat/vuoden tunnit})) \quad (5)$$

H_{iv} on $q_v * \rho * c_p$

Q on LTO:lta saatu energia/vuodessa

q_v on ilmavirta

ρ on ilmatiheys 1,2 kg/m³

c_p on ilman ominaislämpökapasiteetti = 1

S_j on sisäilman lämpötilan ja jäteilman lämpötilan välinen lämmöntarveluku lämmityskaudella.

*todelliset käyntiajat on keittiön poistopuhaltimen käyntiajat.

Laskennan lähtötiedot näkyvät taulukossa 18.

Taulukko 18. Laskennan lähtötiedot.

LTO hyötysuhde 1/1	43,00 %	
LTO hyötysuhde 1/2	49,00 %	
LTO:n vuosihyötysuhde 1/1	41,10 %	
LTO:n vuosihyötysuhde 1/2	44,70 %	
Tpoistoilma	23 °C	
Tjäteilma	1 °C	
Lämmitystarveluku S_j 0,43%	3375	
Lämmitystarveluku S_j 0,49%	3677	
Ilmavirrat	Teholla 1/1	Teholla 1/2
	m ³ /s	m ³ /s
Tulo	0,65	0,325
Poisto	0,71	0,355

Taulukosta 19 nähdään lasketut tulokset.

Taulukko 19. Keittiön LTO:n lisäyksestä saadut säästöt.

Vanhat käyntiajat		Säästö vuodessa		
		tuntia	kWh	€
Käyntiaika vuodessa	4745	34262,16	2158,516	
Käyntiaika vuodessa	2190	8615,211	542,7583	
	yhteensä	42877,37	2701,274	
Uudet käyntiajat		Säästö vuodessa		
		tuntia	kWh	€
Käyntiaika vuodessa	3431	24777,23	1560,965	
Käyntiaika vuodessa	1407,8	5537,858	348,885	
	yhteensä	30315,08	1909,85	

Taulukosta 21 nähdään, että vanhoilla keittiön poistokoneen käyntiajoilla säästöä saadaan vuodessa 2 701,3 € ja uusilla ehdotetuilla käyntiajoilla 1 909,9 €.

Takaisinmaksuajaksi vanhoilla keittiön poiston käyntiajoilla saadaan 3 %:n korolla 4,8 vuotta. Uusilla käyntiajoilla takaisinmaksuajaksi saadaan 3 %:n korolla 7 vuotta.

Nkyarvomenetelmä

Lasketaan ensin säästöjen nykyarvo poistokoneen vanhoilla käyntiajoilla. Taulukosta 20 nähdään, että nettotuottojen nykyarvo on 32 248 € joka on suurempi kuin hankintahinta 11 850 €, joten investointi todetaan kannattavaksi.

Taulukko 20. Nettonykyarvon laskenta LTO:n lisäyksestä saatavista säästöistä poistokoneen vanhoilla käyntiajoilla.

NYKYARVOMENETELMÄN LASKURI					
Lähtötiedot					Lisää viimeiseen tuottoon
	Korko	Pitoaika	Hankintahinta	Jäännösarvo	
anna arvo	3,00 %	15	11850	0	
Aika	Investointi	Nettotuotto	Diskonttaustekijä	Nykyarvo	Yhteensä
0	11850				11850
1		2701,3	0,97087379	2622,621359	
2		2701,3	0,94259591	2546,234329	
3		2701,3	0,91514166	2472,072164	
4		2701,3	0,88848705	2400,070063	
5		2701,3	0,86260878	2330,165109	
6		2701,3	0,83748426	2262,296223	
7		2701,3	0,81309151	2196,4041	
8		2701,3	0,78940923	2132,431165	
9		2701,3	0,76641673	2070,321519	
10		2701,3	0,74409391	2010,020892	
11		2701,3	0,72242128	1951,476594	
12		2701,3	0,70137988	1894,63747	
13		2701,3	0,68095134	1839,453855	
14		2701,3	0,66111781	1785,877529	
15		2701,3	0,64186195	1733,861679	
16		2701,3	0,62316694	1683,360853	
17		2701,3	0,60501645	1634,330925	
18		2701,3	0,58739461	1586,729054	
19		2701,3	0,57028603	1540,513644	
20		2701,3	0,55367575	1495,644315	
			Nettotuottojen nykyarvo		32247,94405
			erotus		20397,94405

Lasketaan nettonykyarvo poistokoneen uusilla ehdotetuilla käyntiajoilla. Taulukosta 21 nähdään, että nettotuottojen nykyarvo on 22 800 €, joka on suurempi kuin hankintahinta 11 850€, joten investointi todetaan kannattavaksi.

Taulukko 21. Nettonykyarvon laskenta LTO:n lisäyksestä saatavista säästöistä poistokoneen uusilla käyttöajoilla.

NYKYARVOMENETELMÄN LASKURI					
Lähtötiedot					Lisää viimeiseen tuottoon
	Korko	Pitoaika	Hankintahinta	Jäännösarvo	
anna arvo	3,00 %	15	11850	0	
Aika	Investointi	Nettotuotto	Diskonttaustekijä	Nykyarvo	Yhteensä
0	11850				11850
1		1909,9	0,97087379	1854,271845	
2		1909,9	0,94259591	1800,263927	
3		1909,9	0,91514166	1747,829055	
4		1909,9	0,88848705	1696,921413	
5		1909,9	0,86260878	1647,496517	
6		1909,9	0,83748426	1599,511182	
7		1909,9	0,81309151	1552,923478	
8		1909,9	0,78940923	1507,692697	
9		1909,9	0,76641673	1463,779317	
10		1909,9	0,74409391	1421,144968	
11		1909,9	0,72242128	1379,752396	
12		1909,9	0,70137988	1339,565433	
13		1909,9	0,68095134	1300,548964	
14		1909,9	0,66111781	1262,668897	
15		1909,9	0,64186195	1225,892133	
16		1909,9	0,62316694	1190,186537	
17		1909,9	0,60501645	1155,52091	
18		1909,9	0,58739461	1121,864961	
19		1909,9	0,57028603	1089,189283	
20		1909,9	0,55367575	1057,465323	
			Nettotuottojen nykyarvo		22800,26222
			erotus		10950,26222

6.7 Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen tarkistus

Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen ehdotetut muutokset ovat liitteessä 9. Muuttamalla ilmanvaihdon käyntiaikoja rakennuksen nykyistä käyttöä vastaavaksi, saadaan säästettyä energiaa 16 475,7 kWh vuodessa. Nykyisillä sähkönhinnoilla (0,09 €/kWh, kulutus ja sähkön siirto) rahalliseksi säästökseksi saadaan 1 492 € vuodessa. Tästä toimenpiteestä ei aiheudu minkäänlaisia kustannuksia, koska huoltomies voi asettaa uudet ilmanvaihtokoneiden käyntiajat.

6.8 Aurinkolämmitys

Lähteissä oli eroja keräimistä vuosittain yhtä neliometriä kohti käyttöön saatavasta energiasta, joten käytän laskelmissa niiden keskiarvoa 425 kWh/m². Aurinkokeräimiä sijoitettaisiin uimahallin katolle 154,2 m², joista saatu vuosittainen teho olisi 65535kWh. Tästä saadaan rahallista säästöä 4 129 € vuodessa. Aurinkokeräinten ja muiden tarvikkeiden kustannusarvio on 85 000 € ja asennuksesta aiheutuvat kulut sekä putkiston kustannusarvio on 65 000 €, yhteensä 150 000 €. Aurinkokeräinten arvioitu pitoaika on 15 vuotta.

Aurinkokeräinten korolliseksi takaisinmaksuajaksi ei saatu tulosta 3 %:n korolla, koska 150 000 € lainan korot ovat suuremmat kuin vuosittaiset säästöt.

Nettotuottojen nykyarvo oli 49 291,7 €, kun hankintahinta oli 150 000 €. Todetaan, että hankinta ei kannata.

6.9 Riskit

Kannattavuuslaskelmissa on niin paljon muuttujia, että se aiheuttaa epävarmuutta. Hankintahinnoissa voi olla paljon virhe arvioita. Urakoitsijoilta saadut hankintahinnat ovat karkeasti arvioituja, ja tarkemmat tiedot vaativat tarkkaa suunnittelua sekä urakoitsijan käyntiä rakennuspaikalla. Käytin energiansäästötoimenpiteiden investointilaskennassa hieman pienempiä vuosittaista säästöarviota kuin lähteissä mainitaan, koska halusin lisätä varmuutta säästöjen toteutumisesta. Saadut energiansäästöt ovat aina tapauskohtaisia. Pitää myös huomioida, että osa ehdotetuista säästötoimenpiteistä voivat vaikuttaa toisiinsa. Esimerkiksi lämmönsiirtimien puhdistuksesta aiheutuva kustannussäästö pienenee, jos myös vedenkäsittelylaite asennetaan, koska vedenkäsittelylaite puhdistaa myös lämmönsiirtimiä. Tosin vedenkäsittelylaitteella on paljon muitakin etuja. Voidaan myös ajatella, että riski kasvaa, mitä suuremmasta rahallisesta investoinnista on kyse. Ehdotetuissa energiansäästötoimenpiteissä investointi on kohtuullisen pieni.

7 Analyysit ja johtopäätökset

7.1 Johtopäätökset

Palvelukeskuksen nykyinen energiankulutus on kohtalaisella tasolla, mutta parannettavaa löytyy. Suosittelen kaikkia kannattavaksi toteamiani säästötoimenpiteitä toteutettaviksi. Monet ehdotetuista energiansäästötoimenpiteistä ovat investoinneiltaan pieniä, joten myös riskit pysyvät kohtuullisen pieninä. Pienilläkin investoinneilla on pitkällä aikavälillä suuri säästöpotentiaali. Suosittelen myös uimahallin lämpimän käyttöveden kulutusmittarin asentamista. Kannattaa selvittää ennen säästötoimenpiteiden aloittamista, onko mahdollista saada valtiolta energia-avustusta.

8 Yhteenveto

Tämä työ on laadittu käyttäen hyväksi Metropolian Ammattikorkeakoulun koordinoimassa HEA-hankkeessa kerättyjä tietoja. Hyvinvointia ja energiatehokkuutta asumiseen (HEA) hankkeessa haetaan energiatehokkaita ja kestävän kehityksen mukaisia sosiaalisia ja teknisiä ratkaisuja ikääntyvän väestön asumiseen. Hankkeen tavoitteena on energiatehokkaiden ratkaisujen kehittäminen ikääntyvien hoito- ja palvelutaloihin sekä erilaisiin palveluyksikköihin ja asuinyhteisöihin

Työn tarkoituksena oli kartoittaa palvelukeskuksen energiankäytön nykytila kulutustietojen, energialaskennan sekä kenttämittausten ja katselmuksien avulla. Siltä pohjalta suunniteltiin rakennukseen energiansäästötoimenpiteitä. Työn pääpaino oli LVI-järjestelmien energiatehokkuuden parantamisessa.

Insinööriyössä esitetään kohteen tekniset tiedot sekä LVI-järjestelmät. Perehdytään suoritettuihin kenttämittauksiin ja mittalaitteistoon sekä selvitetään mitattujen järjestelmien pääperiaatteita. Lukijalle selvitetään energiansäästöideoiden syitä ja niiden toimintaperiaatteita. Rakennuksen kulutustiedoista saadut vuosittaiset kulutukset normalisoidaan Jyväskylään. Lämmön-, veden-, ja sähkön ominaiskulutuksia (kWh/m^3) vertaillaan muihin samanlaisiin rakennuksiin. Rakennuksen ominaiskulutukset ovat lähellä vertailtavien rakennusten ominaiskulutuksien keskiarvoa.

Ehdotetuista energiansäästötoimenpiteistä tehdään investointilaskelmat, jossa korollisella takaisinmaksuajalla sekä netto nykyarvon menetelmällä arvioidaan toimenpiteiden kannattavuutta.

Toteutettaviksi energiansäästötoimenpiteiksi esitin patteriverkoston tasapainotusta ja säätöä, ilmanvaihdon tasapainotusta ja säätöä, keittiön poistopuhaltimeen lämmöntalteenoton lisäystä sekä ilmanvaihdon käyntiaikojen tarkistusta. Jos kaikki kannattavaksi todetut säästötoimenpiteet toteutetaan, on arvioitu vuosittainen energian säästö 67,7 MWh. Tämän hetken energianhinnoilla rahallinen säästö vuodessa on 4 705 € vuodessa. Investointien arvioitu hinta on 21 000 €, ja takaisinmaksuaika on 4,46 vuotta.

Lähteet

- 1 Hyvinvointia ja energiatehokkuutta ikääntyvien asumiseen. 2011. Verkkodokumentti. < [http://www.metropolia.fi/ajankohtaista/uutiset/?tx_ttnews\[tt_news\]=2805&cHash=80b2ee54a0f8958afdf994e964f09024](http://www.metropolia.fi/ajankohtaista/uutiset/?tx_ttnews[tt_news]=2805&cHash=80b2ee54a0f8958afdf994e964f09024)> Luettu 15.4.2012.
- 2 Elimäen puustellit ry. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.elimaenpuustelli.fi/?s=etusivu>> Luettu 15.4.2012.
- 3 SFS 5512, Ilmastointi. Ilmavirtojen ja painesuhteiden mittaus ilmastointilaitoksissa. 1992. Verkkodokumentti. <<https://www.rakennustieto.fi/kortistot/tuotteet/LVI8360.html.stx> > Luettu. 2.1.2012.
- 4 Palvelusektorin ominaiskulutuksia, lämpö. 2012. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <<http://www.motiva.fi/files/1964/lampo.pdf>> Luettu. 5.5.2012.
- 5 Palvelusektorin ominaiskulutuksia, vesi. 2012. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <<http://www.motiva.fi/files/1965/sahko.pdf>> Luettu. 5.5.2012.
- 6 Palvelusektorin ominaiskulutuksia, sähkö. 2012. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <<http://www.motiva.fi/files/1965/sahko.pdf>> Luettu. 5.5.2012.
- 7 Kulutuksen normitus. 2010. Verkkodokumentti. Motiva Oy. <<http://www.motiva.fi/kulutuksennormitus>> Luettu. 3.5.2012.
- 8 Lämmitysverkoston perussäätö säästää rahaa ja luo terveellisen sisäilmaston. 2012. Verkkodokumentti. Motiva Oy. < <http://www.motiva.fi/files/781/perussaato-esite.pdf>> Luettu. 3.4.2012.
- 9 Sisäilman tekijät. 2004. Verkkodokumentti. Sisäilmayhdistys Ry. <http://www.sisailmayhdistys.fi/portal/terveelliset_tilat/sisailmasto/sisailman_tekijat/> Luettu. 3.4.2012.
- 10 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Suomen rakentamismääräyskoelma, osa D1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 11 Maakaasukäsikirja. 2010. Verkkodokumentti. Suomen kaasuyhdistys. <http://www.maakaasu.fi/sites/default/files/pdf/kasikirja/kasikirja_20110307.pdf> Luettu. 12.2.2012.
- 12 Holopainen, Rauno, Pasanen, Pertti, Railio, Jorma, Säteri, Jorma, Virranta, Petter. 2008. Ilmanvaihtojärjestelmän puhdistus ja tasapainotus. Keuruu. Opetushallitus.
- 13 RT-Kortti Bauer vedenkäsittelylaite. 2011. Verkkodokumentti. < <http://www.bauer-wt.com/docs/rt-kortti.pdf> > Luettu. 12.2.2012.
- 14 Harjalämmönsiirrintekniikka. 2012. Verkkodokumentti. <<http://www.hydrocell.fi/lammonsiirtimet/harjalaemmoensiirrintekniikka/>> Luettu. 11.3.2012.

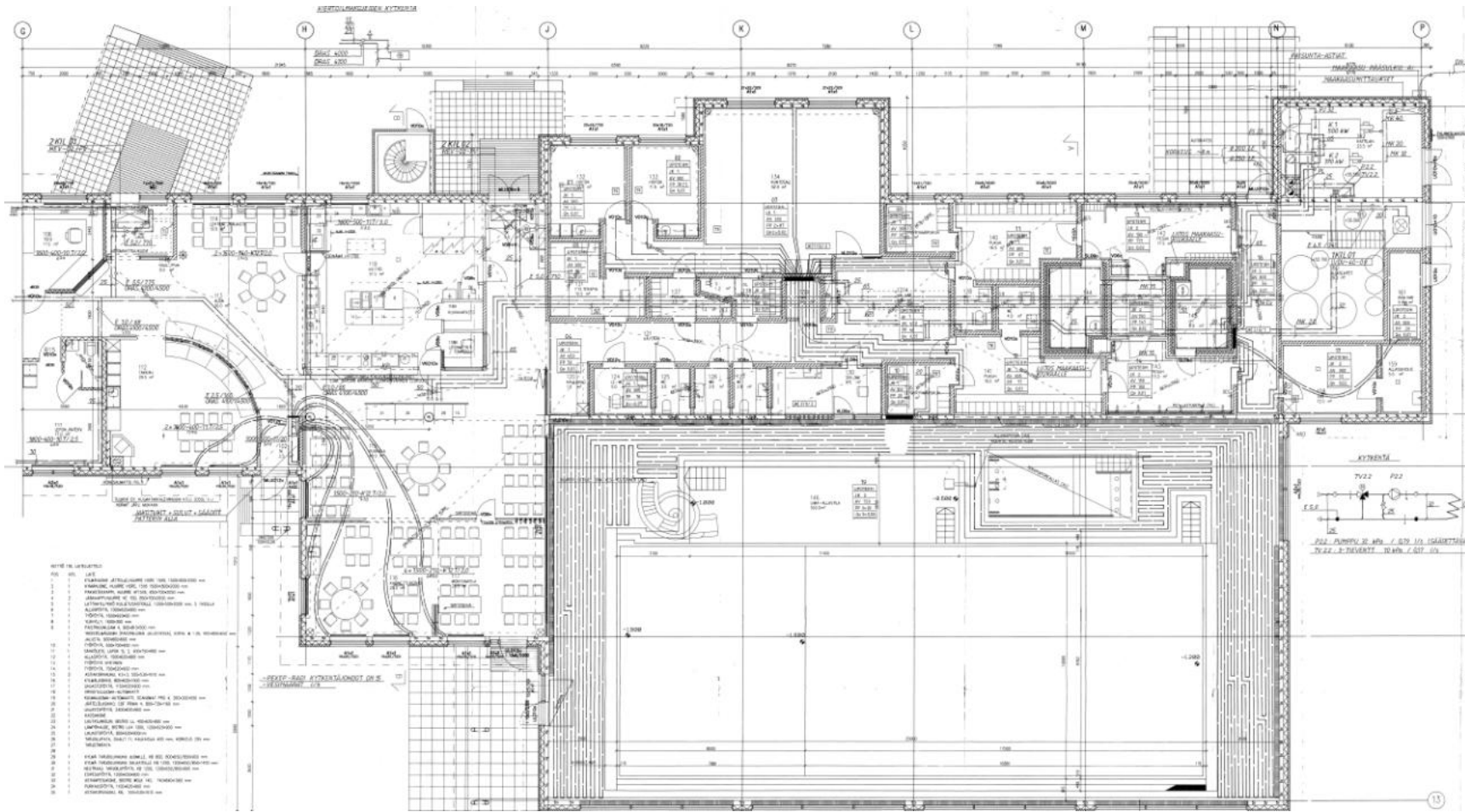
- 15 Auringosta lämpöä ja sähköä. 2009. Verkkodokumentti. Motiva Oy.
<http://www.motiva.fi/files/2220/AurinkoEnergia_www.pdf > Luettu.
19.2.2012.
- 16 Investoinnin laskenta. 2012. Verkkodokumentti. Yritys tulkki.
<http://www.yritystulkki.fi/files/yt22_investoinnin_laskenta_pls.pdf> Luettu.
8.2.2012.
- 17 Keinänen Mikko, 2012 Hydrocell Oy. Sähköpostikeskustelu. 4.5.2012.
- 18 Marjamäki_lampotilanpysyvyys_ja_lto_ver06122008-1.xls. 4.5.2012. Marjamäki,
excel taulukko.

Rakennuksen tekniset tiedot

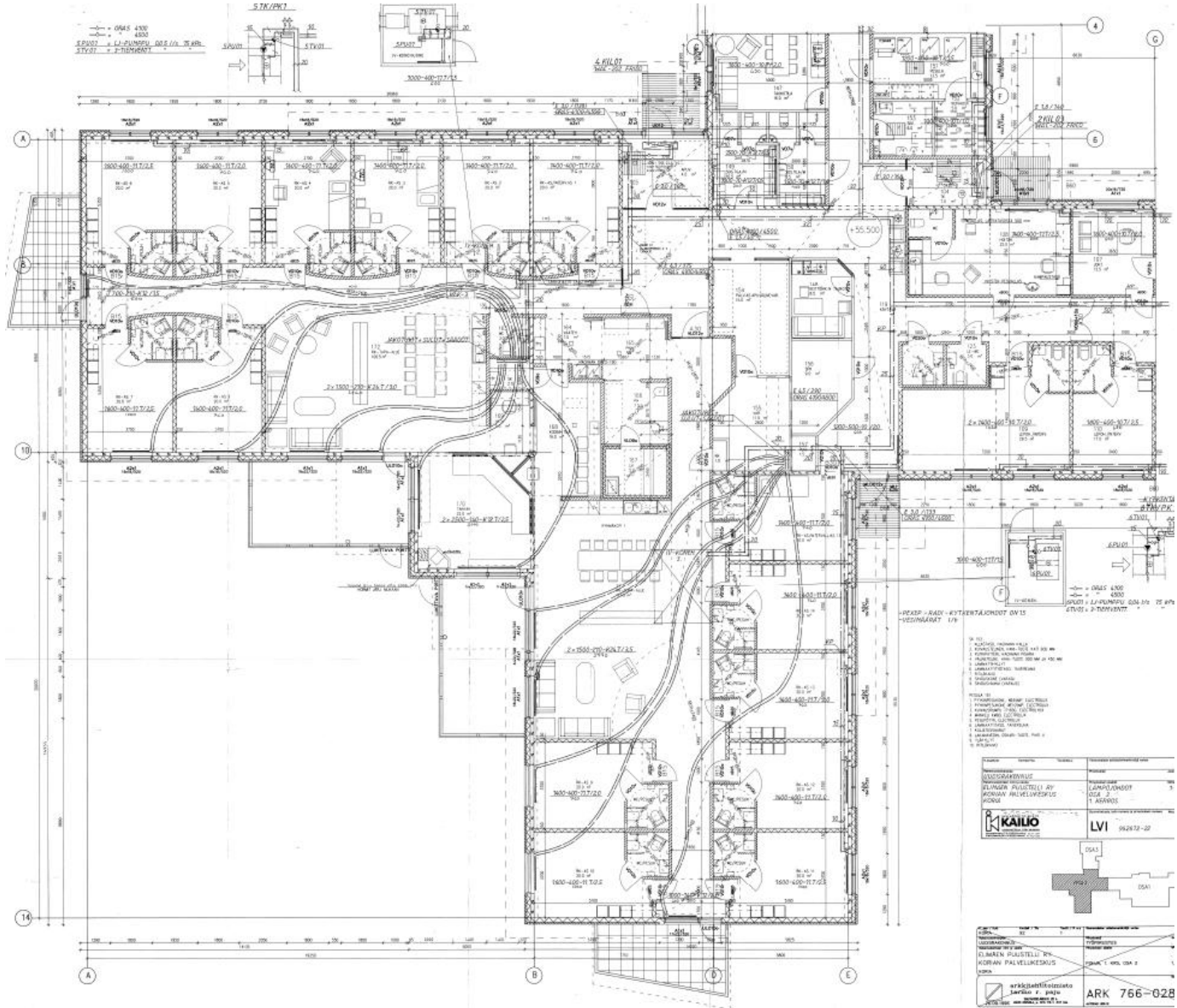
Korian palvelukeskus					
Kohteen tekniset tiedot					
Kiinteistö	Korian palvelutalo				
Osoite	Jaakkolankuja 4-6, 45610 Koria				
Rakennuksen käyttötarkoitus	Palvelutalo+uimahalli				
Rakennusvuosi	1998				
Asukkaita (henk)	30				
Henkilökuntaa	45				
Lämmitystapa	2kpl maakaasukattila vesikiertoinen patteri/lattialämmitys				
Ilmanvaihto	Koneellinen tulo ja poisto				
Laskennassa käytetty					
Ilmanvuotoluku q50 (m ³ /(h m ²))	4				
Ilmanvaihtuvuuskerroin kert/h	2,4				
		Uima-allastila +	Palvelukeskuksen	Uimahallin puoli +	Uimahallin puoli
Tilavuudet	Koko rakennus	huoltotila	puoli	muut tilat	yhteensä
Rakennuksen brutto ala (m ²)	3132	750	1938	444	1194
Rakennustilavuus (m ³)	15575	4880	8475	2220	7100
Ilmatilavuus lämpimät tilat (m ³)	13439	4148	7203,75	2087	6235
Huonekorkeus		-6500	-2800	3000	
Kerroskorkeus		-6500	3000	3500	
Pinta-alat	m ²	m ²	m ²	m ²	U-arvo
Ikkunapinta-ala yht m ²	366,3				1,8
Ikkunapinta pohjoinen	55,9	16,72	39,21	-	
Ikkunapinta etelä	66,3	3	63,3	-	
Ikkunapinta itä	153,7	99	50,54	4,14	
Ikkunapinta länsi	90,4	-	63,3	26,36	
Uiko-ovet m ²	56,8	2,3	41,6	12,88	1,8
Ulkoseinän ala m ²	1648,4	414,75	929	304,4	0,29
Alapohja(maanvastainen) m ²	156,5		1209		0,34
Alapohja (ryömintätilaan rajoittuva *1)	1859,8		136		0,34
Yläpohjan ala m ²	2016,3		1209		0,18
Ilmanvaihtojärjestelmä	m ³ /s	m ³ /h			
Tuloilma yhteensä	7,24	26064			
Poistoilma yhteensä	8,96	32256			

1 (4)

Rakennuksen pohjakuva 1krs, osa 1



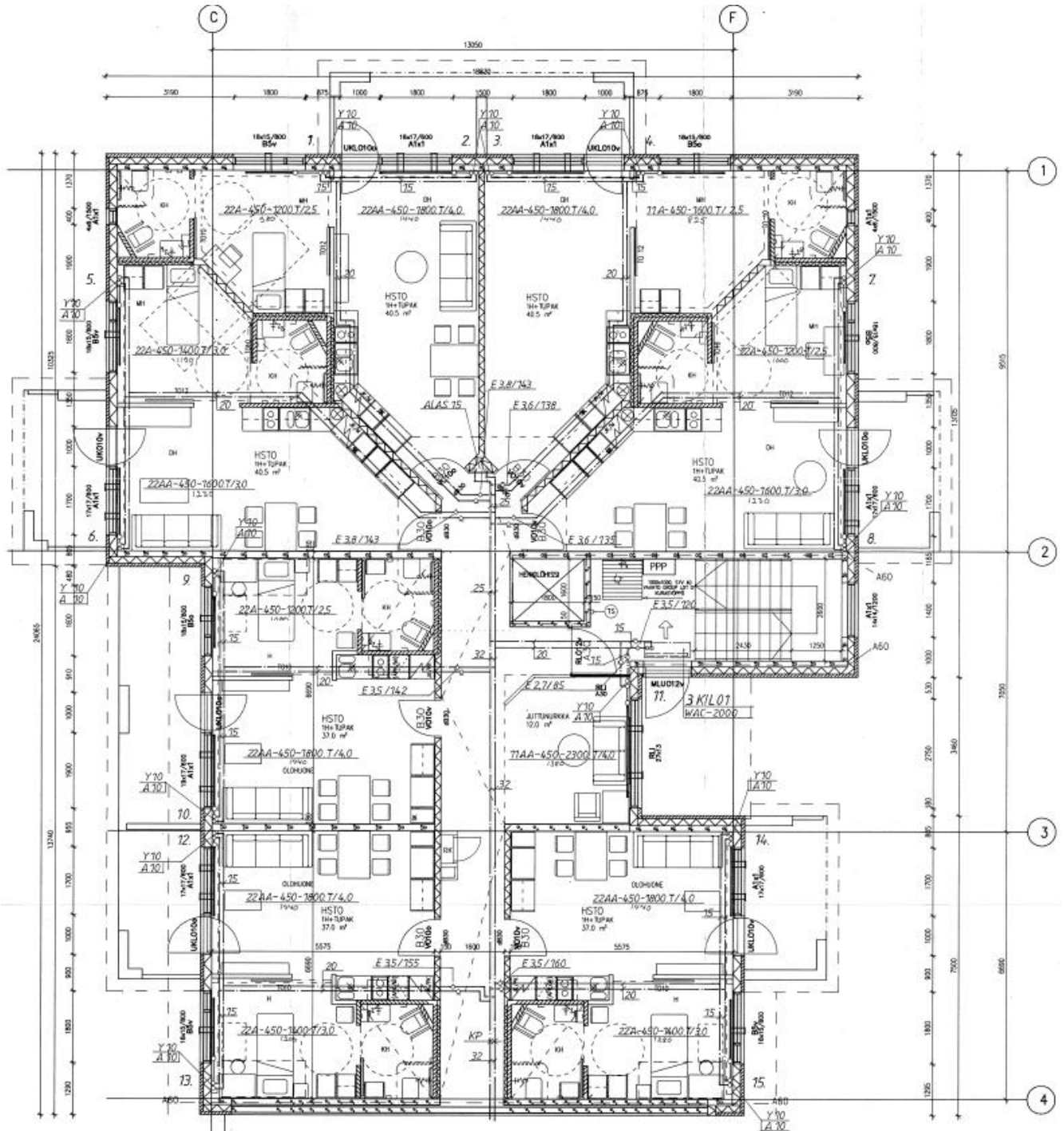
Rakennuksen pohjakuva 1krs, osa 2



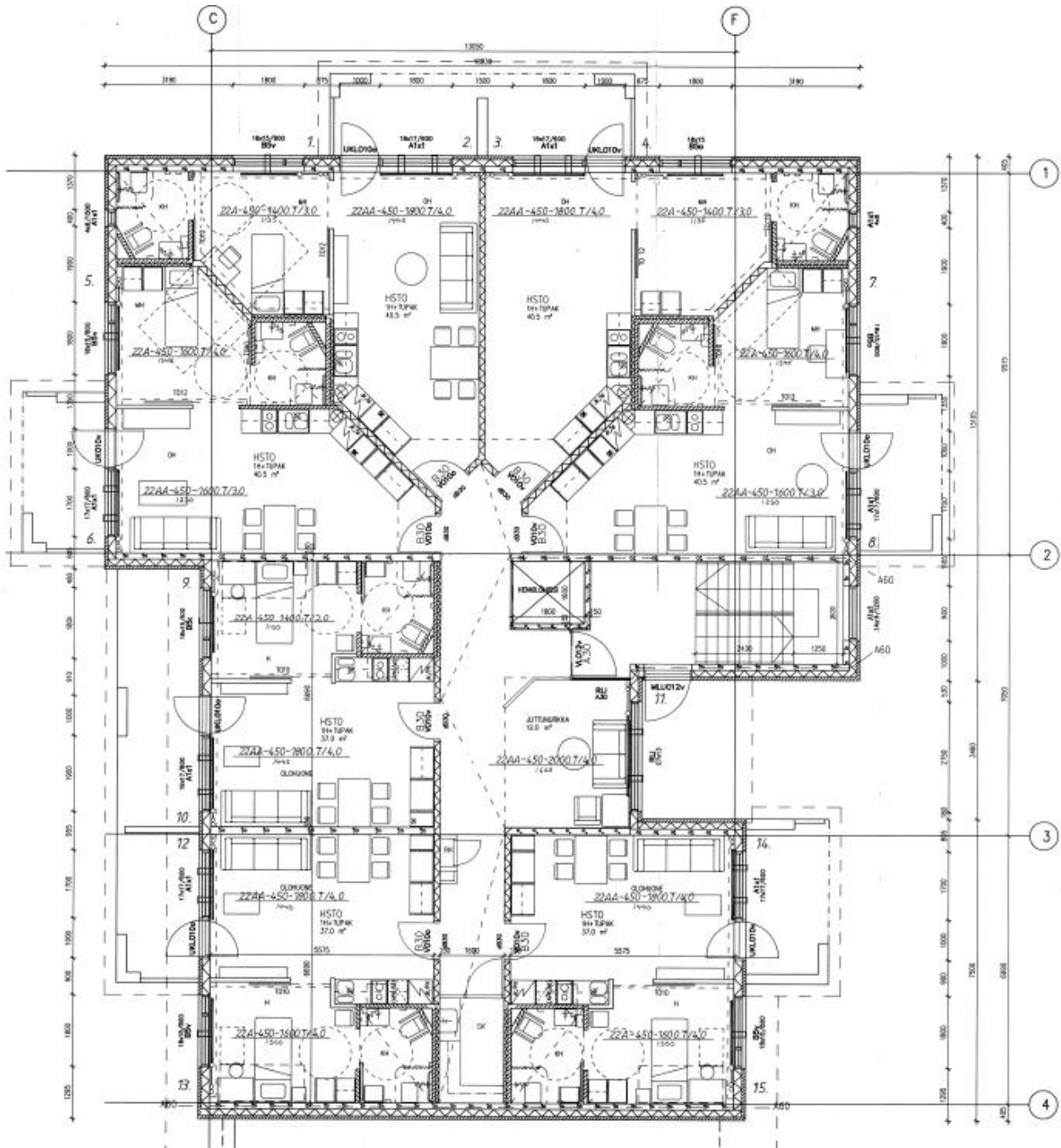
Project information and logos:

- Project name: **KAUKU**
- Client: **LVI**
- Project number: **99297-20**
- Architect: **ARK 766-028**

Rakennuksen pohjakuva 1 krs, osa 3



Rakennuksen pohjakuva 2 krs, osa 3



Ilmanvaihdon palvelualueet ja ilmavirrat

KONE	Palvelee	Ilmavirrat Tulo m ³ /s		Ilmavirrat Poisto m ³ /s	
		1/1	1/2	1/1	1/2
1TK/PK01	Uimahalli	2,7	1,35	2,8	1,4
2TK/PK01	Monitoimitilat	1,8	0,9	1,8	0,9
3TK	Keittiö	0,65	0,0325	-	-
4TK/PK01	Kunto/Sos.tilat	1,36	0,68	1,36	0,68
5TK/PK01	Ryhmäkodit etelä	0,38	0,18	0,31	0,155
6TK/PK01	Ryhmäkodit itä	0,35	0,175	0,33	0,165
Huiparit					
1PF02	Allaslaitetilat			0,25	0,15
2PF3	Pesulatilasiiv.tila			0,15	0,09
3PK	Keittiö			0,71	0,355
7PF2	alapohja			0,5	0,3
Kanavapuhaltimet					
2PF4	WC ja sähkötilat			0,1	
4PF02	WC:t uimahallin puoli wc:t			0,18	
5PF3	alapohja			0,097	
6PF2	alapohja			0,097	
7PF1	asunnot wc, palvelukeskus			0,46	0,3
Kiertoilmapuhaltimet					
3KIL01	TK-asunnot				
4KIL01	Ryhmäkodit				

Asukaskysely sekä asukaskyselyn tulokset

Käyttäjäkysely Korian palvelutalo

Tervehdys talon käyttäjät!

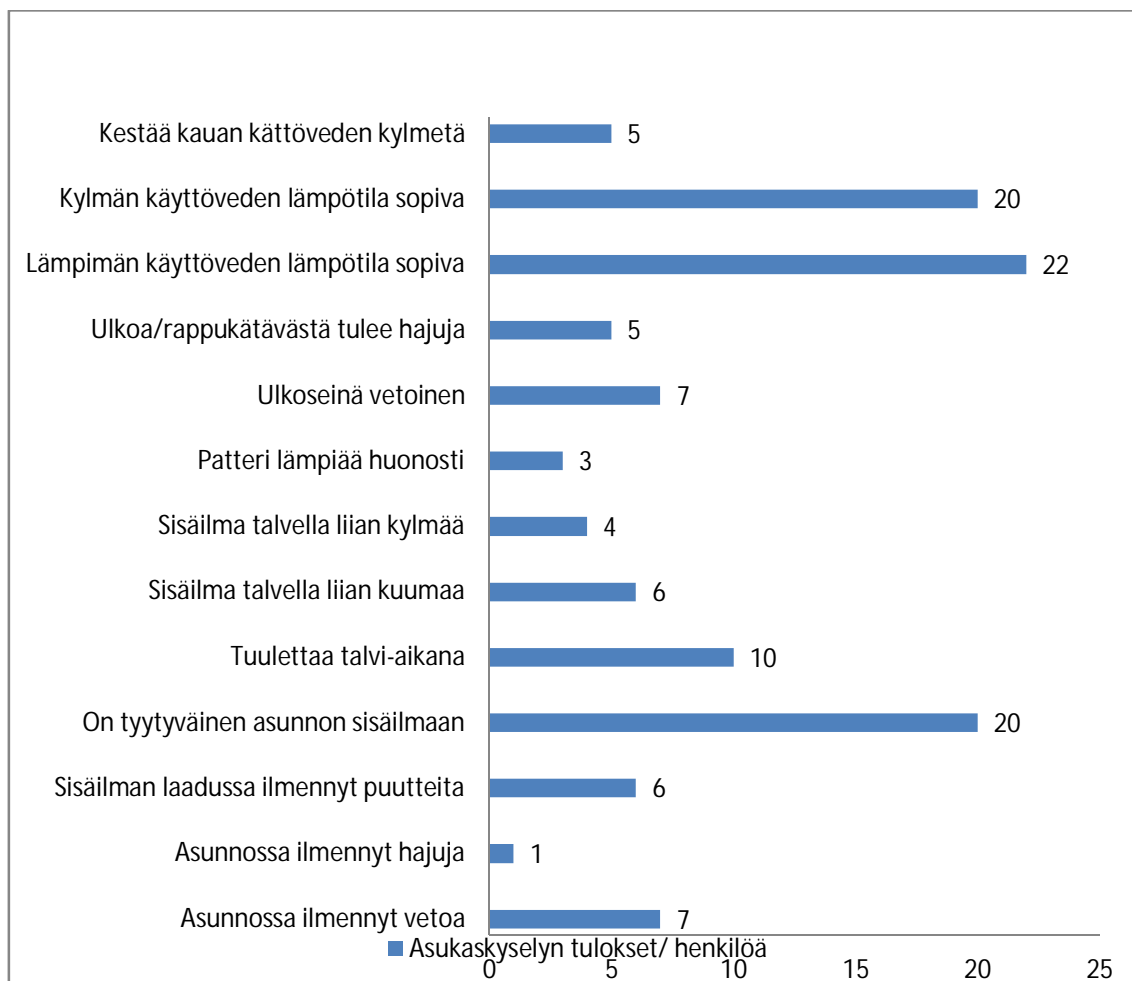
Suoritamme tutkimuksia Korian palvelutalon energiatehokkuuden ja sisäilman parantamisesta ja olisimme todella kiitollisia jos vastaisitte seuraaviin kysymyksiin. Lomakkeen voi palauttaa kahvilan henkilökunnalle.

Kiitos!

Sisäilma	Kyllä	EI
Onko asunnossanne ilmennyt vedontunnetta? Missä huoneissa ja missä kohdassa huonetta?		
Onko huoneilmassa ilmennyt hajuja? Millaisia?		
Onko sisäilman laadussa ilmennyt muita puutteita?		
Oletteko tyytyväinen asuntonne sisäilmaan		
Joudutteko tuulettamaan paljon talviaikaan		
Onko sisäilma talvella liian kuuma		
Onko sisäilma talvella liian kylmää		
Lämpeneekö joku patteri huonosti		
Onko joku ulkoseinistä kylmä tai vetinen		
Tuleeko ulkoa tai rappukäytävästä hajuja		
Onko asunnossa meluhaitta(Liikenne, tekniset laitteet)		
Asunnon wc, kylpyhuone sekä vesikalusteet		
Onko lämpimän käyttöveden lämpötila sopiva		
Onko kylmän käyttöveden lämpötila sopiva		

Terveisin Metropolian opiskelijat Antti & Lauri

Asukaskyselyn tulokset.



Huonelämpötilojen mittaus suunnitelma

Projektin nimi: Korian Palvelutalon lämpötilamittaukset

Mittaus suunnitelma

Sisältö

1. Huone lämpötilamittaukset	3
1.1. Mittausten suoritus	3
1.2. Mittalaitteet	3
1.3. Mittausolosuhteet	4
2. Mittaustulosten esittäminen	4
3. Mittausvirheet	5
4. Muuta huomioitavaa	5

1. Huone lämpötilamittaukset

1.1. Mittausten suoritus

Mittaukset suoritetaan SFS-standardien mukaan (SFS-5511) Lämpötilamittaukset tehdään mahdollisuuksien mukaan rakennuksen jokaisesta huoneesta, tai niin että saadaan käsitys koko rakennuksen toimivuudesta. Mittaustulokset kirjataan ylös.

Lämpötilamittaukset suoritetaan oleskeluvyöhykkeeltä tai jos sellaista ei ole tiedossa, mittaukset suoritetaan huoneen keskeltä. Oleskeluvyöhykkeellä tarkoitetaan normaalisti sitä huonetilan osaa, jonka alapinta rajoittuu lattiaan, yläpinta on 1,8m korkeudella lattiasta, ja sivupinnat 0,6 m etäisyydellä seinistä tai vastaavista kiinteistä rakennusosista. Lämpöolosuhteet mitataan pääasiallisesti oleskelupisteestä 1,1m korkeudelta lattiasta. Suuret huonetilat jaetaan osiin standardin SFS5511 mukaan. Lämpötilan kerrostumisen selvittämiseksi mitataan ilmanlämpötila samalta pystyviivalta 0,1m , 1m ja 1,7m korkeudelta lattiasta. Samat mittaukset suoritetaan haluttuihin tiloihin samana päivänä jotta saadaan vertailukelpoiset tulokset.

1.2 Mittalaitteet

Mittalaitteena ilmanlämpötilamittauksissa käytämme Teknocalor TSI Velocicalc mittaria. Mittari on kalibroitu viimeksi vuonna --- . Mittauksissa vältämme lämpösäteilyn aiheuttamia mittavirheitä. Anturin mittapää on kiilloitettua metallia, joten säteily suoja ei tarvita. Mittarin annetaan asettua arvoonsa 30 sekuntia jokaisessa mittapisteessä, jotta saadaan tarkka tulos. Mittauksen epätarkkuus saa olla enintään +/- 1 Celsiusta. Kaikkien mittauksien lähtövaatimuksena voidaan pitää käyttötarkoitukseen sopivaa ja kalibroitua mittauslaitteistoa (LVI laitosten mittaukset, LVI 014-10290. 1999).

1.3 Mittausolosuhteet

Mittaukset tulee suorittaa rakennuksen normaaleissa olosuhteissa. Ilmastointi tulee olla normaalikäytöllä. Ulkolämpötila ei saa olla alle paikkakunnan mitoittavan ulkolämpötilan, mutta vuorokauden keskilämpötilan oltava alle +5 C. Huoneita ei saa tuulettaa ennen mittauksia, eikä muitakaan lämpötilaan poikkeavasti vaikuttavia toimenpiteitä saa suorittaa ennen mittauksia. Jos mitattavissa huoneissa oleskelee ihmisiä, kirjataan henkilöiden lukumäärä ylös.

2. Mittaustulosten esittäminen

Tulosten raportointi suunnitellaan niin, että saaduista tuloksista voidaan tehdä tarvittavat johtopäätökset.

Mittauspöytäkirjassa esitetään vähintään seuraavat tiedot:

- Mittausajankohta
- Mittauspaikka
- Mittaaja ja mittauksen valvoja
- Käytetyt mittausmenetelmät ja laitteet
- Sääolosuhteet
- Tarvittaessa selvitys mittaukseen vaikuttavista häiriöistä

3. Mittausvirheet

Mittauksen kokonaisvirhe koostuu mittarin, mittaustavan ja lukemavirheestä. Mittauksen kokonaisvirherajoina eli mittaustarkkuutena voidaan suositella seuraavia arvoja:

- ilman lämpötila $\pm 0,7$ °C
- operatiivinen lämpötila $\pm 1,0$ °C
- pintalämpötila $\pm 1,0$ C
- ilman kosteus ± 5 %
- ilman nopeus
 $\pm 0,05$ m/s, kun nopeus $\leq 0,5$ m/s
 ± 10 %, kun nopeus $\leq 0,5$ m/s

Koska mittarimme on digitaalinen, voimme unohtaa lukemavirheen.

4. Muuta huomioitavaa

- Lämpötilan kerrostuminen on suurimmillaan lämmittimien, jäähdyttimien, lämmöntalteenottolaitteiden ja sekoitusosien jälkeen.
- Lämpötilan mittausta ilmassa, jossa esiintyy pisaroina sumuna olevaa kosteutta tulee välttää.
- Olosuhteiden (lämpötila, kosteus, virtausnopeus) ajalliset vaihtelut vaativat rekisteröivää mittausta.
- Kerrostaloja mitattaessa on päätyhuoneistot ja ylimmät kerrokset aina mitattava
- Jokaisesta kerroksesta ja säätövyöhykkeestä valittava aina vähintään yksi mitauskohde

Ilmavirtojen mittaus suunnitelma

Projektin nimi: Korian Palvelutalon ilmavirtojen

Mittaus suunnitelma

Sisältö

1. Ilmavirtojen mittaus	3
1.1. Mittausten suoritus	3
1.2. Mittalaitteet	3
1.3. Mittausolosuhteet	3
2. Mittaustulosten esittäminen	4
3. Mittausvirheet	4
4. Muuta huomioitavaa	4

1. Ilmavirtojen mittaus

1.1. Mittausten suoritus

Mittaukset suoritetaan SFS-standardien mukaan (SFS-5512) Ilmavirtausmittaukset tehdään mahdollisuuksien mukaan rakennuksen jokaisesta huoneesta, tai niin että saadaan käsitys koko rakennuksen toimivuudesta. Mittaustulokset kirjataan ylös.

Ilmavirtamittaukset suoritetaan kaikille rakennuksen koneellisille ilmavirroille. Mittauksissa mitataan kaikkien ilmanvaihtokoneiden ilmavirrat ja päätelaitteiden ilmavirrat.

1.2 Mittalaitteet

Mittalaitteena ilmavirtamittauksissa käytämme Teknocalor TSI Velocicalc mittaria. Mittari on kalibroitu viimeksi vuonna --- . Tulo ja poistoilma päätelaitteilta mitataan ilmavirta paine-eromittarilla, jossa on lisävarusteena pääte-elimien asennon mittausvälineet. Kanavistosta mitattavat ilmavirrat mitataan samalla mittarilla ilman nopeudesta.

1.3 Mittausolosuhteet

Mittaukset tulee suorittaa rakennuksen normaaleissa olosuhteissa. Ilmastointi tulee olla normaalikäytöllä. Jos ulkolämpötila alittaa paikkakunnan mitoituslämpötilan, tai jos tuulen nopeus ylittää rakennuksen ympäristössä 10 m/s niin sääolosuhteiden vaikutus mittauksiin on suuri. Mittaukset on syytä silloin siirtää seuraavaan ajankohtaan.

2. Mittaustulosten esittäminen

Tulosten raportointi suunnitellaan niin, että saaduista tuloksista voidaan tehdä tarvittavat johtopäätökset.

Mittauspöytäkirjassa esitetään vähintään seuraavat tiedot:

- Mittausajankohta
- Mittauspaikka
- Mittaaja ja mittauksen valvoja
- Käytetyt mittausmenetelmät ja laitteet
- Ulkolämpötila
- Ilmanpaine
- Tuulennopeus ja suunta
- Tarvittaessa selvitys mittaukseen vaikuttavista häiriöistä

3. Mittausvirheet

Mittaus virheet saattavat muodostua mittauslaitteiden käytöstä tai laitteen lukutavasta. Pääte-elimien mittaus menetelmän epätarkkuus on noin 5 % jos mittausolosuhteet ja tuntoelimen paikka on tarkoin määritelty. Muussa tapauksessa se on noin 10-15 %.

4. Muuta huomioitavaa

- Päätelaitteiden mallit tulee olla tiedossa.
- Päätelaitteiden valmistajien ilmavirtataulukot
- Mittareita on osattava käyttää
- IV-piirustukset, joissa näkyvät huonekohtaiset ilmavirrat
- IV-koneiden kokonaisilmavirrat tulee olla tiedossa

Päätelaitteiden mitatut ilmavirrat.

Päätelaitteiden ilmavirrat Korja											
Kerros	Osa	Huone	Palveleva kone	Ilmavirrat l/s Tulo		Ilmavirrat l/s Poisto		Suhteessa suun. %	k-arvo	paine-ero Pa	Päätelaitte venttiilimalli
				Suunnitelmalliset	Mitattu	Suunnitelmalliset	Mitattu				
		POISTOT									
1	1	Hoituhuone	4TK/PK01			40	11,2	0,28	2,72	17	URH200
1	1	Fysioterapiahuone	4TK/PK01			50	17,1	0,34	4,93	12	URH200
1	1	ryhmäpukuhuone kaappi	4TK/PK01			16	6,2	0,39	1,8	12	PRA-100
1	1	pesuhuone suihkuh.	4TK/PK01			30	9,9	0,33	3,49	8	URH160
1	1	käytävän WC	4PF02			30	2,9	0,10	0,65	20	URH125
		TULOT									
1	1	ruokala-pesuh käytävä	4TK/PK01	34	27,0			0,79	5,3	26	TKB
1	1	ruokala-pesuh käytävä	4TK/PK01	34	22,5			0,66	5,3	18	TKB
1	1	ruokala-pesuh käytävä	4TK/PK01	34	26,0			0,76	5,3	24	TKB
1	1	ryhmäpukuhuone	4TK/PK01	16	38,4			2,40	5,6	47	REL100
1	1	ryhmäpukuhuone	4TK/PK01	65	48,6			0,75	8,1	36	REL160
1	1	pesuhuone suihkuh.	4TK/PK01	45	35,3			0,78	8,1	19	REL160
		POISTOT									
1	2	Hoituhuone WC	4TK/PK01			20	10,5	0,52	2,35	20	URH125
1	2	Hoituhuone	2TK/PK01			17,5	19,7	1,12	2,29	74	URH125
1	2	Hoituhuone	2TK/PK01			17,5	19,5	1,12	2,29	73	URH125
1	2	Hoituhuone(ulksein.)	2TK/PK01			20	24,4	1,22	2,23	120	URH125
1	2	Lepuhuone	2TK/PK01			20	20,0	1,00	2,2	83	URH125
1	2	Lepuhuone WC	2PF4			20	16,2	0,81	1,737	87	URH125
1	2	LE WC	2PF4			30	22,3	0,74	4,37	26	URH160
1	2	LE WC	2PF4			30	25,9	0,86	4,37	35	URH160
1	2	keittiön hk:n taukotila	2TK/PK01			22,5	22,9	1,02	3,14	53	URH125
1	2	keittiön hk:n taukotila	2TK/PK01			22,5	20,6	0,92	3,14	43	URH125
1	2	SPK	2TK/PK01			30	27,2	0,91	3,57	58	URH160
1	2	Sos.tila N WC	7PF1			15	11,6	0,77	3,66	10	URH125
1	2	RK AS. WC (13)	7PF1			15	17,7	1,18	2,73	42	URH125
1	2	RK AS (13)	6TK/PK01			10	16,5	1,65	2,52	43	URH125
1	2	RK AS. WC(12)	7PF1			15			3,77	?	URH125
1	2	RK AS. (12)	5TK/PK01			10			2,21	?	URH125
1	2	RK AS. (15)	6TK/PK01			15	21,2	1,42	2,52	71	URH125
1	2	RK AS. (15)	6TK/PK01			10	19,3	1,93	2,228	75	URH125
1	2										
1	2	TULOT									
1	2	Hoituhuone	2TK/PK01	37,5	35,0			0,93	5,6	39	REL125
1	2	Hoituhuone	2TK/PK01	37,5	34,5			0,92	5,6	38	REL125
1	2	Lepuhuone	2TK/PK01	15	14,8			0,99	3,6	17	OKE100
1	2	Lepuhuone	2TK/PK01	15	7,2			0,48	3,6	4	OKE100
1	2	Käytävä	2TK/PK01	75	44,8			0,60	22,4	4	AFA160/PRA 160
1	2	Käytävä	2TK/PK01	75	50,1			0,67	22,4	5	AFA160/PRA 160
1	2	keittiön hk:n taukotila	2TK/PK01	50	40,5			0,81	8,1	25	REL160
1	2	Sos.tila N	2TK/PK01	70	54,6			0,78	19,3	8	AFA160/PRA 160
1	2	Ryhmäkodit käytävä	5TK/PK01	73,3	105,1			1,43	22,4	22	AFA160/PRA 160
1	2	RK AS. (11)	5TK/PK01	20	13,9			0,70	3,6	15	OKE100
1	2	RK AS.(13)	6TK/PK01	20	14,4			0,72	3,6	16	OKE100
1	2	Ryhmäkodit käytävä	6TK/PK01	73,3	62,6			0,85	14	20	AFA160/PRA 160
1	2	RK AS(15)	6TK/PK01	10	11,9			1,19	3,6	11	OKE100
1	3	POISTOT									
1	3	HSTO(19)	7PF01			15	4,4	0,29	1,8	6	URH125
1	3	HSTO(20)	7PF01			15	3,5	0,23	2	3	URH125
1	3										
		POISTOT	7PF01								
2	3	HSTO(21)	7PF01			15	2,0	0,13	1,95	1	URH125
2	3	HSTO(22)	7PF01			15	2,6	0,17	1,85	2	URH125
2	3										
2	3							keskiarvo			
								0,83			

Ilmanvaihtokoneiden mitatut kokonaisilmavirrat.

KONE	Palvelee	Suunn. Ilmavirrat Tulo m ³ /s		Mitatut Ilmavirrat Tulo m ³ /s		Suun./Mit. Erotus %	
		1/1	1/2	1/1	1/2	1/1	1/2
1TK/PK01	Uimahalli	2,7	1,35	2,34	1,25	0,87	0,93
2TK/PK01	Monitoimitilat	1,8	0,9	1,65	0,94	0,92	1,04
3TK	Keittiö	0,65	0,0325	0,52	0,15	0,80	4,62
4TK/PK01	Kunto/Sos.tilat	1,36	0,68	1,16	1	0,85	1,47
5TK/PK01	Ryhmäkodit etelä	0,38	0,18	0,34	0,12	0,89	0,67
6TK/PK01	Ryhmäkodit itä	0,35	0,175	0,27	0,08	0,77	0,46
KONE	Palvelee	Suunn. Ilmavirat Poisto m ³ /s		Mitatut Ilmavirat Poisto m ³ /s		Suun./Mit. Erotus %	
		1/1	1/2	1/1	1/2	1/1	1/2
1TK/PK01	Uimahalli	2,8	1,4	1,71	1,09	0,61	0,78
2TK/PK01	Monitoimitilat	1,8	0,9	1,87	0,872	1,04	0,97
3TK	Keittiö	-	-	-	-	-	-
4TK/PK01	Kunto/Sos.tilat	1,36	0,68	0,59	0,49	0,43	0,72
5TK/PK01	Ryhmäkodit etelä	0,31	0,155	0,05	0,02	0,16	0,13
6TK/PK01	Ryhmäkodit itä	0,33	0,165	0,272	0,077	0,82	0,47

VTT:n tutkimusselostus elysaattori vedenkäsittelylaitteesta.



TUTKIMUSSELOSTUS NRO VTT-S-07951-10

1 (6)

Tilaja	IWTF Oy Heikki Puurula Hakakatu 7 20540 Turku
Tilaus	Heikki Puurula, sähköposti 6.10.2010
Yhteyshenkilö	VTT Expert Services Oy Tapio Klasila PL 1001 02044 VTT Puh. 020 722 5317 Faksi 020 722 7026 Sähköposti tapio.klasila@vtt.fi

Tehtävä Elysaattorin vaikutus suljetun jäähdytysverkoston veden kemialliseen koostumukseen.

Elysaattori asennettiin todelliseen käyttöympäristöön. Käyttöympäristöksi valittiin ilmanvaihdon jäähdytysjärjestelmä. Järjestelmään oli lisätty aiemmin molybdeenipitoista inhibiittia, jota ei huuhdeltu pois. Elysaattori asennettiin tilaajan toimesta ja kaikki elysaattoria koskevat mitoitus- ja kunnan seuranta tehtiin tilaajan toimesta. VTT toteutti vesinäytteiden oton ja analysoinnit.

Näytteet **Vesi ja saostumanäytteet IV-jäähdytysjärjestelmästä**

Ennen näytteenottoa jäähdytysjärjestelmän kaikki venttiilit avatiin manuaalisesti, niin että koko järjestelmä kiersi vähintään 12 tuntia ennen näytteenottoa.

Vesinäyteenottoa varten tehtiin erillinen yhde putkistoon virtaussuunnassa ennen elysaattorin ohivirtausliitäntää. Näytteet otettiin näytteenottoyhteeseen kiinnitettyllä silikoniletkulla. Kunkin tarkastelujakson aikana elysaattoriin kertynyttä saostumaa seurattiin tyhjennysventtiiliin kertyneen kiintoaineksen avulla.

Näytteenottoajankohdat olivat

0 kk	8.4.2011	Vesinäytteet alkutilanteesta ennen elysaattoria
1 kk	5.5.2011	Vesinäytteet ja saostuma elysaattorista
3 kk	6.7.2011	Vesinäytteet ja saostuma elysaattorista
6 kk	11.10.2011	Vesinäytteet ja saostuma elysaattorista

Tutkimusten suoritus ja tulokset

Happipitoisuus, pH, johtokyky ja redox

Happipitoisuus mitattiin näytteenoton yhteydessä kannettavalla analysaattorilla. Johtokyky, pH ja redox mitattiin laboratoriossa elektrodeilla. Tulokset on esitetty sivun 5 taulukossa 1.

Alkaliniteetti ja bikarbonaatti

Alkaliniteetti analysoitiin menetelmän SFS-EN ISO 9963-1 mukaisesti ja bikarbonaatti menetelmän ISO R 741 mod. mukaisesti. Tulokset on esitetty sivun 5 taulukossa 1

Anaerobiset ja aerobiset bakteerit

Mikrobiviljelyt tehtiin sekä suodattamalla (100 ml ja 10 ml) että laimennussarjasta tehdyillä pintalevityksillä Plate Count Agarille (PCA). Näytteet käsiteltiin 5 min inaktiivointiliuoksella. Näytteitä inkuboitiin +30 °C lämpökaapissa 3 d sekä aerobisesti että anaerobisesti, jonka jälkeen pesäkkeitä muodostaneet yksiköt (pmy) laskettiin millilitraa kohden. Tulokset on esitetty Sivun 5 taulukossa 1.

Kloridi ja sulfaatti

Vesinäytteiden kloridi- (Cl^-) ja sulfaattipitoisuudet (SO_4^{2-}) analysoitiin ionikromatografisesti (IC). Tulokset on esitetty sivun 6 taulukossa 1

Alkuaineanalyysit

Vesinäytteiden rauta-, kupari-, kalsium-, magnesium-, pii- ja molybdeenipitoisuudet analysoitiin ICP-AES tekniikalla ja kaliumpitoisuudet atomiabsorptiospektrometrisesti liekkitekniikalla. Tulokset on esitetty sivun 6 taulukossa 2

Poistuvan saostuman puolikvantitatiivinen röntgenfluoresenssianalyysi

Saostumavesinäytteet dekantoiitiin ja erotettujen saostumien alkuainekoostumukset määritettiin käyttäen Philips PW2404 röntgenspektrometriä ja puolikvantitatiivista SemiQ-ohjelmaa. Näytteistä määritettiin fluori (F) ja sitä raskaammat alkuaineet lukuun ottamatta jalokaasuja, yhteensä 79 alkuainetta. Menetelmän määrittäysraja on luokkaa 0,01 %. Analyysitulokset on esitetty taulukossa 3, sivulla 6. Alkuaineet, joita ei ole lueteltu tulostaulukossa ovat pitoisuudeltaan alle määrittäysrajan.

Yhteenveto tuloksista

Happipitoisuus, pH, johtokyky ja redox

Kukin mitattava suure parani kokeen aikana korroosiosuojan kannalta tarkasteltuna. Happipitoisuus laski lähtöarvosta 0,6 mg/l arvoon 0,3 mg/l. 3 kk kohdalla happipitoisuuden mittausta häiritsti mahdollisesti inhibiitin aiheuttama kuohuminen. Kokonaiskuvana happipitoisuus säilyi hyvällä tasolla. pH nousi arvosta 8,8 arvoon 10,1. Kokonaishapettavuutta kuvaava Redox laski 290:stä arvoon 50.

Alkaliniteetti ja bikarbonaatti

Alkaliniteetissa ja bikarbonaatissa ei havaittu selvää muutostrendiä.

Anaerobiset ja aerobiset bakteerit

Bakteerien määrissä ei ole havaittavissa merkittävää muutostrendiä.

Kloridi ja sulfaatti

Kloridien ja sulfaattien pitoisuudet eivät muuttuneet.

Liuenneet rauta-, kupari-, kalsium-, magnesium-, pii- ja molybdeenipitoisuudet

Rauta- ja kalsiumpitoisuudet laskivat kokeen aikana. Myös piipitoisuudessa todettiin vähäisempi alentuma. Magnesiumpitoisuuden nousu johtuu elysaattorin magnesiumanodin liukenemisestä. Muiden määritettyjen alkuaineiden pitoisuuksissa ei havaittu merkittävää muutosta, tosin liennuttua kuparia vedessä ei ollut alkutilanteessakaan.

Poistuva saostuma

Poistuvan saostuma oli pääpiirteissään kalsium- ja rautapitoista saostumaa. Lisäksi on havaittavissa vähäisempänä määränä, mutta kokeen edessä lisääntyen, alumiini-, sinkki- ja rikkipitoisen saostuman poistumista. Elysaattorin anodista liukenevan magnesiumin ei havaittu lisääntyneen saostumassa. Saostumien molybdeenipitoisuus kasvoi hieman kokeen aikana. Korreloivaa liuenneen molybdeenin vähenemistä ei havaittu, joten on todennäköistä, että poistuva molybdeeni on ollut putkistossa saostumana.

Johtopäätökset

Kokonaisuudessaan järjestelmässä tapahtuneet muutokset olivat positiivisia. Erityisesti pH:n nousu, redoxin lasku ja happipitoisuuden lasku ovat vähentämässä hapettavaa korroosiota putkistossa. Lisäksi jäädytysjärjestelmän toimivuuden kannalta on positiivista, että yleiset kalsium- ja rautapitoiset saostumat poistuvat järjestelmästä. Jalompien partikkelimaisten metallien, kuten kupari, poistuminen putkistosta on vähentämässä osaltaan rautaputkiston pistekorrosioriskiä. Elysaattorin toiminnan kannalta keskeinen magnesiumanodi on toivotusti liennut veteen, joka näkyi liunneen magnesiumin kasvuna. Poistuneen saostuman magnesiumipitoisuus ei kasvanut kokeessa.

Tilaaajan kanssa on sovittu, että koejärjestelyä jatketaan pitkäaikaisemmalla seurannalla niin, että tehdyt analyysit uusitaan vielä 18 kk kuluttua kokeen aloituksesta.

Espoo, 16.12.2011



Tapio Klasila
Tiimipäällikkö



Markku Honkala
Tiimipäällikkö

JAKELU

Tilaaaja
Arkisto

Alkuperäinen
Alkuperäinen

Taulukko 1. Veden ominaisuuksiaulukko

Näyte	Linennut happi, mg/l 3 rinnak ka	pH	Johhtokyky, mS/m (µS/cm)	Redox (E _H), mV	Alkaliniteetti, mmol/l	Bikarbonaatti, g/l	Aerobiset bakteerit pmy/ml	Anaerobiset bakteerit pmy/ml	kloridi, Cl ⁻ , mg/l	Sulfaatti SO ₄ ²⁻ , mg/l
0 kk 08.04.2011 alkutilanne	0,61	8,8	59,8 (598)	292	4,9	0,15	1900	ei hav. (<0,01)	6,4	25
1 kk 05.05.2011	0,45	9,0	60,1 (601)	140	4,9	0,13	6300	0,15	6,1	26
3 kk 06.07.2011	0,83 (vaahdot)	9,7	59,8 (598)	101	5,0	0,45	1190	0,39	6,5	26
6 kk 11.10.2011	0,29	10,1	58,7 (587)	47	5,0	Ei hav	9880	0,04	6,1	26

Taulukko 2. Vesinäytteen alkuainepitoisuudet

Alkuaine	0 kk alkutilanne	1 kk 05.05.2011	3 kk 06.07.2011	6 kk 11.10.2011
Rauta (Fe), mg/l	1,4	1,1	0,53	0,29
Kupari (Cu), mg/l	<0,3	<0,3	<0,3	<0,3
Kalium, (K), mg/l	2,2	2,2	2,1	2,0
Kalsium (Ca), mg/l	24	21	14	8,7
Magnesium (Mg), mg/l	1,6	4,9	11	16
Pii (Si), mg/l	1,4	1,4	1,2	1,0
Molybdeeni (Mo), mg/l	160	160	150	160

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tulkittuilla näytillä
 VTT Expert Services Oy:n tai VTT:n nimen käyttäminen missään muuessa muodossa mainoksessa tai tämän selostuksen osittainen
 julkaiseminen on sallittu vain VTT Expert Services Oy:stä saadun kirjallisen luvan perusteella.

Taulukko 3. Puolikvantitatiivisen röntgenfluoresenssianalyysin tulokset elysaattorin alta poistuneesta saostumasta (%).

Alkuaine	1 kk 05.05.2011 saostuma	3 kk 06.07.2011 saostuma	6 kk 11.10.2011 saostuma
Fluori, F	-	2,2	-
Natrium, Na	0,20	0,37	0,15
Magnesium, Mg	1,4	0,83	1,4
Alumiini, Al	0,28	0,63	1,0
Pi, Si	1,6	7,9	4,9
Fosfori, P	0,03	0,04	0,09
Rikki, S	0,06	0,13	1,9
Kloori, Cl	0,03	0,02	0,04
Kalium, K	0,03	0,22	0,16
Kalsium, Ca	22	33	9,7
Titaani, Ti	1,0	3,8	1,2
Kromi, Cr	0,19	0,11	0,08
Mangaani, Mn	0,36	1,8	0,55
Rauta, Fe	24	14	36
Nikkeli, Ni	-	0,03	0,06
Kupari, Cu	0,81	0,77	7,3
Sinkki, Zn	0,01	0,11	0,47
Strontium, Sr	0,01	0,02	-
Zirkonium, Zr	-	0,03	-
Molybdeeni, Mo	0,48	0,68	0,72
Lyijy, Pb	0,43	-	-
Barium, Ba	-	-	0,05

"-" Pitoisuus on alle määrittäysrajan.

Tutkimustulokset pätevät ainoastaan tulkituille näytteille VTT Expert Services Oyn tai VTT:n nimen käyttäminen missään muuossa mainoksissa tai tämän selostuksen osittainen julkaiseminen on sallittu vain VTT Expert Services Oy:itä saadun kirjallisen luvan perusteella.

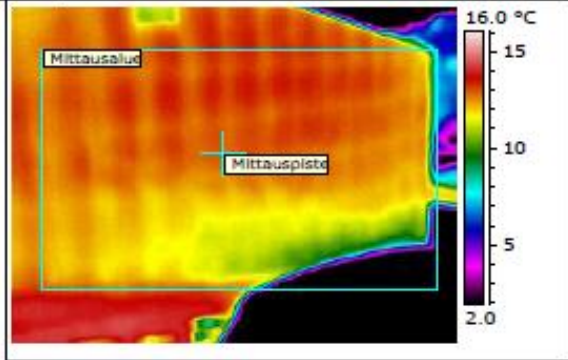

Ilmanvaihtokoneiden käyntiaikojen ehdotetut muutokset.

		Nykyiset käyntiajat																	
KONE	Palvelee	Käyntiaika 1/1 teho								Käyntiaika 1/2 teho									
		Käynnist.	Pysäht.	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su	Käynnist.	Pysäht.	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su
1TK/PK01	Uimahalli	4:00	23:00	x	x	x	x	x			0:00	0:00	x	x	x	x	x	x	x
2TK/PK01	Monitoimitilat	6:00	8:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00	x	x	x	x	x	x	x
		11:00	16:30	x	x	x	x	x											
		21:00	23:00	x	x	x	x	x											
3TK/PK	Keittiö	5:30	19:00	x	x	x	x	x	x		5:30	23:00	x		x		x		
		8:30	11:30							x	x	6:30	23:00	x		x		x	x
		21:00	22:00	x	x	x	x	x											
4TK/PK01	Kunto/Sos.tilat	7:00	22:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
5TK/PK01	Ryhmäkodit etelä	7:00	22:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
6TK/PK01	Ryhmäkodit itä	6:00	16:00	x	x	x	x	x			0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
		6:00	8:00							x	x								
		12:00	14:00							x	x								
		18:00	19:00	x	x	x	x	x	x	x	x								
		21:00	22:00	x	x	x	x	x	x	x	x								
Huiparit																			
1PF02	Allaslaitetilat	6:00	22:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
2PF3	Pesulatilat/siiv.tilat	7:00	17:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
2PF4	WC ja sähkötilat	0:00	14:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00:00							
4PF02	WC:t uimahallin puoli wc:t	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x									
5PF3	alapohja	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x									
6PF2	alapohja	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x									
7PF1	asunnot wc, palvelukeskus	6:00	8:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
		9:00	12:00	x	x	x	x	x	x	x									
		16:00	18:00	x	x	x	x	x	x	x									
		20:00	22:00	x	x	x	x	x	x	x									
7PF2	alapohja	7:00	23:00	x	x	x	x	x	x	x	0:01	23:59	x	x	x	x	x	x	x

		Uudet käyntiajat																	
KONE	Palvelee	Käyntiaika 1/1 teho							Käyntiaika 1/2 teho										
		Käynn	Pysäht.	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su	Käynnist	Pysäht.	Ma	Ti	Ke	To	Pe	La	Su
1TK/PK01	Uimahalli	6:00 10:00	21:30 17:00	x	x	x	x	x			0:00	0:00	x	x	x	x	x	x	x
2TK/PK01	Monitoimitilat	6:00 11:00 21:00	8:00 16:30 23:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00	x	x	x	x	x	x	x
3TK/PK	Keittiö	5:30 7:00 7:00	19:00 16:00 19:00	x		x		x			5:30 7:00	22:00 22:00	x		x		x		x
4TK/PK01	Kunto/Sos.tilat	7:00 10:00	20:00 17:00	x	x	x	x	x			0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
5TK/PK01	Ryhmäkodit etelä	7:00	21:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
6TK/PK01	Ryhmäkodit itä	6:00 6:00 12:00 18:00 21:00	16:00 8:00 14:00 19:00 22:00	x	x	x	x	x			0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
Huiparit																			
1PF02	Allaslaitetilat	6:00	20:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
2PF3	Pesulatilasiiv.tila	7:00	17:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
2PF4	WC ja sähkötilat	0:00	14:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00:00							
4PF02	WC:t uimahallin puoli wc:t	6:00 9:00	20:00:00 17:00	x	x	x	x	x			0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
5PF3	alapohja	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x									
6PF2	alapohja	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x									
7PF1	asunnot wc, palvelukeskus	6:00 9:00 16:00 20:00	8:00 12:00 18:00 22:00	x	x	x	x	x	x	x	0:00	24:00:00	x	x	x	x	x	x	x
7PF2	alapohja	7:00	23:00	x	x	x	x	x	x	x	0:01	23:59	x	x	x	x	x	x	x

KONE	Palvelee	iv koneen teho "säästetyt tunnit 1/1	iv koneen teho "säästetyt tunnit 1/2	Koneen teho kW 1/1	Koneen teho kW 1/2	Säästö kWh 1/1	Säästö kWh 1/2
1TK/PK01	Uimahalli						
2TK/PK01	Monitoimitilat	3,5		6,47		22,645	
						0	
						0	
3TK/PK	Keittiö					0	
						0	
		3,6	1	0,75	0,094	2,7	0,094
4TK/PK01	Kunto/Sos.tilat		1	0,75	0,094	0	0,094
				0,75	0,094	0	0
5TK/PK01	Ryhmäkodit etelä	3,7		4,46	0,555	16,502	
						0	0
6TK/PK01	Ryhmäkodit itä	1		1,2	0,25	1,2	0
						0	0
						0	0
						0	0
						0	0
Huiparit						0	0
1PF02	Allaslaitetilat					0	0
						0	0
2PF3	Pesulatilat/siiv.tilat	2		0,25	0,08	0,5	0
						0	0
2PF4	WC ja sähkötilat					0	0
						0	0
4PF02	WC:t uimahallin puoli wc:t					0	0
						0	0
5PF3	alapohja	11,7		0,12		1,404	0
						0	0
6PF2	alapohja					0	0
						0	0
7PF1	asunnot wc, palvelukeskus					0	0
						0	0
						0	0
						0	0
7PF2	alapohja					0	0
						0	0
						0	0
						0	0
	yhteensä tuntia/päivässä	25,5	2	kWh säästöä/päivässä		44,951	0,188
	yhteensä tuntia/kk	765	60	kWh säästöä/kk		1348,53	5,64
	yhteensä tuntia/vuosi	9307,5	730	kWh säästöä/vuodessa		16407,12	68,62
				mWh säästöä/vuodessa		16,40712	0,06862
	Sähkönhinta	0,09057€/kWh		Säästö	€/vuodessa	1492,207	

Lämpökuvausraportti yläpohjan lämpimistä ilmanvaihtokanavista.

Markus Immonen Metropolia AMK Oy 040 186 3848		Lämpökuvausmittausraportti		1/5
		Raportointipvm 24.4.2012		
Elimäen Puustelli ry, Jaakkolankuja 4-6, Korja				
Iv-konehuoneen ulkoseinä		Kuvauspäivämäärä: 11.4.2012		
Lämpökuvaukset		Valokuvat		
				
Nro 1.		Mittausparametrit		
Mittauspisteen lämpötila	12.8 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95	
Mittausalue maks. lämpötila	13.5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	4.0 °C	
Mittausalue min. lämpötila	-0.5 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m	
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	125	Kameratyyppi	FLIR P660	
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	52	Kameran sarjanumero	404001076	
Ulkoilman olosuhteet		Sisäilman olosuhteet		
Tuulen nopeus/tuulen suunta	1-4 m/s	Sisäilman suhteellinen kosteus	28.0 %	
Pilvisuus	Puolipilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)		
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	22.20	Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	4.0 °C	
Kommentit:				

Markus Immonen
Metropolia AMK Oy 040 186 3848

Lämpökuvausmittausraportti

2/5

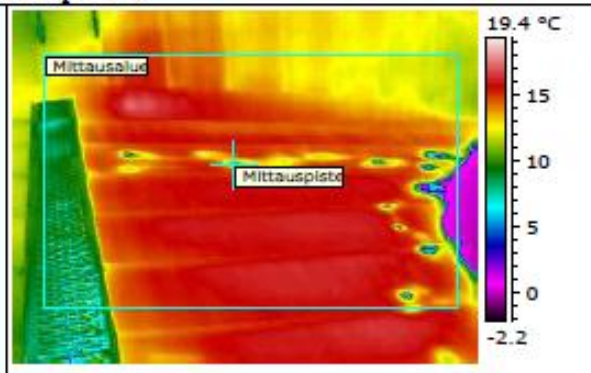
Raportointipvm. 24.4.2012

Elimäen Puustelli ry, Jaakkolankuja 4-6, Korja

Katto iv-konehuoneen vieressä

Kuvauspäivämäärä: 11.4.2012

Lämpökuva



Valokuva



Nro 2.

Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	11.9 °C	Emissivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	17.3 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	4.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	0.3 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	120	Kameratyyppi	FLIR P660
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	57	Kameran sarjanumero	404001076

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1-4 m/s
Pilvisyys	Puolipilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	22.20

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	28.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	4.0 °C

Kommentit: Katolla lämpövuotokohta iv-konehuoneesta lähtevien kanavien kohdalla

Markus Immonen
Metropolia AMK Oy 040 186 3848

Lämpökuvauksmittausraportti

3/5

Raportointipvm. 24.4.2012

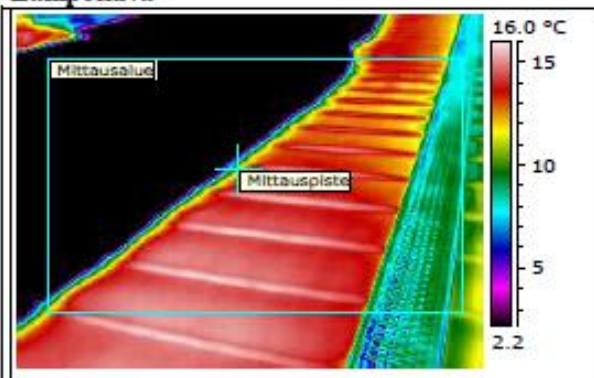
Elimäen Puustelli ry, Jaakkolankuja 4-6, Korja

Katto iv-konehuoneen vieressä

Kuvauspäivämäärä: 11.4.2012

Lämpökuvau

Valokuva



Nro 3.

Mittausparametrit

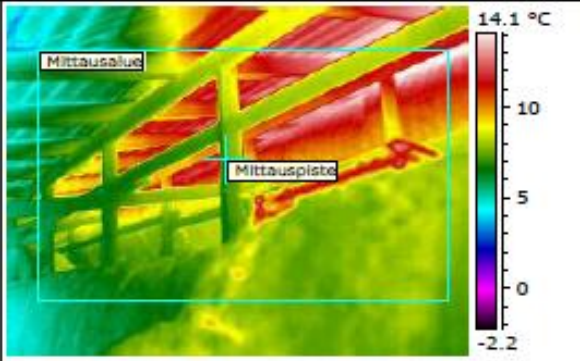
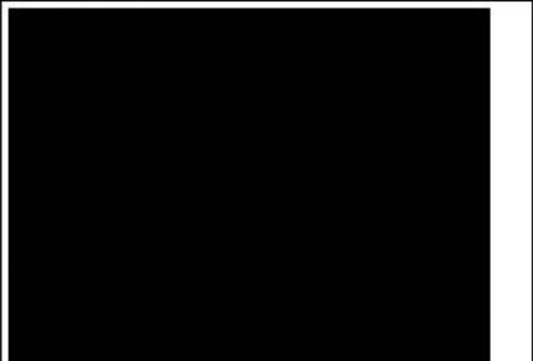
Mittauspisteen lämpötila	11.1 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	15.7 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	4.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	-1.1 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	128	Kameratyyppi	FLIR P660
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	61	Kameran sarjanumero	404001076

Ulkoilman olosuhteet

Sisäilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1-4 m/s	Sisäilman suhteellinen kosteus	28.0 %
Pilvisyys	Puolipilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	22.20	Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	4.0 °C

Kommentit: Katolla lämpövuotokohta iv-konehuoneesta lähtevien kanavien kohdalla

Markus Immonen Metropolia AMK Oy 040 186 3848		Lämpökuvausmittausraportti		4/5
Raportointipvm 24.4.2012				
Elimäen Puustelli ry, Jaakkolankuja 4-6, Korja				
Yläpohja, iv-konehuoneen vieressä			Kuvauspäivämäärä: 11.4.2012	
Lämpökuva		Valokuva		
				
Nro 4.		Mittausparametrit		
Mittauspisteen lämpötila	7.5 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95	
Mittausalue maks. lämpötila	15.1 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	4.0 °C	
Mittausalue min. lämpötila	4.3 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m	
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	99	Kameratyyppi	FLIR P660	
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	81	Kameran sarjanumero	404001076	
Ulkoilman olosuhteet		Sisäilman olosuhteet		
Tuulen nopeus/tuulen suunta	1-4 m/s	Sisäilman suhteellinen kosteus	28.0 %	
Pilvisuus	Puolipilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)		
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	22.20	Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	4.0 °C	
Kommentit: Iv-konehuoneesta lähtevät kanavat erittäin lämpimiä eristeen pinnalta.				

Markus Immonen
Metropolia AMK Oy 040 186 3848

Lämpökuvausmittausraportti

5/5

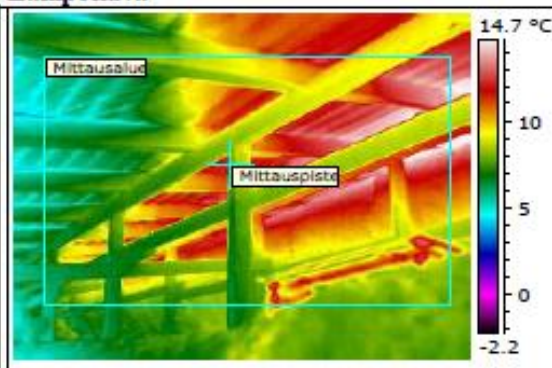
Raportointipvm. 24.4.2012

Elimäen Puustelli ry, Jaakkolankuja 4-6, Korja

Yläpohja iv-konehuoneen vieressä

Kuvauspäivämäärä: 11.4.2012

Lämpökuva



Valokuva



Nro 5.

Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	8.1 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	15.0 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	4.0 °C
Mittausalue min. lämpötila	3.8 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	101	Kameratyyppi	FLIR P660
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	78	Kameran sarjanumero	404001076

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1-4 m/s
Pilvisyys	Puolipilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	22.20

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	28.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	4.0 °C

Kommentit: Iv-konehuoneesta lähtevät kanavat erittäin lämpimiä eristeen pinnalta.

Lämpökuvausraportti villeistä päätyasunnoista.

Markus Immonen
Metropolia AMK Oy 040 186 3848

Lämpökuvausmittausraportti

1/5

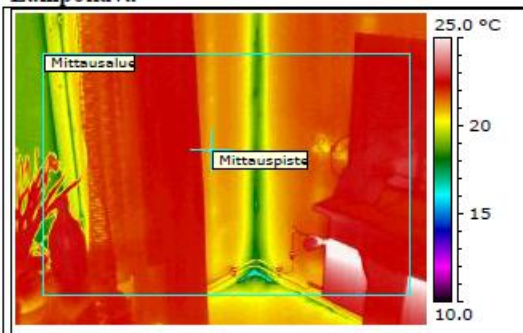
Raportointipvm. 24.4.2012

Elimäen Puustelli ry, Jaakkolankuja 4-6, Korja **HUOM! Paine-ero -50Pa**

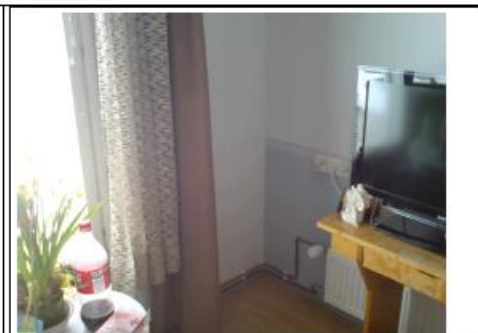
Osa 2 Asunto 7

Kuvauspäivämäärä: 11.4.2012

Lämpökuva



Valokuva



Nro 1.

Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	20.9 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	26.2 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	21.5 °C
Mittausalue min. lämpötila	15.5 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	66	Kameratyyppi	FLIR P660
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	97	Kameran sarjanumero	404001076

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1-4m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	4.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	28.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	21.5 °C

Kommentit: Jalkalistan alta ilmapuotoa

Markus Immonen
Metropolia AMK Oy 040 186 3848

Lämpökuvausmittausraportti 2/5

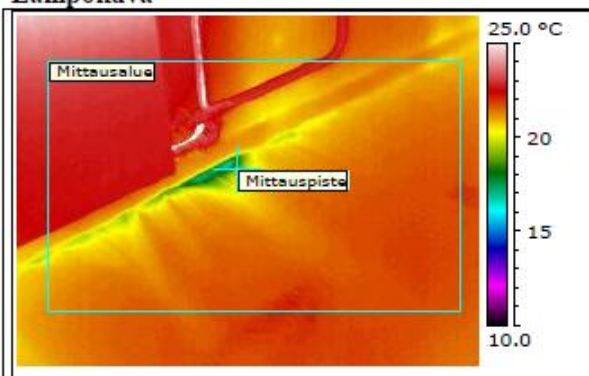
Raportointipvm. 24.4.2012

Elimäen Puustelli ry, Jaakkolankuja 4-6, Koria **HUOM! Paine-ero -50Pa**

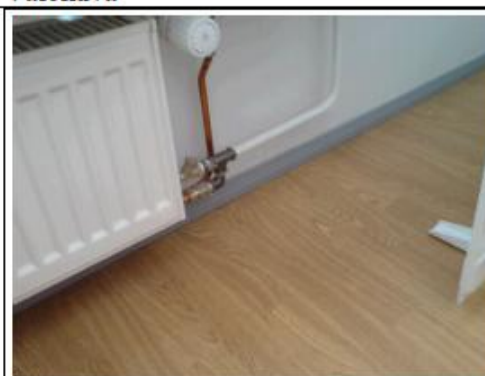
Osa 2 Asunto 6

Kuvauspäivämäärä: 11.4.2012

Lämpökuva



Valokuva



Nro 2.

Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	19.1 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	28.1 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.9 °C
Mittausalue min. lämpötila	16.7 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	61	Kameratyyppi	FLIR P660
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	72	Kameran sarjanumero	404001076

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1-4m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	4.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	28.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.9 °C

Kommentit: Jalkalistan alta ilmapuotoa

Markus Immonen
Metropolia AMK Oy 040 186 3848

Lämpökuvauksmittausraportti

3/5

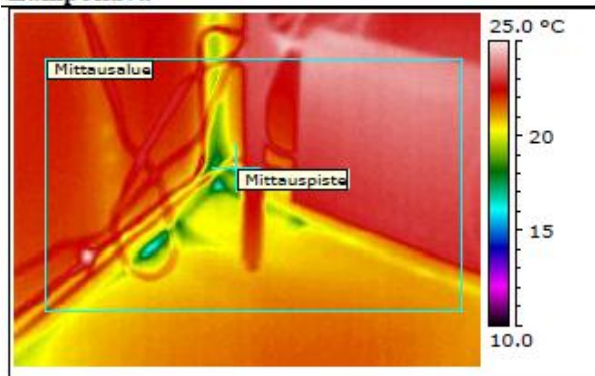
Raportointipvm. 24.4.2012

Elimäen Puustelli ry, Jaakkolankuja 4-6, Korja **HUOM! Paine-ero -50Pa**

Osa 2 Asunto 11

Kuvauspäivämäärä: 11.4.2012

Lämpokuva



Valokuva



Nro 3.

Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	19.2 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	24.8 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	24.2 °C
Mittausalue min. lämpötila	16.0 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	59	Kameratyyppi	FLIR P660
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	75	Kameran sarjanumero	404001076

Ulkoilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1-4m/s
Pilvisyys	Pilvinen
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	4.00

Sisäilman olosuhteet

Sisäilman suhteellinen kosteus	28.0 %
Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	24.2 °C

Kommentit: Lattian ja seinän liitoksesta jalkalistan takaa ilmavuotoa.

Markus Immonen
Metropolia AMK Oy 040 186 3848

Lämpökuvauksmittausraportti 4/5

Raportointipvm. 24.4.2012

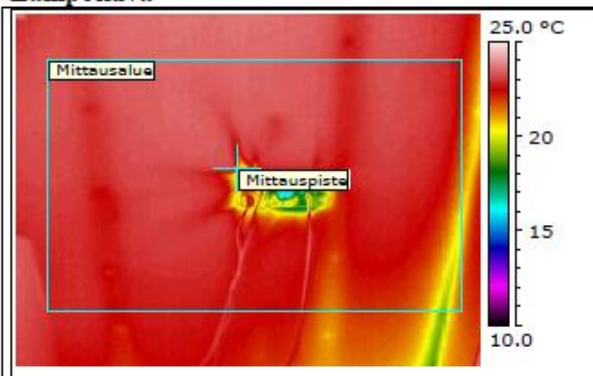
Elimäen Puustelli ry, Jaakkolankuja 4-6, Korja **HUOM! Paine-ero -50Pa**

Osa 2 Asunto 10

Kuvauspäivämäärä: 11.4.2012

Lämpökuvauk

Valokuva



Nro 4.

Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	21.7 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	23.5 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.9 °C
Mittausalue min. lämpötila	15.7 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	59	Kameratyyppi	FLIR P660
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	89	Kameran sarjanumero	404001076

Ulkoilman olosuhteet

Sisäilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1-4m/s	Sisäilman suhteellinen kosteus	28.0 %
Pilvisuus	Pilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	4.00	Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.9 °C

Kommentit: Pistorasian ympäristön ilmavuotokohta

Markus Immonen
Metropolia AMK Oy 040 186 3848

Lämpökuvausmittausraportti

5/5

Raportointipvm. 24.4.2012

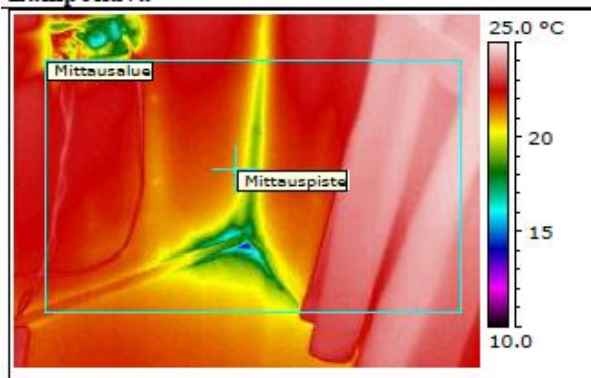
Elimäen Puustelli ry, Jaakkolankuja 4-6, Korja **HUOM! Paine-ero -50Pa**

Osa 2 Asunto 10

Kuvauspäivämäärä: 11.4.2012

Lämpökuvaukset

Valokuva



Nro 5.

Mittausparametrit

Mittauspisteen lämpötila	21.0 °C	Emissiivisyys (Lämpökuvasta)	0.95
Mittausalue maks. lämpötila	24.7 °C	Heijastuva lämpötila (LHei lämpökuvasta)	23.9 °C
Mittausalue min. lämpötila	13.4 °C	Etäisyys (Lämpökuvasta)	2.5 m
Lämpötilaindeksi mitatun alueen minimilämpötilasta	47	Kameratyyppi	FLIR P660
Lämpötilaindeksi mitatusta pistelämpötilasta	86	Kameran sarjanumero	404001076

Ulkoilman olosuhteet

Sisäilman olosuhteet

Tuulen nopeus/tuulen suunta	1-4m/s	Sisäilman suhteellinen kosteus	28.0 %
Pilvisuus	Pilvinen	Paine-ero rakenteen yli (negatiivinen = alipaine sisällä)	-50 Pa
Ulkoilman lämpötila (vertailulämpö lämpökuvasta)	4.00	Sisäilman lämpötila (Ilman lämpötila lämpökuvasta)	23.9 °C

Kommentit: Lattian ja seinän liitoksen ilmavuotokohta

Marjamäen excel pohjaisen laskentataulukon tulokset poistopuhaltimen täydellä teholla.

<u>Kuvaus laskentaohjelmasta:</u>			
Tällä laskentaohjelmalla voi tarkastella säävyöhykkeen 1, 2, 3 tai 4 ulkoilman sekä ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n jälkeisten tuloilman ja jäteilman lämpötilojen arvot ja pysyvyyssäyrät, lämmöntarveluvut ja LTO:n vuosihyötysuhteen. Ulkoilman pysyvyyssarvot eri säävyöhykkeille ovat RakMK:n D5:n kuvan L1.1. ja taulukkojen L1.10. - L1.13. mukaiset. Laskentaohjelma perustuu ympäristöministeriön "Tasauslaskentaopas 2007":n liitteessä 4 esitettyyn laskentatapaan. (Punaisella kulmanuolella varustetuissa soluissa on lisäohjeita; siirrä hiiren osoitin ko. solun päälle nähdäksesi ohje.)			
<u>LÄHTÖTIEDOT</u>		<u>LASKENTATULOKSET</u>	
Laskelman laatija		Ilmanvaihto	
Suunnittelija / Suunnittelutoimisto		LTO:n läpi kulkevan tuloilmavirran ja poistoilmavirran suhde	R_{LTO} 0,92
Päiväys	6.12.2008	Tuloilman lämpötilahyötysuhde	η_t 44,9 %
Kohde		Poistoilman lämpötilahyötysuhde	η_p 41,1 %
As Oy Talo, Talokatu 1, 00000 Helsinki		Ilmanvaihtokoneen tuloilmavirran ja lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen summan suhde	R_T 0,92
Säätiedot		Ilmanvaihtokoneen poistoilmavirran ja lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen summan suhde	R_P 1,00
Sävyöhyke	2		
Sisäilman (poistoilman) lämpötila	T_s 23,0 °C		
Jäteilman lämpötila LTO:n jälkeen, min.	$T_{jäte, min}$ 1,0 °C		
Tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen, maks.	$T_{LTO, maks}$ 18,0 °C		
		<u>Lämmöntarveluvut</u>	
Ulkolämpötila, johon asti lämmityskausi lasketaan	T_u 15,0 °C	Sisäilman lämpötilan ja ulkoilman lämpötilan välinen lämmöntarveluku lämmityskaudella, Kd	S_s 8217 Kd
Valittua lämmityskauden ulkolämpötilaa vastaava aika vuoden tunneista	97,1 %	Sisäilman lämpötilan ja jäteilman lämpötilan välinen lämmöntarveluku lämmityskaudella, Kd	S_j 3375 Kd
Valittua lämmityskauden ulkolämpötilaa vastaava aika vuoden tunneista	8504,2 h	LTO:n jälkeisen tuloilman lämpötilan ja ulkoilman lämpötilan välinen lämmöntarveluku lämmityskaudella, Kd	S_T 3686 Kd
Ilmanvaihto		Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde	
LTO:n tuloilman lämpötilahyötysuhde yhtä suurilla tulo- ja poistoilmavirroilla	η_t 43,0 %		
Tuloilmavirta (LTO:n kautta)	q_{LTO} 0,650 m ³ /s	$(\eta_a = (R_P * S_j) / S_s)$	η_a 41,1 %
Poistoilmavirta (LTO:n kautta)	q_{pLTO} 0,710 m ³ /s	$(\eta_a = (R_T * S_T) / S_s)$	η_a 41,1 %
LTO-vaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen summa	q_p 0,710 m ³ /s		

Marjamäen excel pohjaisen laskentataulukon tulokset poistopuhaltimen puoliteholla.

<u>Kuvaus laskentaohjelmasta:</u>			
Tällä laskentaohjelmalla voi tarkastella säävyöhykkeen 1, 2, 3 tai 4 ulkoilman sekä ilmanvaihtojärjestelmän LTO:n jälkeisten tuloilman ja jäteilman lämpötilojen arvot ja pysyvyyskäyrät, lämmöntarveluvut ja LTO:n vuosihyötysuhteen. Ulkoilman pysyvyysarvot eri säävyöhykkeille ovat RakMk:n D5:n kuvan L1.1. ja taulukkojen L1.10. - L1.13. mukaiset. Laskentaohjelma perustuu ympäristöministeriön "Tasauslaskentaopas 2007":n liitteessä 4 esitettyyn laskentatapaan. (Punaisella kulmanuolella varustetuissa soluissa on lisäohjeita; siirrä hiiren osoitin ko. solun päälle nähdäksesi ohje.)			
<u>LÄHTÖTIEDOT</u>		<u>LASKENTATULOKSET</u>	
Laskelman laatija		Ilmanvaihto	
Suunnittelija / Suunnittelutoimisto		LTO:n läpi kulkevan tuloilmavirran ja poistoilmavirran suhde	R_{LTO} 0,85
Päiväys	6.12.2008	Tuloilman lämpötilahyötysuhde	η_t 53,1 %
Kohde		Poistoilman lämpötilahyötysuhde	η_p 44,9 %
As Oy Talo, Talokatu 1, 00000 Helsinki		Ilmanvaihtokoneen tuloilmavirran ja lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen summan suhde	R_T 0,85
Säätiedot		Ilmanvaihtokoneen poistoilmavirran ja lämmöntalteenottovaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen summan suhde	R_P 1,00
Säävyöhyke	2	Sisäilman (poistoilman) lämpötila	T_s 23,0 °C
Jäteilman lämpötila LTO:n jälkeen, min.	$T_{jäte, min}$ 1,0 °C	Tuloilman lämpötila LTO:n jälkeen, maks.	$T_{LTO, maks}$ 18,0 °C
Ilmanvaihto		Lämmöntarveluvut	
Ulkolämpötila, johon asti lämmityskausi lasketaan	T_u 15,0 °C	Sisäilman lämpötilan ja ulkoilman lämpötilan välinen lämmöntarveluku lämmityskaudella, Kd	S_s 8217 Kd
Valittua lämmityskauden ulkolämpötilaa vastaava aika vuoden tunneista	97,1 %	Sisäilman lämpötilan ja jäteilman lämpötilan välinen lämmöntarveluku lämmityskaudella, Kd	S_J 3677 Kd
Valittua lämmityskauden ulkolämpötilaa vastaava aika vuoden tunneista	8504,2 h	LTO:n jälkeisen tuloilman lämpötilan ja ulkoilman lämpötilan välinen lämmöntarveluku lämmityskaudella, Kd	S_T 4351 Kd
Ilmanvaihto		Ilmanvaihdon LTO:n vuosihyötysuhde	
LTO:n tuloilman lämpötilahyötysuhde yhtä suurilla tulo- ja poistoilmavirroilla	η_t 49,0 %	Tuloilmavirta (LTO:n kautta)	q_{LTO} 0,300 m ³ /s
Tuloilmavirta (LTO:n kautta)	q_{LTO} 0,300 m ³ /s	Poistoilmavirta (LTO:n kautta)	q_{PLTO} 0,355 m ³ /s
Poistoilmavirta (LTO:n kautta)	q_{PLTO} 0,355 m ³ /s	LTO-vaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen summa	q_p 0,355 m ³ /s
LTO-vaatimuksen piiriin kuuluvien poistoilmavirtojen summa	q_p 0,355 m ³ /s		