

SATAKUNNAN AMMATTIKORKEAKOULU

Hannu Kallsten  
PIENTEOLLISUUSKIINTEISTÖN LVIA-KUNTOKARTOITUS

TEKNIikka PORI  
KONE- JA TUOTANTOTEKNIIKAN KOULUTUSOHJELMA  
LVI- ja energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto

## PIENTEOLLISUUSKIINTEISTÖN LVIA-KUNTOKARTOITUS

Hannu Kallsten  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Tekniikka Pori  
LVI- ja energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto  
Työn teettäjä: Rakennussaneeraus Koivisto Ky  
Tammikuu 2008  
Työn ohjaaja: Esa Sandberg, yliopettaja  
UDK: 69.059.1, 697.1, 697.9  
Sivumäärä: 31

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suorittaa Harjavallassa sijaitsevan pienteollisuuskiinteistön LVIA-laitteiden nykytilan kartoitus ja laatia tulevaisuutta varten järjestelmien parannusehdotukset, joissa otetaan huomioon rakennuksen kokonaisenergiataloudellisuus.

Nykytilan kartoituksessa suoritettiin kiinteistön kuntoarvio ja kuntotutkimus sekä laadittiin lämmityksen tehon- ja energiatarpeen laskelmat.

Parannusehdotuksina ehdotettiin toimistorakennukseen ilmanvaihtokonetta, jossa on poistoilman lämmöntalteenotto. Hallirakennukseen ehdotettiin kiertoilmalämmitystä sisäilman lämpötilan tasoittamiseksi.

## ABSTRACT

## SMALL INDUSTRIAL REAL ESTATE HVACA REFORM PROPOSAL

Kallsten Hannu  
Satakunta University of Applied Sciences  
Technology Pori  
Mechanical and Production Engineering  
HVAC and Energy Engineering  
January 2008

Sandberg Esa

Key words: Consumption of energy, Ventilation and Heating

UDC: 69.059.1, 697.1, 697.9

Number of Pages: 31

The aim of this Bachelor's thesis was to evaluate the current state of the HVACA equipment in a small industrial estate located in Harjavalta and also to create a system development plan for the future, reckoning the energy efficiency of the building.

In the evaluation of the current state a condition evaluation and a survey were made and calculations for the need of heating power and energy demand were drawn up.

For office building, an air conditioning machine with exhaust air heat recovery was proposed as an improvement. For the hall building, an air-circulation system was proposed to equalize the temperature of indoor air.

## | SISÄLLYS

1 JOHDANTO	
1.1 Työn tausta	5
1.2 Tavoitteet	6
2 HALLIRAKENNUS	
2.1 Rakenteet	7
2.2 Lämmitys	7
2.3 Ilmanvaihto	8
2.4 Vesi- ja viemärijärjestelmä	9
3 TOIMISTORAKENNUS	
3.1 Rakenteet	10
3.2 Lämmitys	10
3.3 Ilmanvaihto	10
3.4 Vesi- ja viemärijärjestelmä	10
4 KUNTOARVIO JA -TUTKIMUS	
4.1 Hallirakennus	11
4.2 Toimistorakennus	15
5 TEHON- JA ENERGIANTARVE	
5.1 Energian- ja vedenkulutuksen historiatieto	16
5.2 Laskentamenetelmät	16
5.2.1 Tehontarve	16
5.2.2 Energiantarve	21
5.3 Tehon- ja energiantarve hallirakennuksessa	26
5.4 Tehon- ja energiantarve toimistorakennuksessa	29
6 YHTEENVETO JA PARANNUSEHDOTUKSET	30
LÄHDELUETTELO	31

## 1 JOHDANTO

### 1.1 Työn tausta

Rakennussaneeraus Koivisto Ky on harjavaltaisen teollisuusrakennusten erikoiskunnostukseen keskittynyt yritys. Yritys toimii pienteollisuuskiinteistössä, johon kuuluu toimistorakennus ja pääosin yksikerroksinen kevytbetonirakenteinen hallirakennus, jossa on varasto- ja korjaamotilat (kuva 1).

Hallirakennus toimii lähinnä korjaamona ja vuokrattavien koneiden säilytyspaikkana. Se toimii pienteollisuuskiinteistössä, jonka halliosan pinta-ala on 350 m<sup>2</sup> ja tilavuus 1404 m<sup>3</sup>. Toimisto-osan pinta-ala on 100 m<sup>2</sup> ja tilavuus 280 m<sup>3</sup>. Tarkoitus on laajentaa hallirakennusta noin 100 m<sup>2</sup> lähinnä pesupaikan vuoksi ja lisäeristää ulkoseinää noin 100 mm. Talvikuukausina hallissa (ulkona noin -15 °C) on sisälämpötila +8 °C ja lisäksi lämpötilajakautuma on epäedullinen, ylhäällä lämmin ja alhaalla kylmä. Rakennuksessa on kaukolämpö sekä ns. painovoimainen ilmanvaihto, joka tosin on puutteellinen. Kaikki rakennuksessa olevat tilat ovat lämpimiä.



Kuva 1. Toimisto- ja hallirakennus

## 1.2 Tavoitteet

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää Harjavallassa pienteollisuuskiinteistön LVIA-laitteiden nykytilan kartoitus ja laatia tulevaisuutta varten järjestelmien parannusehdotukset, joissa otetaan huomioon rakennuksen kokonaisenergiataloudellisuus. Rakennuksen energiankulutus on riippuvainen rakenteista, ilmanvaihdosta ja lämpimän käyttöveden kulutuksesta. Työssä on tarkoitus selvittää laskennallisoin keinoin seinärakenteiden, vuotoilmanvaihdon ja ilmanvaihdon lämmitykseen tarvitsema teho ja energia.

Rakennuksen kuntokartoituksessa arvioidaan rakennuksen rakennusosien, rakenteiden, järjestelmien ja laitteiden kuntoa sekä kunnossapito- ja korjaustarvetta. Näitä asioita arvioidaan tekniseltä, taloudelliselta ja tarpeen mukaan toiminnalliselta kannalta. Ennen kaikkea kiinnitetään huomiota rakennuksen turvallisuuteen ja käyttötalouteen, sekä tarpeen mukaan toimivuuteen.

Kartoituksella selvitetään rakennuksessa olevat viat, vauriot, puutteet sekä korjaustarve. Rakennusosien, rakenteiden tai laitteiden kuntoa verrataan niiden alkuperäiseen suunniteltuun tasoon.

## 2 HALLIRAKENNUS

### 2.1 Rakenteet

Hallin runko on tehty kantavista teräspalkeista (5 kpl). Hallin ulkoverhoilu koostuu Siporex-elementeistä, joiden vahvuus on 150 mm ja kahdesta nosto-ovesta, jotka on uusittu v. 2005. Takaosassa metalliset ikkunaelementit kattavat noin 70 % seinän pinta-alasta. Kattomateriaalina on aaltopeltinen peltikatto, jossa sisäkatto on kovalevystä. Katon eristyspaksuus on noin 200 mm. Lattia on betonipinnoitteinen ja sen vahvuus on 100 mm.

### 2.2 Lämmitys

Toimistorakennuksen alakerrassa on lämpökeskus, josta koko hallirakennus saa energiansa. Hallirakennuksessa on kaksi kierrätysilmalämmitintä (kuva 2). Hallin etu- ja takaseinässä on myös kaksi (500 W) vesipatteria, jotka edesauttavat pitämään vedon ikkunoitten raoista kohtuullisena.



Kuva 2. Kierrätysilmalämmitin

### 2.3 Ilmanvaihto

Hallissa on koneellinen poistoilmanvaihtojärjestelmä. Jäteilma johdetaan katon harjalta ulos huippuimurista (kuva 3), jota käytetään esim. hitsauksen ja maalauksen yhteydessä. Ilmavirta on n. 350 – 500 l/s. Korvaava ilma tulee oven ja ikkunoitten raoista.



Kuva 3. Huippuimuri hallin katossa



### 2.3 Vesi- ja viemärijärjestelmä

Hallirakennuksessa on yksi käsienpesuallas, johon tulee kylmä ja lämmin vesi, ja liitäntä, johon tulee vain kylmä vesi. Vesijohdot on asennettu ns. pinta-asennuksena ja ne ovat eristämättömät kuparipinnoitteiset putket. Saneerauksen yhteydessä v. 2005 uusittiin putket. Lattiakaivon ja pesualtaan viemäriin lisäksi ei ole muita viemäreitä, ja ne ovat alkuperäiset.

## 3 TOIMISTORAKENNUS

### 3.1 Rakenteet

Toimistorakennus on saneerattu lähes kokonaan perusrunkoa lukuunottamatta. Runkotolpat on osittain uusittu, samoin lautavuoratut seinät, ovet ja kattovillat (eristepaksuus 200 mm), myös teräksinen peltikatto on saanut uuden pinnoitteen. Sisäpuolella seinissä on käytetty lastu- ja kipsilevyä. Lattiat on tasoitettu ja matoitettu uudestaan.

### 3.2 Lämmitys

Lämmitysjärjestelmä saa energian kaukolämmöstä. Lämmitys tapahtuu vesikiertoisen patterijärjestelmän avulla, jossa on kaksiputkijärjestelmä.

### 3.3 Ilmanvaihto

Toimisto-osassa on painovoimainen ilmanvaihtojärjestelmä ja keittiössä on liesituuletin. Ikkunoissa on tuuletusluukut.

### 3.4 Vesi- ja viemärijärjestelmä

Toimisto-osan keittiön vesi- ja viemärijärjestelmä on alkuperäinen. WC:n vesi- ja viemärijärjestelmä on uusittu remontin yhteydessä.

## 4 KUNTOARVIO JA -TUTKIMUS

### 4.1 Hallirakennus

#### Rakenteet

Hallin osalta (n. 300 m<sup>2</sup>) rakennus on vielä alkuperäisessä kunnossa, ainoastaan ovet on uusittu. Siporex-elementeistä tehdyt seinät ovat suhteellisen hyvässä kunnossa. Ikkunapuitteet ovat metallisia ja niissä on yksikertaiset lasit, jotka ovat alkuperäiset. Hallin lattiassa on halkeamia, joista ei suoranaista haittaa ole.

Hallin katto (kuva 3) on vuotanut. Kosteusvauriot ilmenevät, joko suoranaisena vesivuotona, kosteusläiskinä, pinnoitteen irtoamisena tai viottumisena. Seurauksena voi olla näkyvää homekasvustoa. Katon eristeet on vaihdettava, samoin sisäkatto, joka on tehty kovalevystä, kaipaisi uudistusta. Metalliset kattopalkit ovat hyvässä kunnossa.

Seinät on pääasiassa tehty Siporex-elementeistä, jotka ovat muuten hyvässä kunnossa, mutta ulkosäleikön alapuolella on kosteusvaurioita ja hometta (kuva 5).

#### Lämmitys

Hallissa on kierrätysilmalämmitys, joka on uusittu v. 2003 ja ikkunoiden alla on vesikiertoinen patterijärjestelmä, joka tosin on alimitoitettu.

Lämmönsiirrin on merkkiä Jäspi, valmistaja Kaukora. Siirrin sijaitsee toimistosan alapuolella kellariosassa, jossa on erittäin hyvät tilat. Siirrin on vuodelta 2004 ja näin ollen koko paketti (putket, säätölaitteet, mittarit, pumput jne.) on erittäin hyvässä kunnossa. Putkiston eristys on puutteellinen (kuva 4).

## Ilmanvaihto

Käytännössä hallissa ei ole perusilmavaihtoa, ainoastaan huippuimuri (kuva 3), jota käytetään tarvittaessa.



Kuva 4. Uusittu lämmönsiirrin Kaukora Jäspi



Kuva 5. Hallin seinässä näkyviä homevaurioita

## Vesi- ja viemärijärjestelmä

Vesijohtonousulinjoja on 3 kpl. Kylmän ja lämpimän käyttöveden johtojen linjasulkuventtiilit on pääosin uusittu, samoin putket.

Rakennuksen sisäpuoliset jätevesiviemärit ovat muovia ja lähes kaikki on uusittu. Viemärit ovat kooltaan DN 110. Vesikatolla tuuletusviemärit ovat kokoa DN 110. Tuuletusviemärit ovat eristämättömät. Pohjaviemärit on asennettu kellarikerrokseen katon läheisyyteen (kuva 6).



Kuva 6. Pohjaviemärin sijoituskuva kellarista.

## 4.2 Toimistorakennus

### Rakenteet

Toimistorakennus on erittäin hyvässä kunnossa, koska rakenteet ja eristykset on pääsääntöisesti uusittu kattoa myöten.

### Lämmitys

Putkilinjat ja patterit ovat erittäin hyvässä kunnossa, koska ne on uusittu.

### Ilmanvaihto

Toimistorakennuksessa ei ole käytännössä lainkaan ilmanvaihtoa. Liesituuletinta käytetään tarvittaessa, liesituuletin ja kanavat ovat hyvässä kunnossa.

### Vesi- ja viemärijärjestelmä

Putkisto on osittain uusittu saneerauksen yhteydessä lähinnä WC:n muutoksen yhteydessä, muuten vesi- ja viemärijärjestelmä on erittäin hyvässä kunnossa.

## 5 TEHON- JA ENERGIANTARVE

### 5.1 Energian- ja vedenkulutuksen historiantieto

Aikajaksolla 1.1.2004 – 31.12.2005 lämmönkulutus on ollut yhteensä 144MWh eli n. 72 MWh/a. Vedenkulutus on ollut 22 m<sup>3</sup>/a. Aikaisempaa historiatietoa ei ole saatavilla koska ko. hallirakennus on otettu ns. uusiokäyttöön eli ollut tyhjillään lähes 8 vuotta. Mitattu kulutus koskee koko rakennusta, koska ei ole erillistä mittaria, joka mittaisi erikseen sekä halli- että toimistorakennuksen kulutuksen.

### 5.2 Laskentamenetelmät

Tehon- ja energiantarpeen laskentamenetelmänä on käytetty Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 Rakennusten lämmityksen tehon- ja energiantarpeen laskenta ohjeita (RakMk D5 1985). Varsinaisessa laskennassa kohdassa 5.3 ja 5.4 on käytetty työkaluna Exel-taulukkolaskentaohjelmaa (Heinola 2001).

#### 5.2.1 Tehontarve

Rakennuksen konaislämmitystehontarve  $\Phi_{\text{kok}}$  on laskettu kaavalla 1 (RakMk D5 1985).

$$\Phi_{\text{kok}} = \Phi_{\text{joht}} + \Phi_{\text{joht.maa}} + \Phi_{\text{vuotoiv}} + \Phi_{\text{iv}} + \Phi_{\text{lv}} \quad (1)$$

jossa

$\Phi_{\text{joht}}$  on johtumistehontarve rakenteiden läpi ulkoilmaan [kW]



$\Phi_{\text{joht.maa}}$	on johtumisteho maahan [kW]
$\Phi_{\text{vuotoiv}}$	on vuotoilman tarvitsema lämmitysteho [kW]
$\Phi_{\text{iv}}$	on ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysteho [kW]
$\Phi_{\text{lv}}$	on lämpimän käyttöveden valmistuksen tehontarve [kW]

Johtumistehontarve rakenteiden läpi ulkoilmaan  $\Phi_{\text{joht}}$  on laskettu kaavalla 2.

$$\Phi_{\text{joht}} = \sum (U A (T_s - T_u)) \quad (2)$$

jossa

$U$	on kunkin rakennusosan lämmönläpäisykerroin [W/m <sup>2</sup> K]
$A$	on rakennusosan pinta-ala [m <sup>2</sup> ]
$T_s$	on sisälämpötila [°C]
$T_u$	on ulkolämpötila [°C]

Johtumisteho maahan  $\Phi_{\text{joht.maa}}$  on laskettu kaavalla 3.

$$\Phi_{\text{joht.maa}} = q_M A \quad (3)$$

jossa

$q_M$	on rakennuksen sisälämpötilasta riippuva maahan johtuva teho pinta-alayksikköä kohden [kW/m <sup>2</sup> ]
$A$	on lattia- tai seinäpinta-alasta se osuus joka vaikuttaa häviöiden suuruuteen [m <sup>2</sup> ]

Vuotoilman lämmityksen tarvitsema teho  $\Phi_{\text{vuotoiv}}$  on laskettu kaavalla 4.

$$\Phi_{\text{vuotoiv}} = \rho_i c_{pi} q_{\text{vuotoiv}} (T_s - T_u) \quad (4)$$

jossa

$\rho_i$  on ilman tiheys [1,2 kg/m<sup>3</sup>]

$c_{pi}$  on ilman ominaislämpö [1,0 kJ/kgK]

$q_{\text{vuotoiv}}$  on  $n V/3600$

jossa

$n$  on vuotoilmanvaihdon kertaisuus [1/h]

$V$  on rakennuksen tilavuus [m<sup>3</sup>]

Ilmanvaihdon tarvitsema lämmitysteho  $\Phi_{iv}$  on laskettu kaavalla 5.

$$\Phi_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{iv} (T_s - T_u) - \Phi_{iv\text{to}} \quad (5)$$

jossa

$\rho_i$  on ilman tiheys [1,2 kg/m<sup>3</sup>]

$c_{pi}$  on ilman ominaislämpö [1,0 kJ/kgK]

$q_{iv}$  on ilmanvaihdon ilmavirta [m<sup>3</sup>/s]

$\Phi_{iv\text{to}}$  on poistoilmasta lämmön talteenottolaitteilla hyödynnettävä teho [kW]

Lämpimän käyttöveden valmistuksen tehotarve  $\Phi_{lv}$  on laskettu kaavalla 6.

$$\Phi_{lv} = \rho_v c_{pv} q_{lvmit} (T_{lv} - T_{kv}) \quad (6)$$

jossa

$\rho_v$	on veden tiheys [1000 kg/m <sup>3</sup> ]
$c_{pv}$	on veden ominaislämpö [4,2 kg/kJK]
$q_{lvmit}$	on mitoitusvirtaama [m <sup>3</sup> /s]
$T_{lv}$	on lämpimän veden lämpötila [°C]
$T_{kv}$	on kylmän veden lämpötila [°C]

Jotta edellä mainitut tehontarpeet voidaan laskea, täytyy ensin selvittää rakennuksen ylä- ja alapohjan sekä ovien, ikkunoiden ja ulkoseinien lämmönläpäisykerroimet, eli U-arvot. Rakenteen lämmönläpäisykerroin lasketaan kaavalla 7.

$$U = \frac{1}{R_T}, \quad (7)$$

jossa

$R_T$	on rakenteen kokonaislämmönvastus
-------	-----------------------------------

Rakenteen kokonaislämmönvastus puolestaan määritellään kaavalla 8.

$$R_T = \Sigma R_n = \Sigma \frac{d_n}{\lambda_n} + R_u + R_s \quad (8)$$

jossa

$d_n$	on kyseisen aineen paksuus [m]
$\lambda_n$	on kyseisen aineen lämmönjohtavuus [W / mK]
$R_u$	on ulkopinnan lämmönvastus [m <sup>2</sup> K/W]
$R_s$	on sisäpinnan lämmönvastus

Lämmönläpäisykerroin on siis eri rakenneosien (tuulensuojalevy, mineraalivilla, ilmarako ja pintojen) yhteenlasketun kokonaislämmönvastuksen käänteisarvo. Kun tarvittavat lämmönläpäisykertoimen on saatu selville, aloitetaan lämmitystehontarpeiden laskeminen huonekohtaisesti. (RakMk D5). Laskelmissa on käytetty taulukon 1 mukaisia lämmönjohtavuuden  $\lambda_n$  -arvoja

Taulukko1. Laskelmissa käytetty materiaalien lämmönjohtavuus

Materiaali	$\lambda_n$ [W/mK]
Uretaani	0,03
Villa	0,05
Lastulevy	0,15
Lauta	0,12
Leca-harkko	0,2
Siporex	0,28
Mineriitti	0,28

## 5.2.2 Energiantarve

Kokonaisenergiantarve  $Q_{\text{kok}}$  on laskettu kaavalla 9 (RakMK D5 1985).

$$Q_{\text{kok}} = Q_{\text{joht}} + Q_{\text{joht.maa}} + Q_{\text{iv}} + Q_{\text{vuotoiv}} + Q_{\text{lv}} \quad (9)$$

jossa

$Q_{\text{joht}}$	on rakenteiden läpi johtuva energia [kWh]
$Q_{\text{joht.maa}}$	on maahan johtuva energia [kWh]
$Q_{\text{iv}}$	on ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia [kWh]
$Q_{\text{vuotoiv}}$	on vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia [kWh]
$Q_{\text{lv}}$	on lämpimän käyttöveden valmistuksen energiantarve [kWh]

Rakenteiden läpi johtuva energia  $Q_{\text{joht}}$  on laskettu kaavalla (10).

$$Q_{\text{joht}} = \Sigma (U A 24S)/1000 \quad (10)$$

jossa

$U$	on kunkin rakenneosan lämmönläpäisykerroin [ $\text{W}/\text{m}^2 \text{K}$ ]
$A$	on kunkin rakenneosan pinta-ala [ $\text{m}^2$ ]
$S$	on paikkakunnan ko. jakson astepäiväluku [ $\text{Kd}$ ]
24	on kerroin, joka muuttaa astepäiväluvun astetunneiksi
1000	on kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

Maahan johtuva energia on laskettu kaavalla 11.

$$Q_{\text{joht.maa}} = q_m A \quad (11)$$

jossa

$q_m$  on rakennuksen sisälämpötilasta riippuva maahan johtuva energia pinta-alayksikköä kohden [kWh/m<sup>2</sup>]

$A$  on lattia- tai seinäpinta-alasta se osuus, joka vaikuttaa häviöiden suuruuteen [m<sup>2</sup>]

Ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema energia on laskettu kaavalla 12.

$$Q_{\text{iv}} = \rho_i c_{\text{pi}} q_{\text{iv}} 24 S t_v r - Q_{\text{lto}} \quad (12)$$

jossa

$\rho_i$  on ilman tiheys [1,2 kg/m<sup>3</sup>]

$c_{\text{pi}}$  on ilman ominaislämpö [1,0 kJ/kgK]

$q_{\text{iv}}$  on ilmanvaihdon ilmavirta [m<sup>3</sup>/s]

24 on kerroin, jolla muunnetaan astepäiväluku astetunneiksi

$S$  on astepäiväluku [Kd]

$t_v$  on viikoittainen käyntiaikasuhte [d/7d]

$r$  on kerroin, joka ottaa huomioon ilmanvaihtolaitoksen vuorokautisen käyntiajan

$Q_{\text{lto}}$  on lämmöntalteenottolaitteistolla talteen otettava ja hyödynnettävä energia [kWh]

Vuotoilman lämmityksen tarvitsema energia on laskettu kaavalla 13.

$$Q_{\text{vuotoiv}} = \rho_i c_{pi} n_v V 24S/3600 \quad (13)$$

jossa

$\rho_i$	on ilman tiheys [1,2 kg/m <sup>3</sup> ]
$c_{pi}$	on ilman ominaislämpö [1,0 kJ/kgK]
$n_v$	on vuotoilman vaihtuvuus tunnissa [1/h]
$V$	on rakennustilavuus [m <sup>3</sup> ]
$S$	on astepäiväluku [Kd]
24	on kerroin, jolla muunnetaan astepäiväluku astetunneiksi
3600	on kerroin, jolla vaihtuvuus [m <sup>3</sup> /h] muunnetaan yksiköksi [m <sup>3</sup> /s]

Lämpimän käyttöveden valmistukseen tarvitsema energia  $Q_{lv}$  on laskettu kaavalla 14.

$$Q_{lv} = \rho_v c_{pv} q_{lv} (T_{lv} - T_{kv}) / 3600 \quad (14)$$

jossa

$\rho_v$	on veden tiheys [1000 kg/m <sup>3</sup> ]
$c_{pv}$	on veden ominaislämpö [4,2 kJ/kgK]
$q_{lv}$	on lämpimän veden kulutus [m <sup>3</sup> /a]
$T_{lv}$	on lämpimän veden lämpötila [°C]
$T_{kv}$	on kylmän veden lämpötila [°C]
3600	on kerroin, jolla yksikkö [kJ] muutetaan yksiköön [kWh]

### 5.3 Tehon- ja energiantarve hallirakennuksessa

Laskelmat on tehty exel-taulukkolaskelmaohjelmalla (Heinola Reino 2003).

Mitoitusolosuhteissa on käytetty seuraavia arvoja:

- sisälämpötila 17 C°
- ulkolämpötila -26 C°
- vuotoilma 0,2 l/h

Laskelmissa ilmanvaihdon määräksi on arvioitu 0,5 kertaa/h, joka koostuu painovoimaisesta ilmanvaihdosta ja huippuimurin eriateisesta käytöstä.

#### Tehontarve

Lämmityksen tehontarpeen laskentatuloksista on laadittu yhteenveto taulukosta 2 hallirakennuksen osalta:

• Johtuminen $\Phi_{\text{joht}} + \Phi_{\text{joht.maa}}$	16,9 kWh
• Vuotoilmanvaihto $\Phi_{\text{vuotoiv}}$	3,4 kWh
• Ilmanvaihto $\Phi_{\text{iv}}$	8,6 kWh
• Lämmin käyttövesi $\Phi_{\text{iv}}$	42 kWh
• Kokonaistehontarve $\Phi_{\text{kok}}$	71 kWh
• Tehontarve yhteensä ilman käyttövettä	n. 29 kWh



## Energiantarve

Lämmityksen energiantarpeen laskentatuloksista on laadittu yhteenveto taulukosta 2 hallirakennuksen osalta (luvut on pyöristettyjä):

• Johtuminen $\Phi_{\text{joht}} + \Phi_{\text{joht.maa}}$	42 MWh/a
• Vuotoilmanvaihto $\Phi_{\text{vuotoiv}}$	8 MWh/a
• Ilmanvaihto $\Phi_{\text{iv}}$	9 MWh/a
• Käyttövesi $\Phi_{\text{iv}}$	0 MWh/a
• Energian tarve yhteensä $\Phi_{\text{kok}}$	59 MWh/a

## Taulukko 2. Energiantarpeen laskenta hallirakennuksessa.

Mitoitustilanne	ulkoilma	sisäilma	erotus	S17
Porin lämpötilat (°C)	-26	17	43	4400 Kd
Tilavuus (ilmanvaihdon peruste - lämmin / m3)				1200
<b>Vaipan häviöt ulos</b>	<b>ala</b> (m <sup>2</sup> )	<b>lämmönläp.</b> (W/(m <sup>2</sup> · K))	<b>häviöt</b> (kW)	
seinät	350	0,25	3,76	
katto	500	0,16	3,44	
1 kert. ikkunat	-	-	-	
2 kert. ikkunat	50	3,00	6,45	
3 kert. ikkunat	-	-	-	
ovet	22	1,40	1,32	
alaphoja	400		2,00	
<b>Vaipan häviöt ulkoilmaan yhteensä</b>				<b>16,98</b> 42 MWh/a
<b>Mitoittava ilmanvaihto</b>	<b>vaihtuvuus</b> (kertaa/h)	<b>ilmavirta</b> (m <sup>3</sup> /s)	<b>häviöt</b> (kW)	
koneellinen	0,2	0,167	8,60	9 MWh/a
lämmön talteenotto -%	0%			
(mieti samanaikaisuus)				
vuoto	0,2	0,067	3,44	8 MWh/a
<b>Häviöt ilman mukana yhteensä</b>				<b>12,04</b> 17 MWh/a
<b>Käyttövesi -mitoitus</b>	0,2		<b>42,00</b>	
	l/s			
<b>Käyttövesi -kulutus</b>	1			0 MWh/a
	m <sup>3</sup> /a			
				S17 - kulutus 59

#### 5.4 Tehon- ja energiantarve toimistorakennuksessa

Laskelmat on tehty exel-taulukkolaskelmaohjelmalla (Heinola Reino 2003).

Mitoitusolosuhteissa on käytetty seuraavia arvoja:

- sisälämpötila 21 °C
- ulkolämpötila -26 °C
- vuotoilma 0,2 l/h

Laskelmissa painovoimaisen ilmanvaihdon määräksi on arvioitu 0,5 kertaa /h. Energiantarpeen laskennassa sisäilman lämpötilana on käytetty 17 °C, jolloin ilmaislämpöjen oletetaan nostavan lämpötilan 21 °C:een ja lämmöntarveluku on 4400 Kd. Lämpimän käyttöveden kulutuksena on käytetty 9 m<sup>3</sup>/a, joka on vähän alle puolet koko kulutuksesta.

#### Tehontarve

Lämmityksen tehontarpeen laskentatuloksista on laadittu yhteenveto taulukosta 3 toimistorakennuksen osalta:

- Johtuminen  $Q_{\text{joht}} + Q_{\text{johtmaa}}$  7,7 kW
- Vuotoilmanvaihto  $\Phi_{\text{vuotoiv}}$  1,2 kW
- Ilmanvaihto  $\Phi_{\text{iv}}$  3,0 kW
- Lämmin käyttövesi  $\Phi_{\text{lv}}$  42 kW
  
- Kokonaistehontarve  $\Phi_{\text{kok}}$  54 kW
- Tehontarve yhteensä ilman käyttövettä n. 12 kW

## Energiantarve

Lämmityksen energiantarpeen laskentatuloksista on laadittu yhteenveto taulukosta 3 toimistorakennuksen osalta (luvut pyöristettyjä)

• Johtuminen $Q_{\text{joht}} + Q_{\text{joht.maa}}$	17 MWh/a
• Vuotoilmanvaihto $Q_{\text{vuotoiv}}$	3 MWh/a
• Ilmanvaihto $Q_{\text{iv}}$	3 MWh/a
• Käyttövesi $Q_{\text{iv}}$	1 MWh/a
• Energiantarve yhteensä $Q_{\text{kok}}$	23 MWh/a
Energiantarve yhteensä ilman käyttövettä	22 MWh/a

Jos rakennukseen asennettaisiin koneellinen tulo- ja poistoilmanvaihto varustettuna poistoilman lämmön talteenottolaitteella, jonka hyötysuhde on 50 %, ilmanvaihdon energiantarve laskisi noin puoleen eli 1,4 MWh/a.

Taulukko 3. Energiantarpeen laskenta toimistorakennuksessa.

Mitoitustilanne	ulkoilma	sisäilma	erotus	S17
Porin lämpötilat (°C)	-26	21	47	4400 Kd
Tilavuus (ilmanvaihdon peruste - lämmin / m3)			380	
<b>Vaipan häviöt ulos</b>	<b>ala</b>	<b>lämmönlöp.</b>	<b>häviöt</b>	
	(m2)	(W/(m2 · K))	(kW)	
seinät	300	0,25	3,53	
katto	150	0,25	1,76	
1 kert. ikkunat	-	-	-	
2 kert. ikkunat	-	-	-	
3 kert. ikkunat	13	1,98	1,21	
normi-ikkunat / ovet	8	1,40	0,53	
			-	
alalohja	130		0,65	
<b>Vaipan häviöt ulkoilmaan yhteensä</b>			<b>7,67</b>	17 MWh/a
<b>Mitoittava ilmanvaihto</b>	<b>vaihtuvuus</b>	<b>ilmavirta</b>	<b>häviöt</b>	
	(kertaa/h)	(m3/s)	(kW)	
koneellinen	0,5		2,99	3 MWh/a
lämmön talteenotto -%				
(mieti samanaikaisuus)				
vuoto	0,2	0,021	1,19	3 MWh/a
<b>Häviöt ilman mukana yhteensä</b>			<b>4,17</b>	5 MWh/a
<b>Käyttövesi -mitoitus</b>	0,2		<b>42,00</b>	
	l/s			
<b>Käyttövesi -kulutus</b>	9			1 MWh/a
	m³/a			
		S17 - kulutus	23	MWh/a

## 6 YHTEENVETO JA PARANNUSEHDOTUKSET

Hallirakennuksessa lähinnä katossa ja päätyseinissä on jonkin verran homevaurioita. Korjaustoimenpiteet tulee tehdä pikimmiten. Lämmitys on puutteellinen, mikä aiheuttaa vedon tuntua hallissa ainakin kovilla pakkasilla. Paikalliset lämpötilaerot, ilman nopeus ja säteilylämmönsiirto saattavat aiheuttaa suuria eroja paikallisissa kehon lämmönluovutuksessa, mikä voi tuntua epämiellyttävältä. Tämän vuoksi on varmistettava, että lämpöolot ovat riittävän tasaiset. (Seppänen O., Seppänen M. 1997.) Homevaurioon viittaavia seikkoja ovat esim. ilman tunkkaisuus, jatkuva homeen tai maakellarin haju ja henkilöstön työaikana kokemat oireet.

Toimistorakennuksen rakenteissa ei ole juuri mitään huomautettavaa. Lämmönjakohuoneessa putkistoista puuttuu eristystä, mikä aiheuttaa lisäkustannuksia huonon hyötysuhteen takia.

Aikajaksolla 1.1.2004 – 31.12.2005 lämmönkulutus on ollut n. 72 MWh/a ja nyt laskennallisoin keinoin saatiin lopputulokseksi n. 82 MWh/a, joten kulutus on pysynyt alle lasketun arvon. On hyvin vaikea tosin päästä ihan tarkkaan arvoon, esim. hallirakennuksessa on isot liukuovet ja ne voivat olla talvisin auki montakin minuuttia ja näin ollen voi tulla suuriakin energiahäviöitä. Kulutus on laskettu normaali-vuoden säällä eikä siis kyseisten vuosien säätiedoilla, mikä myös aiheuttaa eroja.

Hyvänä vaihtoehtona olisi asentaa hallirakennukseen kiertoilmalämmitys sisäilman lämpötilan tasoittamiseksi.

Toimistorakennukseen olisi hyvä asentaa ilmanvaihtokone, jossa olisi poistoilman lämmöntalteenotto. Pinta-alaan pohjautuva ilmanvaihdon mitoitusarvo tulisi olla n. 2 l/sm<sup>2</sup>. Henkilöä kohden määritetty ilmavirta tulisi olla vähintään 10 l/shlö. (RakMK D2 2003)

## LÄHDELUETTELO

Heinola Reino 2003. Tehon ja Energiantarpeen excel- taulukkolaskentaohjelmalla. Opetusmateriaali.

(RakMK D5 1985) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten sisäilmas- to ja ilmanvaihto, määräykset ja ohjeet. Ympäristöministeriö Valmistelija Kaisa Kauko.

(RakMK D2 2003) Suomen rakentamismääräyskokoelma. Rakennusten lämmi- tyksen ja tehon- ja energiantarpeen laskenta.

Seppänen O., Seppänen M., 1997. Rakennusten sisäilmasto ja LVI-tekniikka. Jy- väskylä: Sisäilmayhdistys.