



Jukka-Pekka Holappa

SOTKAN LEIRIKESKUKSEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN PERUSPARANNUS

SOTKAN LEIRIKESKUKSEN LÄMMITYSJÄRJESTELMÄN PERUSPARANNUS

Jukka-Pekka Holappa
Opinnäytetyö
Kevät 2011
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutusohjelma

Tekijä: Jukka-Pekka Holappa

Opinnäytetyön nimi: Sotkan leirikeskukseen lämmitysjärjestelmän perusparannus

Työn ohjaaja: Mikko Niskala

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: kevät 2011 Sivumäärä: 41 + 5 liitettä

Työssä vertailtiin eri lämmitysmuotojen rakennus- ja käyttökustannuksia 15 vuoden aikajaksolla Peihakka Oy:n omistamassa Sotkan leirikeskuksessa, koska olemassa oleva öljykattila oli tullut elinkaarensa päähän.

Rakennusten lämmitystehontarpeet ja vuotuinen energiankulutus laskettiin huonekohtaisesti rakenteiden lämmönjohtavuuksien ja rakennevahvuuksien perusteella. Lämpimän käyttöveden tarve laskettiin rakennusten bruttoalan perusteella. Vuosittaisen energiankulutuksen kautta saatiin laskettua eri lämmitysmuodoille hinnat, joihin lisättiin arvioidut rakennuskustannukset.

Laskelmien perusteella 15 vuoden aikana edullisimmaksi lämmitysmuodoksi rakennus- ja käyttökustannuksiltaan muodostuu pellettilämmitys ja kalleimmaksi öljylämmitys. Lämmitysmuotoa valittaessa on kuitenkin huomioitava, että laskelmissa rakennusten käyttöasteena on 100 % eikä huoltokustannuksia tai energian hinnannousua huomioitu. Myös toimintavarmuus ja käyttömukavuus on syytä huomioida valintavaiheessa.

Asiasanat: lämmitysjärjestelmä, leirikeskus

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	6
2 SOTKAN LEIRIKESKUS	7
2.1 Koulu.....	7
2.2 Asuntola.....	9
2.3 Huvila.....	11
2.4 Lämmitystehontarve.....	12
2.5 Energiatehokkuus ja energiankulutus	16
3 LÄMPÖPUMPUT.....	19
3.1 Maalämpöjärjestelmän toimintaperiaate	19
3.1.1 Lämpimän käyttöveden tarve.....	21
3.1.2 Lämpökaivo, porakaivo	22
3.1.3 Vesistölämpö	23
3.1.4 Vesistön soveltuvuus	24
3.1.5 Lämmönkeruuputkiston vieminen maalta vesistöön	25
3.1.6 Lämmönkeruuputkiston ankkurointi vesistön pohjaan	25
3.1.7 Vesistö lämmönlähteenä verrattuna lämpökaivoon	25
3.2 Poistoilmalämpöpumppu.....	26
3.3 Ulkoilmalämpöpumppu	27
3.3.1 Ilma-ilmalämpöpumppu	27
3.3.2 Ilma-vesilämpöpumppu.....	28
4 ÖLJYLÄMMITYS	30
5 PELLETTILÄMMITYS	31
6 SÄHKÖLÄMMITYS	33
7 RAKENNUSKUSTANNUKSET	34
8 OSTOENERGIA.....	35
9 KÄYTTÖKUSTANNUKSET 15 VUODEN AJALLE.....	36
10 YHTEENVETO.....	37
LÄHTEET	39

LIITTEET

Liite 1. Lähtötietomuistio

Liite 2. Taulukot

- Liite 3. Rakennuskustannukset
- Liite 4. Ostettavan energian hinnat
- Liite 5. 15 vuoden käyttökustannukset

1 JOHDANTO

Työn tavoitteena on parantaa Sotkan Leirikeskuksen lämmitysjärjestelmän energiatehokkuutta ja kohentaa vuokrattavien tilojen asumisviihtyvyyttä. Koska olemassa oleva öljylämmityskattila on tullut elinkaarensa päähän, päätettiin selvittää mahdolliset vaihtoehdot rakennusten lämmitysenergian tuottamiseen.

Työssä verrataan eri lämmitysmuotojen kustannuksia laskennallisen energiankulutuksen perusteella. Tarkoituksena on löytää kohteen rakennuksiin parhaiten soveltuvat mahdollisimman kustannustehokkaat, helppokäyttöiset ja varmat oimiset lämmitysmuodot.

2 SOTKAN LEIRIKESKUS

Sotkan leirikeskukseen kuuluu kolme eri rakennusta: koulu, asuntola ja huvila. Huvila palvelee asiakkaita ympäri vuoden ja koulun pääasiallinen käyttö rajoittuu lämmityskauden ulkopuolelle. Asuntolaa käytetään ainoastaan pidempiaikaiseen majoittumiseen normaalin vuokra-asunnon tapaan.

2.1 Koulu

Koulu on noin 300 m² lautaverhoiltu ja purueristetty rakennus, jonka valmistusvuosi on 1948. Rakennusta lämmitetään öljykattilaan yhdistetyllä vesikiertoisella patterilämmityksellä. Rakennuksessa on puurakenteinen tuulettuva alapohja ja painovoimainen ilmanvaihto.

Rakenteet

Rakennuksen lämmitystehontarve mitoitusolosuhteissa laskettiin huonekohtaisten lämpöhäviöiden perusteella Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D5:n ohjeen mukaisesti. Lämpöhäviöiden laskennassa käytetyt laskennalliset lämmönläpäisykertoimet sekä kokonaislämmönvastukset löytyvät liitteen 2 taulukosta 1.

Ikkunat

Rakennuksen ikkunat ovat kaksinkertaisia 18 mm:n ilmavälillä erotettuja 3 mm:n laseja. Ilmavälin emissiviteetti on 0,16.

Ikkunoiden U-arvot laskettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa C4:n mukaisesti kaavassa 1 esitetyllä tavalla.

$$U_w = \frac{A_g U_g + A_f U_f + I_g \Psi_g}{A_g + A_f} \text{ KAAVA 1}$$

U_w = keskimääräinen lämmönläpäisykerroin

A_g = valoaukon pinta-ala, m^2

U_g = valoaukon lämmönläpäisykerroin, W/m^2K

A_f = karmi- ja puiteosan projektiopinta-ala, m^2

U_f = karmi- ja puiteosan lämmönläpäisykerroin, W/m^2K

l_g = valoaukon reunaan muodostuvan viivamaisen kylmäsilan pituus, m

Ψ = valoaukon reunan viivamainen lisäkonduktanssi, W/mK .

Ulko-ovet

Ulko-ovet ovat ulkopinnaltaan paneeliverhoiltuja massiivipuuovia. Ovien U-arvon laskenta on esitetty liitteen 2 taulukossa 2.

Ilmanvaihto

Rakennuksen painovoimaisen ilmanvaihdon lämmitystehontarve laskettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D5:n mukaisesti kaavoilla 2 ja 3. Poistoilmavirtana käytettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D2:n mukaista rakennuksen minimi-ilmavirtaa 0,5 1/h.

$$\phi_{iv} = H_{iv}(T_s - T_{u,mit}) \text{ KAAVA 2}$$

$$H_{iv} = \rho_i c_{pi} q_{v,poisto} (1 - n_a) \text{ KAAVA 3}$$

ϕ_{iv} = ilmanvaihdon lämmityksen tarvitsema teho, W

H_{iv} = ilmanvaihdon ominaislämpöhäviö, W/K

T_s = sisäilman lämpötila, °C

$T_{u,mit}$ = mitoittava ulkoilman lämpötila, °C

ρ_i = ilman tiheys, $1,2 \text{ kg/m}^3$

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/kgK

$q_{v, poisto}$ = poistoilmavirta, m^3/s

n_a = ilmanvaihdon poistoilman lämmöntalteenoton vuosihyötysuhde.

Vuotoilma

Rakennuksen vuotoilman lämmitystehontarve laskettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D5:n mukaisesti kaavoilla 4, 5 ja 6.

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

$$H_{vuotoilma} = \rho_i c_{pi} q_{v,vuotoilma} \text{ KAAVA 5}$$

$$q_{v,vuotoilma} = n_{vuotoilma} V / 3600 \text{ KAAVA 6}$$

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

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

T_s = sisäilman lämpötila, °C

T_u = ulkoilman lämpötila, °C

Δt = ajanjakson pituus, h

1000 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos kilowattitunneiksi

ρ_i = ilman tiheys, 1,2 kg/m³

c_{pi} = ilman ominaislämpökapasiteetti, 1000 Ws/kgK

$q_{v, vuotoilma}$ = vuotoilmavirta, m³/s

$n_{vuotoilma}$ = rakennuksen vuotoilmakerroin, kertaa tunnissa, 1/h

V = rakennuksen ilmatilavuus, m³

3600 = kerroin, jolla suoritetaan laatumuunnos m³/h :sta m³/s :ksi.

Koska rakennuksen ilmanpitävyyttä ei tunnettu, käytettiin lämmitysenergian tarpeen laskennassa vuotoilmankertoimen arvoa 0,16 1/h. Arvo 0,16 1/h vastaa rakennuksen vaipan ilmatiiviyttä kuvaavaa ilmanvuotolukua $n_{50} = 4$ 1/h.

2.2 Asuntola

Asuntola on 150 m² lautaverhoiltu ja purueristetty rakennus, jonka valmistumisvuosi on 1948. Rakennus sisältää kaksi erillistä asuntoa, joita lämmitetään suo-

ralla sähkölämmityksellä. Rakennuksessa on puurakenteinen tuulettuva alapohja ja painovoimainen ilmanvaihto.

Rakenteet

Rakennuksen lämmitystehontarve mitoitusolosuhteissa laskettiin huonekohtaisten lämpöhäviöiden perusteella Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D5:n ohjeen mukaisesti. Lämpöhäviöiden laskennassa käytetyt laskennalliset lämmönläpäisykertoimet sekä kokonaislämmönvastukset löytyvät liitteen 2 taulukosta 3.

Ikkunat

Rakennuksen ikkunat ovat kaksinkertaisia 18 mm:n ilmavälillä erotettuja 3 mm:n laseja. Ilmavälin emissiviteetti on 0,16.

Ikkunoiden U-arvot laskettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa C4:n mukaisesti kaavassa 1 esitetyllä tavalla.

Ulko-ovet

Ulko-ovet ovat ulkopinnaltaan paneeliverhoiltuja massiivipuuovia. Ovien U-arvon laskenta on esitetty liitteen 2 taulukossa 2.

Ilmanvaihto

Rakennuksen painovoimaisen ilmanvaihdon lämmitystehontarve laskettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D5:n mukaisesti kaavoilla 2 ja 3. Poistoilmavirtana käytettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D2:n mukaista rakennuksen minimi-ilmavirtaa 0,5 1/h.

Vuotoilma

Rakennuksen vuotoilman lämmitystehontarve laskettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D5:n mukaisesti kaavoilla 4, 5 ja 6.

2.3 Huvila

Huvila on osin kaksikerroksinen lattiapinta-alaltaan 125 m² hirsirakennus, jonka valmistumisvuosi on 1999. Alapohjan rakenne on maanvarainen betonilaatta. Huvilassa on sähkölämmitys sekä ilmalämpöpumppu. Pesu- ja pukuhuoneissa on sähköinen lattialämmitys. Ilmanvaihto tapahtuu lämmöntalteenotolla varustetulla tulo- ja poistoilmakojeella.

Rakenteet

Rakennuksen lämmitystehontarve mitoitusolosuhteissa laskettiin huonekohtaisten lämpöhäviöiden perusteella Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D5:n ohjeen mukaisesti. Lämpöhäviöiden laskennassa käytetyt laskennalliset lämmönläpäisykertoimet sekä kokonaislämmönvastukset löytyvät liitteen 2 taulukosta 4.

Ikkunat

Rakennuksen ikkunat ovat yhdistelmäikkunoita, joissa on lasituksena erillislasi ja 2-lasinen eristyslasi. Ikkunoiden U-arvot laskettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa C4:n mukaisesti kaavassa 1 esitetyllä tavalla.

Ulko-ovet

Huvilan ulko-ovet ovat lasiaukollisia Fenestra UO2X malleja. Oven lämmönläpäisykerroin 1,8 W/m²K saatiin suoraan valmistajan kotisivuilta. (1.)

Ilmanvaihto

Rakennuksen koneellisen ilmanvaihdon lämmitystehontarve laskettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D5:n mukaisesti kaavoilla 2 ja 3. Poistoilmavirtana käytettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D2:n mukaista rakennuksen minimi-ilmavirtaa 0,5 1/h.

Vuotoilma

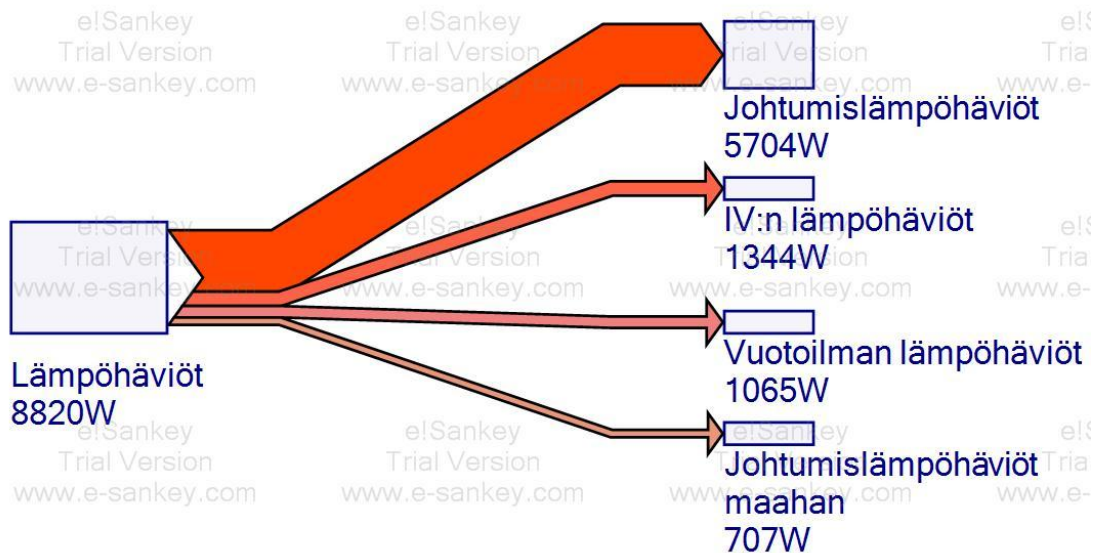
Rakennuksen vuotoilman lämmitystehontarve laskettiin Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D5:n mukaisesti kaavoilla 4, 5 ja 6.

2.4 Lämmitystehontarve

Laskennalliset lämmitystehontarpeet mitoitusolosuhteissa Suomen Rakentamismääräyskokoelma osa D5:n ohjeen mukaan laskettuna kyseessä olevalla säävyöhykkeellä ovat

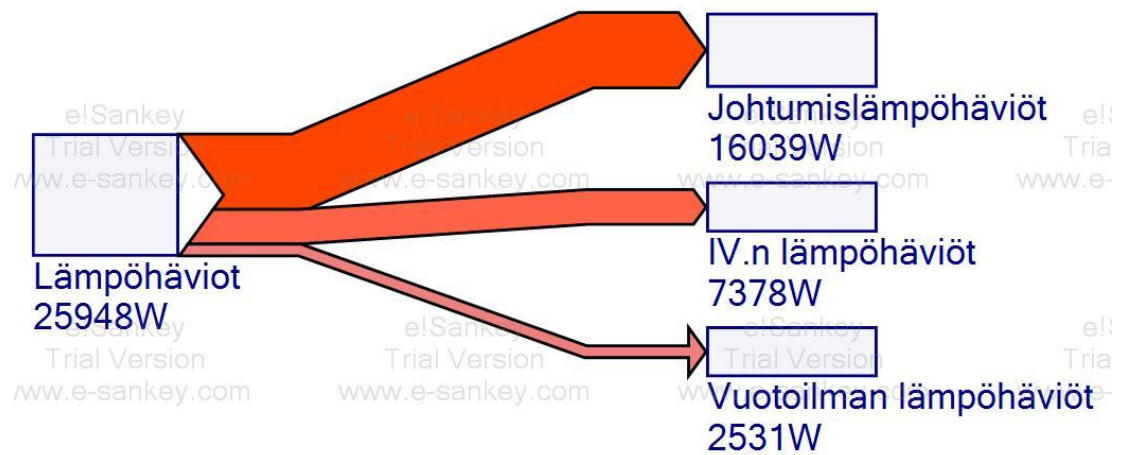
- koulu 26 kW
- asuntola 15 kW
- huvila 9 kW.

Huvilarakennuksen lämmitystehontarpeeseen vaikuttavat lämpöhäviöt havainnollistetaan kuvassa 1.



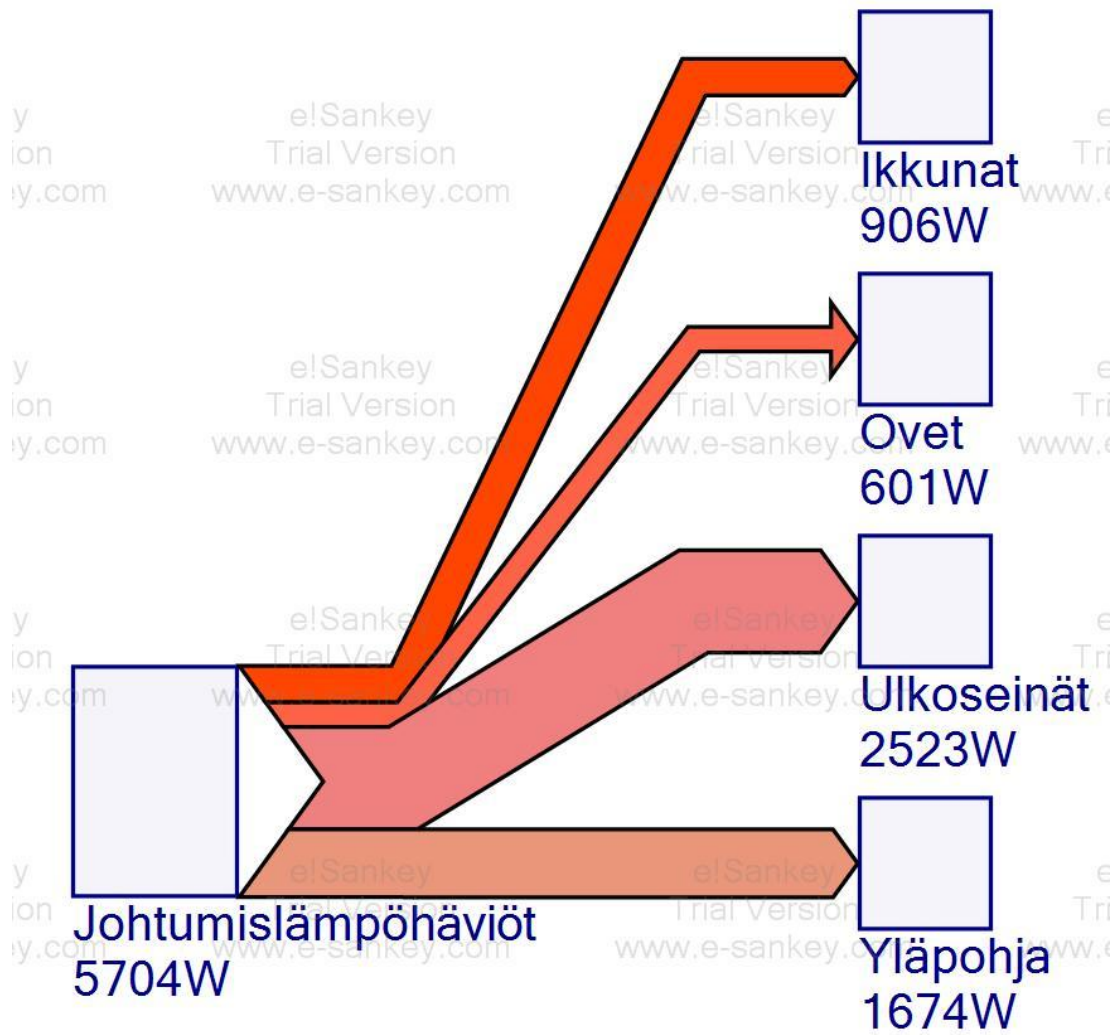
KUVA 1. Huvilan lämpöhäviötehon jakautuminen Sankey-diagrammilla

Koulurakennuksen lämmitystehontarpeeseen vaikuttavat lämpöhäviöt havainnollistetaan kuvassa 2.



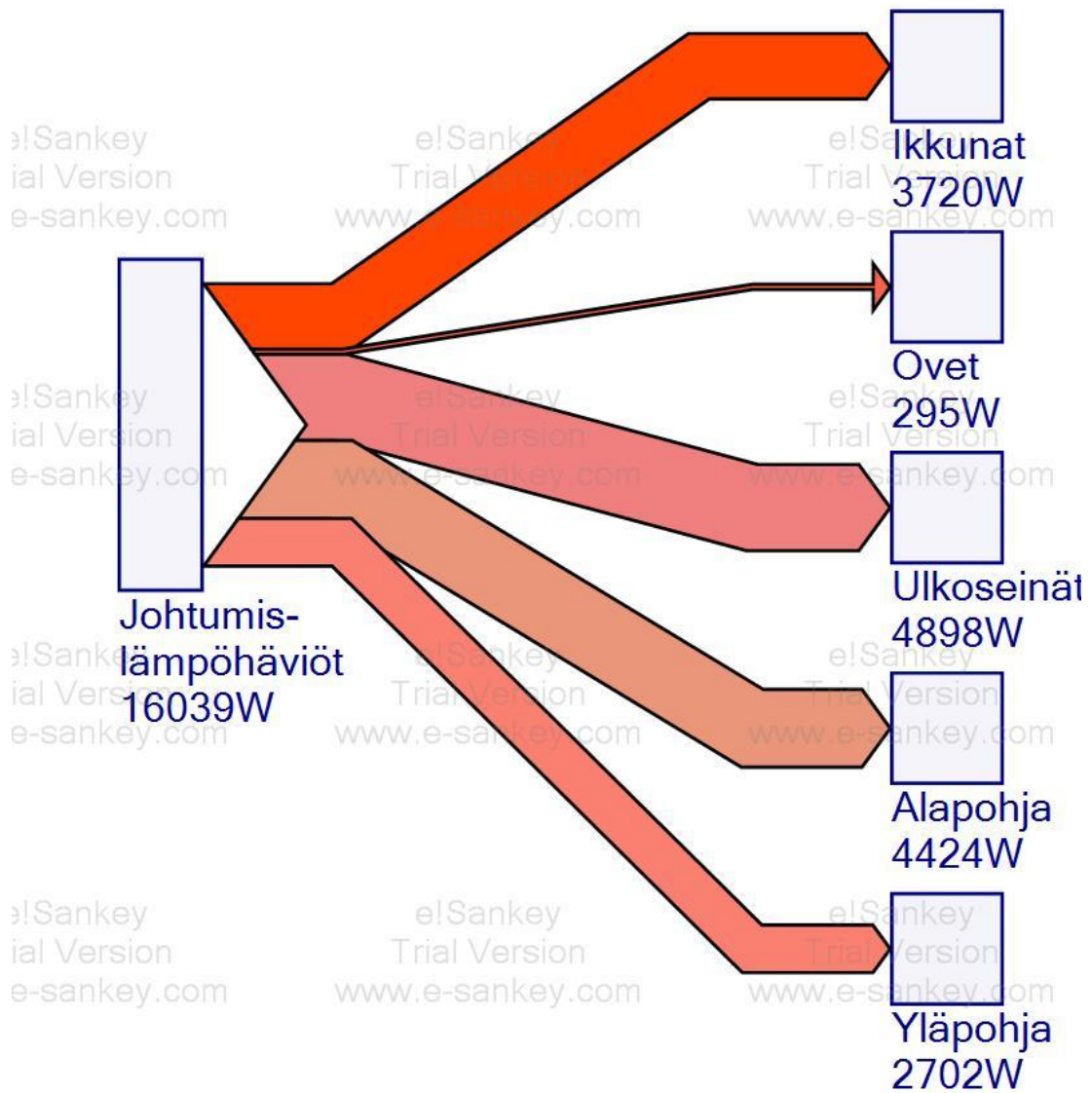
KUVA 2. Koulun lämpöhäviötehon jakautuminen Sankey-diagrammilla

Huvilarakennuksen johtumislämpöhäviötehot on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Huvilan johtumislämpöhäviötehon jakautuminen Sankey-diagrammilla

Koulurakennuksen johtumislämpöhäviötehot on esitetty kuvassa 4.



KUVA 4. Koulun johtumislämpöhäviötehon jakautuminen Sankey-diagrammilla

2.5 Energiatohokkuus ja energiankulutus

Energiatohokkuusluku laskettiin ympäristöministeriön energiatohokkuus asetuksen mukaisesti kaavoilla 7 ja 8.

$$ET = \frac{Q_{\text{lämm, norm}} + W_{\text{laites ähkö}}}{A} \text{ KAAVA 7}$$

$$Q_{\text{lämm, norm}} = k_2 * \frac{S_{\text{nvpkunta}}}{S_{\text{toteutunutvpkunta}}} * (Q_{\text{lämmitys}} - Q_{\text{lkv}}) + Q_{\text{lkv}} \text{ KAAVA 8}$$

ET = rakennuksen energiatohokkuusluku, kWh/brm²/vuosi

$Q_{\text{lämm, norm}}$ = rakennuksen lämmitystarvelukukorjattu lämmitysenergian kulutus, kWh/vuosi

$W_{\text{laites ähkö}}$ = rakennuksen laitesähkönkulutus, kWh/vuosi

A = rakennuksen bruttoala, brm²

k_2 = Ilmatieteen laitoksen määrittelemä paikkakuntaakohtainen korjauskerroin Jyväskylään

S_{nvpkunta} = Ilmatieteen laitoksen määrittelemä normaalivuoden lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla, °Cd

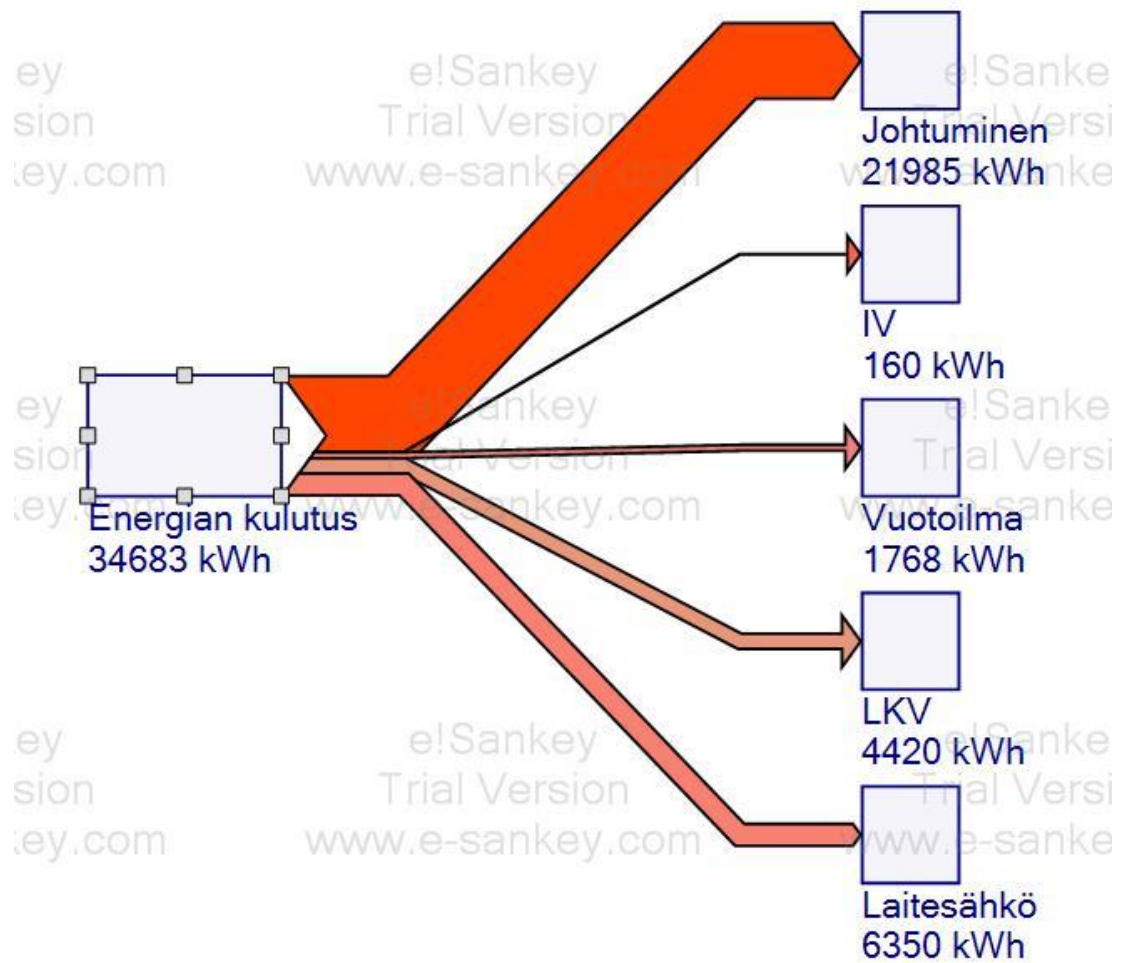
$S_{\text{toteutunutvpkunta}}$ = toteutunut lämmitystarveluku vertailupaikkakunnalla, °Cd

$Q_{\text{lämmitys}}$ = laskennallinen lämmitysenergian kulutus, kWh

Q_{lkv} = lämpimän käyttöveden energiankulutus, kWh

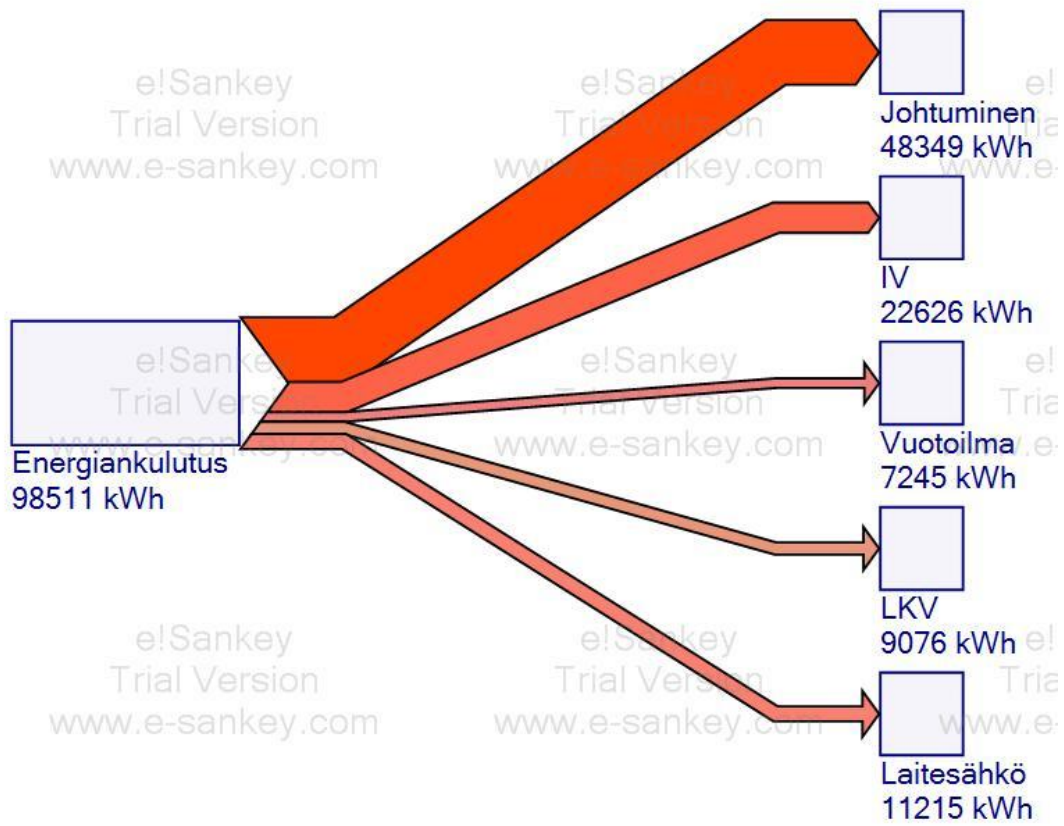
Taulukko energiankulutuksesta ja energiatohokkuudesta liitteessä 2.

Huvilarakennuksen energiankulutus havainnollistetaan kuvassa 5.



KUVA 5. Huvilan energiankäytön jakaantuminen Sankey-diagrammilla

Huvilarakennuksen energiankulutus havainnollistetaan kuvassa 6.



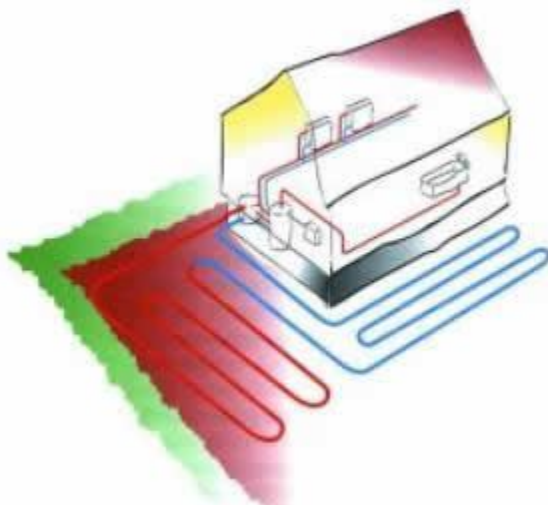
KUVA 6. Koulun energiankulutuksen jakaantuminen Sankey-diagrammilla

3 LÄMPÖPUMPUT

3.1 Maalämpöjärjestelmän toimintaperiaate

Maalämpöjärjestelmä hyödyntää maaperään, kallioon tai vesistöön varastoitunutta auringon energiaa rakennuksen ja käyttöveden lämmittämiseen. Järjestelmä hakee lämpöenergiaa maaperästä, kallioperästä tai vesistöstä lämmönkeruuputkistolla. Järjestelmä muodostuu kolmesta osa-alueesta: lämmönkeruuputkistosta, maalämpöpumpusta ja lämmönjakojärjestelmästä. (2.)

Lämmönkeruuputkiston avulla maaperästä, peruskalliosta tai vesistöstä saadaan kerättyä lämpimimmillään n. +1...+4-celsiusasteista liuosta. Tämä liuos on liian kylmää, jotta sitä voitaisiin suoraan käyttää rakennuksen ja käyttöveden lämmittämiseen. Maalämpöjärjestelmään kuuluu maalämpöpumppu, joka nostaa lämmönkeruupiiristä saatavan viileän lämmön korkeampaan lämpötilaan, jotta sitä voidaan käyttää rakennuksen ja käyttöveden lämmitykseen. Lämmönjakojärjestelmä luovuttaa maalämpöpumpun lämmön rakennukseen. Lämmönjakojärjestelmänä rakennuksissa tulee olla vesikiertoinen järjestelmä, esimerkiksi vesikiertoiset patterit tai vesikiertoinen lattialämmitys. (2.) Kuvassa 7 on esitetty maalämpöjärjestelmän toimintaperiaate.



KUVA 7. Maaperä lämmönlähteenä (3)

Maalämpöpumpussa on sähkömoottorikäyttöinen kompressori, joka höyrystimen ja lauhduttimen avulla nostaa maaperästä saatavan viileän lämmön talon ja käyttöveden lämmittämiseen soveltuvaksi lämmöksi. Yksinkertaistaen voidaan sanoa, että maalämpöpumpun kompressori puristaa maaperän viileän lämmön korkeampaan lämpötilaan. Maalämpöpumppu muuttaa maaperästä lämmönkeruuputkistolla ja lämmönkeruunesteellä saatavan +1...+4-celsiusasteisen lämmön +30...+65-celsiusasteiseksi lämmöksi, jolla lämmitetään joko lattiaa tai lämmityspattereita sekä lämmintä käyttövettä. (2.)

Maalämpöpumppu toimii samalla periaatteella kuin jääkaappi. Jääkaapin höyrystin ja kompressori eli lämpöpumppu hakevat jääkaapin sisältä lämpöä, joka luovutetaan lauhduttimen avulla huonetiloihin. Jääkaapin sisäpuoli pysyy viileänä, ja huonetilat lämpenevät hieman. Vastaavasti maalämpöpumppu hakee maaperästä lämpöä lämmönkeruuputkistolla ja luovuttaa maaperästä saadun lämmön kompressorin ja lauhduttimen kautta veteen, joka kiertää pattereissa tai lattialämmityksessä ja siirtyy huonetiloihin. (2.)

Maalämpöpumppu tarvitsee toimiakseen sähköenergiaa vastaavalla tavalla kuin jääkaappi. Maalämpöpumpun tarvitsema sähköenergia on noin kolmannes tai neljännes maalämpöpumpun tuottamasta lämpöenergiasta. Jokaista ostettua kilowattituntia kohden maalämpöpumppu tuottaa 3 tai 4, ja optimaalisissa olosuhteissa jopa 5 kilowattituntia lämpöenergiaa. Sen seurauksena maaläm-

pöpumppu on erittäin energiataloudellinen ja ympäristöystävällinen lämmitysjärjestelmä.

Omakotitaloon soveltuva maalämpöpumppu on tyypillisesti jääkaappipakastimen kokoinen laite, joka on leveydeltään noin 60 cm, syvyydeltään noin 60 cm ja korkeudeltaan noin 150 - 190 cm. Maalämpöpumppu voidaan sijoittaa lähes mihin tahansa tilaan, koska maalämpöpumpun käyntiääni on kehittyneimmissä malleissa varsin hiljainen. (2.)

Kokemusperäisesti voidaan todeta, että lämpöpumpun sijoittamiseen kannattaa kiinnittää huomiota. Esimerkiksi makuuhuoneeseen sijoitetun pumpun käyntiääni häiritsee varmasti.

Maalämpöpumpun lämmitysteho on täysin riittävä omakotitalon lämmittämiseen ja lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Tällöin käytetään tyypillisesti noin 10kW tehoista maalämpöpumppua. (2.)

3.1.1 Lämpimän käyttöveden tarve

Lämpimän käyttöveden tarve riippuu rakennuksessa olevien suihkujen, kylpy- ja poreammeiden määrästä. Suurimmassa osassa rakennuksista tavanomainen, maalämpöpumppuun integroitu lämpimän käyttöveden varaaja riittää varmistamaan lämpimän käyttöveden riittävyyden. Maalämpöpumppuun integroidun lämpimän käyttöveden varaajan tilavuus on tyypillisesti 160 - 185 litraa. Varaajassa olevan veden lämpötila on tyypillisesti +52 celsiusastetta, jolloin tästä määrästä saadaan 210 - 240 litraa +40-celsiusasteista suihkuvettä. Tämä vastaa noin viittä peräkkäistä suihkussa kävijää, arviolta 50 litraa +40-celsiusasteista vettä suihkukäyntiä kohti. Viiden peräkkäisen suihkussakäynnin aikana maalämpöpumppu ehtii tyypillisesti tuottamaan kuudennen suihkussakävijän tarvitseman lämpimän käyttöveden. Integroidulla lämminvesivaraajalla varustettu maalämpöpumppu riittää siis vähintään kuuden henkilön peräkkäiseen suihkussa käyntiin tavanomaisella suihkuveden käytöllä. (2.)

Mikäli rakennuksessa on kylpyamme tai poreallas, varaudutaan siihen, että poreallas lasketaan täyteen lämmintä vettä ja samaan aikaan suihkussa on useita

peräkkäisiä kävijöitä. Tämä vaatii lisää kapasiteettia maalämpöjärjestelmän lämpimän käyttöveden tuottamiseen. Maalämpöpumppuun integroitu 160 - 185 litran varaaja ei tällöin riitä, vaan käytetään ulkoista varaajaa, esimerkiksi 200/90 tai 300/160 litran kaksoisvaippavaraajaa. Näillä varaajilla lämpimän käyttöveden kokonaistilavuus on 290 litraa, joka vastaa 380 litraa +40-celsiusasteista käyttövettä, ja 460 litraa, joka vastaa 600 litraa +40-celsiusasteista käyttövettä. Jälkimmäinen vaihtoehto mahdollistaa suuren, esimerkiksi 400 litran porealtaan täyttämisen lämpimällä vedellä. Käyttövesi riittää myös neljän henkilön samanaikaiseen suihkussa käyntiin porealtaan täytön yhteydessä.(2.)

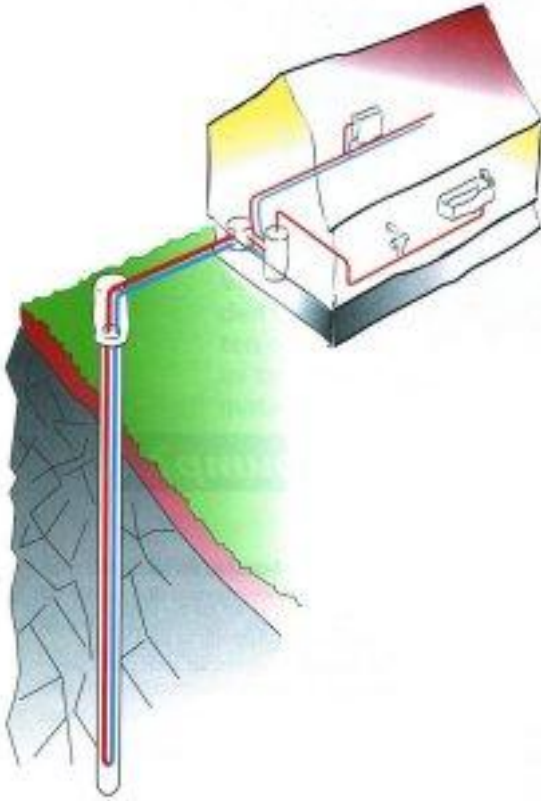
Maalämpöjärjestelmän lämpimän käyttöveden kapasiteetti tulee aina mitoittaa tarvetta vastaavaksi. Maalämpöjärjestelmä ei aseta rajoitteita lämpimän käyttöveden kulutukselle, vaan kyse on järjestelmän käyttövesitilavuuden oikeasta mitoittamisesta. (2.)

3.1.2 Lämpökaivo, porakaivo

Maalämpöpumppu hyödyntää maaperään, kallioon tai vesistöön varastoitunutta auringon energiaa rakennuksen ja käyttöveden lämmittämiseen. Maalämpöpumppu hakee energiaa maaperästä, kallioperästä tai vesistöstä lämmönkeruuputkistolla. Lämmönkeruuputkisto sijoitetaan yleisimmin rakennuksen viereen porattavaan lämpökaivoon, joka voi olla 100 - 200 metriä syvä. Porakaivoon sijoitettava lämmönkeruuputkisto soveltuu hyvin käytettäväksi pienillä kaupunkitonteilla, koska lämpökaivo ei vaadi tontilta pinta-alaa ja se voidaan porata lähelle rakennusta. (2.)

Maalämmön hyödyntämiseen tarkoitetun kaivon poraaminen on muuttumassa luvanvaraiseksi 1.5.2011 alkaen. Luvanvaraisuus koskee myös maaperään tai vesistöön sijoitettavan lämmönkeruuputkiston asentamista. Lupa vaaditaan silloin, kun rakennuksen lämmitysjärjestelmää vaihdetaan tai uusitaan maalämpöä hyödyntäväksi tai kun maalämpöä halutaan käyttää lisälämmönlähteenä. Toimenpidelupa ei koske uudisrakennusta, sillä uuden rakennuksen lämmitys-

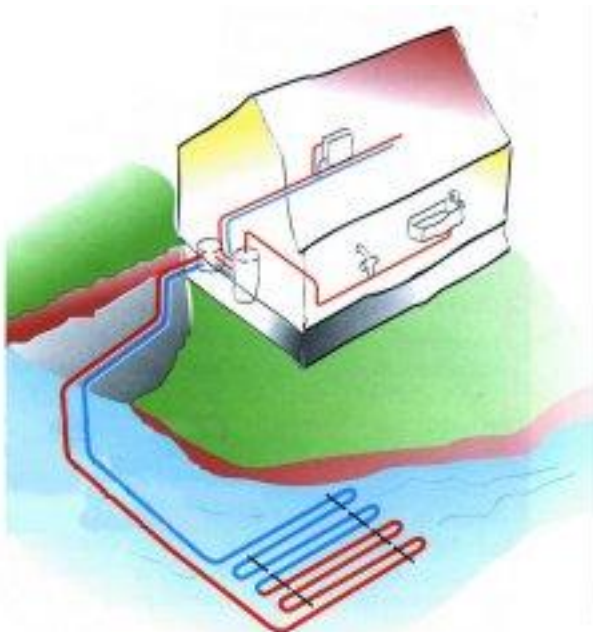
järjestelmä ratkaistaan rakennusluvan yhteydessä. (4.) Kuvassa 8 on esitetty lämpökaivon toimintaperiaate.



KUVA 8. Porakaivo maalämmön lähteenä (5)

3.1.3 Vesistölämpö

Vesistölämpö on hyvä vaihtoehto silloin, kun rakennuksen välittömässä läheisyydessä on tähän tarkoitukseen soveltuva vesistö. Huolellisella suunnittelulla ja toteutuksella vesistöön sijoitettu lämmönkeruuputkisto on energiataloudellinen ja kustannustehokas ratkaisu. Suuret maalämpöjärjestelmät, jotka vaativat useita kilometrejä lämmönkeruuputkistoa, ovat usein kustannustehokkaampia toteuttaa vesistölämpönä niin, että lämmönkeruuputkistot sijoitetaan vesistön pohjaan. (2.) Kuvassa 9 on esitetty vesistöön upotettavan lämmönkeruuputkiston asennusperiaate.



KUVA 9. Vesistöt lämmönlähteenä (6)

3.1.4 Vesistön soveltuvuus

Useimmat vesistöt soveltuvat hyvin vesistölämpölähteiksi. Vesistölämmön hyödyntäminen edellyttää vesistön haltijan lupaa. Lämmönkeruuputkisto rajoittaa vesistön käyttöä vain siten, ettei lämmönkeruuputkiston alueelle voi ankkuroida venettä, koska ankkuri voi tarttua kiinni lämmönkeruuputkistoon. Jos ankkuri yritetään nostaa ylös, voi lämmönkeruuputkisto vaurioitua. (2.)

Vesistön on oltava tarpeeksi syvä, jolloin ei ole vaaraa vesistön jäätymisestä pohjaan asti lämmönkeruuputkiston alueella. Sopiva syvyys on noin 2 metriä tai syvempi. (2.)

Pohjan laatu ei merkittävästi vaikuta vesistölämpöratkaisun toteuttamiseen. Pohjan laadulla on vaikutusta lähinnä siihen, mikä lämmönkeruuputki valitaan. Mikäli vesistön pohja on pehmeä ja sedimenttikerros on paksu, soveltuvimpuin putkityyppi on tavanomainen 40 mm lämmönkeruuputki, jonka seinämävahvuus on 2,4 mm. Mikäli vesistön pohja on kivikoinen, voidaan vuotoriskin minimoimiseksi käyttää paksumpiseinäisiä putkia, jotka tyypillisesti ovat 10 bar paineluokiteltuja vesijohtoputkia. Tämän tyyppisen putken seinämän paksuus on noin

5 mm, jolloin vuotoriski on erittäin pieni ja vesistölämpöratkaisu luotettavin mahdollinen. (2.)

3.1.5 Lämmönkeruuputkiston vieminen maalta vesistöön

Lämmönkeruuputkisto ei saa jäätyä vesistön jääpeitteeseen kiinni, koska jääpeite voi liikkuessaan vaurioittaa lämmönkeruuputkistoa. Lämmönkeruuputkisto tulee viedä vesistöön vesirajan ylä- ja alapuolelle maahan kaivettua kanaalia pitkin, jolloin lämmönkeruupiiriä suojaa jääpeitteen liikkumiselta paksu maakerros. Kallioinen ranta vaatii huolellista suunnittelua vesistölämmön toteutuksessa ja lämmönkeruuputkiston viemistä riittävän syväälle. (2.)

3.1.6 Lämmönkeruuputkiston ankkurointi vesistön pohjaan

Vesistölämmön suunnittelussa täytyy kiinnittää erityistä huomiota lämmönkeruuputkiston painoihin, joiden massan tulee olla riittävän suuri pitämään keruuputkisto tukevasti vesistön pohjasedimentissä. Lämmönkeruujärjestelmä saattaa kerätä ympärilleen jäätä, jolla on lämmönkeruuputkistoa nostava vaikutus. Lämmönkeruuputkisto voi nousta riittämättömien painojen vuoksi vesistön pintaan tai jääpeitteen alapintaan, jolloin se on vaarassa vaurioitua jääpeitteen liikkumisen myötä. Sopiva painojen määrä on noin 5 kg betonipainoja jokaista putkimetriä kohden. (2.)

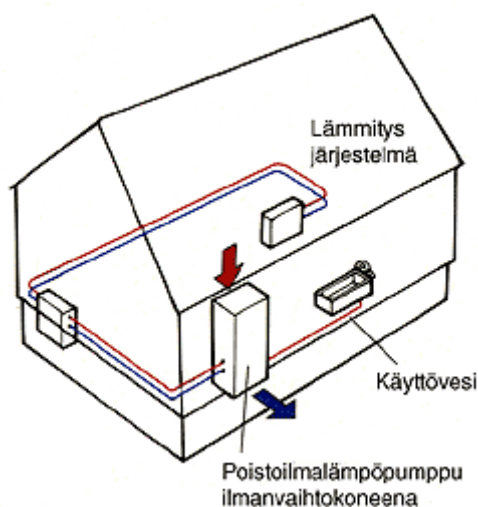
3.1.7 Vesistö lämmönlähteenä verrattuna lämpökaivoon

Porakaivoon sijoitetun lämmönkeruuputkiston lämmöntuotto-ominaisuudet tunnetaan tarkoin, mutta vesistöön sijoitetun lämmönkeruuputkiston lämmöntuotto-ominaisuuksiin vaikuttavat vesistön pohjan laatu, pohjasedimentin lämpötila ja veden virtaus. Tämän vuoksi vesistöön sijoitettava lämmönkeruuputkiston mitoitus tehdään kertoimella 1,5 porakaivoon verrattuna. 200 metriä syvässä porakaivossa on lämmönkeruuputkea 400 metriä, eli vastaava toteutus vesistölämpönä vaatii noin 600 metriä lämmönkeruuputkea. Pienempi määrä lämmönkeruuputkea laskee lämmönkeruunesteen lämpötilaa, mikä laskee maalämpöpumpun hyötysuhdetta. (2.)

3.2 Poistoilmalämpöpumppu

Poistoilmalämpöpumppu on rakennuksen yhdistetty lämpöpumppu, ilmastointikone sekä lämminvesivaraaja, jossa lämmön keruu tapahtuu höyrystin- tai liuospatteerin avulla rakennuksen jäteilmasta ja lämpö luovutetaan lauhdutinpatteerin avulla valmistajien erilaisista tyypeistä riippuen joko rakennuksen käyttöveden lämmittämiseen vesivaraajaan, lämmitysverkoston veteen tai joissain tapauksissa myös tuloilmaan. Sähkövastuksia kytketään automaattisesti rinnakkaiskäyttöön, kun tarvitaan lisälämpöä. Laite ei vaadi rinnalleen täysimitaista rinnakkaista lämmitysjärjestelmää, koska poistoilman lämpötila pysyy vakiona ulkolämpötilasta riippumatta. (7.)

Poistoilmalämpöpumpun hyvinä puolina ovat maalämpöpumppua jonkin verran alhaisemmat kokonaishankintakustannukset, koska laite sisältää myös rakennuksen ilmanvaihtolaitteiston. Laite mahdollistaa myös kesäaikaisen jäähdytyksen, eikä se aiheuta häiritseviä puhallinääniä ulkona. Haittana on se, että poistoilman energiasisältö kattaa maksimissaankin vain osan rakennuksen lämmitystarpeesta, joten lisälämpöä on saatava muualta, esimerkiksi suorasähköllä tai puulämmityksellä. Vuositasolla lämpökerroin on valmistajien tyypeistä riippuen noin 1,5 - 2,2. (7.) Kuvassa 10 on esitetty poistoilmalämpöpumppu rakennuksessa.



KUVA 10. Poistoilmalämpöpumpun toimintaperiaate (7)

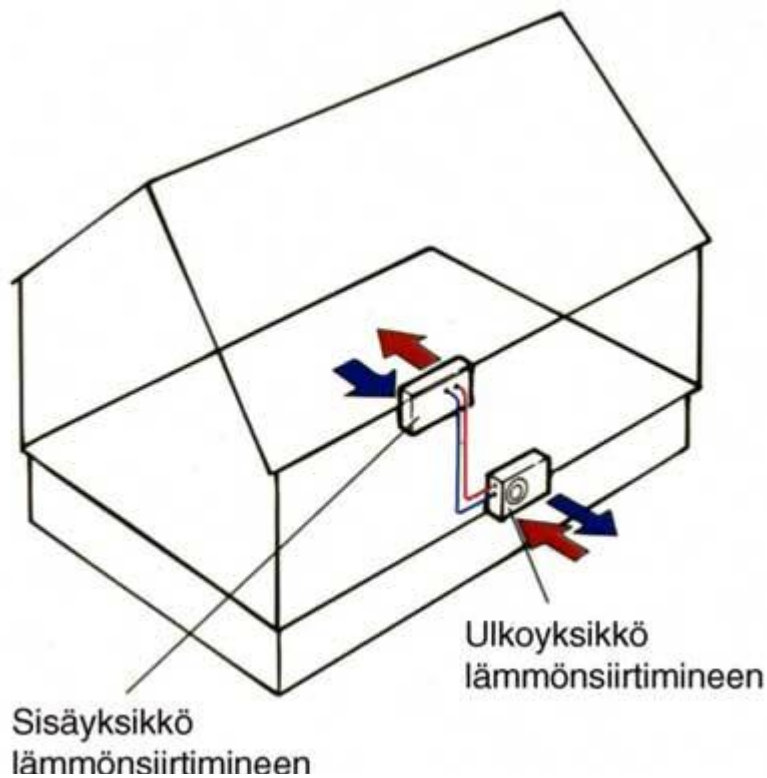
3.3 Ulkoilmalämpöpumppu

3.3.1 Ilma-ilmalämpöpumppu

Ilma-ilmalämpöpumpussa lämmön keruu tapahtuu ulkoilmasta ulkoseinälle sijoitetun puhallinhöyrystinyksikön avulla ja lämmön luovutus tapahtuu joko yhden tai useamman puhallinlauhdutinyksikön kautta suoraan rakennuksen sisäilmaan. Lämpöpumpun lämpökerroin laskee nopeasti ulkolämpötilan laskiessa ja noin -25 °C lämpötilaa kylmemmissä oloissa lämpöpumppua ei kannata käynnistää laisinkaan. (8.)

Järjestelmän haittana on se, että se vaatii suurimman mahdollisen energiatarpeen mukaan mitoitettua rinnakkaisen lämmitysjärjestelmän, koska juuri kylmimmällä säällä lämpöpumppu ei ole käytettävissä. Hankintakustannus on toisaalta maalämpöpumppua huomattavasti edullisempi, joten se soveltuu alentamaan lämmityskustannuksia syksyisin ja keväisin aina silloin, kun ulkolämpötila on korkeampi kuin -25 °C . Vuositasolla lämpökerroin vaihtelee huomattavasti ulkolämpötilan funktiona. Suomen oloissa lämpökerroin asettuu välille 1,8 - 2,2. (8.)

Lämpöpumppu on pitkälle kehitetty, helposti asennettava, varmatoiminen, jopa kaukosäätimellä helposti ohjattavissa oleva laite, jollaisia on kuumissa maissa käytössä kymmeniä miljoonia yksikköjä. Haittana ovat ulkona olevan höyrystinyksikön ja sisätiloissa olevan puhallinkonvektorin puhallinäänet sekä ajoittainen höyrystinpatterin tarvitsema sulatus, joka alentaa saavutettavaa lämpökerointia. (8.) Kuvassa 11 on esitetty ilma-ilmalämpöpumppu rakennuksessa.



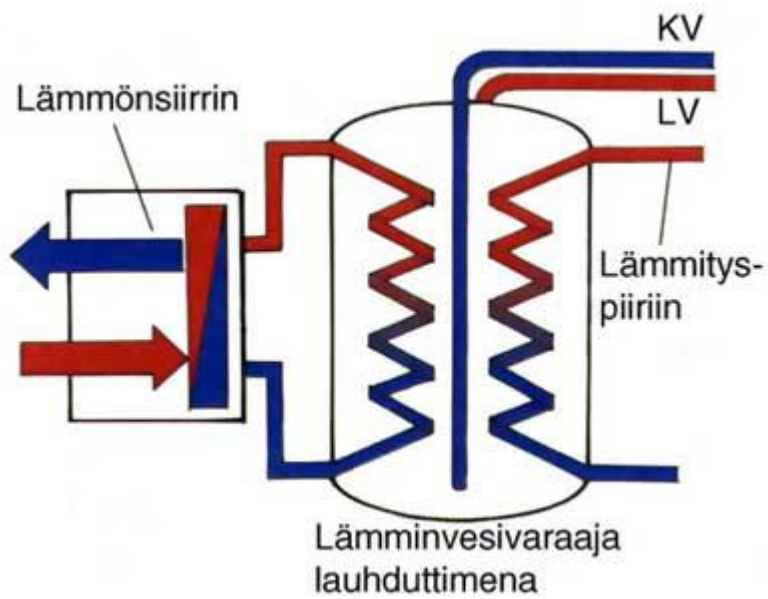
KUVA 11. Ilma-ilmalämpöpumpun toimintaperiaate (8)

3.3.2 Ilma-vesilämpöpumppu

Ilma-vesilämpöpumpussa lämmön keruu tapahtuu ulkoilmasta ulkoseinälle sijoitettun puhallinhöyrystinyksikön avulla. Lämpöpumpun lämpökerroin laskee nopeasti ulkolämpötilan laskiessa, ja noin $-20\dots-25$ °C lämpötilaa kylmemmissä oloissa lämpöpumppua ei kannata käynnistää laisinkaan. Lämmön luovutus tapahtuu lauhdutin-lämmönsiirtimessä joko käyttöveden esilämmittämiseen tai lämmitysverkoston veteen. (8.)

Järjestelmän haittana on se, että se vaatii suurimman mahdollisen energiankulutuksen mukaan mitoitettun rinnakkaisen lämmitysjärjestelmän, koska juuri kylmimmällä säällä lämpöpumppu ei ole käytettävissä. Hankintakustannus on toisaalta maalämpöpumppua huomattavasti edullisempi, joten se soveltuu alentamaan lämmityskustannuksia syksyisin ja keväisin aina silloin, kun ulkolämpötila on korkeampi kuin -10 °C. Vuositasolla lämpökerroin vaihtelee huomattavasti ulkolämpötilan funktiona asettuen välille 1,5 - 2,0. Haittana on ulkona olevan höyrystinyksikön puhallinääni ja ajoittainen höyrystinpatterin tarvitsema

sulatus, joka alentaa saavutettavaa lämpökerrointa. (8.) Kuvassa 12 on ilma-vesilämpöpumpun kaaviokuva.



KUVA 12. Ilma-vesilämpöpumpun toimintaperiaate (8)

4 ÖLJYLÄMMITYS

Öljylämmitysjärjestelmä koostuu öljykattilasta, öljypolttimesta, säätölaitteista ja öljysäiliöstä. Järjestelmä tuottaa sekä huonetilojen että lämpimän käyttöveden tarvitseman energian, joten erillistä lämminvesivaraajaa ei tarvita. (9.)

Lämpö jaetaan huoneisiin vesikiertoisella lämmönjakojärjestelmällä. Nykykaisten öljylämmityskattiloiden hyötysuhde on erittäin hyvä, noin 90 - 95 %, ja palaminen on hyvin puhdasta. (9.)

Öljylämmityksen osuus uusissa pientaloissa on tällä hetkellä hyvin pieni öljyn hinnannousun ja hintojen vaihtelun takia. Kehitteillä ja osin jo käytössä on poltonesteitä, joissa osa polttoaineesta on biopohjaista. (9.)

Öljylämmitys voidaan yhdistää aurinkolämmitykseen, jolloin noin 25 - 35 % lämmöntarpeesta voidaan kattaa aurinkolämpöjärjestelmällä. Lisäksi tarjolla on kaksoispesäkattiloita, jolloin öljyn rinnalla voidaan käyttää puuta. (9.)

5 PELLETTILÄMMITYS

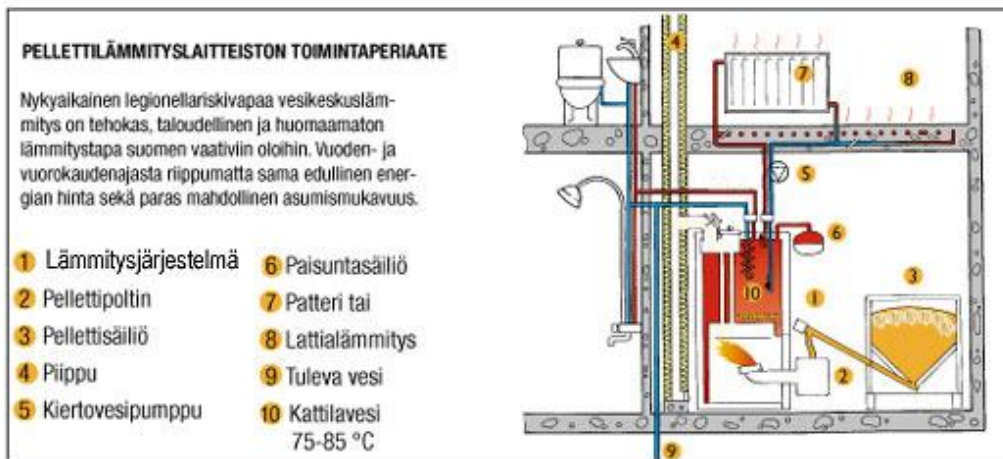
Pellettien raaka-aineena käytetään kutterinpurua, sahajauhoa ja hiontapölyä, jota saadaan puusepän- ja sahateollisuuden sivutuotteena. Pelletit puristetaan hienonnetusta puumassasta pieniksi, tiiviiksi sylintereiksi. Pelleteissä on puuenergiaa hyvin tiiviissä muodossa: yksi kuutio pellettejä sisältää saman energiamäärän kuin 300 - 330 litraa kevyttä polttoöljyä. Puupelletit ovat kotimaista polttoainetta, ja niiden ympäristökuormitus on hyvin pieni. (10.)

Pellettilämmitysjärjestelmä koostuu kattilasta, polttimesta, siirtoruuvista ja varastosiilosta. Pelletit varastoidaan siiloon kattilahuoneen läheisyyteen. Siilon on oltava täysin kuiva, pölytiivis ja sähkötön. Omakotitalossa sopiva siilon koko on noin 8 m³. Tällöin siihen mahtuu vuoden pellettien tarve joka on noin 4 tonnia, eli 6,5 m³ pellettejä. (10.)

Pelletit siirretään varastosta polttimelle siirtoruuvilla. Pellettejä poltetaan erityisesti pellettien polttoon suunnitelluissa polttimissa. Polttimen ohjausyksikkö säättää polttoaineen syöttöruuvien, palamisilmapuhaltimen ja polttimen toimintaa lämmöntarpeen mukaan. Pellettipoltin voidaan asentaa erityisesti pelletin polttoon suunniteltuun kattilaan, mutta myös useimpiin öljy- ja puukattiloihin. (10.)

Pelletti voidaan toimittaa asiakkaalle säiliöautolla, kun tilausmäärä on vähintään 4 tonnia. Tontin suunnittelussa kannattaa ottaa huomioon se, että säiliöauton on päästävä vähintään 15 m etäisyydelle pellettivarastosta. Pellettiä voidaan hankkia myös 500 kg:n suursäkeissä. (10.)

Pellettikattila nuohotaan ja tuhkat poistetaan säännöllisesti. Joissain kattilatyypeissä huolto on tehtävä 1 - 2 kuukauden välein, ja täysautomaattisissa kattiloissa muutaman kerran vuodessa. Kattilan säädöistä ja polttimen, palopesän sekä kattilan puhdistuksesta huolehtiminen pitää myös palamisen hiukkaspäästöt pieninä. Siilo on hyvä puhdistaa muutaman vuoden välein, sillä siilon pohjalta kertyy hienoainesta, joka saattaa haitata pelletin siirtoa. (10.) Kuvassa 13 on esitetty pellettilämmityslaitteiston toimintaperiaate.



KUVA 13. Pellettilämmityslaitteiston toimintaperiaate (11)

6 SÄHKÖLÄMMITYS

Sähkölämmitys on suosituin lämmitysmuoto vanhemmissa pientaloissa. Selvästi yleisin sähkölämmitysmuoto on suora sähkölämmitys, mutta se on vaihtumassa erilaisilla lämpöpumpuilla varustettuihin sähkölämmitystapoihin. Samoin suosiota kasvattava matalaenergiarakentaminen vaatii lämmitykseltä ominaisuuksia, jotka sähkölämmityksessä ovat valmiina. (12.)

Sähkölämmityksen suosiota ylläpitää sen edut. Sähkölämmitys on helppokäyttöinen, vaivaton ja sen hyötysuhde on hyvä. Sähkölämmitys on myös ympäristöturvallinen ja helposti ohjattava. Se reagoi nopeasti sisäisiin lämmönvaihteluihin. Sähkölämmitys on myös kustannustehokas, koska se ei vaadi kalliita investointeja eikä työläitä huoltotoimenpiteitä. Lisäksi sähköllä on valmis infrastruktuuri, ja se on saatavilla lähes kaikkialla. (12.)

Energiansäästötoimia on myös helppo toteuttaa sähkölämmitystaloissa. Nykyaikaiset lämmittimet ja hyvät termostaatit takaavat sen, ettei tiloissa kulu ylimääräistä energiaa. Asuntoon voidaan asentaa myös kotona-poiskytkin, jolla lämpötiloja saadaan helposti pudotettua poissaolojen ajaksi. Vanhankin talon ilmanvaihtoa ja energiatehokkuutta voidaan parantaa lämmöntalteenotolla varustetulla ilmastointikojeella. Saneeraamalla saadaan sisäilmasto hallintaan ja samalla tulee energiansäästöä. Lisälämmöneristys on myös usein kannattavaa. Samoin ohjaustekniikan kunnostaminen ja parantaminen tuovat toimivat lämpötilanpudotukset, aiempaa tarkemmat termostaatit, etäohjauksen ja kotiautomaation mahdollisuuden saneerauskohteeseen. (12.)

Lämpöpumpuilla varustetut sähkölämmitystavat korvaavat suoraa sähkölämmitystä säästöjen vuoksi. Kaikilla lämpöpumppuratkaisuilla on energiantarvetta vähentävä vaikutus. Tyypillisesti sähköä tarvitaan lämmitykseen vain kolmannes maalämpöpumppuratkaisuissa, puolet poistoilmalämpöpumpulla ja noin 70 % ilmalämpöpumpulla suoraan sähkölämmitykseen verrattuna. (12.)

7 RAKENNUSKUSTANNUKSET

Rakennuskustannusten arvioinnissa käytettiin apuna Haahtela-kehitys Oy:n julkaisemaa Talonrakennuksen kustannustieto 2010 kirjaa (13, s. 261 - 264; s. 289.) sekä Oulun Seudun Sähkö Verkkopalvelut Oy:stä (14), Lemminkäinen Kiinteistötekniikka Oy:stä (15; 16) ja Gebwell Oy:stä (17) saatuja hintatietoja. Hinnat ovat suuntaa antavia arvioita, muutokset ovat mahdollisia molempiin suuntiin. Rakennuskustannuslaskelmat ovat liitteessä 3.

8 OSTOENERGIA

Rakennuksiin ostettavat lämmitysenergiankulutukset sekä eri lämmöntuottolaitteiden tarvitsemat polttoainemäärät laskettiin Suomen Rakentamismääräyskoelma osa D5:n mukaan kaavoilla 9 ja 10.

$$Q_{\text{lämmitys,osto}} = \frac{Q_{\text{lämmitys}}}{\eta_{\text{lämmitys}}} \text{ KAAVA 9}$$

$$PA_{\text{lämmitys,osto}} = \frac{Q_{\text{lämmitys,osto}}}{Q_{\text{polttoaine,omin}}} \text{ KAAVA 10}$$

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

$Q_{\text{lämmitys}}$ = rakennuksen lämmitysenergiankulutus, kWh

$\eta_{\text{lämmitys}}$ = lämmöntuottolaitteen vuosihyötysuhde

$PA_{\text{lämmitys,osto}}$ = rakennukseen ostettavaa lämmitysenergiaa vastaava polttoainemäärä, polttoaineen mittayksikkö

$Q_{\text{polttoaine,omin}}$ = käytetyn polttoaineen tehollinen lämpöarvo, kWh/polttoaineen mittayksikkö

Rakennuksiin tarvittavat ostoenergiat sekä niiden hinnat ovat liitteessä 4.

9 KÄYTTÖKUSTANNUKSET 15 VUODEN AJALLE

Eri lämmöntuottomuotojen käyttökustannukset laskettiin laskennallisen lämmitysenergian tarpeen perusteella sillä oletuksella, että tilat ovat käytössä läpi vuoden. Laskennassa jätettiin arvioimatta vuosittaiset huoltokustannukset sekä hintojen nousu. Käyttökustannuslaskelmat 15 vuoden ajalle ovat liitteessä 5.

10 YHTEENVETO

Tavoite oli parantaa Sotkan Leirikeskuksen lämmitysjärjestelmän energiatehokkuutta sekä kohentaa vuokrattavien tilojen asumisviihtyvyyttä mahdollisimman kustannustehokkailla, helppokäyttöisillä ja varmatoimisilla lämmitysmuodoilla.

Työ aloitettiin mittaamalla rakennusten sisämitat. Rakennuksista piirrettiin käsin pohjakuvat, joihin merkittiin huoneiden koot sekä ikkunoiden ja ovien sijainnit. Tämän jälkeen tutkittiin ja mitattiin ulkoseinien, ovien sekä ala- ja yläpohjien rakenteet kokonaislämmönvastuksen laskentaa varten. Ikkunoista mitattiin lasiaukkojen ja karmien koot sekä lasivälien paksuudet keskimääräisen lämmönläpäisykertoimen laskemista varten.

Lämmönläpäisykertoimien avulla laskettiin huonekohtaiset lämmitystehontarpeet mitoitusolosuhteissa sekä vuotuinen lämmitysenergiantarve. Saaduilla arvoilla päästiin valitsemaan riittävän tehokkaita lämmöntuottojärjestelmiä ja laskemaan eri järjestelmien rakennus- ja käyttökustannukset. Samojen tietojen perusteella laskettiin rakennuksille energiatehokkuusluvut.

Energiatehokkuuden laskennassa käytettiin lämpimän käyttöveden määränä bruttoalaan perustuvaa rakennustyyppin ominaiskulutusta. Toteutuva kulutus tulee jäämään koulurakennuksessa todellisuudessa huomattavasti pienemmäksi, ja huvilarakennuksen kulutus on todennäköisesti laskettua suurempi rakennusten erilaisten käyttötarkoitusten vuoksi.

Rakennuskustannuksiltaan halvin on sähkölämmitys ja kallein maalämpöpumpulämmitys. Verrattaessa ostettavan energian hintaa nousee maalämpöpumpulämmitys halvimpana kärkisijalle ja öljylämmitys jää kalleimmaksi vaihtoehdoksi. Rakentamisen sekä ostoenergian yhteenlaskettu 15 vuoden käyttökustannus ilman huoltokuluja nostaa pellettilämmityksen halvimmaksi ja kallein on öljylämmitys. Pidennettäessä tarkastelujaksoa alkavat eri lämpöpumppuratkaisut nousta kustannuksiltaan halvimmiksi vaihtoehdoiksi, koska tarvittavan ostoenergian määrä on pieni muihin ratkaisuihin verrattuna.

On huomioitavaa, että laskelmissa jätettiin arvioimatta vuosittaiset huoltokustannukset ja ostettavan energian hinnanmuutokset. Toinen huomioitava seikka on se, että laskelmien perustana on 100 %:n käyttöaste, kun todellisuudessa käyttöaste on huomattavasti pienempi. Tällöin vuotuinen lämmitysenergiatarve pienenee oleellisesti ja rakennuskustannusten hinta korostuu lämmitysmuotoa valittaessa. Käyttömukavuuden ja varmatoimisuuden arviointi tulee suorittaa tilaajan toimesta, koska jokaisella lämmitysmuodolla on omat hyvät ja huonot puolensa. Näiden ominaisuuksien vaikutus nousee mielestäni jopa tärkeämmäksi tekijäksi kuin kustannusten väliset hintaerot.

LÄHTEET

1. Fenestra Oy. Saatavissa: http://www.fenestra.fi/portal/suomi/palvelut_suunnittelijalle/energiatekniset_ominaisuudet/ulko-ovien_u-arvot. Hakupäivä 4.2.2011
2. Senera Oy. 2011. Maalämpö. Saatavissa: <http://senera.fi/Maalampo#1>. Hakupäivä 18.1.2011.
3. Maalämpöpumppu. 2011. Suomen Lämpöpumppuyhdistys. Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114#maaper%C3%A4. Hakupäivä 24.1.2011.
4. Valtioneuvoston asetus maankäyttö- ja rakennusasetuksen 62 §:n muuttamisesta. Muistio 10.12.2010. Helsinki: Ympäristöministeriö. Saatavissa: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=123321&lan=fi>. Hakupäivä 4.4.2011
5. Porakaivo maalämmön lähteenä. 2011. Suomen Lämpöpumppuyhdistys. Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114#pora. Hakupäivä 24.1.2011.
6. Vesistöt lämmönlähteenä. 2011. Suomen Lämpöpumppuyhdistys. Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=20&Itemid=114#vesi. Hakupäivä 24.1.2011.
7. Poistoilmalämpöpumppu. 2011. Suomen Lämpöpumppuyhdistys. Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=21&Itemid=115. Hakupäivä 24.1.2011.

8. Ulkoilmalämpöpumppu. 2011. Suomen Lämpöpumppuyhdistys. Saatavissa: http://www.sulpu.fi/index.php?option=com_content&task=view&id=22&Itemid=116. Hakupäivä 24.1.2011.
9. Öljylämmitys. 2011. Energiatehokas koti. Saatavissa: http://www.energiatehokaskoti.fi/suunnittelu/talotekniikka_nuunnittelu/lammitys/oljylammitys. Hakupäivä 25.1.2011
10. Pellettilämmitys. 2011. Motiva Oy. Saatavissa: http://www.motiva.fi/rakentaminen/lammitysjarjestelman_valinta/eri_lammitysmuodot/pellettilammitys. Hakupäivä 25.1.2011.
11. Lämmitys puupelleteillä. 2011. Rakentaja.fi. Saatavissa: <http://www.rakentaja.fi/index.asp?s=/suorakanava/verkkolehti/05/3705vapoa.htm>. Hakupäivä 25.1.2011.
12. Sähkölämmitys. 2011. Energiateollisuus. Saatavissa: <http://www.energia.fi/fi/sahko/kotijasahko/tietoarakentajalle/sahkolammitys>. Hakupäivä 25.1.2011.
13. Haahtela, Yrjänänä – Kiiras, Juhani 2010. Talonrakennuksen kustannustieto 2010. Helsinki: Haahtela-kehitys Oy.
14. Holappa, Antti 2011. Verkkoaluevastaava, Oulun Seudun Sähkö Verkkopalvelut Oy. Puhelinkeskustelu 4.4.2011.
15. Karppinen, Tomi 2011. Myymäläpäällikkö, Lemminkäinen Kiinteistötekniikka Oy. VS: Hintatiedustelu. Sähköpostiviesti 23.3.2011.
16. Koponen, Tuomas 2011. Projektipäällikkö, Lemminkäinen Kiinteistötekniikka Oy. Keskustelu 5.4.2011.

17. Hynninen, Mikko 2011. Aluepäällikkö, Gebwell Oy. Gebwell matskua. Sähköpostiviesti 6.4.2011.

LÄHTÖTIETOMUISTIO

Tekijä Jukka-Pekka Holappa,
040-5363136, jukkapekka.holappa@gmail.com

Tilaaaja Peihakka Oy

Tilaaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot

Harri Peipinen, 040-8331238, harri.peipinen@kotikone.fi

Työn nimi Sotkan Leirikeskuksen lämmitysjärjestelmän perusparannus

Työn kuvaus Sotkan Leirikeskuksen lämmitysjärjestelmän kartoitus, investointi-
suunnitelmat ja -laskelmat. Vertailu kustannuksista eri lämmitys-
muotojen välillä 15v. aikana.

Työn tavoitteet

Perehtyminen eri lämmitysmuotojen rakennus- ja ylläpitokustan-
nuksiin saneerauskohteessa, sekä käyttökustannusten vertailu
15v. käyttöaikana.

Tavoiteaikataulu

Työ luovutetaan tilaajalle 30.4.2011 mennessä.

Päiväys ja allekirjoitukset Oulu 3.11.2010

Harri Peipinen
Peihakka Oy

Jukka-Pekka Holappa

TAULUKKO 1. Koulurakennuksen rakenteiden U-arvot

Lämmönjohtavuudet				
ULKOSEINÄT	MATERIAALI	d (m)	λ (W/m*K)	R (m ² *K/W)
ulkopuolinen pintavastus Rse				0,040
ulkovuoraus	puu	0,025	0,12	0,208
vinolaudoitus	puu	0,022	0,12	0,183
rakennuspahvi				0,020
eristys	sullottu kutteripuru	0,130	0,12	1,083
rakennuspahvi				0,020
vinolaudoitus	puu	0,022	0,12	0,183
pinkopahvi				0,020
sisäpuolinen pintavastus Rsi				0,130
			ΣR	1,887
U=1/R	U ULKOSEINÄ = 0,530 W/m ² K			

Lämmönjohtavuudet				
YLÄPOHJA	MATERIAALI	d (m)	λ (W/m*K)	R (m ² *K/W)
ulkopuolinen pintavastus Rse				0,040
peltikaton ilmatilan lämmönvastus				0,200
laudoitus	puu	0,025	0,12	0,208
eristys	sullottu kutteripuru	0,500	0,12	4,167
rakennuspahvi				0,020
sisäverhous	puu	0,015	0,12	0,125
sisäpuolinen pintavastus Rsi				0,100
			ΣR	4,860
U=1/R	U YLÄPOHJA = 0,206 W/m ² K			

Lämmönjohtavuudet				
ALAPOHJA	MATERIAALI	d (m)	λ (W/m*K)	R (m ² *K/W)
ulkopuolinen pintavastus Rse				0,040
laudoitus	puu	0,022	0,12	0,183
rakennuspahvi				0,020
eristys	sullottu kutteripuru	0,300	0,12	2,500
lattialankku	puu	0,025	0,12	0,208
sisäpuolinen pintavastus Rsi				0,170
			ΣR	3,121
U=1/R	U ALAPOHJA = 0,320 W/m ² K			

TAULUKKO 2. Koulu- ja asuntolarakennuksen ulko-ovien U-arvot

Lämmönohtavuudet				
ULKO-OVET	MATERIAALI	d (m)	λ (W/m*K)	R (m ² *K/W)
ulkopuolinen pintavastus Rse				0,040
ulkoverhous	puu	0,015	0,12	0,125
peiliovi	puu	0,050	0,12	0,417
sisäpuolinen pintavastus Rsi				0,130
			ΣR	,712
U=1/R	U ULKO-OVI = 1,404 W/m ² K			

TAULUKKO 3. Asuntolarakennuksen rakenteiden U-arvot

Lämmönjohtavuudet				
ULKOSEINÄT	MATERIAALI	d (m)	λ (W/m*K)	R (m ² *K/W)
ulkopuolinen pintavastus Rse				0,040
ulkovuoraus	puu	0,025	0,12	0,208
vinolaudoitus	puu	0,022	0,12	0,183
rakennuspahvi				0,020
eristys	sullottu kutteripuru	0,130	0,12	1,083
rakennuspahvi				0,020
vinolaudoitus	puu	0,022	0,12	0,183
pinkopahvi				0,020
sisäpuolinen pintavastus Rsi				0,130
			ΣR	1,887
U=1/R	U ULKOSEINÄ = 0,530 W/m ² K			

Lämmönjohtavuudet				
YLÄPOHJA	MATERIAALI	d (m)	λ (W/m*K)	R (m ² *K/W)
ulkopuolinen pintavastus Rse				0,040
peltikaton ilmatilan lämmönvastus				0,200
laudoitus	puu	0,025	0,12	0,208
eristys	sullottu kutteripuru	0,500	0,12	4,167
rakennuspahvi				0,020
sisäverhous	puu	0,015	0,12	0,125
sisäpuolinen pintavastus Rsi				0,100
			ΣR	4,860
U=1/R	U YLÄPOHJA = 0,206 W/m ² K			

Lämmönjohtavuudet				
ALAPOHJA	MATERIAALI	d (m)	λ (W/m*K)	R (m ² *K/W)
ulkopuolinen pintavastus Rse				0,040
laudoitus	puu	0,022	0,12	0,183
rakennuspahvi				0,020
eristys	sullottu kutteripuru	0,300	0,12	2,500
lattialankku	puu	0,025	0,12	0,208
sisäverhous	muovimatto	0,005	0,20	0,025
sisäpuolinen pintavastus Rsi				0,170
			ΣR	3,146
U=1/R	U ALAPOHJA = 0,318 W/m ² K			

TAULUKKO 4. Huvilarakennuksen rakenteiden U-arvot

Lämmönjohtavuudet					
YLÄPOHJA	MATERIAALI	d (m)	λ (W/m*K)	R (m ² *K/W)	
ulkopuolinen pintavastus Rse					0,170
huopa, lauta, ilmarako					0,200
rakennuspaperi					0,020
eristys	puhallusvilla	0,200	0,06	3,333	
rakennuspaperi					0,020
sisäverhous	puu	0,010	0,12	0,830	
sisäpuolinen pintavastus Rsi					0,100
				ΣR	3,926
U=1/R		U YLÄPOHJA = 0,255 W/m ² K			

Lämmönjohtavuudet						
ALAPOHJA	MATERIAALI	d (m)	λ (W/m*K)	R (m ² *K/W)	reuna-alue R (m ² *K/W)	sisäalue R (m ² *K/W)
perusmaa					0,800	3,200
laatta	betoni	0,100	0,15	0,667	0,667	0,667
eristys	mineraalivilla	0,100	0,07	1,429	1,429	1,429
lattialankku	puu	0,022	0,12	0,183	0,183	0,183
sisäpuolinen pintavastus Rsi					0,170	0,170
				ΣR	3,249	5,649
U=1/R		U ALAPOHJA = reuna-alue 0,308 W/m ² K, sisäalue 0,177 W/m ² K				

ULKOSEINÄT	RakMK C3: Hirsiseinän keskim. Paksuus väh. 180mm U=0,40 W/m ² K
------------	--

TAULUKKO 4. Laskennallinen energiankulutus ja energiatehokkuus

Tila	Koulu	Asuntola	Huvila
Lämmitysenergiankulutus kWh/vuosi	78000	44000	24000
LKV:n energiankulutus kWh/vuosi	9000	5000	4000
Laitesähkön enrgiankulutus kWh/vuosi	11000	7000	6000
Energiankulutus yhteensä kWh/vuosi	98000	56000	34000
Pinta-ala brm ²	260	157	127
ET-luku kWh/brm ² /vuosi	300	284	213
ET-luokka	F	F	D

RAKENNUSKUSTANNUKSET

LIITE 3/1

Rakennuskustannukset, kevytöljy

Tila	Koulu	Asuntola	Huvila
Ulkopuoliset aluelämpöjohdot EUR		3000	1500
Lämpökeskus, kevytöljy EUR	7900		
Lämmön siirtoputkisto EUR		1100	900
Lämmönlvovuttimet EUR		850	700
Yhteensä EUR	7900	4950	3100
		Kokonaiskustannus	15950

Rakennuskustannukset, pelletti

Tila	Koulu	Asuntola	Huvila
Ulkopuoliset aluelämpöjohdot EUR		3000	1500
Lämpökeskus, pelletti EUR	15500		
Lämmön siirtoputkisto EUR		1100	900
Lämmönlvovuttimet EUR		850	700
Yhteensä EUR	15500	4950	3100
		Kokonaiskustannus	23550

RAKENNUSKUSTANNUKSET

LIITE 3/2

Rakennuskustannukset, vesi-ilmalämpöpumppu

Tila	Koulu	Asuntola	Huvila
Pumput EUR	12800	12800	12800
Lämmön siirtoputkisto EUR		1100	900
Lämmönluovuttimet EUR		850	700
Asennustyö EUR	3000	3000	3000
Yhteensä EUR	15800	17750	17400
		Kokonaiskustannus	50950

Rakennuskustannukset, poistoilmalämpöpumppu

Tila	Koulu	Asuntola	Huvila
Pumput EUR	13500	9000	4500
Lämmön siirtoputkisto EUR		1100	900
Lämmönluovuttimet EUR		850	700
Asennustyö EUR	13500	9000	4500
Yhteensä EUR	27000	19950	10600
		Kokonaiskustannus	57550

RAKENNUSKUSTANNUKSET

LIITE 3/3

Rakennuskustannukset, sähkölämmitys

Tila	Koulu	Asuntola	Huvila
Lämpöpatterit EUR	2000		
Ryhmäjohdot EUR	250		
Asennustyö EUR	1350		
Yhteensä EUR	3600	0	0
		Kokonaiskustannus	3600

Rakennuskustannukset, maalämpö

Tila	Koulu	Asuntola	Huvila
Ulkopuoliset aluelämpöjohdot EUR		3000	1500
Maalämpölaitteisto EUR	30000		
Maalämpölaitteiston asennus EUR	50000		
Keruupiiri ja kaivot EUR	28855		
Lämmön siirtoputkisto EUR		1100	900
Lämmönlvovuttimet EUR		850	700
Yhteensä EUR	108855	4950	3100
		Kokonaiskustannus	116905

OSTETTAVAN ENERGIAN HINNAT

LIITE 4/1

Ostettava energia, kevytöljy

Rakennus	Koulu	Asuntola	Huvila	
Lämmitysenergian tarve	78220	44312	23913	kWh
Lämmöntuottolaitteen hyötysuhde	0,89	0,89	0,89	
Ostettavan energian kulutus	87888	49789	26869	kWh
Polttoaineen tehollinen lämpöarvo	10	10	10	kWh/dm ³
Tarvittava polttoainemäärä	8789	4979	2687	dm ³
Polttoaineen hinta	1,042	1,042	1,042	EUR/dm ³
Lämmitysenergian hinta	9158	5188	2800	EUR

Ostettava energia, pelletti

Rakennus	Koulu	Asuntola	Huvila	
Lämmitysenergian tarve	78220	44312	23913	kWh
Lämmöntuottolaitteen hyötysuhde	0,8	0,8	0,8	
Ostettavan energian kulutus	97775	55390	29891	kWh
Polttoaineen tehollinen lämpöarvo	4,7	4,7	4,7	kWh/kg
Tarvittava polttoainemäärä	20803	11785	6360	kg
Polttoaineen hinta	0,2498	0,2498	0,2498	EUR/dm ³
Lämmitysenergian hinta	5197	2944	1589	EUR

Ostettava energia, ilma-vesilämpöpumppu

Rakennus	Koulu	Asuntola	Huvila	
Lämmitysenergian tarve	78220	44312	23913	kWh
Lämmöntuottolaitteen hyötysuhde	2	2	2	
Ostettavan energian kulutus	39110	22156	11957	kWh
Energian hinta	0,0704	0,0704	0,0704	EUR/kWh
Siirtomaksut + verot	0,0449	0,0449	0,0449	EUR/kWh
Lämmitysenergian hinta	4509	2555	1379	EUR

OSTETTAVAN ENERGIAN HINNAT

LIITE 4/2

Ostettava energia, poistoilmalämpöpumppu

Rakennus	Koulu	Asuntola	Huvila	
Lämmitysenergian tarve	78220	44312	23913	kWh
Lämmöntuottolaitteen hyötysuhde	2	2	2	
Ostettavan energian kulutus	39110	22156	11957	kWh
Energian hinta	0,0704	0,0704	0,0704	EUR/kWh
Siirtomaksut + verot	0,0449	0,0449	0,0449	EUR/kWh
Lämmitysenergian hinta	4509	2555	1379	EUR

Ostettava energia, sähkö

Rakennus	Koulu	Asuntola	Huvila	
Lämmitysenergian tarve	78220	44312	23913	kWh
Lämmöntuottolaitteen hyötysuhde	1	1	1	
Ostettavan energian kulutus	78220	44312	23913	kWh
Energian hinta	0,0704	0,0704	0,0704	EUR/kWh
Siirtomaksut + verot	0,0449	0,0449	0,0449	EUR/kWh
Lämmitysenergian hinta	9019	5109	2757	EUR

Ostettava energia, maalämpöpumppu

Rakennus	Koulu	Asuntola	Huvila	
Lämmitysenergian tarve	78220	44312	23913	kWh
Lämmöntuottolaitteen hyötysuhde	3	3	3	
Ostettavan energian kulutus	26073	14771	7971	kWh
Energian hinta	0,0704	0,0704	0,0704	EUR/kWh
Siirtomaksut + verot	0,0449	0,0449	0,0449	EUR/kWh
Lämmitysenergian hinta	3006	1703	919	EUR

15 VUODEN KÄYTTÖKUSTANNUKSET

LIITE 5/1

Käyttökustannukset 15 v. aikana, kevytöljy

Rakennus	Koulu	Asuntola	Huvila	
Rakennuskustannukset	7900	4950	3100	EUR
Lämmitysenergian hinta/vuosi	9158	5188	2800	EUR/vuosi
Aika	15	15	15	vuotta
Yhteensä	145270	82770	45100	EUR
Lämmityksen kulut tarkastelujaksolla			273140	EUR

Käyttökustannukset 15 v. aikana, pelletti

Rakennus	Koulu	Asuntola	Huvila	
Rakennuskustannukset	15500	4950	3100	EUR
Lämmitysenergian hinta/vuosi	5197	2944	1589	EUR/vuosi
Aika	15	15	15	vuotta
Yhteensä	93455	49110	26935	EUR
Lämmityksen kulut tarkastelujaksolla			169500	EUR

Käyttökustannukset 15 v. aikana, vesi-ilmalämpöpumppu

Rakennus	Koulu	Asuntola	Huvila	
Rakennuskustannukset	15800	17750	17400	EUR
Lämmitysenergian hinta/vuosi	4509	2555	1379	EUR/vuosi
Aika	15	15	15	vuotta
Yhteensä	83435	56075	38085	EUR
Lämmityksen kulut tarkastelujaksolla			177595	EUR

15 VUODEN KÄYTTÖKUSTANNUKSET

LIITE 5/2

Käyttökustannukset 15 v. aikana, poistoilmalämpöpumppu

Rakennus	Koulu	Asuntola	Huvila	
Rakennuskustannukset	27000	19950	10600	EUR
Lämmitysenergian hinta/vuosi	4509	2555	1379	EUR/vuosi
Aika	15	15	15	vuotta
Yhteensä	94635	58275	31285	EUR
Lämmityksen kulut tarkastelujaksolla			184195	EUR

Käyttökustannukset 15 v. aikana, sähkö

Rakennus	Koulu	Asuntola	Huvila	
Rakennuskustannukset	3600	0	0	EUR
Lämmitysenergian hinta/vuosi	9019	5109	2757	EUR/vuosi
Aika	15	15	15	vuotta
Yhteensä	138885	76635	41355	EUR
Lämmityksen kulut tarkastelujaksolla			256875	EUR

Käyttökustannukset 15 v. aikana, maalämpö

Rakennus	Koulu	Asuntola	Huvila	
Rakennuskustannukset	108855	4950	3100	EUR
Lämmitysenergian hinta/vuosi	3006	1703	919	EUR/vuosi
Aika	15	15	15	vuotta
Yhteensä	153945	30495	16885	EUR
Lämmityksen kulut tarkastelujaksolla			201325	EUR