

Jesse Grönlund

Jäähdytysjärjestelmän energiansäästö pumppu- tekniikan vaihdolla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

29.11.2017

Tekijä Otsikko	Jesse Grönlund Jäähdytysjärjestelmän energiansäästö pumpputekniikan vaihdolla
Sivumäärä Aika	19 sivua + 6 liitettä 29.11.2017
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	talotekniikka
Ammatillinen pääaine	LVI-urakointi
Ohjaajat	yliopettaja Lauri Heikkinen projektipäällikkö Petri Taavitsainen
<p>Insinööryöni tavoitteena oli selvittää, kuinka paljon saataisiin energiansäästöä aikaiseksi pumpputekniikkaa vaihtamalla. Lisäksi tavoitteena oli saada selville pumpputekniikan vaihtotyön takaisinmaksuaika, jonka tulisi olla mahdollisimman lyhyt, jotta järjestelmän vaihto olisi taloudellisesti kannattava.</p> <p>Aloitin tutustumalla kohteeseen ja kiertämällä insinööryötäni koskevat pumppauspiirit. Tämän jälkeen aloin kerätä pumpuista tietoja ylös, jotta pystyin valitsemaan uudet pumput vanhojen tilalle. Kerättäviä tietoja olivat teho, energiankulutus, käyntiaika ja sovitekappaleet. Tietojen keruun jälkeen loin Excel-tiedostopohjan, johon kirjasin keräämäni tiedot. Tästä Excel-tiedostosta tuli työni pohja, jossa esimerkiksi vertailin energiankulutuksia ja laskin kokonaisenergiansäästöjä.</p> <p>Valitsemani pumppuvalmistajan tuotteet ovat energiatehokkaita ja toimivat EC-moottoreilla. Tämän lisäksi kohteen organisaatio oli käyttänyt kyseisen valmistajan tuotteita jo aiemmin, mikä vaikutti myös osaltaan valintaan.</p> <p>Pumpputekniikan vaihtotyöllä saavutettava energiansäästö olisi 202,000 kWh/a ja energiatehokkuuden parantumisen myötä säästöä tulisi vuodessa rahallisesti 24,000 €. Energiatehokkuuden paranemisen kautta pumpputekniikan vaihtotyön takaisinmaksuaika olisi noin viisi vuotta. Huomioitavaa on, että näin suurella energiansäästöllä pystytään vähentämään kiinteistön ympäristöhaittavaikutuksia yksinkertaisella toimenpiteellä ja se on taloudellisesti kannattavaa, etenkin jos kiinteistön nykyiset pumput ovat tulleet elinkaarensa päähän.</p>	
Avainsanat	pumppu, EC-moottori

Author Title	Jesse Grönlund Energy saving through a pump technology change
Number of Pages Date	19 pages + 6 appendices 27 November 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Building Services Engineering
Professional Major	HVAC Contracting
Instructors	Lauri Heikkinen, Principal Lecturer Petri Taavitsainen, Project Manager
<p>The purpose of the bachelor's thesis was to study how much energy could be saved by changing the pump technology. Furthermore, a goal was to establish the repayment period when changing the pump technology since it should be as short as possible in order to be profitable.</p> <p>The thesis was started by exploring the pumping circuits in question and collecting data, such as the power of the pump, energy consumption, operating time and fitting parts, of the old pumps. The collected data were recorded in an Excel file, which formed the basis of the thesis. It was used for example for the comparison of energy consumption and for calculating the energy savings.</p> <p>The choice of products was based on the energy efficiency of the pumps, as well as on the fact that they operate on EC engines.</p> <p>The calculations showed that the energy savings to be had by changing the pump technology would be 202,000 kWh/a, or 24,000€ per year. Due to the improved energy efficiency, the repayment period would be 5 years. With a saving this big, it is possible to reduce the environmental impact of the building, while the change is also economical</p>	
Keywords	pump, EC engine

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Jäähdyttäminen	2
2.1	Jäähdytyksen perusteet	2
2.2	Jäähdytysjärjestelmävaihtoehdot	4
2.2.1	Kaukojäähdytys	4
2.2.2	Ilmalauhdutuksella toimiva jäähdytys	5
2.2.3	Ammoniakilla toimiva jäähdytysjärjestelmä	5
3	Insinööriyön kohteen jäähdytysjärjestelmän tiedot	7
3.1	Rakennuksen jäähdytysjärjestelmä.	7
3.2	Pumppujen tiedon kerääminen	10
3.3	Vanhan datan kerääminen	10
3.4	Uuden pumppuvalmistajan valinta	11
4	Pumpputekniikan vaikutus energiankulutukseen	12
4.1	Pumpputekniikassa olevia säätömahdollisuuksia	12
4.2	Pumppujen tehon ja energiankulutuksen laskemisen kaavoja	12
5	Energiansäästön laskeminen	13
5.1	Kerättyjen tietojen yhteenveto	13
5.2	Excel-tiedoston kuvaus	13
6	Tulosten avaaminen	14
6.1	Asennusratkaisuun päätyminen	14
6.2	Energiansäästön syntyminen	15
6.3	Tulokset	16
6.4	Takaisinmaksuaika	17
	Lähteet	18
	Liitteet	
	Liite 1. Excel-tiedosto	

Käsitteet

EC-moottori

EC-moottori on kestopagneettimoottori ja niitä ohjataan automatiikalla.

Moottorin nostin

Auton moottorin nostoon tarkoitettu apulaite.

1 Johdanto

Insinööriyöni aiheena on jäähdytysjärjestelmän energiansäästö pumpputekniikkaa vaihtamalla. Aihe on erittäin ajankohtainen johtuen alati tiukentuvasta energiankulutusseurannasta.

Pumpputekniikan vaihtaminen on erittäin energiatehokasratkaisu etenkin kiinteistöihin, joissa on vanhat pumput ilman EC-moottoreita, mutta pumppujen nopean kehittymisen ansiosta 5–10 vuotta vanhat pumput saattavat olla huomattavasti energiaa kuluttavampia kuin tämänhetkiset pumput.

Sain tämän työn toimeksiantona Consti Talotekniikan Palvelu-Urakoinnin osastolta, jonka toimisto sijaitsee Vantaalla Myyrmäessä.

2 Jäähdyttäminen

2.1 Jäähdytyksen perusteet

Jäähdytysjärjestelmiä asennetaan monien eri käyttötarkoitusten takia. Yksi suurista käyttötarkoituksista on mukavuusjäähdytys, jolla halutaan saada kiinteistössä pysymään vallitseva lämpötila vuodenajasta ja ihmismäärästä riippumatta tai laitteiden lämpökuormasta. Yleinen haluttu lämpötila on 22–24 celsiusastetta ja rakennusmääräysten mukaan lämpötila ei saa nousta yli 36 celsiusasteeseen, mikä saattaa olla vaikeaa kohteessa, jossa on paljon elektroniikkalämmityskuormaa tai esimerkiksi suuria ikkunoita. (8; 7, s. 6.)

Toinen suuri käyttötarkoitus on atk-laitteiden ja niiden tietoverkkokaappien viilennys. Atk-laitteiden käyttöikä pienenee huomattavasti, jos lämpötila kohoaa suuremmaksi kuin mitä valmistaja on ilmoittanut sallittavan lämpötilan olevan. Myös laitteet hajoavat erittäin nopeasti, jos lämpötilat kasvavat liian suuriksi. Yleinen haluttu lämpötila atk-tietoverkkokaappien lämpötilaksi on +21 celsiusastetta, mutta se on monesti erittäin vaikea toteuttaa saneerauskohteissa johtuen ilmanvaihdon riittämättömyydestä. Atk-tilaa suunniteltaessa on tärkeää tutustua sijaintiin ja miettiä, mikä paikka on järkevä, koska muuten kustannukset saattavat nousta erittäin suuriksi. (Kuva 1.)

Kolmas jäähdytyksen suuri käyttökohde on kauppojen ja ravintoloiden tarvitsemien tilojen jäähdytys. Kaupoissa etenkin on usein suurjäähdytyksen tarve johtuen varastoitavista tuotteista. Myös pakastinaltaat ja jääkaapit muodostavat lisää jäähdytyskuormaa, joka kiinteistön ilmanvaihdon ja jäähdytysjärjestelmän tulee hallita. Kaupoissa on usein käytössä muutamia eri jäähdytysmuotoja. (9)



The advertisement features a perspective view of a server room aisle with rows of server racks on both sides. The floor is highly reflective, showing the overhead lights. In the top left corner, the Chiller logo is displayed, consisting of a red circle with a white arrow pointing left, followed by the word "Chiller" in a bold, black sans-serif font, and "AIR-CONDITIONING" in a smaller font below it. In the upper right, three server racks are highlighted with a red circular border. Below these racks, a red banner contains the labels "S-SERIES", "L-SERIES", and "XL-SERIES" in white capital letters. Centered below the banner is the "SMART Vari" logo, with "SMART" in red and "Vari" in green, and the tagline "Optimized Air-Conditioning" in a smaller black font below it. At the bottom of the image, a dark grey horizontal band contains the text "PRECISION AND CLOSE CONTROL UNITS" in large, white, all-caps sans-serif font. Below this, in a smaller white font, is the text "A COMPLETE AND ENERGY-EFFICIENT AIR-CONDITIONING SOLUTION".

Chiller
AIR-CONDITIONING

S-SERIES L-SERIES XL-SERIES

SMART Vari
Optimized Air-Conditioning

**PRECISION AND
CLOSE CONTROL UNITS**
A COMPLETE AND ENERGY-EFFICIENT
AIR-CONDITIONING SOLUTION

Kuva 1. Chiller, yrityksen esittämä vaihtoehto atk-tilan jäähdytykseen (1).

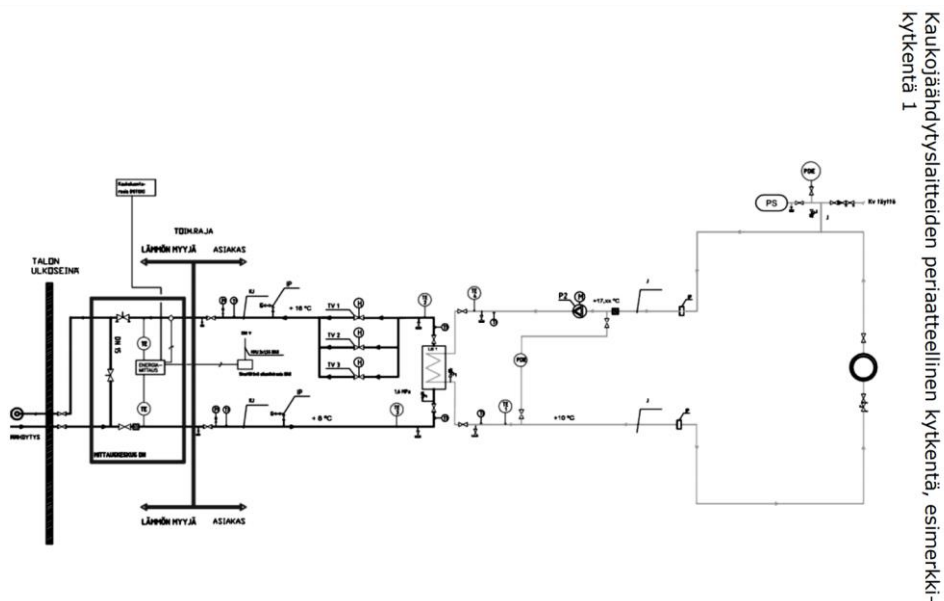
2.2 Jäähdytysjärjestelmävaihtoehdot

Jäähdytysjärjestelmää valittaessa on useita vaihtoehtoja. Helsingissä suosittu vaihtoehto on kaukojäähdytys, joka vastaa periaatteellaan kaukolämmitystä. Muut yleiset jäähdytysvaihtoehdot ovat höyrystin periaatteella toimivat jäähdyttimet sekä ilmalämpö- ja kylmäpumpputjärjestelmät. Suuremmissa jäähdytyskohteissa jäähdytys suoritetaan yleensä kaukokylmällä tai kompressorilla ja höyrystimellä toimivalla järjestelmällä. (6.)

2.2.1 Kaukojäähdytys

Kaukojäähdytys sekä kaukolämmitys tuotetaan yleensä samassa voimalaitoksessa kuin kaukolämpö. Kyseinen jäähdytysmuoto ei ole levinnyt vielä suurelle alueelle johtuen suuresta alkukustannuksesta rakentaessa putkistot uuteen kohteeseen. Helsingissä on Suomen suurin kaukojäähdytysverkko ja seuraavaksi suurimmat jäähdytysverkot ovat Turussa ja Tampereella. (6.)

Kaukojäähdytyksessä kiinteistössä on kaukokylmäkeskus, jossa on kaukokylmän siirrin, jolla vastaanotetaan jäähdytysteho kohteeseen. (Kuva 2.) (2, s. 4.)



Kuva 2. Kaukokylmäjärjestelmän kytkentäkaavio (2).

2.2.2 Ilmalauhdutuksella toimiva jäähdytys

Ilmalauhdutuksella toimivassa järjestelmässä lauhduttimet sijoitetaan yleensä rakennuksen katolle. Tällä toimintatavalla ei tule ongelmaa kuumasta poistoilmasta, jota muodostuu lauhduttimista. Yleisin ongelma kyseisen jäähdytysjärjestelmän rakentamisessa vanhempaan rakennukseen saneerauksen yhteydessä on se, että kohteessa täytyy olla tasakatto tai loiva katto, jolloin laitteet saadaan asennettua katolle. Tällöin laitteet ovat myös helposti huollettavissa. Ilmalauhdutus on yleensä halvin ratkaisu ja siksi on myös yleisin. (Kuva 3.) (10, s. 101.)

 **Chiller**
CACC lauhduttimet
CDCC nestejäähdyttimet
Teholuokka 71 – 1036 kW

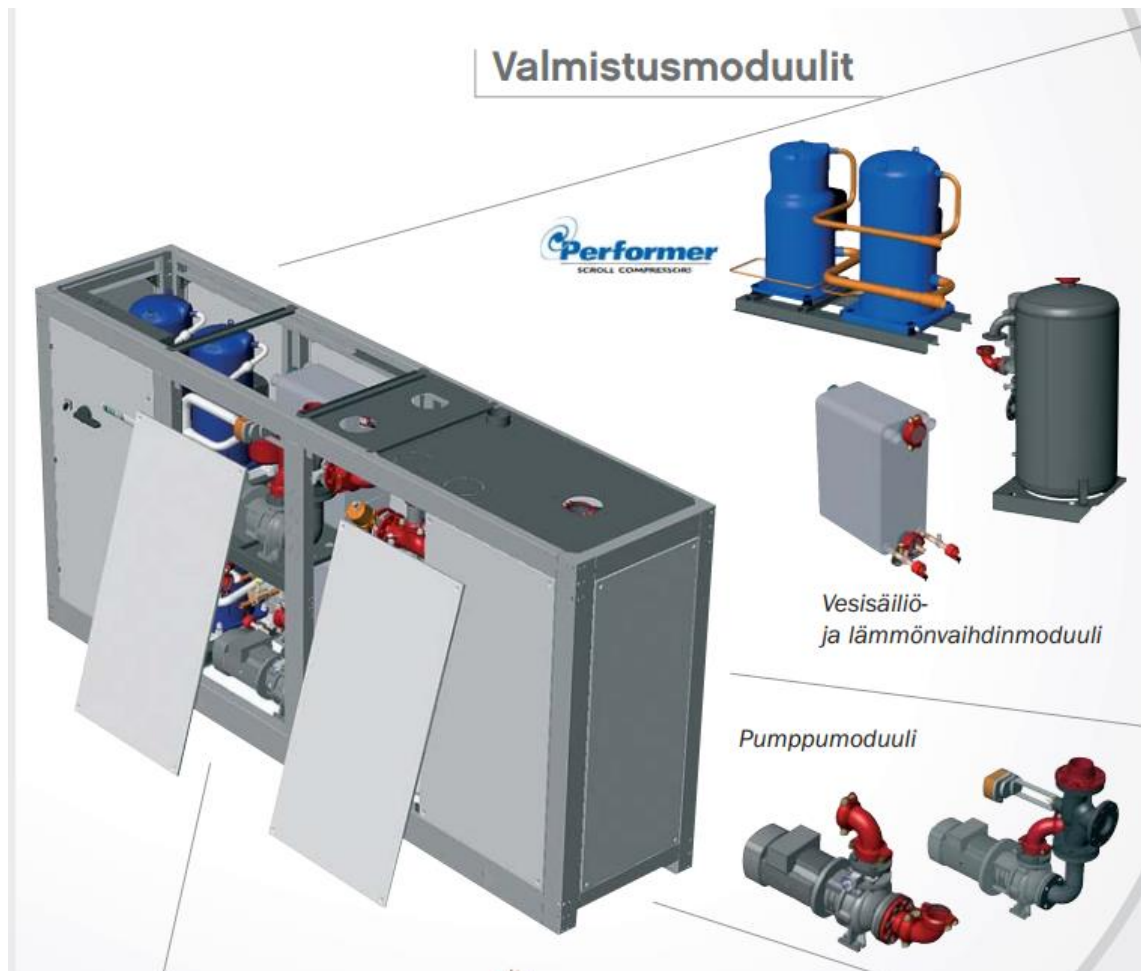


Kuva 3. Lauhdutinesimerkki (3).

2.2.3 Ammoniakilla toimiva jäähdytysjärjestelmä

Etenkin suuremmissa kaupoissa saattaa olla ammoniakilla toimiva jäähdytyskoneisto, jolla saadaan aikaan tilan tarvitsema suuri jäähdytysteho. Kauppojen lisäksi ammoniakilla toimivia jäähdytyskohteita ovat jäähallit. Järjestelmä on erittäin tehokas johtuen ammoniakin hyvistä ominaisuuksista ja käytettävästä suuresta ruuvikompressorista.

Edellä mainitusta syistä johtuen, järjestelmä vaatii suurempia tiloja koneistoille. Järjestelmä on myös erittäin kallis rakentaa verrattuna ilmalauhdutteiseen järjestelmään. On myös tärkeää muistaa, että ammoniakki on erittäin myrkyllistä ja vaatii erityisiä toimenpiteitä käytettäessä ja huollettaessa. (10, s.44.)



Kuva 4. Kylmävesiasema (4).

3 Insinööriyön kohteen jäähdytysjärjestelmän tiedot

3.1 Rakennuksen jäähdytysjärjestelmä.

Insinööriyön kohteena oleva toimistorakennus on erittäin vaativa kiinteistö LVIA-tekniikan kannalta sekä suuri pinta-alaltaan, minkä vuoksi kohteessa on päädytty käyttämään useita eri jäähdytysmuotoja. Pääjäähdytysmuotoina kohteessa ovat kauko-, kompressori-, lauhdutin- sekä kylmäpumppujäähdytys, ja ne toimivat myös toistensa turvana, jos tulee ongelmia jäähdytyksen tuottamisessa.

Insinööriyöni kohteena olevan piirin jäähdytysmuotona käytetään kaukokylmää. Kohteen jäähdytyspumput ovat vanhoja, huonolla säädettävyydellä olevia pumppuja, jotka ovat hajoamispisteessä. Pumppujen käydessä niistä pääsee erittäin voimakas ääni, joka kuvastaa pumppujen olevan loppuun käytettyjä. Pumppuja ohjaa kiinteistön automaatiojärjestelmä, mutta koska pumput eivät ole EC-moottorilla varustetulla säädöllä, niillä on vain portaittain toimiva säätö. Tämän seurauksena kuluu huomattavasti enemmän energiaa verrattuna uuteen pumppuun, joka säätyy tarvitun tehon mukaan. (Kuvat 5 ja 6.)

Myös suurempi energiankulutus kuluttaa pumppua enemmän, koska säätö ei ole portaiton, minkä takia pumput käyvät turhan kovilla kierroksilla ja kuluvat nopeammin loppuun. Kohteessa on sarjaan kytkettynä kaksi pumppua melkein jokaista jäähdytyspiiriä kohteen, millä taataan turvallisuus, jotta pumppurikko ei tuota jäähdytyskatkoksia.

Mallisarjakuvaus: Wilo-Stratos GIGA



Kuva 5. Nykyaikainen älykäs pumppu (5).



Kuva 6. Vanha pumppu.

3.2 Pumppujen tiedon kerääminen

Jotta pystyin määrittämään uusien pumppujen tarvitseman tehon ja sovitepalat, minun oli kerättävä vanhojen pumppujen tiedot. Sovitepalojen alustavalla mittauksella oli tarkoitus nopeuttaa toimittajan työtä, mutta vasta kun sain pumppujen toimittajan ehdottamat mallit, sain tiedot pumppujen pituuksista ja kiristysjaosta. Tämän seurauksena kiersin pumput myöhemmin uudestaan läpi.

Vanhoista pumpuista sain kerättyä tiedot valmistajasta, tilavuusvirrasta sekä nostokorkeudesta. Näiden tietojen avulla pääsin valitsemaan uusia pumppuja kohteeseen.

3.3 Vanhan datan kerääminen

Jotta pystyin selvittämään vanhojen pumppujen energiankulutusta minun tuli selvittää vanhojen pumppujen käyttöajat. Monissa jäähdytyskohteissa pumput käyvät määritellyn kellonajan tai viikonpäivän mukaan esimerkiksi arkisin kello 7–17.

Tutkiessani kohdetta huoltomiehen kanssa selvisi, että pumput kävivät koko ajan, mutta vuorotellen eri päivinä. Pumppujen käyttäminen vuoropäivinä pitää molemmat pumput kunnossa, ettei toinen pumppu pääse jumiutumaan. Automaatiossa oli varalla ohjelma, jolla rikki mennyt pumppu ohitetaan ja käytetään ehjää pumppua ongelmatilanteen satuessa. Tämä on erittäin hyvä ratkaisu kohteisiin, joissa jäähdytys ei saa missään tapauksessa katketa. (Kuva 7.)

Saatuani tiedon pystyin aikaisemmin selvittämieni tehojen kanssa määrittämään vanhojen pumppujen energiankulutuksen. Tällä tiedolla pystyin myös vertaamaan uusien pumppujen tuomaa hyötyä.

3.4 Uuden pumppuvalmistajan valinta

Tutkiessani vaihtoehtoja päädyin Wilon-tuotteisiin. Tämä johtui pitkälti kohteen pyynnöstä käyttää kyseistä tuotemerkkiä, jos vain mahdollista. Wilon-tuotteet ovat erittäin energiatehokkaita, mikä vaikutti pumppuvalmistajan valintaan tilaajan puolelta. Tilaaja oli myös käyttänyt samaisia Wilon-tuotteita toisessa saneerauskohteessa.

Aloitin tutustumisen Wilon-tuoteisiin, ja nopeasti kävi ilmi, että Wilolta saa myös tilattua sovitepaloja, joilla saadaan nopeasti kytkettyä uusi pumppu vanhan tilalle. Tämä ratkaisu asennustavaksi valittuna nopeutti työhön kuluvaan aikaan huomattavasti.



Kuva 7. Esimerkki vanhan pumpun tiedoista.

4 Pumpputekniikan vaikutus energiankulutukseen

4.1 Pumpputekniikassa olevia säätömahdollisuuksia

Pumppujen yleinen ja vanhanaikainen säätötapa on kuristussäätö. Tässä säätömuodossa virtausta rajoitetaan esimerkiksi venttiilillä kasvattaen painehäviötä. Tällä tavalla säädetään tilavuusvirtaa. Tätä säätötapaa oli käytetty kohteessa, ja se on erittäin paljon energiaa kuluttava säätötapa. (12, s. 8.)

Toinen pumpun säätötapa on ON-OFF-säätö. Tällä säätötavalla pidetään paine- tai vesipinta säiliössä tasaisena. (12, s. 8.)

Viimeiseksi on nykyaikainen pumpun pyörimisnopeuden säätö. Uudet pumput, jotka valitsin kohteeseen, ovat EC-moottorilla ohjattavia, eli pumppu voi säätää elektronista tehoa halutun tarpeen mukaan kiinteistön automaation avulla. (12, s. 8.)

4.2 Pumppujen tehon ja energiankulutuksen laskemisen kaavoja

Kaavassa 8 on esitetty pumpun tehontarpeen kaava, ja kaavassa 9 on esitetty pumpun ottaman sähkötehon kaava (kuvat 8 ja 9).

$$P_2 = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta_p} \quad \text{tai} \quad P_2 = \frac{Q \cdot p}{\eta_p}$$

Jossa	P_2	Pumpun akseliteho	[W]
	ρ	Pumpattavan nesteen tiheys	[kg/m ³]
	g	Putoamiskiihtyvyys, vakio 9,81 m/s ²	[m/s ²]
	Q	Tilavuusvirta	[m ³ /s]
	H	Nostokorkeus	[m]
	η_p	Pumpun hyötysuhde	[%]
	p	Paine	[Pa]

Kuva 8. Pumpun tehon kaava (12, s. 14.)

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_m \cdot \eta_s}$$

Jossa	P_1	Pumpun ottama sähköteho	[W]
	P_2	Pumpun akseliteho	[W]
	η_m	Sähkömoottorin hyötysuhde	[%]
	η_s	Säädön hyötysuhde	[%]

Kuva 9. Pumpun ottaman sähkötehon kaava (12, s. 14.)

5 Energiansäästön laskeminen

5.1 Kerättyjen tietojen yhteenveto

Kun olin selvittänyt vanhojen pumppujen tiedot, pystyin aloittamaan uusien pumppujen valinnan. Valintaan vaikutti energiatehokkuus, jolla saataisiin käyttökustannuksia alemmaksi, mutta oli valittava myös hinnaltaan oikeanlainen pumppu. Muuten takaisinmaksuaika kasvaisi äärettömäksi.

5.2 Excel-tiedoston kuvaus

Laatimaani Excel-tiedostoon on kerätty kaikki tiedot, joita tarvitsin jäähdytysjärjestelmän energiantehokkuuden parantamisen selvittämiseksi pumpputekniikkaa vaihtamalla. Keräsin Exceliin tietoja heti ensimmäisestä kohdekäyntikerrasta saakka. Tämä tiedosto käydään kohta kohdalta läpi, liitteessä 1. (Kuva 10.)

Asennuspaikka	Laitteet vanhoista pumppuista										Wilson uusipumppu					Pumpun tuoma hyöty						
	Alueen nimi	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Väli-pumppuosio	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Yhteys	Yhteys		
Q in l/s	H in m	Na	Täpätuomakäyttö	GRUNDFOS	CLM 125-228-5,5	620	46 430	5 571	129 900	EUR	IL-E 800160-7,5I2	DN 80	400	42 220	5 067	2	117 400	4 205	9,06	505	63 000	11 632
JKIP1	27,7	12	8760	Täpätuomakäyttö	GRUNDFOS	CLM 125-228-5,5	620	46 430	5 571	129 900	IL-E 150/200-7,5I4-R1	DN 150	700	35 880	4 281	2	99 200	8 122	18,54	975	121 800	22 582
JKIP2	45,9	6	8760	Täpätuomakäyttö	GRUNDFOS	CLM 150-195-5,5	700	43 800	5 256	121 800	IL-E 150/200-7,5I4-R1	DN 150	700	35 880	4 281	2	99 200	8 122	18,54	975	121 800	22 582
JKIP3	45,9	6	8760	Täpätuomakäyttö	GRUNDFOS	CLM 150-195-5,5	700	43 800	5 256	121 800	IL-E 150/200-7,5I4-R1	DN 150	700	35 880	4 281	2	99 200	8 122	18,54	975	121 800	22 582
JKIP4	30	15	8760	Täpätuomakäyttö	GRUNDFOS	TP100-240I2	500	69 700	8 374	194 000	IL-E 100/270-1I4	DN 100	550	58 190	6 983	2	161 800	11 590	16,61	1 391	173 900	32 230
JKZP3	21	12	8760	Täpätuomakäyttö	GRUNDFOS	TP100-240-2	500	59 800	7 175	166 200	Stratos GIGA 100FI-27H,5	DN 100	450	29 360	3 523	2	81 640	10 430	16,90	3 652	121 800	84 614
JKZP1	19	8	8760	Täpätuomakäyttö	GRUNDFOS	LP100-125-121	550	30 660	3 679	95 240	Stratos GIGA 100FI-12H,9	DN 100	450	17 120	2 054	2	47 590	13 540	14,18	1 625	203 200	37 657
JKZP2	19	6	8760	Täpätuomakäyttö	GRUNDFOS	LP100-125-121	550	30 660	3 679	95 240	Stratos GIGA 100FI-12H,9	DN 100	450	12 950	1 554	2	36 000	17 770	17,77	2 126	285 700	49 248
JKZP2	21	12	8760	Täpätuomakäyttö	GRUNDFOS	TP100	543	46 960	5 635	150 600	Stratos GIGA 100FI-27H,5	DN 100	450	29 360	3 523	2	81 640	17 600	17,49	2 112	284 000	48 935
471	43	24	8760	Täpätuomakäyttö	KOLMEXIS	AL-1154I2-292	800	155 600	16 294	377 500	IL-E 100160-18,5I2	DN 100	500	127 600	15 208	2	354 700	8 200	6,05	985	123 200	22 827
472	215	22	8760	Täpätuomakäyttö	KOLMEXIS	AL-1154I2-292	800	85 060	10 207	236 600	IL-E 100/270-1I4	DN 100	550	62 800	7 536	2	174 600	22 260	26,17	2 671	333 900	61 934
473	215	22	8760	Täpätuomakäyttö	KOLMEXIS	AL-115I4-246	800	83 220	9 986	231 400	IL-E 100/270-1I4	DN 100	550	62 800	7 536	2	174 600	20 420	24,54	2 451	306 300	56 781
448	25,1	15	8760	Täpätuomakäyttö	KOLMEXIS	AL-115I4-246	800	61 320	7 358	170 500	IL-E 100/270-1I4-R1	DN 100	550	49 740	5 969	2	138 300	11 580	16,88	1 389	173 700	32 189
458	25,1	15	8760	Täpätuomakäyttö	KOLMEXIS	AL-115I4-246	800	61 320	7 358	170 500	IL-E 100/270-1I4	DN 100	550	49 740	5 969	2	138 300	11 580	16,88	1 389	173 700	32 189
468	25,1	15	8760	Täpätuomakäyttö	KOLMEXIS	AL-115I4-246	800	61 320	7 358	170 500	Stratos GIGA 100FI-33H,6	DN 100	450	44 280	5 313	2	123 100	17 040	27,79	2 645	355 600	47 386
Laskentavaihtimukset												Pumppujen käytön tuoma kokonaishyöty										
Säätöarvot												Vanhojen pumppujen kulutus 103 189										
Vuositainen säästöarvio												Säästövuoressa 24 291 e										
Vuositainen inflaatioarvio												Vanhojen pumppujen kulutus 78 898										
Arviointivuos																						
Vakuutus												EUR:										

Kuva 10. Ote Excel-tiedostosta.

6 Tulosten avaaminen

6.1 Asennusratkaisuun päätyminen

Laskiessa työn määrää yhden pumppuparin asennukselle, arvioin työtä menevän 48 tuntia asennusta eli kaksi asentajaa kolmena työpäivänä kohteessa. Tiukan asennusajan sisällä pysymisen kannalta pumppujen sovitepalojen tulee sopia täydellisesti. Pumppujen nostaminen paikan päällä suoritettaisiin moottorinostimella, jolloin asentaja ei joudu nostamaan liian suurta kuormaa ja joutuisi loukkaantumisvaaraan. Pumput tulee asentaa kahdella eri kerralla, jolloin saadaan käytettyä uutta pumppua vanhan pumpun kanssa rinnalla. Tällä toimintatavalla varmistetaan, etteivät mahdolliset valmistusvirheet tai asennusvirheet katkaise jäähdytystä. Kun pumppu on pyörinyt kaksi viikkoa voi toisen

uuden pumpun asentaa vanhan pumpun tilalle. Samoilla käyntikerroilla tällä asennustavalla voidaan vaihtaa kahdesta eri jäähdytyspiiristä yhden pumpun ja seuraavalla käyntikerralla toinen pari. (Kuva 11.)

6.2 Energiansäästön syntyminen

Energiasäästön syntyminen tapahtui vanhan ja uuden pumpun välisen energiankulutuksen avulla. Vanhojen pumppujen hyötysuhteet olivat huomattavasti huonommat, koska pumpuissa ei ollut EC-moottoria. Pumput olivat säädetty kuristamalla maksipyörimisnopeudessa olevan pumpun tuomaa virtaamaa säätöventtiilillä. (Katso luku 4.1). Uudet pumput ovat varustettu EC-moottoreilla, joten niiden pyörimisnopeudet ovat huomattavasti pienemmät. Myös nykyaikaisten pumppujen hyötysuhde on parempi, millä saadaan lisää energiansäästöä. (Katso luku 4.2)



Kuva 11. Moottorinostin apuvälineenä (12).

6.3 Tulokset

Lopputuloksia tarkastellessa käy nopeasti selväksi suuri energiankulutusero vanhojen ja uusien pumppujen välillä. Lisäksi uusissa pumpuissa on potentiaalia mahdollisiin lisäyksiin, jos esimerkiksi tarvitsee laajentaa datasalia. Näin uusi pumppu ei jää liian pieneksi muutosten yhteydessä ja aiheuta turhia kuluja. Toiseksi tärkeäksi asiaksi pumppujen tehon arvioinnissa on se, että pumppujen käyttöikä pitenee huomattavasti, kun niiden ei

tarvitse käydä maksimikierroksilla ja samalla mahdolliset runkoäänet ovat pienemmät. Taulukosta 1 käy ilmi pumppujen tuoma suuri energiansäästö.

Taulukko 1. Pumppujen tuoma kokonaishyöty.

Pumppujen käytön tuoma kokonaishyöty					
Vanhojen pumppujen kulutus	859930	kwh/a	Säästövuodessa	202410	kwh/a
Vanhojen pumppujen kulutus	657520	kwh/a			
Pumppujen kulutus euroina					
Vanhojen pumppujen kulutus	103188,8	€	Säästövuodessa	24290,94	€
Uusien pumppujen kulutus	78897,9	€			

6.4 Takaisinmaksuaika

Pumppujen takaisinmaksuajaksi tuli 5 vuotta, joka on erittäin lyhyt aika ajatellen suurien pumppujen vaihtoa. Takaisinmaksuajan lyhyys tulee erosta EC-moottorilla ohjatun pumpun ja vanhanaikaisen pumpun hyötysuhteiden väliltä ja suuren energiakulutuseron vaikutuksesta. Takaisinmaksuaika laskettiin kaavalla: kokonaisinvestointi/vuotuinen hyöty. (Kuva 12.)

$$\text{Takaisinmaksuaika} = \frac{\text{Hankintahinta}}{\text{Investoinnin nettotulot}}$$

Kuva 12. Takaisinmaksuajan kaava (13.)

Lähteet

- 1 Precision and Close Control units. Verkkoaineisto. Chiller. <www.chiller.fi/doc/esitteet/en/precision_close_control/N00287288_L.pdf>. Luettu 7.8.2017.
- 2 Rakennusten kaukojäähdytys. 2014. Verkkoaineisto. Energiateollisuus ry. <www.energia.fi/files/450/RakennustenKaukojaahdytys_JulkaisuJ1_2014.pdf>. Päivitetty 2014. Luettu 15.8.2017.
- 3 CACC lauhduttimet CDCC nestejäähdyttimet Teholuokka 71 – 1036 kW. Verkkoaineisto. Chiller. <www.chiller.fi/doc/lauhduttimet_nestējaahdyttimet/CACC_CDCC_esite.pdf>. Luettu 15.8.2017.
- 4 Toimivia ja innovatiivisia ilmastointiratkaisuja. Verkkoaineisto. Chiller. <www.chiller.fi/doc/esitteet/fi/vesiase-mat_ja_vj/eco/CHSAM100012FIA.pdf>. Luettu 15.8.2017.
- 5 Mallisarjakuvaus: Wilo-Stratos GIGA. 2012-11. Verkkoaineisto. Wilo. <www.wilo.fi/fileadmin/fi/Downloads/PDF_Files/Wilo_Stratos_GIGA.pdf>. Päivitetty 2012. Luettu 15.8.2017.
- 6 Kaukokylmä – helppo ja toimintavarma ratkaisu kiinteistön jäähdytysratkaisu. 2017. Verkkoaineisto. Fortum. <www.fortum.com/countries/fi/yritysasiakkaat/kaukokylma/pages/default.aspx>. Päivitetty 10.1.2017. Luettu 17.9.2017.
- 7 Sosiaali- ja terveysministeriön asetus. 763/1994. 2015. Verkkoaineisto. Stm. <stm.fi/documents/1271139/1408010/Asumisterveysasetus/>. Luettu 27.8.2017.
- 8 Lämpöolot. 2017. Työolot ja fyysiset tekijät. Verkkoaineisto. Työsuojelu.fi. Työsuojeluhallinnon verkkopalvelu. <www.tyosuojelu.fi/tyoolot/fysikaaliset-tekijat/lampoolot>. Päivitetty 18.1.2017. Luettu 18.9.2017.
- 9 Tuotteiden asettamat vaatimukset. Verkkoaineisto. Kylmäketju. <www.kylmaketju.fi/toimintaketju/tuotteiden-asettamat-vaatimukset/tuotteiden-asettamat-vaatimukset/>. Luettu 2.10.2017
- 10 Kaappola, Esko; Hirvelä, Aulis; Jokela, Matti & Kianta, Jani. 2014. Kylmätekniikan perusteet. 3. painos. Helsinki. Opetushallitus.
- 11 Moottorinostin 1T Max. Nosto 2000mm kokoontait. Verkkoaineisto. IKH. <www.ikh.fi/fi/moottorinostin-1t-max-nosto-2000mm-kokoontait-meg58>. Luettu 2.10.2017.

- 12 Energiatehokkaat pumput. Verkkoaineisto. Motiva Oyj. <www.motiva.fi/files/5343/Energiatehokkaat_pumput.pdf>. Luettu 3.10.2017
- 13 Vierros Tuomas. 2009. Investointilaskelmat. Verkkoaineisto. Aaltoyliopisto. <www.wiki.aalto.fi/display/TU22/8.+Investointilaskelmat>. Päivitetty 22.1.2009. Luettu 4.10.2017.

Laskenta, Excel

Liitteessä on käyty läpi kohta kohdalta Excelin sisältö

Alla on listattuna ensimmäisen osion tiedot Excel-tiedostostani koskien vanhoista pumppuista keräämiäni tietoja pääsääntöisesti. Kaavat esitetään kohdassa 5.

- Ensimmäiseen sarakkeeseen kirjasin allekkain pumppujen tiedot.
- Toiseen sarakkeeseen loin tiedot tilavuusvirrasta jokaiselle pumpulle.
- Kolmanteen sarakkeeseen kirjasin tiedot pumppujen nostokorkeuksista.
- Neljänteen sarakkeeseen kirjasin tiedot pumppujen käyttöajasta, mikä tulee myös pysymään samana uusilla pumpuilla kuin vanhoilla.
- Viidenteen sarakkeeseen kirjasin tiedot pumpun käyttötyypistä, kyseissä koh-teessa pumppujen tyyppinä toimi täyskuormapumppu.
- Kuudennessa sarakkeessa on vanhan valmistajan merkki ilmoitettuna
- Seitsemännessä sarakkeessa on pumpun mallin tiedot.
- Kahdeksannessa sarakkeessa on ilmoitettu pumpun rakennepituus.
- Yhdeksännessä sarakkeessa on ilmoitettu pumpun energiavaatimukset yksikössä kWh/a.
- Kymmenennessä sarakkeessa on ilmoitettu vanhan pumpun energiakustannukset yksikössä EUR/a.

- Sarakkeessa 11 on ilmoitettu pumpun laskennalliset elinkaarikustannukset yksikössä EUR.

Sarake	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Laitetiedot vanhoista pumppuista										
Asennus paikka	Tilavuusvirta	Nostokorkeus	Käyttöaika	Lataus profilli	Merkki	Käytettävä olemassa oleva pumppu	Rakennepituus	Energiavaatimukset	Energiakustannukset	Elinkaarikustannukset yhteensä	
	Q in l/s	H in m	h/a				mm	kWh/a	EUR/a	EUR	
JK1P1	27,7	12	8760	Täyskuormakäyttö	GRUNFOS	CLM 125-228-5,5	620	46 430	5 571	129 100	
JK1P2	45,9	6	8760	Täyskuormakäyttö	KOLMEKS	CLM150-195-5,5	700	43 800	5 256	121 800	
JK1P3	45,9	6	8760	Täyskuormakäyttö	GRUNFOS	CLM150-195-5,5	700	43 800	5 256	121 800	
JK1P4	30	15	8760	Täyskuormakäyttö	GRUNFOS	TP100-240/2	500	69 780	8 374	194 000	
JK2P3	21	12	8760	Täyskuormakäyttö	GRUNDFOS	TP100-240-2	500	59 800	7 175	166 200	
JK2P1	19	8	8760	Täyskuormakäyttö	GRUNDFOS	LP100-125-121	550	30 660	3 679	85 240	
JK2P2	19	6	8760	Täyskuormakäyttö	GRUNFOS	LP100-125-121	550	30 660	3 679	85 240	
JK2P2	21	12	8760	Täyskuormakäyttö	GRUNFOS	TP100	543	46 960	5 635	130 600	
471	43	24	8760	Täyskuormakäyttö	KOLMEKS	AL-1154/2-292	800	135 800	16 294	377 500	
472	21,5	22	8760	Täyskuormakäyttö	KOLMEKS	AL1154/2-292	800	85 060	10 207	236 500	
473	21,5	22	8760	Täyskuormakäyttö	KOLMEKS	AL-1151/4-246	800	83 220	9 986	231 400	
448	25,1	15	8760	Täyskuormakäyttö	KOLMEKS	AL1151/4-246	800	61 320	7 358	170 500	
458	25,1	15	8760	Täyskuormakäyttö	KOLMEKS	AL1151/4-246	800	61 320	7 358	170 500	
468	25,1	15	8760	Täyskuormakäyttö	KOLMEKS	AL1151/4-246	800	61 320	7 358	170 500	

Kuva a. Excel-tiedoston ensimmäisen osan tiedot.

6.5 Excel-tiedoston toinen osa.

Tässä osiossa on kirjattuna uuden pumpun tiedot.

- Sarakkeessa 12 on luoteltuna uusien pumppujen tiedot.
- Sarakkeessa 13 on ilmoitettu putkiliitäntä malliyksikössä DN/G.
- Sarakkeessa 14 on luoteltuna pumppujen rakennepituudet.
- Sarakerivissä 15 on ilmoitettuna uuden pumpun energiantarve yksikössä kwh/a
- Sarakkeessa 16 on ilmoitettu uuden pumpun kuluttama energia yksikössä EUR/a.
- Sarakkeessa 17 on ilmoitettu vaadittavat sovitekappaleet.

	12	13	14	15	16	17
Wilon uusipumppu						
Wilo-pumppusuositus	Putkiliitäntä	Rakennepituus	Energiavaatimukset	Energiakustannukset	Sovitteet	
	DN/G	mm	kWh/a	EUR/a	KPL	
IL-E 80/140-7,5/2	DN 80	400	42 220	5 067	2	
IL-E 150/200-7,5/4-R1	DN 150	700	35 680	4 281	2	
IL-E 150/200-7,5/4-R1	DN 150	700	35 680	4 281	2	
IL-E 100/270-11/4	DN 100	550	58 190	6 983	2	
Stratos GIGA 100/1-27/4,5	DN 100	450	29 360	3 523	2	
Stratos GIGA 100/1-13/1,9	DN 100	450	17 120	2 054	2	
Stratos GIGA 100/1-13/1,9	DN 100	450	12 950	1 554	2	
Stratos GIGA 100/1-27/4,5	DN 100	450	29 360	3 523	2	
IL-E 100/160-18,5/2	DN 100	500	127 600	15 308	2	
IL-E 100/270-11/4	DN 100	550	62 800	7 536	2	
IL-E 100/270-11/4	DN 100	550	62 800	7 536	2	
IL-E 100/270-11/4-R1	DN 100	550	49 740	5 969	2	
IL-E 100/270-11/4	DN 100	550	49 740	5 969	2	
Stratos GIGA 100/1-33/5,6	DN 100	450	44 280	5 313	2	

Kuva b. Excel-tiedoston toinen osa.

6.6 Kolmas osa Excel-tiedostosta

- Sarakkeessa 18 on esitetty uuden pumpun elinkaarikustannukset yksikössä EUR.
- Sarakkeessa 19 on esitetty vuosittainen energiansäästö uudella pumpulla yksikössä kwh/a, verrattuna vanhaan pumppuun.
- Sarakkeessa 20 on ilmoitettu energiansäästö uuden pumpun ja vanhan pumpun välillä prosentteina.
- Sarakkeessa 21 on ilmoitettu vuosittainen energiansäästö uudella pumpulla, verrattuna vanhaan, yksikössä EUR/a.
- Sarakkeessa 22 on esitetty kokonaisenergian säästö pumpulla tarkasteluajan aikana, yksikössä kwh.
- Viimeisessä sarakkeessa 23 on esitetty rahan säästö pumpputekniikkaa vaihtamalla energiansäästön mukaan, yksikössä EUR.

18 19 20 21 22 23					
Pumpun tuoma hyöty					
Elinkaarikustannukset yhteensä	Vuosittainen energiansäästö		Vuosittainen energiakustannussäästö	Energian kokonaissäästö	Energiakustannusten kokonaissäästö
EUR	Δ kWh/a	%	Δ EUR/a	kWh	EUR
117 400	4 205	9,06	505	63 080	11 692
99 200	8 122	18,54	975	121 800	22 582
99 200	8 122	18,54	975	121 800	22 582
161 800	11 590	16,61	1 391	173 900	32 230
81 640	30 430	50,90	3 652	456 500	84 614
47 590	13 540	44,18	1 625	203 200	37 657
36 000	17 710	57,77	2 126	265 700	49 248
81 640	17 600	37,48	2 112	264 000	48 935
354 700	8 210	6,05	985	123 200	22 827
174 600	22 260	26,17	2 671	333 900	61 894
174 600	20 420	24,54	2 451	306 300	56 781
138 300	11 580	18,88	1 389	173 700	32 189
138 300	11 580	18,88	1 389	173 700	32 189
123 100	17 040	27,79	2 045	255 600	47 386

Kuva c. Excel-tiedoston kolmas osa.