

# SÄHKÖTEHON RAJOITUS JA SÄHKÖENERGIAN SÄÄS- TÄMINEN OPPILAITOSYMP- PÄRISTÖSSÄ

TEKIJÄ: Mika Törmänen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Mika Törmänen	
Työn nimi Sähkötehon rajoitus ja sähköenergian säästäminen oppilaitosympäristössä	
Päiväys	23.4.2013
Sivumäärä/Liitteet	39
Ohjaaja(t) Lehtori Jari Ijäs ja yliopettaja Ari Suopelto	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Reisjärven kristillinen opisto	
<p>Tiivistelmä Sähkötehon rajoitus ja sähköenergian säästäminen oppilaitosympäristössä</p> <p>Opinnäytetyössä perehdyttiin huipputehon rajoitukseen ja sähköenergian säästöön Reisjärven kristillisellä opistolla. Opiston ongelmana oli pääsulakkeiden riittämättömyys sähkön huippukuormitustilanteessa. Huippukuormitusta tutkittiin saatavilla olevan tiedon perusteella mittaamalla sekä arvioimalla ja laskemalla. Opiston pääsulakkeiden koko on 3 * 200 A. Näiden sulakkeiden tehonsiirtokyky on ollut riittämätön huippukuormitustilanteessa. Tähän haettiin ratkaisua tehonrajoituksella ja sähköenergian säästötoimenpiteillä. Työssä tuli käyttää olemassa olevaa Fidelixin automaatiota, johon lisättiin tarvittavat komponentit ja ohjelmat huipputehonrajoitusta varten.</p> <p>Huipputehonrajoituksessa ensimmäiseksi tarkasteltiin sähkötehon ylitystä sulakekokoon nähden ja tämän jälkeen arvioitiin, kuinka teho jakautuu kiinteistössä. Tämän jälkeen pureudutaan huipputehonrajoituksen toteutukseen. Huipputehoa rajoitetaan Fidelixin automaatiolla, joka kytkee pois huipputehon aikana ulkovalot, autonlämmitykset, saunat, rännien sulanapidon, opetuskeittiön sähkölaitteet ja keittiön arinauunin. Lisäksi portaattomasti huipputehonrajoitus ohjaa ilmanvaihtokoneita pois käynnistä.</p> <p>Työn toisena tehtävänä oli löytää ratkaisuja sähköenergian säästämiseen. Tässä tuli ottaa huomioon korkeintaan neljän vuoden takaisinmaksuaika, jos opisto joutuu investoimaan koneita tai laitteita. Sähköenergian säästökohteet löytyivät mittauksin, paikalla havainnoimalla sähkölaitteita ja niiden käyttöä.</p> <p>Viimeiseksi on koottu yhteen sähkön huipputehorajoitus, sähköenergian säästötoimenpiteet ja todettu niiden vaikutukset. Lisäksi on arvioitu työn onnistumista ja tavoitteisiin pääsyä.</p>	
Avainsanat Huipputehonrajoitus, sähköenergia, automaatio, virta, teho, jännite,	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author(s) Mika Törmänen			
Title of Thesis Limiting and Saving Electrical Power in School Environment			
Date	23 April 2013	Pages/Appendices	39
Supervisor(s) Mr. Jari Ijäs, Lecturer and Mr. Ari Suopelto, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Reisjärvi Christian College			
<p><b>Abstract</b></p> <p>The purpose of this thesis was to investigate the process of limiting peak power and saving electrical power in Reisjärvi Christian College. The problem concerning the College was the insufficiency of main fuses in the case of a peak load.</p> <p>First the peak load was inspected with the help of the available information and by measuring, estimating and calculating the load. The size of the main fuses is 3 * 200 A. The power transmission capability of these fuses was insufficient in cases of a peak load: thus, the aim was to limit and save electrical power. The existing Fidelix automation was employed in the study. The necessary components and programmes for limiting the peak load were inserted in the automation. Then, the process of limiting the peak load was studied. The overrun of the electrical power in regard to the size of the fuses was investigated, and the distribution of power in the property was estimated. Next, the realization of the limiting process was considered. The peak power is limited with the Fidelix automation that switches off the outdoor lighting, car heater poles, saunas, the drainpipe melting system, the electrical appliances of the home economics classroom and the grate oven. Furthermore, the peak load limiting system steplessly switches off the air ventilation.</p> <p>Secondly, the solutions for saving electrical power were looked for. Because of the possible future investments in machines and appliances, a repayment period for a maximum of four years was taken into consideration. Suitable targets for power saving measures were found by gauging and observing the electrical appliances and their use on the spot.</p> <p>Finally, the measures for limiting the peak load and saving electrical power were summarized and their effects were noted. Moreover, the investigation process and its results were evaluated. As a result of this thesis limiting peak power was fully implemented, and saving electrical power will be implemented within a few years.</p>			
<p><b>Keywords</b> Limiting the peak power, electrical power, automation, current, power, voltage</p>			

# SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
2	SULAKKEET EIVÄT PALA .....	6
2.1	Kiinteistö sähköjakelu järjestelmä.....	6
2.2	Syöttökaapelien tehonkesto .....	7
2.3	Jännitteenalenema .....	7
3	HUIPPUTEHON RAJOITUS .....	10
3.1	Huipputehon arviointi .....	10
3.2	Tehonrajoitus .....	12
3.3	Huipputehonrajoituksen tarkoitus .....	12
3.4	Huipputehonrajoituksen suunnittelu .....	12
3.5	Huipputehonrajoituksen toteutus .....	13
3.6	Hetkelliset virtapiikit.....	18
3.7	Lukujärjestys .....	19
4	SÄHKÖENERGIAN SÄÄSTÄMINEN .....	20
4.1	Keittiö .....	20
4.2	Ruokasali.....	22
4.3	Autonlämmitys.....	22
4.4	Opetuskeittiö .....	23
4.5	Pyykkitupa.....	24
4.6	Valaistus .....	26
4.7	Ilmanvaihto .....	28
4.7.1	Hyvä sisäilma.....	28
4.8	Asuntoloiden ilmanvaihto.....	29
4.9	Pannuhuone .....	29
4.10	Tietokoneet .....	29
4.10.1	Pöytäkone vai kannettava tietokone .....	<b>Virhe. Kirjanmerkkiä ei ole määritetty.</b>
4.11	Yhteenveto energiansäästöstä .....	30
5	YHTEENVETO.....	32

LÄHTEET

LIITTEET

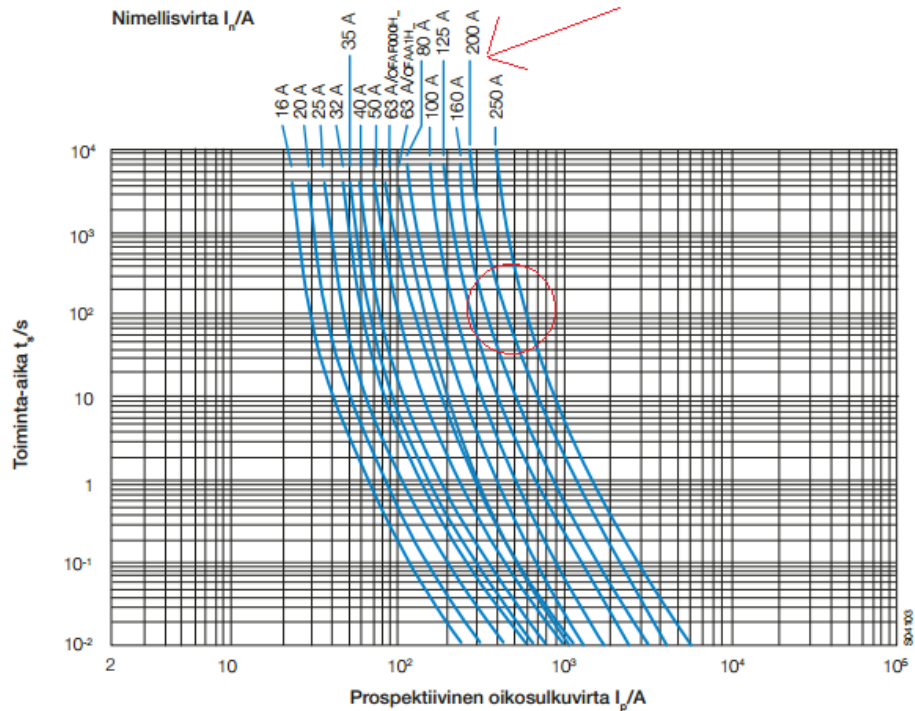
## 1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Reisjärven kristilliselle opistolle. Työn tavoitteen on saada rajoitettua sähkön huipputeho sekä vähennettyä kiinteistön kuluttamaa sähköenergiaa. Ongelmana on sulakkeiden riittämättömyys huippukuormitustilanteessa. Tämä sulakkeiden riittämättömyys tuli esiin, kun Vattenfall ilmoitti opiston sähköenergian ylittävän sulakekoon. Sulakekoon ylitys johtuu liian suuresta virrasta sulakkeilla opiston pääkeskuksella. Vattenfallin mukaan tehon ylitys voi aiheuttaa palovaaran Opiston sähköjärjestelmään. Sulakkeet eivät pala, vaikka virta ylittää sulakkeen nimellisvirran. Pääkeskuksen sulakekoko on  $3 * 200 \text{ A}$ .

Opinnäytetyössä perehdytään siihen, mistä virtaylitys johtuu ja miten tämä estetään. Lisäksi tulee kartoittaa sähköenergian säästötapoja ja tarkastella mahdollisella uudella tekniikalla saatavaa sähköenergian kulutuksen vähentymistä kiinteistössä. Tämän jälkimmäisen tehtävän tulisi tapahtua kustannustehokkaasti, korkeintaan 4 vuoden takaisinmaksuajalla, jos tehdään investointeja. Työssä pu-reudutaan ensin huipputehon rajoitukseen, koska se oli kiireellisin. Lisäksi on kartoitettava Sähköenergian kulutus ja miten sitä voidaan vähentää. Vattenfallin online-palvelusta saadaan käyttöön sähköenergian kulutustiedot kolmelta vuodelta. Lisäksi mittaamalla opiston eri alakeskuksia saadaan tarkempi kuva sähköenergian jakautumisesta kiinteistössä. Suurin tehon kuluttaja on luultavasti keittiö, jossa on paljon ruoanvalmistus- ja säilytystiloja. Toiseksi suurimpana tehonkuluttajana ovat mahdollisesti IV-koneet ja kolmanneksi valaistus. Sähköntarpeen vähentämisellä on tarkoitus pienentää sähkölaskua, joka on noin 40 000- 50 000 euroa vuodessa.

## 2 SULAKKEET EIVÄT PALA

Sulakkeet kestävät yleensä nimellisvirtaa suurempaa kuormitusta hetkellisesti. Sulakkeen nimellisvirta esimerkiksi 200 A gG kahvasulake kestää 100 sekunnin ajan noin 400 A kuormitusta. Alla olevan kuvan 1 mukaisesti.



KUVIO 1. Kahvasulakkeiden toiminta-ajat (ABB 2013)

Kuvio yhden mukaan 200 A kahvasulake kestää 250 A kuormitusta noin 17 minuuttia. Mittausten mukaan vaihevirta yhdelläkään vaiheella ei ylitä 250 A:a. Sulake ei ole palanut, koska virtaylitukset sulakkeilla ovat lyhyempiä kuin 17 minuuttia.

### 2.1 Kiinteistö sähköjakelu järjestelmä

Reisjärven kristillisen opiston sähköpääkeskus sijaitsee noin 50 metrin päässä rakennuksista. Tästä keskukselta lähtee syöttökaapelit päärakennukseen, kolmelle rivitalolle, saunalle, jätevesipumppaamolle ja hevostallille. Päärakennukseen menee kaksi erillistä syöttöä kahdelle ns. pääkeskuksille. Nämä ovat nousukeskus 1 ja ryhmäkeskus 14. Nousukeskus yhdelle 1:lle tulee katujakokaapin kautta maakaapeleita pitkin kiinteistön syöttö. Tämän katujakokaapin kautta jakautuu kolmelle rivitalolle ja saunalle syöttökaapelit. Päärakennuksesta jakautuu vielä kahdelle rivitalolle ja yhdelle päärakennuksessa kiinni olevalle asuinhuoneistolle syöttökaapelit. Liitteissä 1 on Opiston sähkökeskuskaavio ja liitteessä 4 on asemakaavapiirroksen merkitty keskusten fyysiset sijainnit.

Päärakennusta on rakennettu monilla eri rakennustekniikoilla eri vuosikymmenten aikana. Päärakennukseen kuuluu uusi- ja vanhapuoli. Liitteistä 1 ja 4 käy ilmi, kuinka rakennuksen sähkökeskukset jakautuvat näihin osiin.

## 2.2 Syöttökaapelien tehonkesto

Pääkeskukselta tulee uuden puolen ryhmäkeskus 11:lle AMCMK 3 \* 185 + 57 syöttökaapeli ja vanhalle puolelle AMCMK 3\*120+41, joka vaihtuu katujakokaapissa kahdeksi AMCMK 3\*70+21 ennen NK 1:stä. Muuntajalta pääkeskukselle tulee kaksi AMCMK 3\*185+57. Kaapelit kestävät reilusti nykyisen kuormituksen. Lisäksi muuntajalta pääkeskukselle on matkaa vain 50 m.

## 2.3 Jännitteenalenema

Jännitteenalenema saadaan seuraavasta kaavasta

$$\Delta U = I * l * \sqrt{3} * (R \cos \varphi + \sin \varphi) \quad (1)$$

jossa

$\Delta U$  = jännitteenalenema

$I$  = virta (sulakkeiden koko)

$R$  = kaapelin resistanssi  $\Omega/\text{km}$

$\varphi$  = tehokerroin.

Koska sulakkeiden koko pääkeskuksen lähdoissä ryhmäkeskus 11:lle ja nousukeskus 11:lle on molemmilla 3 \* 160 A, voidaan käyttää virtatietoa jännitteenaleneman laskemisessa. Kaapelin AMCMK 3 \* 185 + 57 resistanssi kirjan D1-2012 sivulla 96 olevan taulukon 41.6. mukaan on 0,207  $\Omega/\text{km}$ . Jännitteenalenema on siis

$$160 \text{ A} * 0,05 \text{ km} * \sqrt{3} * (0,207 \cos 16,26 + \sin 16,26) = 6,633 \text{ V}$$

joka on 2,9 % vaihejännitteestä.

Jännitteenalenema nousukeskus 1:lle syöttökaapelia AMCMK 3\*120+41 pitkin on

$$160 \text{ A} * 0,05 \text{ km} * \sqrt{3} * (0,316 \cos 16,26 + \sin 16,26) = 8,083 \text{ V}$$

joka on 3,5 % vaihejännitteestä. Laskin jännitteen aleneman koko matkalle nousukeskus 1, AMCMK 3\*120+41 kaapelilla, vaikka se vaihtuu katujakokaapissa kahdeksi AMCMK 3\*70+21 kaapeliksi noin 20 m ennen nousukeskus 1:tä. Tällöin varmistuu riittävän pieni jännitteenalenema.

Suurin sallittu johtopituus ryhmäkeskus 11:lle syöttökaapelina AMCMK 3\*185+57 voidaan laskea kirjan D1-2012 sivun 96 kaavan 4.7 mukaan

$$l = \frac{\left( \frac{(c*U)}{(\sqrt{3}*I_k)} - Z_v \right)}{(2*z)} \quad (2)$$

jossa

l = suurin sallittu johdon pituus

c = kerroin 0,95

U = pääjännite (V)

I<sub>k</sub> = oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa

Z<sub>v</sub> = impedanssi ennen suojalaitetta

z = suojattavan johtimen impedanssi (Ω/km).

Saadaan kaapelin impedanssi kirjan D1-2012 sivun 96 taulukon 41.6. mukaan 0,222 Ω/km. Voimme laskea suurimman johtopituuden AMCMK 3 \* 185 + 57 kaapelille, joka on kaavan 2 mukaan 0,190 km eli 190 m.

I<sub>k</sub> = 1740 A, ryhmäkeskus 11

I<sub>k</sub> = 5265 A, pääkeskus

Pääkeskuksen impedanssi ennen suojalaitetta.

$$Z_v = \frac{0,95 * 400 V}{\sqrt{3} * 5265 A} = 0,04167 \Omega$$

Suurin sallittu johtopituus pääkeskukselta ryhmäkeskus 11:lle.

$$l = \frac{\left( \frac{(0,95 * 400 v)}{(\sqrt{3} * 1740)} - 0,04167 \Omega \right)}{\left( 2 * 0,222 \frac{\Omega}{km} \right)} = 190 m$$

Suurin sallittu johtopituus pääkeskukselta nousukeskus 1:lle.



$$l = \frac{\left( \frac{(0,95 * 400 \text{ v})}{(\sqrt{3} * 1740)} - 0,04167 \Omega \right)}{\left( 2 * 0,326 \frac{\Omega}{\text{km}} \right)} = 129 \text{ m}$$

Nousukeskus 1:le ei löytynyt oikosulkuvirtaa, joten käytin samaa oikosulkuvirtaa ryhmäkeskus 11:sta, koska kesukset ovat suurin piirtein saman tehoisia.

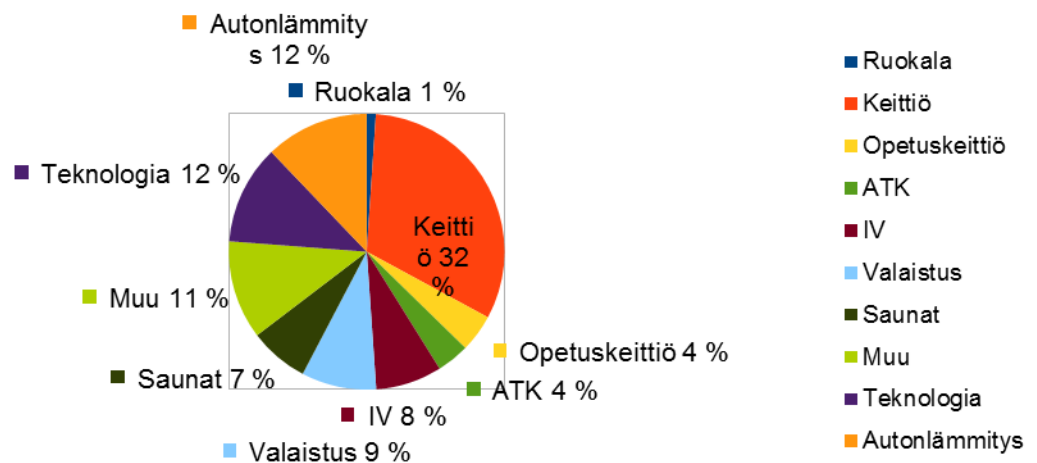
### 3 HUIPPUTEHON RAJOITUS

Kiinteistön huipputeho syntyy tilanteessa, kun kiinteistössä käytetään sähkölaitteita samanaikaisesti talven kylmimpinä aikoina. Kiinteistössä on hakelämmitys, joten sähkölämmityksen osuus on hyvin pieni.

#### 3.1 Huipputehon arviointi

Ensimmäiseksi arvioin kiinteistön huipputehon sähkölaitteiden perusteella. Katsoin huonekohtaisesti kiinteistön läpi ja otin sähkölaitteistojen kilpiarvoista nimellistehot ylös ja muodostin niistä käytön perusteella arvioidun tehokaavion.

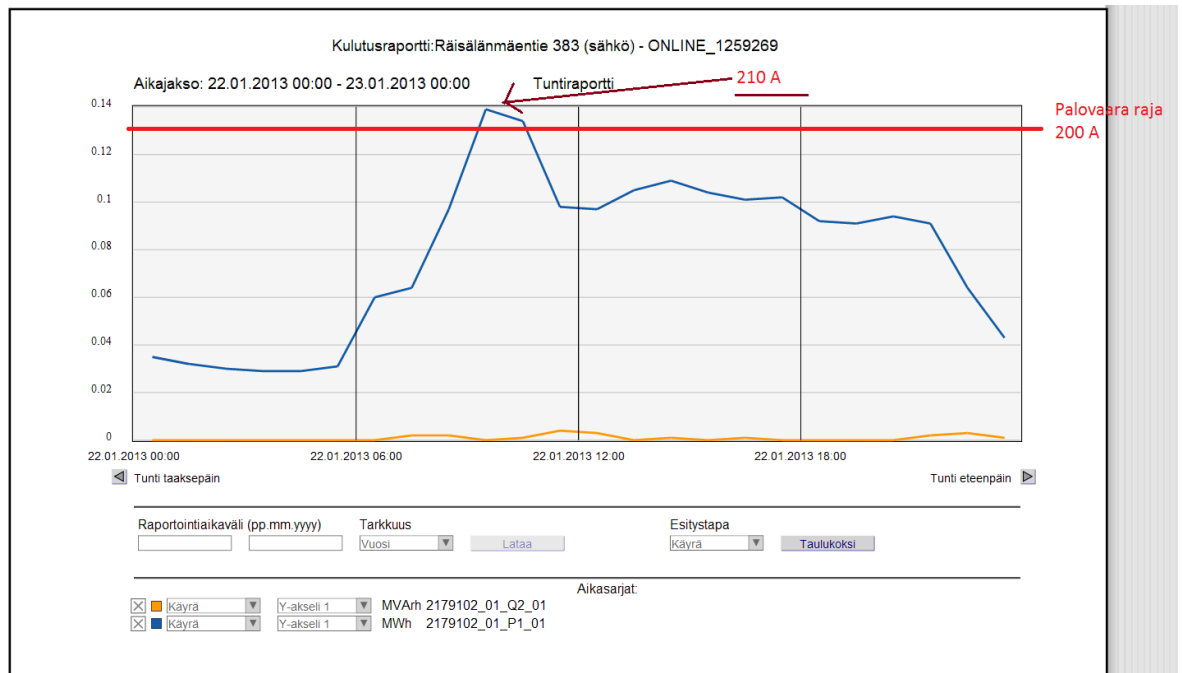
#### Tehonjako



KUVIO 1. Kiinteistön tehonjako.

Kaaviosta näkyy suurimpana tehonkuluttajana keittiö. Keittiössä on paljon tehoa vieviä laitteita ja niillä on suuri käyttöaste. Ilmastoinnin ja valaistuksen osuus on melko pieniä keittiöön verrattuna, mutta niiden osuus suurenee, kun huippukuormitustilanne menee ohi. Ilmastointi on lähes aina käynnissä, joten siihen kannattaa kiinnittää huomiota samoin kuin valaistukseen ja autojen lämmitykseen. Autonlämmityksessä ei ole ollut kellokytkimiä, joten henkilökunta on lämmittänyt autoja koko työpäivän ajan. Autonlämmityspaikkoja on 35 kappaletta ja autonlämmittimen sisätilanlämmittimen kanssa ottaa tehoa noin 2 kW tunnille yhdelle autolle.

Sain kiinteistön kulutuspaikkasähkö tiedot kahdelta vuodelta Vattenfallin online palvelusta. Sieltä löytyi kiinteistön tehonkulutus tunnin tarkkuudella, josta pystyin päättelemään huippukuormituksen ajankohdan. Huippukuormitus syntyi tilanteessa, jossa kiinteistössä keittiö valmisti ruokaa ja opetuskeittiö oli toiminnassa, sekä samaan aikaan metalli- ja puutyötiloissa oli toimintaa. Alla näkyy Vattenfallin online-palvelusta saatu kuvan 2 kaavio huippukuormitus päivästä.



KUVA 2. Sininen käyrä esittää keskimääräistä tehoa tunnille ja keltainen esittää loistehoa. Yksikkönä megawattitunti ja megavaritunti.

Vaihevirratt voidaan laskea kaavasta 1.

$$P = 3 * U_v * I_v * \cos \varphi \quad (3)$$

jossa,

P = Teho (W)

U = Vaihejännite (V)

I = vaihevirta (A)

cos  $\varphi$  = Tehokerroin (0,96)

Ratkaistaan kaavasta 1 vaihevirta.

$$I_v = \frac{P}{3 * U_v * \cos \varphi} \quad (4)$$

Kaavasta 1 saadaan vaihevirraksi tehoa 0,14 MWh käyttäen 211 A. Tehon ylitys on ollut noin tunnin ajan.

### 3.2 Tehonrajoitus

### 3.3 Huipputehonrajoituksen tarkoitus

Huipputehonrajoituksen tarkoitus on estää kiinteistön sähköjärjestelmän ylikuormittuminen ja näin ollen estää palovaara, sekä sulakkeiden palamista. Huipputeho Vattefallin mittaustietojen perusteella on 0,14 terawattia tunnille. Tämä tarkoittaa vaiheelle (Kaava 3) 211, A/h. Koko opiston rakennuksen pääsulake koko on 3 x 200 A.

Kaavan 3 mukaan laskettu huippu vaihevirta.

$$I_v = \frac{140000000 \text{ W}}{3 \cdot 230 \text{ V} \cdot 0,96} = 211 \text{ A}$$

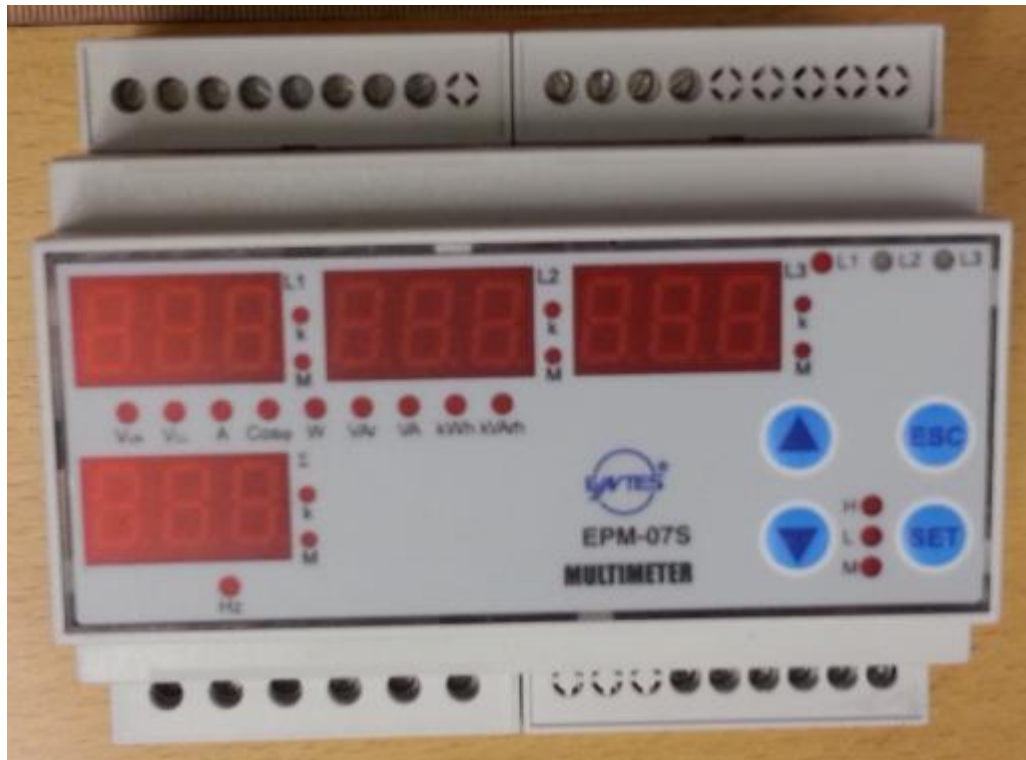
### 3.4 Huipputehonrajoituksen suunnittelu

Huipputehonrajoitukseen tarvitaan reaaliaikainen mittaustieto kuormituksesta. Mittaustiedon saamiseksi tarvittiin mittarit, jotka mittaavat keskuksien syöttökaapeliin vaihejohtimista virtamuuntajilla tarvittavat suureet. Mittarit kannattaa asentaa mahdollisimman lähelle sähköpääkeskusta mieluiten pääkeskuksen syöttöön heti pääkytkimen jälkeen. Tämän mittaustiedon saamiseksi pääkeskuksesta ei kuitenkaan onnistunut televerkkoyhteyden puutteen vuoksi, joten päätettiin rakentaa mittaukset päärakennuksen pääkeskuksiin. Koska päärakennuksessa on kaksi eri pääkeskusta, niin jouduttiin myös rakentamaan kaksi eri mittausta. Tämä tuli kuitenkin halvemmaksi kuin rakentaa yksi mittaus koko opiston pääkeskukseen, koska väyläyhteyden rakentaminen olisi tullut kalliiksi ja mittarin toimintavarmuus olisi heikentynyt pääkeskuksen sijainnin vuoksi. Mittarit antavat kuormitustiedot Fidelixin automaatio-ohjelmaan, joka käsittelee mittaustiedot ja tallentaa ne järjestelmään.

Seuraavaksi tuli päättää mitä kuormituksia rajoitetaan. Ensin tarkasteltiin mitä kuormituksia voi olla olemassa olevalla automaatiolla rajoittaa. Olemassa olevaan automaatioon kuului IV-koneiden ohjaukset, ulkovalaistus, osa autonlämmityksistä ja rännien sulanapito. Nämä luetellut automaatio-ohjaukset oli helppo lisätä huipputehonrajoitusohjelmaan. Kun nämä oli lisätty huipputehonrajoitusohjelmaan, niin kokeiltiin riittääkö tämä sähkökuormien rajoitus, vai joutuuko lisäämään rajoitettavia sähkökuormia. Simuloimalla automaatio-ohjelmalla huomattiin ilmastointien kytkeytyminen täydeltä teholta kokonaan pois käynnistä vähentävän vaihekuormitusta 20 A:lla. Vielä lisäksi seurattiin käytännössä riittääkö olemassa olevat sähkökuormitusten rajoitukset pitämään sähkötehon riittävän pienenä sulakekokoon nähden. Koska kaikkia Opiston sähkökuormituksia ei pystytty järjestämään mittauksen piiriin, niin jouduttiin erillisellä mittarilla mittaamaan puuttuvien sähkökuormitusten summa, joka on 15 A. Automaatio-ohjelma alkaa rajoittaa sähkökuormituksia, kun suurin vaihevirta ylittää 185 A.

Kun seurattiin käytännössä huipputehonrajoituksen riittävyttä, niin huomattiin, ettei se vielä riitä rajoittamaan liian suurta kuormitusta. Seuraavaksi tutkittiin mitä sähkökuormia saisi helposti ja kustannustehokkaasti lisättyä automaatorajoitusohjelmaan. Huomattiin saunojen lisäyksen rajoituksen

piiriin olevan helppoa. Tämän lisäksi keittiön arinauunin ja opetuskeittiön liedet sekä pistorasiat pystyi pienellä vaivalla ottamaan mukaan automaatorajoitusohjelmaan.



KUVA 3. Virtamittari.



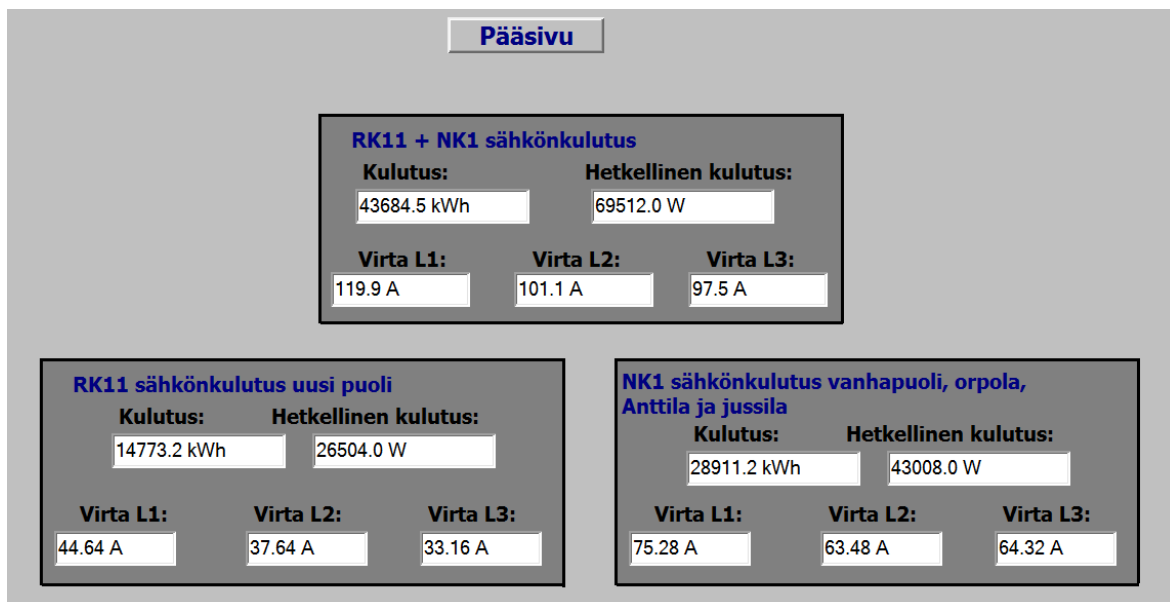
KUVA 4. Virtamuuntaja.

### 3.5 Huipputehonrajoituksen toteutus

Huipputehon rajoitukseen käytettiin hyväksi olemassa olevaa Fidelixin automaatiota. Tämä automaatio ohjaa kiinteistön ilmastointikoneita, ulkovalaistusta, lämmitystä sekä murto ja palohälytys järjestelmiä. Automaatioon lisättiin aiemmin mainittu tehonrajoitusohjelma.

Tehonrajoitusmittaus asennettiin NK 1 ja RK 11:seen, koska pääkeskukselle ei ollut mitään toimivaa televerkkoyhteyttä. NK1 ja RK 11 sijaitsevat rakennuksen sisällä, joten niihin oli helpompi rakentaa automaatiöväylä ja niiden käyttövarmuus paranee, kun mittarit ovat lämpimässä ja kuivassa tilassa. Tehon rajoitukseen lisättiin ohjelmallisesti kolmen rivitalon tehon, jätevesipumppaamon ja hevostal-

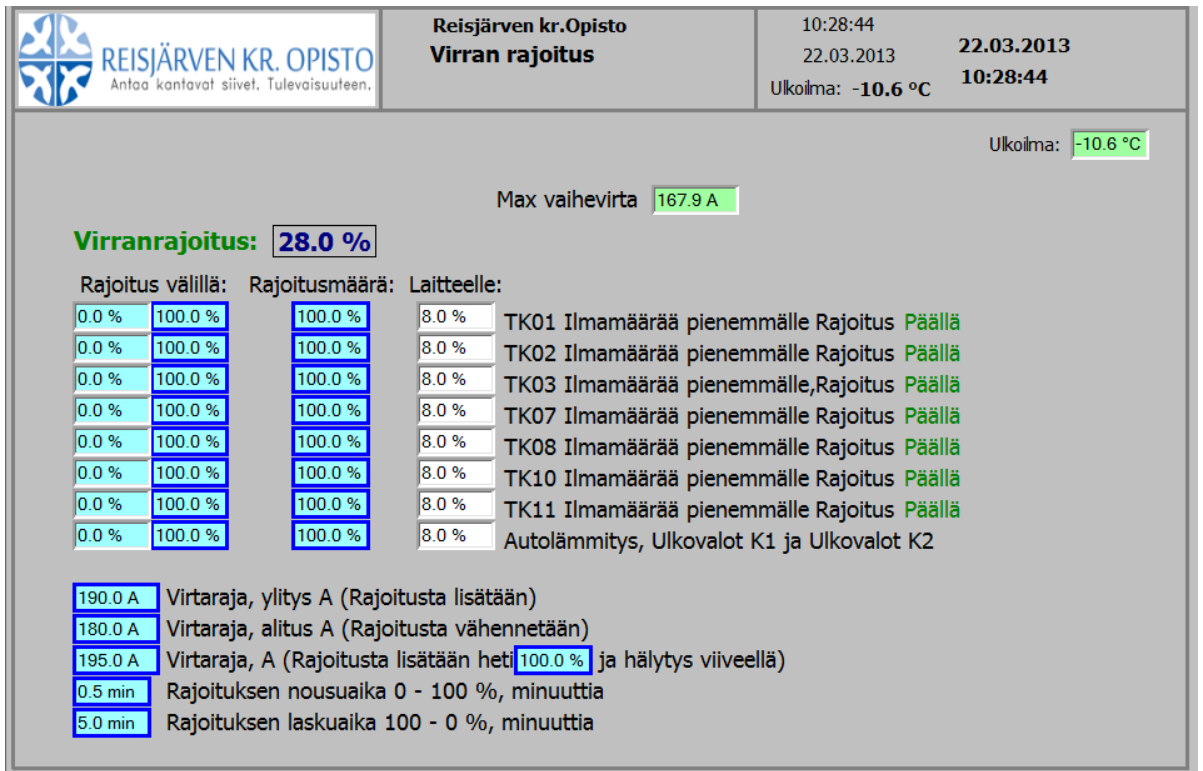
lin kulutus, jotta tehon rajoitus olisi todenmukaisempi. Nämä kolme rivitaloa, hevostalli ja jätevesipumppaamo eivät siis kuulu mittauksen piiriin, koska ne saavat syöttönsä ennen päärakennuksen keskuksia RK 11 ja NK 1. Huipputehon rajoitus tapahtuu Fidelixin automaatiolla, jolla huipputehon aikana kytkeytyy pois autonlämmitys, rännien sulanapito, saunat, pihavalistus, IV-koneet, opetuskeittiön sähkölaitteet ja keittiöltä iso tehoinen arinauuni. Huipputehonrajoituksen alkaessa tulee automaatiojärjestelmän kautta tekstiviesti päivystävän kiinteistöhoitajan puhelimeen.



KUVA 5. Automaatio-ohjelmasta saadut sähkön kulutustiedot.

Automaatio-ohjelmasta saadaan sähkön hetkelliskulutuksen tiedot ja saman ohjelman avulla voidaan rajoittaa sähkötehoa kiinteistössä, sekä seurata aiempia kulutustietoja, kuten esimerkiksi vaihevirtoja kiinteistössä.

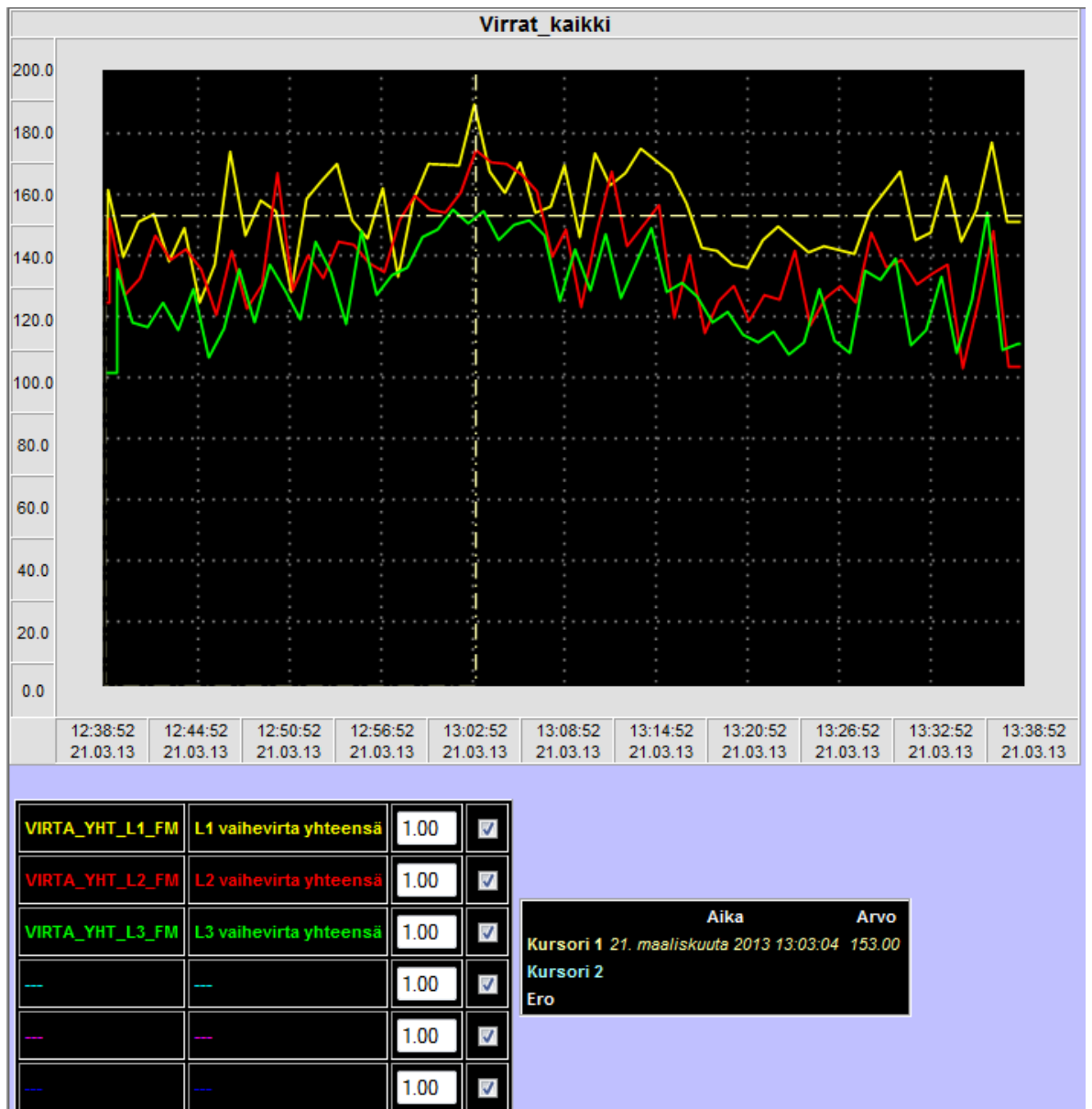
Huipputehon rajoitusohjelma tarkkailee suurinta vaihevirtaa ja alkaa rajoittaa aiemmin mainittuja sähkökäyttöjä, kun suurin vaihevirta ylittää 190 A (näennäisvirta). Tämä 190 A on rajana koska mittauksen piiriin ei ole saatu kaikkia sähkölaitteistoja. Arvioimalla ja mittaamalla saatiin 15 A (pätövirta) muille sähkön syötöille. Taajuusmuuttajakäyttöjä, esimerkiksi ilmanvaihtokoneita, voidaan rajoittaa portaattomasti. Autonlämmitykset, saunat, rännien sulanapito, opetuskeittiön sähkölaitteet, ulkovalistus ja keittiön arinauuni kytetään pois päältä kokonaan tehonrajoituksen aikana. Kuva 4 on huipputehonrajoitus automaatio-ohjelmasta.



KUVA 6. Huipputehonrajoitus

Kuvan 4 tilanteesta puuttuvat vielä keittiön arinauuni, opetuskeittiön sähkölaitteet ja saunojen kiu-  
kaat. Samassa kuvassa on huipputehon rajoitus päättymässä eli suurin vaihevirta on laskenut alle  
185 A:n.

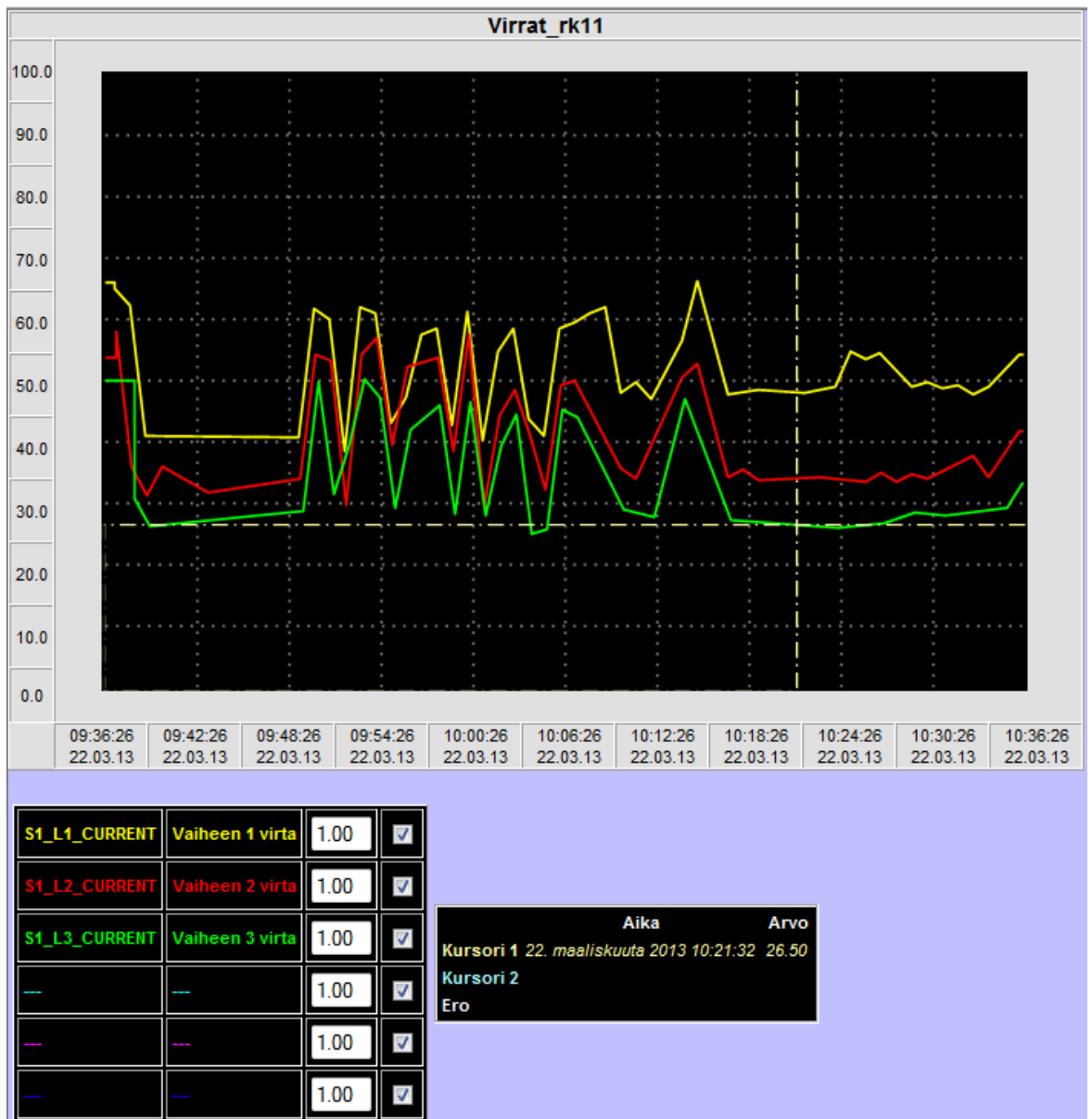
Koska huipputehorajoitusohjelma seuraa suurinta vaihevirtaa riittävästi, kun yksi vaiheista ylittää 190 A  
virtarajan. Katsottiin automaatio-ohjelman historiatiedoista vaihekuormitukset ja totesin vaiheiden  
kuormittuvan epätasaisesti. Epätasainen kuormitus vaiheiden välillä riippuu eri ajanjaksoista. Kui-  
tenkin suurimmat kuormituserot löytyivät ensimmäisen ja kolmannen vaiheen väliltä. Vaihevirtaerot  
ensimmäisen ja toisen vaiheen välillä oli 30- 100 A.



KUVA 7. Päärakennuksen ja asuinrakennuksien vaihevirrat

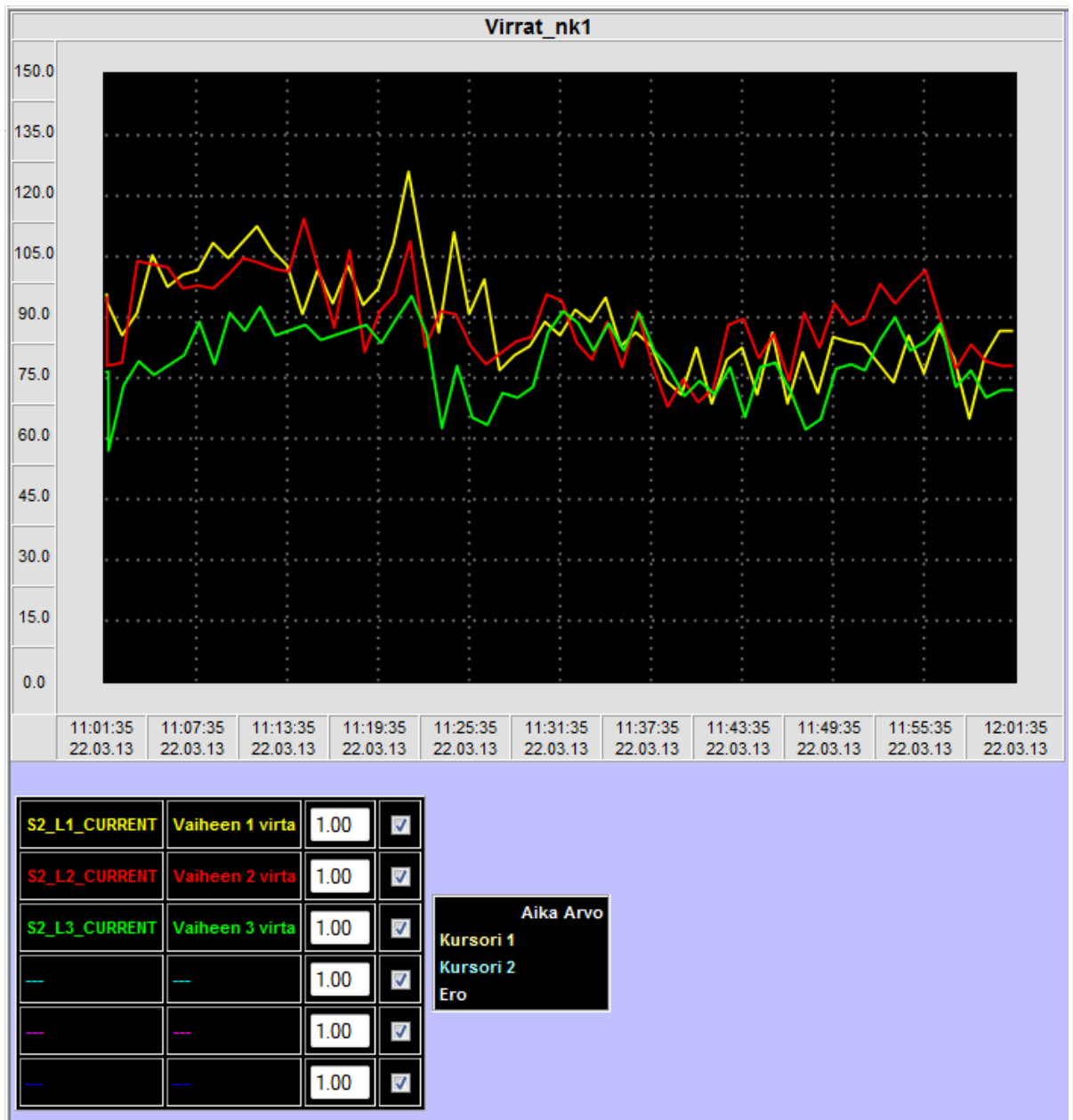
Vaihekuormituksia tasoitettiin ryhmittelemällä yksivaihekuormituksia. Toinen tapa on muuttaa ryhmäkeskusten vaihejärjestyksiä. Ensin täytyy mitata kuormitukset ryhmäkeskuksista, jotta löytää eniten kuormittuneet vaiheet. Yleensä ensimmäinen vaihe kuormittuu eniten. Jos vaihejärjestystä muuttaa keskuksessa tulee varmistua, ettei ryhmäkeskuksella ole 3- vaihekojeita tai laitteita. Suositeltavaa on lisätä kyltti poikkeavasta vaihejärjestyksestä.





KUVA 8. Nousukeskus 11 vaihevirrät

Hallintotilojen vaiheiden välinen vinokuormitus ensimmäisen ja kolmannen vaiheen välillä on noin 30 A. Hallintotiloissa pystyy ryhmittelemään esimerkiksi tietokoneet ensimmäiseltä vaiheelta toiselle ja kolmannelle vaiheelle. Hallintotiloissa on noin 30- 40 tietokonetta. 10 A vaihevirtatasoitus tasoittaa yhteensä vaiheiden välistä virtakuormitusta 20 A.



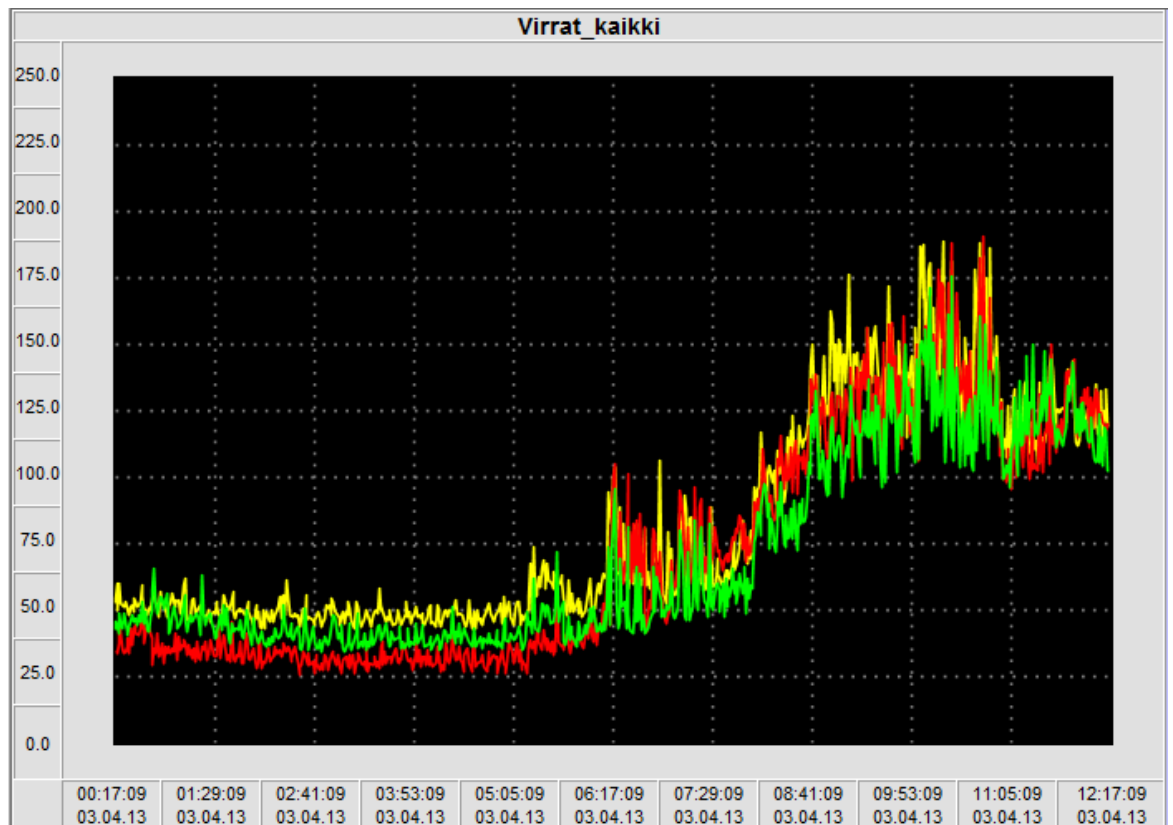
KUVA 9. Nousukeskus 11 vaihevirrät

Nousukeskus 11:llä vinokuormitus ensimmäisen ja kolmannen vaiheen välillä on noin 30 - 60 A. Tätä vinokuormitusta tasoitetaan asuntoloiden vaihejärjestystä muuttamalla. Samoin ruokalan ruoantarjoilupöytien vaihejärjestystä muutetaan. Asuntoloissa ensimmäinen ja toinen vaihe kuormittuvat ensin, joten ensimmäinen ja kolmas vaihe vaihdetaan keskenään. Tämä vaihejärjestyksen muutos voidaan tehdä, koska asuntoloissa ei ole 3-vaiheisia sähkökäyttöjä.

### 3.6 Hetkelliset virtapiikit

Reaaliaikaisen tehon mittauksen ansiosta automaatio-ohjelmalla pystyy seuraamaan vaihekuormituksia. Ohjelma tallentaa historiatietoihin usean viikon ajalta hetkelliskuormitukset. Tällä mittaustiedolla pystyy seuraamaan helposti hetkellisiä virtapiikkejä järjestelmässä, jotka aiheuttavat tehonrajoituksen kytkeytymisen. Kuvassa 10 virta on käynyt noin 190 A, vaikka tehon rajoitus on käynnissä.

Tässä kuvan tilanteessa tehonrajoitukseen ei vielä ole kytketty opetuskeittiön sähkölaitteita ja keittiön arinaunia. Tämä virtapiikki on suurin koko mittaus historian ajalta.



KUVA 10. Päärakennuksen virtapiikit

### 3.7 Lukujärjestys

Opiston lukujärjestyksen suunnittelussa olisi hyvä ottaa huomioon mahdolliset sähkötehon ylitykset. Nykyisen lukujärjestyksen mukainen toiminta aiheuttaa suuria tehopiikkejä, koska suuritehoisia laitteita käytetään yhtäaikaista. Keittiön toiminta rajoittaa eniten lukujärjestyksen suunnittelua. Tehopiikit osuvat kello 10:00 – 11:30 ja 15:00 – 17:00. Tällöin keittiö tekee lounaan ja päivällisen. Samanaikaisesti opetuskeittiöllä käytetään uunia ja liesiä sekä teknologiatilissa suuritehoisia koneita ja laitteita. Saunoja tulisi käyttää kello 18:00 jälkeen.

## 4 SÄHKÖENERGIAN SÄÄSTÄMINEN

Sähköenergian säästämällä on tarkoitus vähentää Reisjärven kristillisen opiston sähkölaskua. Tarkoituksena oli löytää ylimääräisiä sähköenergian kuluttajia (koneita, laitteita ja toimintatapoja) ja ehdottaa vähemmän sähköä kuluttavia ratkaisuja. Ratkaisuissa tuli ottaa huomioon investointien neljän vuoden takaisinmaksuajat.

### 4.1 Keittiö

Mittauksissa huomattiin keittiön koneiden vievän noin puolet tai jopa enemmän rakennuksen kokonaissähköenergiasta. Keittiön ruoanlaittokoneisiin tarkemmin tutustuttaessa huomattiin niiden olevan vanhoja. Kaikki ruoanlaittokoneet eivät sovellu käyttötarkoitukseen.

Esimerkkinä kolmen paistotilan arinauuni, joka kuluttaa 26 kW:n sähkötehon. Henkilökunnan mukaan uunia käytetään lähes päivittäin. Samalla selvisi, että kolmas paistotila uunissa on tarpeeton. Kun mitattiin uunin paistotila, selvisi että uunissa voidaan käyttää isompia peltejä. Vaihdettaessa käyttötarkoitukseen sopivampi uuni, vähenisi sähkötehon tarve 12 kW tunnille. Samalla keittiön tilan jäähdystystarve vähenisi huomattavasti.

Seuraavaksi kiinnitettiin huomio lieteen, jonka lämmitysteho oli 12 kW. Tämän tilalle voisi hankkia induktiolieden. Tällöin lämmitysteho ei pienene, mutta lämmitysaika ja ympäristön lämpeneminen vähenevät merkittävästi. Näin ollen sähköenergiaa säästyy.

#### **metos** base-line 5000 dual

##### INDUKTIOLIESI AMMATTIKÄYTTÖÖN

- kapasiteetti 2kpl 300x300 keittolevyä
- teho 5000W per keittolevy
- tehonsäätö portaaton tehoalue 0-12
- astian tunnistus min 12cm
- keittotason koko 320x580mm
- käyttöopas
- käyttämätön

mitat 380x700x160mm. sähkö 3N400V-16A 10KW



KUVA 11. Induktioliesi ammattikäyttöön (RST-kone 2013.)

Keittiössä on myös kaksi yhdistelmäuunia. Ainakin toinen uuneista kannattasi vaihtaa uudempaan ja pienitehoisempaan yhdistelmäuuniin. Koska keittiön koneiden korjaushinta viime vuonna oli yhteensä 10 000 € ja suurin osa korjauskustannuksista on mennyt näihin kahteen yhdistelmäuuniin, on järkevää viimeistään nyt uusia edes toinen koneista, mieluummin molemmat. Nykyiset käytössä olevat yhdistelmäuunit takuuhuollettuna maksavat vain 2 000 € eli nykyisten uunien jäännösarvo on mitätön. Pienempään uuniin vaihdettaessa saadaan tunnille sähköenergian säästöä 8 kW paiston aikana.

**metos** Rational combi master 6

#### YHDISTELMÄUUNI AMMATTIKÄYTTÖÖN

- kapasiteetti 6x 1/1GN
- ajastinkäynnistys 24tuntia/vrk
- paistomittari
- pesuohjelma pesutabletein
- uusi takuu 12kk
- käyttöopas
- jalustalla tai ilman

mitat 850x770x760 sähkö 3N400V16A

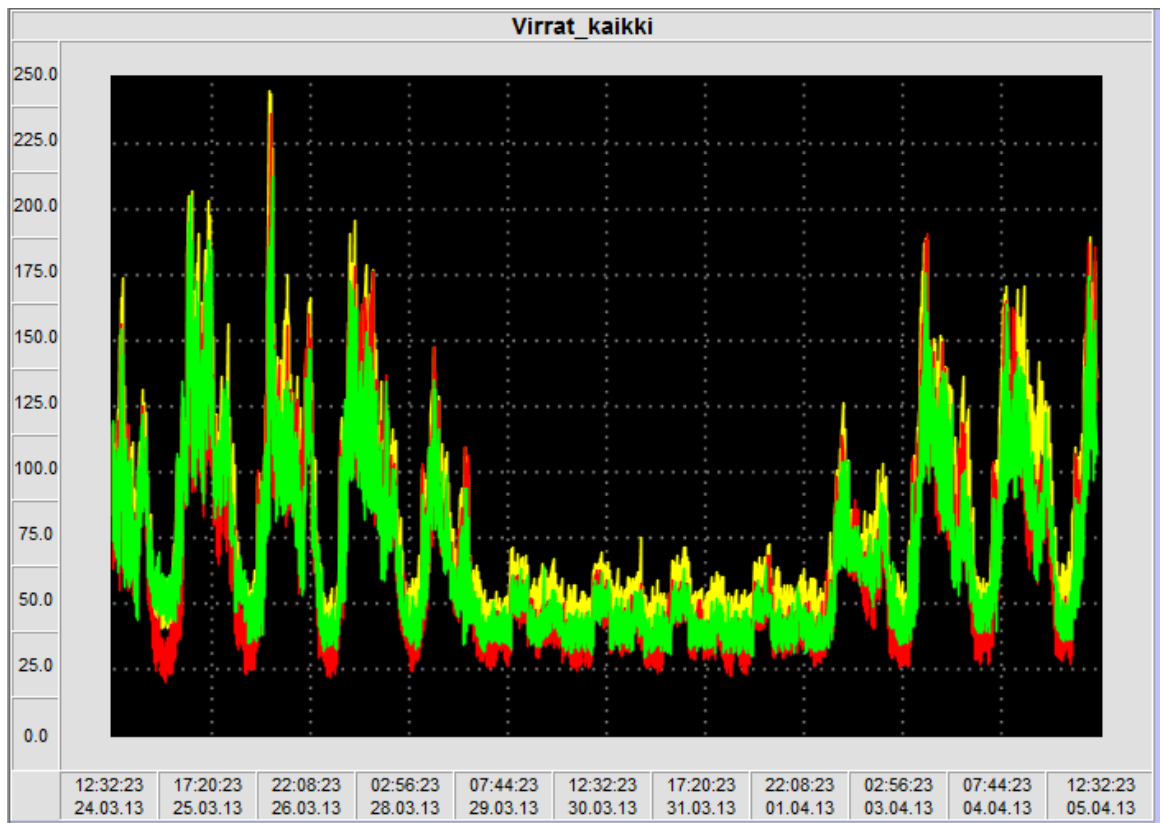
4690€ uusi takuu 12kk johde jalusta 425€ heti toimituksessa



KUVA 12. Yhdistelmäuuni (METOS 2013.)

Keittiössä on myös kaksi kippipataa, jotka voisi laittaa vuorotteluun, jotta saataisiin 13 - 16 kW tehosäästö. Vaihteluväli riippuu siitä, kumpi kippipata on sähköttömänä.

Annettiin keittiön suurtalousesimiehelle Motivan energiasäästövinkeistä, jotka löytyvät Motivan verkkosivuilta. Energiatohokkaiden ruoanvalmistustoimintatavoilla on suuri merkitys sähkön kulutuksessa. Kuvassa 13 virtapiikit ovat pienempiä 27.02.2013 lähtien, johtuen keittiön työntekijöiden noudattamista energiasäästövinkeistä ruoan valmistuksessa. Nämä virtapiikkien alenemat voidaan varmuudella todeta keittiön henkilökunnan aikaan saannokseksi, koska muiden tilojen käyttö on ollut lukujärjestyksen mukaisesti samanlaista kuten aiemminkin. Kuvassa 13 on alkanut loma 29.3.2013 päättyen 2.4.2013.



KUVA 13. Virtapiikit tasoittuvat keittiön Energiatehokkaan toiminnan vuoksi

#### 4.2 Ruokasali

Ruokasalin kylmätarjoiluunlaisiin lauhdeilmakaappien ovien yläreunoihin kannattaisi porata reiät, jotta lämmin ilma pääsisi virtaamaan pois. Näin jäähdytystehontarve pienenee.

Pakastimet ja kylmiöt on sijoitettu sinne tänne. Kylmiöitä/pakastimia on keittiön leipomossa, jossa on iso arinauuni, joka lämmittää huoneilmaa paljon ja aiheuttaa samalla arvoilta kaksinkertaisen sähköenergian tarpeen kylmälaitteiden lämmön siirrosta johtuen. Kylmälaitteita on myös sijoitettuna lämmityspatterien eteen eikä näiden termostaatit toimi oikein, joten lämmityspatterit lämmittävät täydellä teholla kylmiön lauhdutinpiiriä. Pakastimet näyttävät olevan aina vajaatäytöllä kellarissa. Keittiön toimiston voisi siirtää jonnekin parempaan paikkaan vaikkapa yläkertaan. Nykyisen keittiön toimiston tilalle saataisi kylmäsäilytystilaa ja IV- konekin olisi lähellä. Kylmä koneiden lauhdelämpöä voisi käyttää hyödyksi ilmanvaihdon tuloilman lämmitykseen. Tämä vähentäisi samalla keittiön ilman lämpenemistä. Keittoruoille voisi ostaa termosastiat, jotta turha ruoan lämpimänä pito vähenisi.

#### 4.3 Autonlämmitys

Autonlämmitykset voisivat toimia lämmitysaikana seuraavasti. Pakkasesta riippuen 15 min jaksoissa lämmitys olisi päällä ja 15 min pois päältä. Tämä voisi toteuttaa eri vaiheilla porrastetusti. Lisäämällä kaikki lämmityspaikat automaation ohjaukseen, niin sähköenergiensäästö olisi huomattavasti suurempi. Automaatio-ohjattuja autonlämmityspaikkoja on tällä hetkellä toimisto- ja teknologiatilojen

seinissä noin 20 kpl. Lisäksi saataisiin kaikki autonlämmityspaikat käyttöön myös huipputehonrajoituksessa. Autonlämmityspaikkoja on 35 kpl yhteensä.

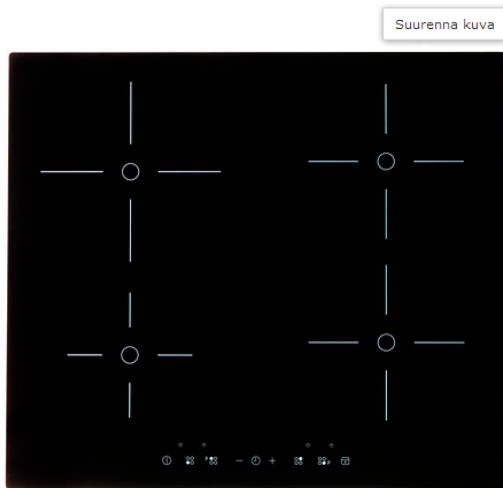
#### 4.4 Opetuskeittiö

Opetuskeittiön uuneista osa on huonokuntoisia ao. kuva 8 tilanteesta. Uunin luukun tiivistys/saranat ovat rikkoutuneet. Tämän takia osa uunin lämmitysilmasta pääsee huoneilmaan ja uuni jäähtyy. Näin uuni joutuu ottamaan suuremman sähköenergiamäärän pitääkseen paistotilan lämmön riittävänä. Tähän tilalle ehdotan induktioliedellistä uunia. Induktioliedet ovat kalliimpia kuin tavalliset valurauta liedet, mutta induktioliesien nopeus on huomattavasti tehokkaampaa ja lieden pinnat eivät lämpene ollenkaan toisin kuin valurauta liesissä. Näitä huonokuntoisia uuneja on yhteensä neljä kappaletta.



KUVA 14. Opetuskeittiön uuni.

Korvaava keittoliesi ja uuni voisi olla ao. kuvien mukaiset.



## FOLKLIG

Induktiokiittotaso, tehostin, musta

**299,- / kpl**

Artikkelinumero: 402.228.29

5 vuoden takuu. Lisätietoja ja takuehdot takuuvihkosessa. Hipaisukytkinten ansiosta oikeiden asetusten valinta onnistuu yhdellä kosketuksella. [Lisätietoja](#)

1

Osta netistä

Lisää ostoslistalle

### Täydentäviä tuotteita



[Näytä kaikki täydentävät tuotteet](#)

### Tarkasta saatavuus ja hyllypaikka

Valitse

Tavaratalojen mallisto ja hinnat saattavat poiketa nettisivujen tiedoista.

[Kokoamisohjeet & ohjeet](#)

...

KUVA 15 (IKEA 2013).



## REALISTISK

Kiertoilmauuni, ruostumaton teräs

**299,- / kpl**

Artikkelinumero: 802.451.50

5 vuoden takuu. Lisätietoja ja takuehdot takuuvihkosessa. Kiertoilmauunissa esilämmitetty ilma jakautuu tasaisesti koko uuniin ja eri ruokia voi valmistaa samanaikaisesti eri tasoilla ilman, että maku tarttuu. [Lisätietoja](#)

1

Osta netistä

Lisää ostoslistalle

### Tarkasta saatavuus ja hyllypaikka

Valitse

Tavaratalojen mallisto ja hinnat saattavat poiketa nettisivujen tiedoista.

[Kokoamisohjeet & ohjeet](#)

[Lataukset](#)

KUVA 16 (IKEA 2013).

## 4.5 Pyykkitupa

Pyykinpesun voisi muuttaa kuten kerrostaloyhtiöissä. Eli yhteinen pesutupa ja koko solun asukkaat pesevät täyden koneellisen aina kerrallaan. Tähän tulee tehdä selkeä pyykkivuoro lista, jotta ei tulisi sekaannuksia. Yksi vaihtoehto voisi olla solukohtainen korttia/avaimenperä, jolla voi vain yhden- tai kaksi kertaa viikossa päästä pyykkämään omalla vuorolla.

Tällaiseksi pesutilaksi sopisi rantasauna (LIITE 5), joka on nyt koirankoppina. Saunatiloihin pitää tehdä joitakin muutoksia, jotta tämä onnistuu. Pyykinpuvaukseen ja ilmanvaihtoon kannattaa laittaa kosteutta poistava ilmastointikone, joka lämmittää huone ilmaa vesipatterilla. Pyykinpesukone pitää olla sellainen, joka ottaa lämpimänveden lämminvesiliitännästä (merkittävä säästö nykyiseen). Tällä hetkellä oppilailta on käytössään yhteensä 18 pyykkikonetta. Karkeasti arvioiden yksi pyykkikone ot-



taa 2 - 3 kW:n huipputehon. Pyykkikone valmistajat ilmoittavat myös keskimääräisen pesunaikaisen sähkötehontarpeen. Näissä nykyisissä pyykkikoneissa se on 1 kW pesuohjelman ajan.

Sähköenergiänsäästöä tulisi pyykkikoneen tehokkaalla käytöllä. Nykyisin aika usein oppilaat pesevät vajaatäytöllä pyykinä. Pesukoneet, joissa on ainoastaan kylmävesiliitäntä, joutuvat lämmittämään vettä sähköllä. Tämä ei ole järkevää näin suurella pyykkikonemäärällä, koska kiinteistöjä lämmitetään hakkeella, jota kannattaa hyödyntää. Hakelämmitys maksaa 0,06 €/kWh ja sähkö maksaa 0,12 €/kWh. Alla on luetellaan vaihtoehtoja nykyisten pyykinpesukoneiden tilalle:

- Esteri 13 R, 14,5 kg täyttömäärä 5300 € alv. 0 Teho 12 kW
- Esteri 18 R, 18,5 kg täyttömäärä 5643 € alv. 0 Teho 19,5 kW
- Esteri 22 R, 22,5 kg täyttömäärä 6985 € alv. 0 Teho 19,5 kW.

Näissä koneissa tehon käyttö on alle 1 kW, jos koneille tuodaan lämminvesi. Teho 19 kW ja 12 kW on lähinnä vedenlämmitysteho, kun pyykkikone joutuu lämmittämään sen.

TEHOLINKOAVA PESUKONE ESTERI 13 R



KUVA 17. Pyykkikone (RST-kone 2013).

Kuivaushuoneeseen kannattaa lisätä ilmankuivain. Pyykin kuivaus 5-15 m<sup>2</sup> kokoisessa huoneessa kestää korkeintaan 3 h. Tähän sopiva ilmankuivain on ESTERI SyncroDry HC, Teho 2,6/4,3 kW hinta 3000 € alv. 0



KUVA 18. Ilmankuivain (RST-kone 2013.)

Saunatupaa joutuu hieman muokkaamaan, jotta kuivaushuoneen kuivausnarut saadaan tehokkaasti asennettua (katso lähemmin liite 5). Saunarakennuksesta oli saatavilla vain sähköpiirros, mutta asia selviää siitäkin.

#### 4.6 Valaistus

Kiinteistössä on 150 cm mittaisia 58 W tehoisia loisteputkia 351 kappaletta. Kukin putki kuluttaa lisäksi kuristimessa 15 - 18 W tehon, yhden putken kokonaisteho on 73 W. Näiden tilalle suosittelen Led-putkea, joka tuottaa saman määrän valoa ja toimii 24 - 28 W teholla (+ kuristin 2 - 3 W). Nykyisin tehontarve on  $351 \times 73 \text{ W} = 25,7 \text{ kW}$ , jos kaikki valaisimet ovat käynnissä yhtä aikaa. Uusilla Led-putkilla valaistus kuluttaisi  $351 \text{ kpl} \times 30 \text{ W} = 10,5 \text{ kW}$ , jos kaikki valaisimet ovat yhtä aikaa käynnissä.

Kiinteistössä on 120 cm mittaisia 36 W tehoisia loisteputkia 114 kappaletta. Kukin putki ottaa lisäksi kuristimesta 12 - 15 W tehon, yhden putken kokonaisteho on 48 W. Näiden tilalle suosittelen Led-putkea, joka tuottaa saman määrän valoa ja toimii 20 W:n teholla (+ kuristin 2 W). Nykyisten valaisinten kulutus on  $114 \times 48 \text{ W} = 5,5 \text{ kW}$ , jos kaikki vaihdetaan Led-putkiin niin kulutus on  $114 \times 22 \text{ W} = 2,5 \text{ kW}$ .

Led-putkien hinnat ovat:

- GTLED 120 cm 20 W 4000K, kirkas, hinta 35,00€/putki -10 %
- GTLED 150 cm 28 W 4000K, kirkas, hinta 38,00€/putki -10 %.

Kun tilaa yli 100 kpl erän saa 10 % alennuksen. Takaisinmaksuaika on noin 3 - 4 vuoden välillä 120 cm putkilla ja vielä nopeampaa 150 cm noin putkilla 2-3 vuoden välillä. Liitteessä 2 on esitetty sähkönsäästö arvio. Tässä on huomioitu vaihtokustannuksetkin. Led-putkien takuu-aika on neljä vuotta. Käytännössä Led-putken käyttöikä on 50 000 h eli noin 5 vuotta, jos valaisinta poltetaan jatkuvasti. Valotehon alenema on 50 000 tunnin jälkeen 30 %. Normaali loisteputkien käyttöikä on 10 000 h riippuen sytytyskertojen mukaan (valotehon alenema 30 %). Opiston valojen käytön arvioitiin olevan 3 346 tuntia vuodessa. Tämä arvio perustuu kiinteistön aamu-, päivä- ja iltaikäyttöön. Arvioitiin 10 tuntia päivässä valojen käyttöä 11 kuukauden ajan vuodessa. Tavallisella koululla on vain päiväkäyttöä, johon voidaan laskea valonkäyttö 1700 tuntia vuodessa. Koska opiston kiinteistöt ovat hyvin aktiivisessa käytössä, tunti-arvio on huomattavasti suurempi kuin kouluilla, joissa on vain päiväsaikaan toimintaa.

Vanhoissa magneettikuristinloisteputkirungoissa on kompensointikuristin ja -kondensaattori. Tämä kompensointikondensaattori täytyy irrottaa valaisinvirtapiiristä, kun led-putket asennetaan loisteputkien tilalle, koska led-putki on itsessään kapasitiivista kuormaa. Jos kondensaattoria ei irroteta valaisimen virtapiiristä, valaisin sähkökuormana ylikompensoituu. Lisäksi mittauksien mukaan led-putkella magneettikuristimen kanssa on parempi tehokerroin kuin vanhalla loisteputki-magneettikuristinkondensaattorivalaisimella. Kokeiltiin käytännössä led-putkien valovoimakkuutta luokahuoneissa ja todettiin valovoimakkuuden hieman kasvavan. Laitettiin ensin uusi loisteputki ja tämän jälkeen uusi led-putki valaisimeen ja mitattiin valaisimen alta noin 80 cm korkeudelta, sekä noin 30 - 50 astetta valaisimesta kohtisuoraan alaspäin valaistusalueen vierestä valovoimakkuus. Liitteessä 3 on valaistussuosituksia luokahuoneisiin. Kokeiltiin myös Finlight greentube-valaisinputkea valaistukseen, koska toimittaja lupasi noin 40 % sähkötehonsäästöä näille putkille verrattuna nykyisiin loisteputkiin. Tehosäästö oli sen verran kuin toimittaja lupasi, mutta valaistusvoimakkuus väheni samassa suhteessa tehonsäästöä kanssa.

TAULUKKO 1. Loiste- ja Led-putken mittaustuloksia

Loiste	120 cm	36 W	
U/V	W	I/A	Tehokerroin
230	42	0,42	0,734

LED	120 cm	23 W	Tehokerroin
U/V	W	I/A	
230	24,05	0,108	0,981

Mittauksissa ei käytetty kompensointikondensaattoria

Loisteputken tehokerroin on huono kompensointikondensaattorin puutteen vuoksi. Mitattiin loiste- ja Led-putkien valaistusvoimakkuudet luokahuoneessa. Putket olivat 120 cm mittaisia ja valaisimet sijaitsi noin 3 m korkeudella katossa. Mittauspiste sijaitsi suoraan valaisimen alla lattiasta 80 cm korkeudessa. Loisteputkien valaistusvoimakkuus oli 240 luxia ja led-putkin 314 luxia. Valovoimakkuus nousee hieman Led-putkella.

Liiketunnistimilla voi säästää jopa 80 % valaistusenergiasta. Tunnistimia ei kannata käyttää nykyisissä magneettikuristinloisteputkivalaisimissa, koska jo viidellä käynnistyskerralla sähköenergiaa kuluu yhtä paljon kuin antaisi niiden palaa koko päivän. Led-putkivalaisimissa liiketunnistinratkaisua kannattaa hyödyntää. Ledit syttyvät heti, eivätkä ne ota käynnistysvirtaa kuten loisteputkivalaisimet.

#### 4.7 Ilmanvaihto

Ilmastointeihin voisi jokaiseen luokahuoneeseen menevään ilmanvaihto putkeen lisätä kanavapel-tisäätimet, jotta saadaan ohjattua vain tarvittava määrä ilmaa kyseiseen huoneeseen. Henkilömäärä ja luokahuone pitäisi merkitä esimerkiksi lukujärjestykseen, josta automaatio-ohjelma kävisi hake-massa tarvitsemansa ohjaustiedot IV-koneille. Näin välttäisiin turhalta ilmanvaihdolta ja jatkuvalta ilmanvaihdon säätämiseltä. Jos kanavapeltejä ei lisätä, nykyinen järjestely voi lisätä ilmanvaihtotar-vetta, koska automaatio-ohjelma säätäisi ilmamäärän sen luokan mukaan, jossa on suurin henkilö-määrä. Toinen vaihtoehto on lisätä luokahuoneisiin hiilidioksidianturit, jotta saataisiin tarvittava il-manvaihto kyseiseen luokahuoneeseen. Tämän voisi toteuttaa langattomilla antureilla, jotta vältyt-täisiin vaikealta kaapeloinnilta. IV-koneiden tarkalla säädöllä voidaan vähentää hukkalämmön mää-rää ja turhaa sähkönkulutusta.

##### 4.7.1 Hyvä sisäilma

Koululuokassa on hyvä sisäilma, kun lämpötila on talvella 20 - 22 °C (kesällä alle 27 °C), hiilidioksi-dipitoisuus on alle 900 ppm (enimmäismäärä 1 650 ppm), lämmitys- ja ilmastointilaitteiden aiheut-tama ääni- ja ulkopuolinen melu alle 35 dB, tällöin ilma on puhdasta ja raikasta sekä tila on hajuton ja vedoton (Helsingin kaupunki 2005). Luokkatilojen ilmapuhtaus ohjeavoksi on esitetty 6 dm<sup>3</sup> /s hlö (Sisäilmaluokitus 2000).

KUVA 19. Taulukko hyvästä sisäilmaluokituksesta koulun luokahuoneessa (HELSINGIN KAUPUMKI 2013.)

	RakMK, osa D2 (YM)	Sisäilmaohje (STM)		Sisäilmaston, rakennustöiden ja pintamateriaalien luokitus (SIY, RAKLI, SAFA, SKOL)		
		Välttävä	Tyydyttävä	S1	S2	S3
Hiilidioksidipitoisuus, ppm	1500	1500	1500	1000	1250	1500
Ilman lämpötila talvella, °C	20 – 22	20	21	21 – 22	22 - 23	20 - 24
Veto talvella, m/s	0,18	0,20	0,18	0,1	0,15	0,15
Äänitaso, dB(A)	35		35	30	35	35

#### 4.8 Asuntoloiden ilmanvaihto

Asuntoloiden IV-koneet tulisi lisätä automaation piiriin. Tällä hetkellä kutakin IV-konetta ohjataan omalla ohjauspaneelilla, joka on koneen kyljessä kiinni. Ilmanvaihdon säätäminen on työlästä ja jää usein tekemättä kokonaan. Tämän takia ilmanvaihto on liian suuri, kun asukkaat ovat pois asunnoista. IV-koneita on erikokoisissa asuntoloissa yhteensä noin 25 kpl.

#### 4.9 Pannuhuone

Kiertovesipumppuja on 10 kpl ja IV-koneissa kiertovesipumppuja on ainakin yksi konetta kohti. Hallintosiiven ja teknologiatilojen IV-koneet ovat niin uusia, että niissä on hyvät kiertovesipumput. Vanhempien koneiden pumput tulee tarkistaa. Jos kiertovesipumppuja on yhteensä 20 kpl ja yksi pumpu ottaa tehoa 0,25 kW, nämä pumput tekevät sähköenergialaskua yhteensä  $20 \times 0,25 \text{ kW} \times 8760 \text{ h/v} \times 0,12 \text{ €/kWh} = 5\,256 \text{ €/v}$ .

Vanhojen pumppujen tilalle suosittelen vaihdettavaksi Grundfosin Alpha- tai Magna kiertovesipumput. Näihin on integroitu painevahti, joka pitää paineen vakiona ja näin pienentää sähkölaskua. Nykyiset vanhat pumput pyörivät samalla teholla koko ajan kuormituksesta riippumatta.



KUVA 20. Kiertovesipumput (GRUNDFOS 2013.)

#### 4.10 Tietokoneet

Tietokoneita on noin 60 kpl ja noin 30 kpl on toimistokäytössä. Tietokoneet ovat pöytämallinkoneita. Jos oppilaitten käytössä olevat tietokoneet vaihdettaisiin kannettaviin koneisiin, saataisiin tehonsäästöä jopa 80 % nykyiseen pöytäkoneeseen verrattuna.

Paras tapa säästää energiaa kotikäytössä ja työasemien toimistokäytössä on käyttää kannettavia tietokoneita (EU-ENERGYSTAR 2013).

Energiankulutus on keskeinen tekijä kannettavien tietokoneiden suunnittelussa. Se määrittää akun keston, jonka tulisi olla vähintään kaksi tuntia jopa eniten virtaa kuluttavan prosessorin kanssa. Kannettavissa tietokoneissa käytetään energiatehokkaimpia saatavilla olevia näyttöjä (nestekidenäytöt eli LCD:t), sovitimia, kovalevyjä ja keskusyksiköitä. Kaikilla keskusyksiköiden valmistajilla on

omasta tuotteestaan erityinen kannettava malli, joka on varustettu tehon hallinnan ominaisuuksilla: AMD:llä PowerNow!, Intelillä SpeedStep ja Transmetalla LongRun (EU-ENERGYSTAR 2013).

Jos verrataan 30-wattista tehokasta kannettavaa 120 wattiseen työpöydälle sijoitettavaan PC:hen ja jopa pöytäkäyttöön tarkoitettujen kannettujen tietokoneiden, joilla on isompi näyttö (enintään 16-17 tuumaa) ja vähemmän tehon hallinnan asetuksia, säästö on silti reilusti yli 50%. Kaiken kaikkiaan, ottaen huomioon vaikkapa ainoastaan energiakustannukset, kannettava tietokone on varmasti harkinnan arvoinen lisähinnastaan huolimatta. ENERGY STAR -tietokannan avulla voi tehdä laskelmat sekä ottaa huomioon käyttöiheyden ja tuotteen oletetun eliniän (yleensä viisi vuotta). Monilla aloilla laajennettava pöytäkone on kuitenkin välttämätön. CAD-insinöörit haluavat vaihtaa usein grafiikkakorttia. Kun PC on pienen palvelimen tai kotipalvelinsovellutusten käytössä, sen kovalevyn muistia tai muutamia portteja voidaan helposti lisätä. Näissä tapauksissa kannattaa ostaa ainakin oikea energiaa säästävä näyttö (EU-ENERGYSTAR 2013).

#### 4.11 Yhteenveto energiansäästöä

Keittiön yhdistelmäuunien hankintojen takaisin maksuajat ovat lyhyet noin yksi vuosi johtuen korkeista korjauskustannuksista. Ammattikäyttöön tarkoitettu Induktiolieden hinta on noin 4 000 €. Tämän investoinnin takaisinmaksuaika on pidempi kuin neljä vuotta. Tämä on silti järkevää vaihtaa, koska se nopeuttaa ruoan valmistusta ja vähentää keittiöilman lämpenemistä. Tämä ilman lämpeneminen on yksi ongelma keittiöllä. Arinauunin kolmas paistotila päädyttiin ottamaan pois käytöstä. Tämä vähentää arinauunin lämmitystehoa 8,7 kW, joten tälle ei tarvitse laskea takaisinmaksu-aikaa, koska se on jo kustannustehokas ratkaisu. Kippipatojen vuorottelua ei kyetty toteuttamaan johtuen Opiston erikoispäivistä jolloin Opiston henkilömäärä kasvaa jopa 400. Näitä erikoispäiviä on noin 15 vuodessa. Yleensä päivittäinen henkilömäärä on 170.

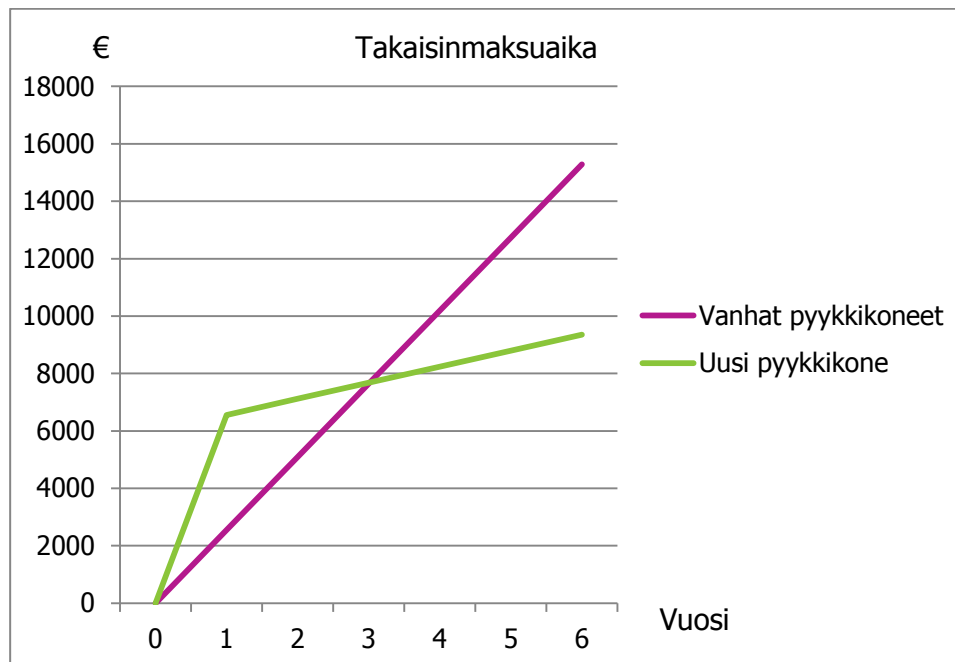
Ruokasalin tarjoilualtaisiin esitetyt ratkaisut ovat kustannustehokkaita. Kylmiöitä on päätetty yhdistää yhdeksi isoksi kylmiökksi. Tämä päätös tehtiin heti, koska kylmäsäilytystilat ovat nykyisinkin riittämättömät. Kylmäsäilytystilaksi tulee keittiön toimisto tai erillinen kuivasäilytystila. Tämän hankinnan hinta on noin 5 000 €. Vanhat kylmiöt laitetaan kierrätykseen. Tämän toimenpide vähentää investointikustannuksia.

Autonlämmityksen 15 min vuorottelu vähentäisi arviolta puoleen nykyisen autonlämmityksen tarvittavan sähköenergian määrän. Nykyinen autonlämmitys sähköenergiamäärä on noin  $30 * 2 \text{ kWh} = 60 \text{ kWh}$  päivässä pakkaskelillä (5 autopaikkaa tyhjillään). Rahaksi muutettuna  $60 \text{ kWh} * 0,12 \text{ €} = 7,2 \text{ €}$  päivässä.

Pyykkituparatkaisu kannattaa ottaa käyttöön, kun vanhat koneet särkyvät. Taulukossa kaksi on energiansäästöarvio. Tämä perustuu yhteen pyykkikoneelliseen pyykkiä yhdelle oppilaalle viikossa, kun oppilaita on 140 kpl ja pyykkikoneen pesuaika on 2 h. Lisäksi pyykkikoneita joudutaan korjaamaan tai ostamaan uusia vanhojen tilalle noin 1-2 kpl (400-800 €) vuodessa. Uudella suuremmalla pyykkikoneella pystyy useampi noin 4-6 henkilöä pesemään pyykkinsä kerralla ja näissä suuremmissa koneissa on puolta lyhyemmät pesuajat. Tämä tarkoittasi 23-35 pesukertaa viikossa. Sähköener-

gian lasku vähenisi vuodessa 260 euroon, mutta vedenlämmityksen energian määrä kasvaisi. Kaaviossa 1 on arvioitu takaisinmaksuaika uudella pyykkikoneella, jossa on huomioitu myös lämmityksen kustannukset.

KAAVIO 2. Uuden pyykkikoneen takaisinmaksuaika.



Lisättäessä IV-koneet automaatio-ohjaukseen vähenee sähköenergian kulutus arviolta puoleen nykyisestä  $120 \text{ W} * 25 * 24 \text{ h} * 0,12 \text{ €/kWh} * 365 \text{ pv} = 3\ 150 \text{ €/v}$ . Samalla lämmitysenergian tarve vähenisi. Ilmanvaihdon määrän vähentäminen on vähentänyt sähköenergiakustannuksia ja samassa suhteessa myös lämmitysenergian laskua. Tämä on todettu käytännössä Opistolla.

Kiertovesipumput kannattaa vaihtaa aiemmin esitettyihin pumppuihin entisten rikkoutuessa. Arviolta 60 % nykyisistä pumpuista käyttää liikaa energiaa. Uudet kiertovesipumput ovat sen verran kalliita, että niitä ei kannata toimivan tilalle vaihtaa.

Pöytä tietokoneiden vaihto kannettaviin kannattaa toteuttaa vanhojen koneiden uusittaessa.

Vanhojen loisteputkien tilalle kannattaa vaihtaa aiemmin ehdotetut LED-putket. Sähköenergian säästöä saadaan nykyiseen verrattuna noin 18 kW tunnille, jos kaikki valaisimet ovat yhtä aikaa päällä. Näiden takaisinmaksuaika on 2- 4 vuoden välissä riippuen putken pituudesta ja niiden käytöstä. Lisäksi kannattaisi lisätä liiketunnistimet valaistuksen ohjaukseen. Tämä pystytään toteuttamaan sitten kun LED-putket on asennettu nykyisten tilalle. Loisteputkivalaisimiin niitä ei kannata käyttää johtuen niiden suuresta käynnistystehosta. Liiketunnistimien lisäyksellä voidaan säästää jopa 80 % nykyisestä valaistuksen ottamasta sähköenergiasta.

## 5 YHTEENVETO

Työssä lähdin hakemaan ratkaisua vähentääkseni huipputehoa ja sähköenergian kulutusta Reisjärven kristillisellä opistolla. Työn aloitin olemassa olevan tiedon keruulla kohteesta. Tämän jälkeen selvitin mittaamalla tarvittavaa lisätietoa kuormituksista ja niiden jakautumisesta. Kun tarvittava tieto oli saatu, ratkaisin ongelmat tärkeysjärjestyksessä. Ensin ratkaisin ylikuormitukseen liittyvät ongelmat ja sen jälkeen ratkaisin sähköenergian säästötoimenpiteet. Ylikuormituksen ratkaisin huipputehon rajoituksella automaatiota hyväksi käyttäen. Tämän jälkeen perehdyin sähköenergian säästöön. Työ lähti käyntiin tiedonkeruulla, jonka sain tarkastelemalla koneita, laitteita ja toimintatapoja itse paikalla. Säästökohteet täytyi tarkastella tapausittain ja laskea niiden kannattavuus, kun investointeja tarvittiin niiden saavuttamiseksi. Säästökohteet löytyivät koneiden ja laitteiden sijoittelusta, laitteiden uudistamisesta ja niiden käytöstä. Sähköenergiesäästöön saatiin monta kustannustehokasta ratkaisua.

Huipputehon rajoitukseen on kytketty IV-koneet, saunat, ulkovalaistus, rännien sulanapito, opetuskeittiö ja keittiön arinauuni. Vaihejärjestysmuutoksilla saatiin suurimmat tehopiikit yksittäiseltä vaiheelta vähenemään. Näillä toimenpiteillä saadaan vähennettyä noin 40 - 70 A (näennäisvirta) vaihetta kohden riippuen kuormitustilanteesta.

Huipputehon rajoitus on toteutettu kokonaisuudessaan ja sähköenergiankulutusta vähentävät toimenpiteet toteutetaan muutaman vuoden sisällä porrastetusti. Sähköenergian vähentämistoimenpiteet vähentävät energiankulutusta arviolta 240 kWh päivässä.

Asetetut tavoitteet saavutin ja työ onnistui hyvin. Työssä pystyi hyödyntämään kouluaikana opittua tietoa. Työ opetti aikatauluttamaan urakoita ja toimimaan muiden urakoitsijoiden kanssa tavoitteiden saavuttamiseksi.



## LÄHTEET

RST-kone Myynti luettelo [verkkodokumentti].

[Viitattu 13.4.2013.] Saatavilla:

<http://www.rstkone.fi/pages/laemminlaitteet.php>

ABB Tuote luettelo [verkkodokumentti].

Viitattu 20.3.2013 Saatavilla:

[http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/\\$file/1SCC317002C1801.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot209.nsf/veritydisplay/6bac18b236fde340c1257927002efd8c/$file/1SCC317002C1801.pdf)

RST-kone Myynti luettelo [verkkodokumentti].

[Viitattu 5.4.2013.] Saatavilla:

<http://www.rstkone.fi/pages/laemminlaitteet.php>

IKEA Myynti luettelo [verkkodokumentti].

[Viitattu 2.3.2013.] Saatavilla:

<http://www.ikea.com/fi/fi/catalog/products/40222829/>

IKEA Myynti luettelo [verkkodokumentti].

[Viitattu 2.3.2013.] Saatavilla:

<http://www.ikea.com/fi/fi/catalog/products/80245150/>

Esteri Myynti luettelo [verkkodokumentti].

[Viitattu 5.4.2013.] Saatavilla:

<http://www.esteri.com/images/Tuote-esitteet/13R.pdf>

Tekniikka Oulun ammattikorkeakoulu Tutkimus [verkkodokumentti].

[Viitattu 26.3.2013.] Saatavilla:

[http://www.tekniikka.oamk.fi/tutkimukset/Koulujen\\_sisailma\\_ja\\_energiatalous/Koulujen\\_sisailma\\_ja\\_energiatalous.pdf](http://www.tekniikka.oamk.fi/tutkimukset/Koulujen_sisailma_ja_energiatalous/Koulujen_sisailma_ja_energiatalous.pdf)

Esteri Myynti luettelo [verkkodokumentti].

[Viitattu 5.4.2013.] Saatavilla:

[http://www.esteri.com/images/Tuote-esitteet/turbodry\\_new.pdf](http://www.esteri.com/images/Tuote-esitteet/turbodry_new.pdf)

HELSINGIN KAUPUMKI Tutkimus [verkkodokumentti].

[Viitattu 2.3.2013.] Saatavilla:

[http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/cb84c0004aaba995b0b6f6128ee09a62/koulujen\\_sisailma.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=cb84c0004aaba995b0b6f6128ee09a62](http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/cb84c0004aaba995b0b6f6128ee09a62/koulujen_sisailma.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=cb84c0004aaba995b0b6f6128ee09a62),

Grundfos Myynti esite [verkkodokumentti].

[Viitattu 2.3.2013.] Saatavilla:

<http://fi.grundfos.com/tuotteet/etsi-tuote/magna3.html>

EU-ENERGYSTAR Tutkimus [verkkodokumentti].

[Viitattu 2.3.2013.] Saatavilla:

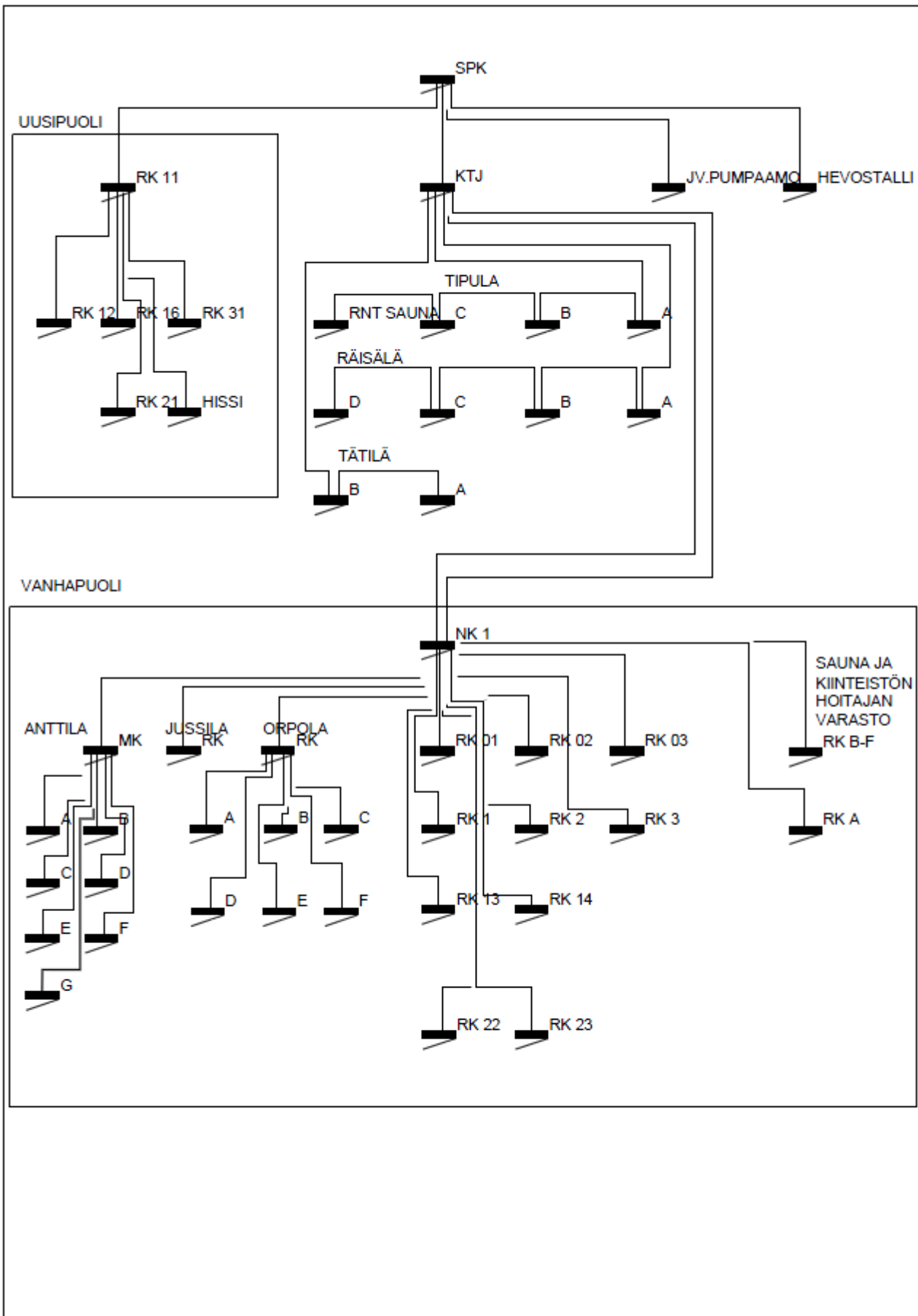
[http://www.eu-energystar.org/fi/fi\\_022.shtml](http://www.eu-energystar.org/fi/fi_022.shtml)

SUOMEN VALOTEKNILLINEN SEURA Tutkimus [verkkodokumentti].

[Viitattu 22.3.2013.] Saatavilla:

[http://www.valosto.com/tiedostot/SVS\\_Valaistushankintojen\\_energiatehokkuus\\_V4.pdf](http://www.valosto.com/tiedostot/SVS_Valaistushankintojen_energiatehokkuus_V4.pdf)

LIITE 1 REISJÄRVEN KRISTILLISEN OPISTON SÄHKÖNJAKELU JÄRJESTELMÄ



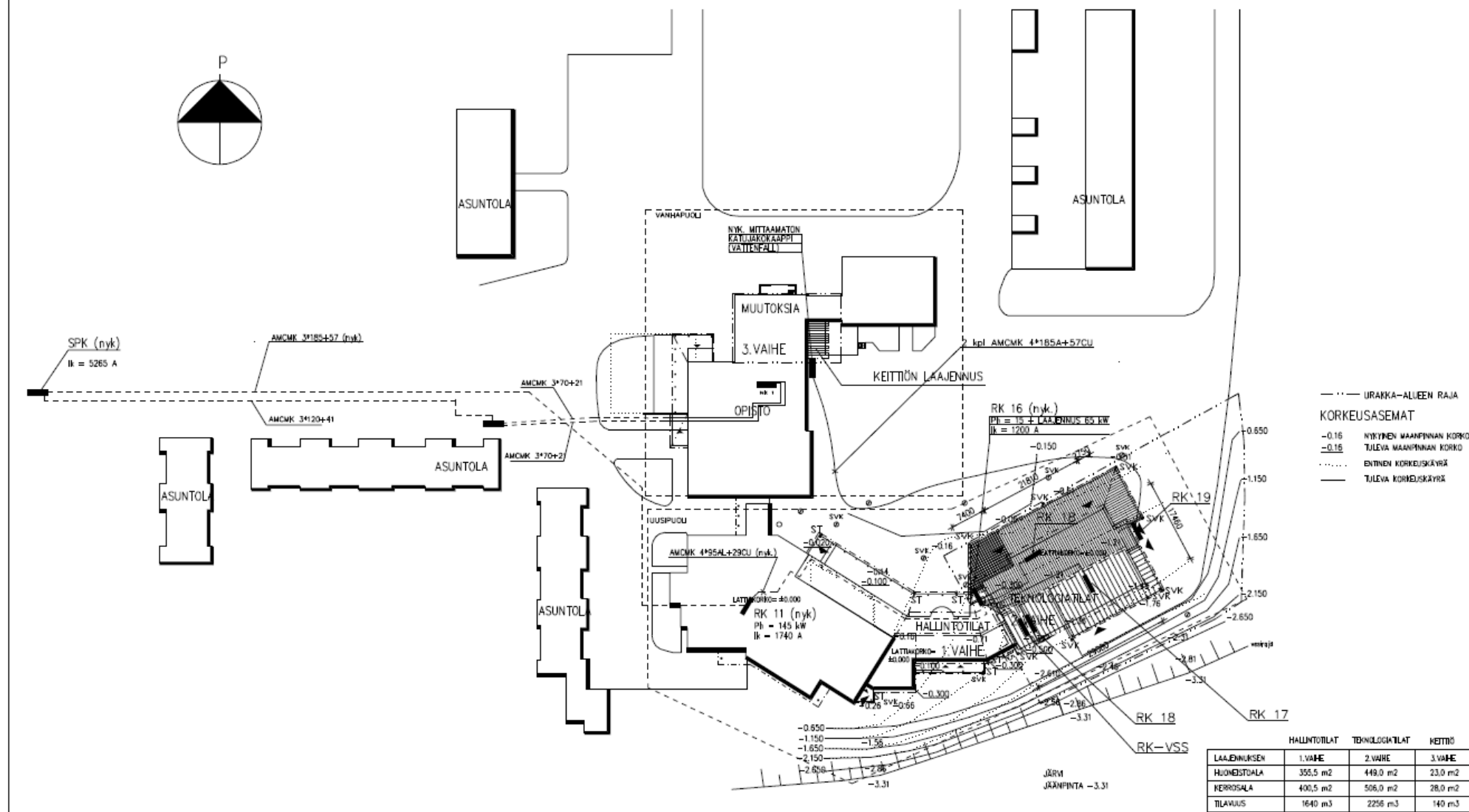
Valaistu 150 cm loisteputki 58 W + magneettikuristin 15-18 W							
Vuosi	Käyttötunnit/a	Päivää vuodessa	Valaistuhinta sii	Teho	Valaisimien määrä	lasku vuodessa	
Y	h	a	€/kWh	W/putki	W/kuristin	kpl	€/vuosi
1	10	365	0,12	58	18	351	11684,1
2	10	730	0,12	58	18	351	23368,2
3	10	1095	0,12	58	18	351	35052,3
4	10	1460	0,12	58	18	351	46736,4
Valaistu 150 cm LED-putki 28 W + magneettikuristin 2 W							
Vuosi	Käyttötunnit/a	Päivää vuodessa	Valaistuhinta sii	Teho	Valaisimien määrä	lasku vuodessa	
Y	h	a	€/kWh	W/putki	W/kuristin	kpl	€/vuosi
1	10	365	0,12	28	2	351	4612,14
2	10	730	0,12	28	2	351	9224,28
3	10	1095	0,12	28	2	351	13836,4
4	10	1460	0,12	28	2	351	18448,6
Valaistu 120 cm loisteputki 58 W + magneettikuristin 12-15 W							
Vuosi	Käyttötunnit/a	Päivää vuodessa	Valaistuhinta sii	Teho	Valaisimien määrä	lasku vuodessa	
Y	h	a	€/kWh	W/putki	W/kuristin	kpl	€/vuosi
1	10	365	0,12	36	15	114	2546,53
2	10	730	0,12	36	15	114	5093,06
3	10	1095	0,12	36	15	114	7639,6
4	10	1460	0,12	36	15	114	10186,1
Valaistu 120 cm LED-putki 20 W + magneettikuristin 2 W							
Vuosi	Käyttötunnit/a	Päivää vuodessa	Valaistuhinta sii	Teho	Valaisimien määrä	lasku vuodessa	
Y	h	a	€/kWh	W/putki	W/kuristin	kpl	€/vuosi
1	10	365	0,12	20	2	114	1098,5
2	10	730	0,12	20	2	114	2197,01
3	10	1095	0,12	20	2	114	3295,51
4	10	1460	0,12	20	2	114	4394,02
Valaistu 151 cm loisteputki 58 W + magneettikuristin 15-18 W							

Viite nro	Tila, tehtävä tai toiminta	$E_m$ lx	$UGR_L$	$R_a$	Huomautukset
6.2.1	Luokkahuoneet, opetustilat	300	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä.
6.2.2	Luokkahuoneet iltaikäytössä ja aikuisopiskelijoille	500	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä.
6.2.3	Luentosali	500	19	80	Valaistuksen tulisi olla säädettävä.
6.2.4	Liitutaulu	500	19	80	Suuntaheijastumisia vältettävä

Click on Sign to add text and place signature on a PDF File.

UUDET NOUSUJOHDOT:

- RK 17:lle AMCMK 4\*95AL+29CU
- RK 18:lle MMJ 5\*10
- RK 19:lle 2 kpl AMCMK 4\*185AL+57CU
- RK 24:lle MMJ 5\*16
- RK-VSS:lle MMJ 5\*6



	HALLINTOTILAT	TEKNOLOGIATILAT	KEITTIÖ
LAAJENNUKSEN	1. VAIHE	2. VAIHE	3. VAIHE
HUONESTUALA	355,5 m <sup>2</sup>	449,0 m <sup>2</sup>	23,0 m <sup>2</sup>
KERROSALA	400,5 m <sup>2</sup>	506,0 m <sup>2</sup>	28,0 m <sup>2</sup>
TILAVUUS	1640 m <sup>3</sup>	2256 m <sup>3</sup>	140 m <sup>3</sup>

RAKENNUKSEN PALOLUOKKA P2  
 PALOKUORVA ALLE 600 MJ/m<sup>2</sup>  
 KANTAVAT RAKENTEET R 30  
 ULKOISEN PINTAKERROKSET B-s1,d0  
 YKSIKÄIT. Suo(t2)  
 SISÄPUOLUSET PINTAKERROKSET B-s1,d0 (SEINÄT JA KATOT)

PPP – KÄSISAMMUTTIMILLA VARUSTETTU PIKAPALOPosti  
 RAKENNUKSEN VARUSTETAAN POSTUMISTIEHAKUVALLOLLA JA TURVAVALAISTUKSELLA  
 RAKENNUKSESSA KONEELLINEN ILMANVAIHTO LÄMMÖNTALTEENOTOLLA  
 KÄSISAMMUTTIMET: KUUMAKÄSTITELY 2 KPL, ø 12 KG  
 MUIALLA YHTEENSÄ 3 KPL, ø 12 KG

Loppupöytäkirja 18.7.2007

TUNN.	LUKUM.	MUUTOS	NIMI	PVM
K.O.SA/VMLA	KORTT./TLA	TONTTI	RI:O	
<b>SÄHKÖ</b>				
REISJÄRVEN KR. OPISTO 85940 RÄISÄLÄNMÄKI LAAJENNUS				MIK: 1:500
SÄHKÖINSINÖÖRITOIMISTO HINTSALA OY Ruuhimäentie 2 B 84100 TUUSULA Sähköposti: hintsa@hinta.fi			TYÖN N:O <b>740</b>	MUUTOS
PIHTI PVM 30.6.2006	SUUNNITTELIJA TARKK. JH	SÄH MIIRUSTUKSEN N:O <b>740-101</b>		

KIOSI	KORTTELITILA	TONTTI	RAKENNUSLUVAN TUNNUS
RAKENNUSKORTTI LAAJENNUS JA SANEERAUS			PERUSTEELLI PÄÄPIIRUSTUS
RAKENNUSKORTIN NIMI JA OSOITE REISJÄRVEN KRISTILLINEN OPISTO RÄISÄLÄNMÄENTIE 3B1 85940 RÄISÄLÄNMÄKI			PIIRUSTUKSEN VALIOT ASEMAPIIRUSTUS VAIHEET 2 JA 3
ARHITEHTITOIMISTO JORMA PALORANTA OY Puutarjankatu 17 04100 Viikinkaari Tel: +358-09-420000 Fax: +358-09-420000 www.arhtitehtitoimisto.jorma-paloranta.fi	SIKALIA	TYÖ N:o 1218-2/3	PIHTI -01
	PÄIVÄYS 30.06.2006	PIIRITÄÄ	TEOSTO Asema2.dwg

