

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka / Energia- ja ympäristötekniikka

Johan Vuorenmaa

MUUNTAMON LÄMMÖNTALTEENOTON JA HYÖTYKÄYTÖN SELVITTÄ-
MINEN

Opinnäytetyö 2013

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikka

VUORENMAA, JOHAN

Muuntamon lämmöntalteenoton ja hyötykäytön selvittäminen

Opinnäytetyö

28 sivua

Työn ohjaaja

Pt. tuntiopettaja Hannu Sarvelainen

Toimeksiantaja

Rentrateg Oy

Toukokuu 2013

Avainsanat

kiinteistömuuntamo, lämmöntalteenotto, hyötykäyttö

Tämä opinnäytetyö on tehty Rentrateg Oy:lle. Työn tarkoituksena on selvittää Rentrategin valmistaman muuntamon mahdollisia hyötykäyttökohteita siitä saatavaa hukkalämpöä hyödyntäen. Työssä on perehdytty teoreettisesti mahdollisiin hyötykäyttökohteisiin sekä perinteisiin ja uuden konseptin muuntamoiden eroavaisuuksiin.

Rentrateg Oy on yksityisomistuksessa oleva kotimainen yritys, joka on keskittynyt Kotkaan. Yritys on erikoistunut EMC-suojauksiin sekä tehnyt yhteistyössä Rittal Oy:n kanssa patentoidun muuntamo- ja jäähdytysratkaisun.

Työn sisältö on pääasiassa hukkalämmöstä saatavaa hyötyä muun muassa sulanapitoon talvisin. Työn tuloksena saatiin huomattavia säästöjä, verrattuna vastaaviin jatkuvasti sähkölämmitteisiin alueisiin.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Mechanical and Production Engineering

VUORENMAA, JOHAN

Heat Recovery and Utilization of a Substation

Bachelor's Thesis

28 pages

Supervisor

Hannu Sarvelainen, Lecturer

Commissioned by

Rentrateg Oy

May 2013

Keywords

estate substation, heat recovery, utilization

The objective of the work was to examine use of potential recovery heat, using the available waste heat. The thesis theoretically studied theoretically possible recovery targets, as well as the differences between traditional and the new-concept substations.

Rentrateg Oy is a privately owned domestic company, which is based in Kotka. The company is specializes in the EMC hedges and have made patented substation and cooling solution with Rittal Oy.

The content of the work is mainly benefits of the waste heat in e.g. defrosting in the winter. As a result, significant savings were reached compared to the similar targets with continuous electric heating.

ALKUSANAT

Haluan kiittää Rentrateg Oy:tä ja Sakari Peltoniemeä mielenkiintoisesta opinnäytetyön aiheesta.

Haluan myös kiittää Markku Huhtista insinööriyön järjestämisestä.

Suuret kiitokset haluan myös antaa Hannu Sarvelaiselle hyvästä tavoitettavuudesta ja työnohjauksesta.

Viimeiset kiitokset haluan kiittää läheisiäni ja ystäviä, jotka ovat olleet taustatukena opintojen aikana.

Kotka, 29.5.2012

Johan Vuorenmaa

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT	4
1 JOHDANTO	6
2 YLEISTÄ MUUNTAMOISTA	6
2.1 Rakentaminen	8
2.2 Muuntajat	9
2.3 Jäähdytys	9
3 RENTRATEK- MUUNTAMO	12
3.1 Yleistä tietoa	12
3.2 Muuntajat	15
3.3 Jäähdytys	15
4 LÄMMÖN SIIRTÄMINEN	16
5 HYÖTYKÄYTTÖMAHDOLLISUUDET	17
5.1 Ulkoalueiden sulanapito	17
5.2 Muita hyötykäyttömahdollisuuksia	24
6 YHTEENVETO	27

1 JOHDANTO

Sain tämän opinnäytetyöaiheen Kymenlaakson ammattikorkeakoulun kautta Rentrateg Oy -nimisestä yrityksestä. Aihe liittyy yrityksen kehittämään muuntamoon ja sen hukkalämmön hyötykäyttöön. Työn tekeminen on aloitettu talvella 2012 ja loppuosa on tehty keväällä 2013. Työ on teoriapainotteinen, sillä tekemistä varten on tutustuttu aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen, internetistä löytyvään materiaaliin sekä Rentrategin saatuihin tietoihin.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on verrata uuden kiinteistömuuntamon etuja perinteisiin ratkaisuihin, sekä miettiä mahdollisia hyötykäyttöjä muuntamosta saatavalle hukkalämmölle. Työhön ei kuulunut fyysisiä testauksia vaan kaikki on teorian pohjalta laskettuja arvoja.

Nykyään kiinteistömuuntajilla ja muilla sähkölaitteilla on tiukentumassa sähkömagneettiset rajoitukset. Tämä muuntajakokonaisuus rajaa hyvin sähkömagneettisen säteilyn itseensä, joten markkinoilla pystyy hyvin kilpailemaan perinteisten muuntamojen kanssa.

Rentrateg Oy on perustettu vuonna 2008 ja yrityksellä on toimipiste Kotkan Mussalossa. Yrityksen toimialaan kuuluu sähköasennukset sekä EMC- ja sähkömagneettikenttien suojaukset. Yritys on kehittänyt Rittal Oy:n kanssa uuden muuntamokonseptin.

Liikevaihto vuonna 2010 oli 471 000 €. Yrityksen toimitusjohtaja on Sakari Peltoniemi. Rentrateg Oy on kotimaisessa yksityisomistuksessa.

2 YLEISTÄ MUUNTAMOISTA

Muuntaja on sähkölaitte, jossa ei ole liikkuvia osia. Muuntaja toimii vain vaihtovirralla, sillä toiminta perustuu sähkömagneettiseen induktioon. Muuntajan päätehtävä on muuntaa sähköjännitettä toiseksi, yleensä pienemmäksi. (2.)



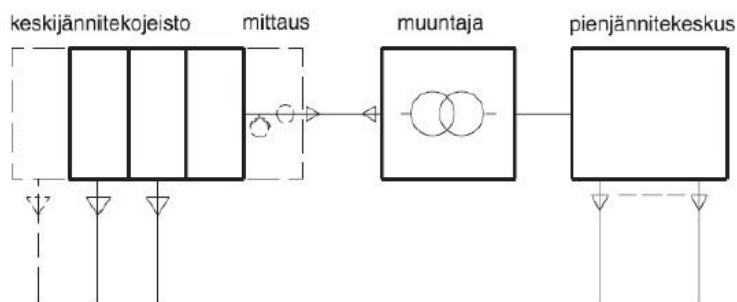
Kuva 1. 20/0,4 kV. Strömbergin n. 30 kVA:n jakelumuuntaja vaijeriohjatulla erottimella. Sukeva (1.)

Yleisimmät muuntamotyypit ovat:

- 400 tai 110 kV:n muuntajakentät
- puistomuuntamo
- kiinteistömuuntamo
- pylväsmuuntamo

Tyypillinen jakelumuuntaja on teholtaan 315 – 1600 kVA.

Kiinteistömuuntamossa muunnetaan 12–24 kV:n keskijännite 400/230 V:n pienjännitteeksi. Kiinteistömuuntamon peruslaitteisto koostuu keskijännitekojeistosta, muuntajasta ja pienjännitekojeistosta. (3, 1)



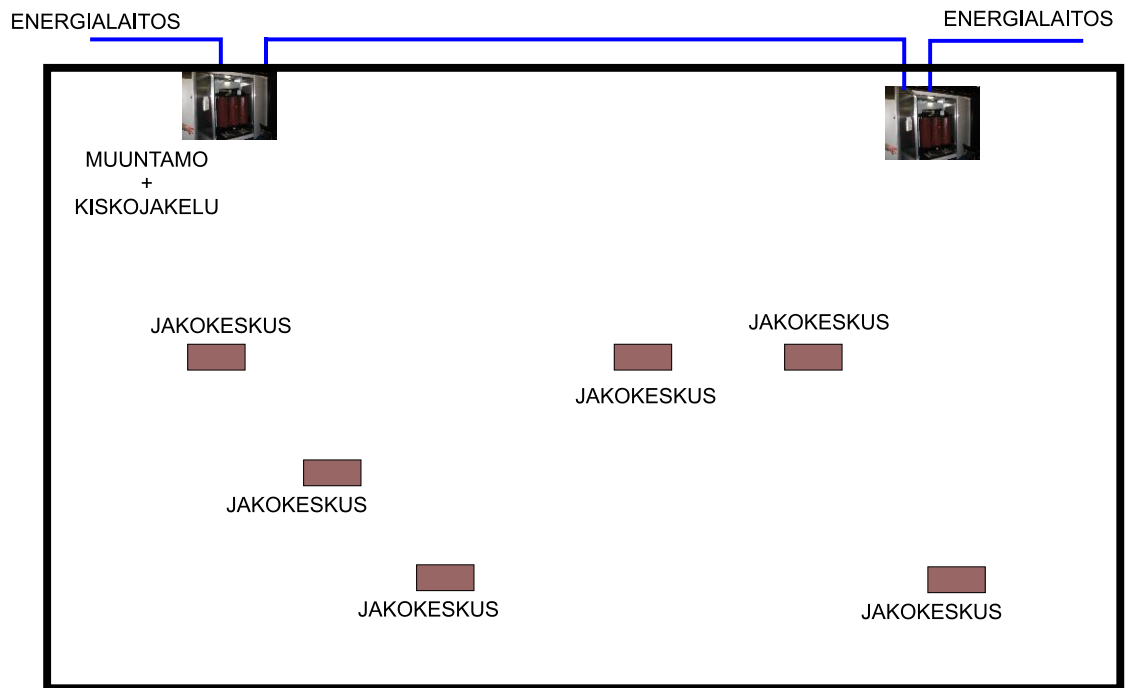
Kuva 2. Muuntamon lohkokaavio yleisellä tasolla (3, 1)

2.1 Rakentaminen

Kiinteistömuuntamon sijainniksi maanpäällinen kerros on kaikista sopivin, koska silloin laitteiden kuljetus sekä käyttö- ja huoltohenkilöiden kulkeminen muuntamoon on helpoiten järjestettävissä. Toisinaan muuntamo sijoitetaan kellarikerrokseen, jolloin kulku- ja kuljetusreitit tulee olla hyvin suunniteltu. (3, 2)

Yleinen tapa rakentaa muuntamo on tehdä omat erilliset palosuojatut tilat muuntajalle, pääkeskukselle ja pienjännitekojeistolle. Muuntamo rakennetaan vain yhdelle muuntajalle ja pääkeskukselle. Sähkömagneettisuuden takia muuntajatila ja sähköpääkeskushuone pellitetään.

Muuntamon tarvitsema tilantarve riippuu siitä, millainen kojeisto ja muuntaja sinne on tarkoitus sijoittaa. Mitoitukseen vaikuttavat myös, että hoitotilan vapaan leveyden tulee olla vähintään 800 mm sekä oven tai varokekytkimen auki ollessa leveyden tulee olla vähintään 500 mm. Suunnittelussa tulee myös muistaa, että yleensä muuntamotilaan pitää rakentaa lattiatason alapuolella 700–1000 mm kulkevat kaapelikanavat. (4, 13)



Kuva 3. Kauppakeskuksen perinteinen muuntamosuunnittelu. (5.)

Kauppakeskuksiin rakennettavat muuntajat sijoitetaan turvallisuussyistä ulkoseinille. Isommat kauppakeskukset vaativat jakokeskuksia ja pitkiä kaapelointireittejä, jotka lisäävät kustannuksia.

2.2 Muuntajat

Yleensä muuntajan koko valitaan tiedossa olevan tehontarpeen mukaan, lisättynä varateholla ja mahdollisesti myös tulevaisuuden visioiden mukaan. Tästä johtuen muuntaja on yleensä ylimitoitettu ja pahimmassa tapauksessa sitä saatetaan käyttää vain 10 %:n teholla.

2.3 Jäähdytys

Muuntamotilan ideaalilämpötila on $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$, jota tavoitellaan jäähdytyksellä. Muuntamossa syntyy häviölämpöä, joka on haitallista ja saatava poistettua, yleensä ulkoilmaan. Jotta ilmanvaihto olisi riittävän tehokas, se suunnitellaan muuntamossa syntyvän lämmön eli häviötehon perusteella. (3, 4)

Jotta häviölämpö saataisiin tehokkaasti poistettua muuntamotiloista, tarvitsee kiinteistömuuntamo koneellisen ilmanvaihdon. Koneellinen ilmanvaihto voidaan toteuttaa tu-

lo- tai poistopuhalluksella tai tarvittaessa molemmilla. Tuloilmapuhallin on parempi vaihtoehto, koska silloin muuntamotilaan saadaan ylipaine ja pölyntyminen vähenee.

Jäähdytyksellä saadaan sisäilman laatua parannettua, joka vaikuttaa muuntajan ja kojeistojen kestävyyskykyyn. Laadulla voidaan käsittää lämpötilaa, likaisuutta ja kosteutta. Muuntaja ja kojeistot pölyntyvät ajan kuluessa, joka tapauksessa oli muuntamotilassa kuinka laadukkaat laitteet tahansa. Sisäilman kosteus on myös pidettävä alhaisena. Ilmaa käytetään eristeenä niin pienjännite kuin keskijännitepuolellakin. Kasvanut ilmankosteus voi siis aiheuttaa vuotovirtoja eristeisiin ja pahimmassa tapauksessa läpilyöntejä, jotka yleensä aiheuttavat vahinkoja.

Kokonaishäviö saadaan laskemalla yhteen kuormitushäviö mitoitusteholla ja tyhjäkäyntihäviö.

$$P_h = P + P_0$$

jossa	P_h	kokonaishäviö	kW
	P	mitoitusteho	kW
	P_0	tyhjäkäyntihäviö	kW

Tarvittava jäähdytysilman määrä lasketaan yhtälöllä (4, 11)

$$q_v = \frac{0,78 \times P_h}{\Delta t}$$

jossa	q_v	jäähdytysilman määrä	m ³ /s
	P_h	kokonaishäviöt mitoitusteholla	kW
	Δt	tulo- ja poistoilman lämpötilaero	°C

Yhtälön lämpötilaero voidaan valita kuormitushuipun ajankohdan perusteella:

$\Delta t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$, kuormitushuipun ollessa talvella

$\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, kuormitushuipun ollessa kesällä

Poistettavien ilmamäärien ohjeellisia arvoja koneellisessa ilmanvaihdossa. (4, 12)

Muuntajateho [kVA]	Poistettava ilmamäärä [m ³ /h]	
	$\Delta t = 20 \text{ }^\circ\text{C}$	$\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$
800	1200	2300
1000	1400	2800
1250	1600	3100
1600	1900	3900

Esimerkkilasku poistettavasta ilmamäärästä 800 kVA:n muuntajasta.

800 kVA:n muuntaja, jonka kuormitushäviö on 8,5 kW ja tyhjäkäyntihäviö 1,2 kW

$$P_h = 8500 + 1200 = 9,7 \text{ kW}$$

Jäähdytysilman määrä $\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$

$$q_v = \frac{0,78 \times 9,7 \text{ kW}}{10 \text{ }^\circ\text{C}} = 0,757 \text{ m}^3/\text{s}$$

Ohjeellisen arvon mukaan:

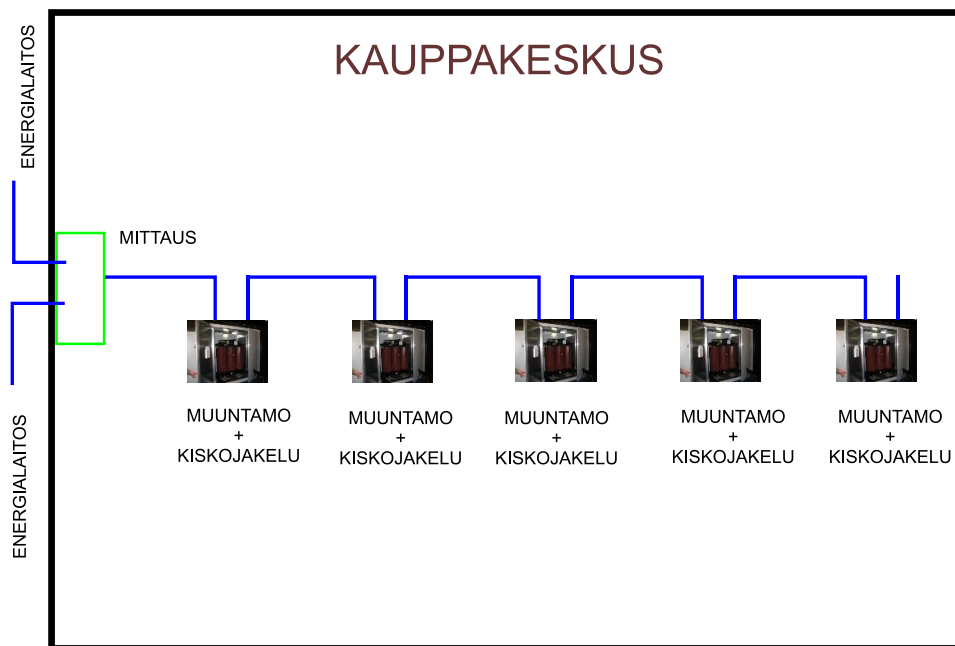
800 kVA:n muuntajalla tulisi olla $\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$:n kohdalla $2300 \text{ m}^3/\text{h}$

$2300 \text{ m}^3/\text{h} = 0,639 \text{ m}^3/\text{s}$

Muuntamon ilmanvaihto on ohjeistusta parempi.

3 RENTRATEK- MUUNTAMO

Rentrateg Oy kehitti yhteistyönä Rittal Oy:n kanssa kiinteistömuuntamokokonaisuuden, joka vie vähemmän tilaa kuin perinteiset muuntamot ja jossa on integroitu nestejäähdytys. Myös kekseliäällä ratkaisulla muuntamon sähkömagneettinen säteily on saatu minimoitua tehokkaasti alumiinikuoren ansiosta.



Kuva 4. Kauppakeskus hajautetulla EMC-järjestelmällä. (5.)

3.1 Yleistä tietoa

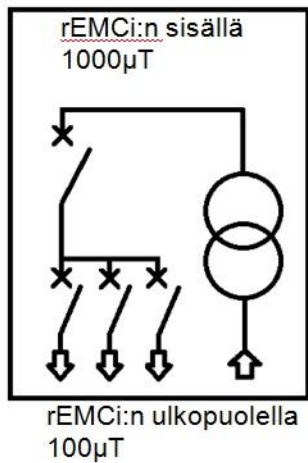
Perinteinen muuntamo tarvitsee tilaa noin 57 m^2 , kun Rentrategin tekemä tarvitsee noin 27 m^2 . Perinteiseen muuntamo ratkaisuihin verrattuna tämä uusi laitteisto vie alle puolet tilasta. Tilaa säästyy, kun pääkeskustekniikka on integroitu muuntamoon. Muuntamo rakennetaan tehtaalla ja tuodaan paikalle melkein poikkeuksetta kokonai-

senä komponenttina, joten muuntajaa voitaisiin käyttää heti rakennusvaiheen alussa jakamaan sähköä työmaalle. Täten ei tarvittaisi väliaikaisia muuntamoratkaisuja työmaakeskuksille.



Kuva 5. Koteloitu ja EMC-suojattu muuntajakkeno. (6.)

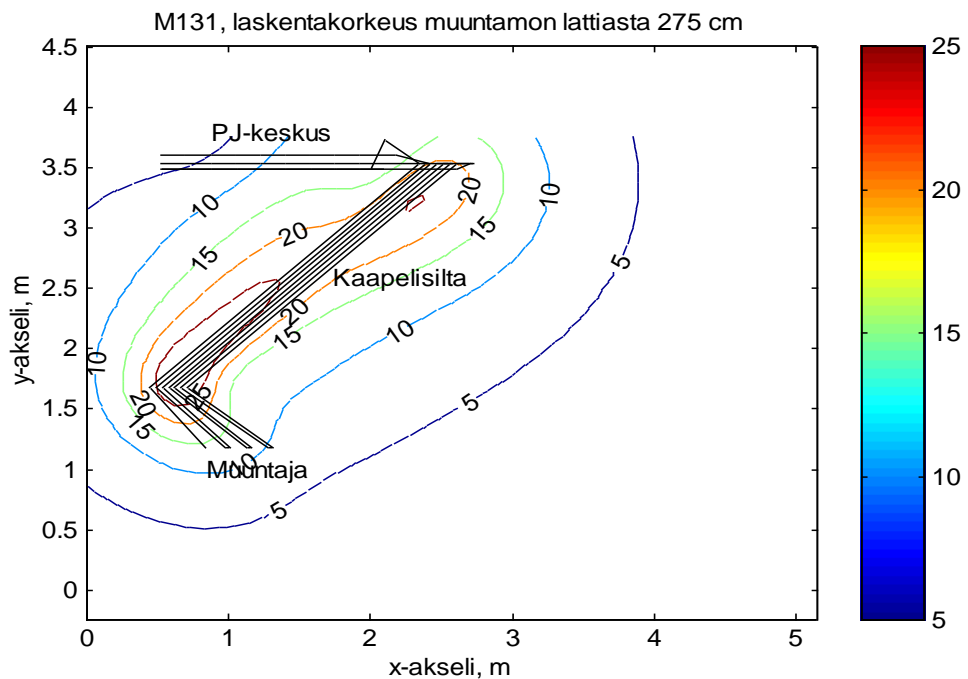
Muuntamo on alumiinirunkoinen ja seinissä 5 mm alumiinilevyt, jotka vaimentavat huomattavasti magneettikentän voimakkuutta kennon ulkopuolelle. Sähkömagneettinen säteily rajataan muuntajahuoneeseen ja pääkeskuksen sisäpuoliseen tilaan. (5.)



Kuva 6. rEMCi muuntajan mitatut arvot.

Koteloitu muuntamon rakenne täyttää EU-direktiivin 2004/40/EY vaatimuksen suoja-
uksesta sähkömagneettiselta säteilyltä. Direktiivissä määritellään magneettikentille al-
tistumisen toiminta- ja raja-arvot.

Suojaus toteutuu myös ovissa ja läpivienneissä, joten muuntamo ei tarvitse mitään eri-
koisrakenteita tai sijoituksia kohteelta. Rakenne on hermeettinen eli muuntamon sisäl-
le ei pääse lika, eikä sitä tarvitse tuulettaa jäähdytyksen takia. (5.)



Kuva 7. Magneettikenttä normaalin muuntamon yläpuolisen tilan lattialla.

Tehokkaan suojauksen ansiosta muuntamo voidaan sijoittaa minne vain, kuten kadunvarsiin, kiinteistöön ja puistoihin rajoituksetta. Tehontarpeen kasvaessa muuntamo voidaan laajentaa sen modulaarisuuden ansiosta. (5.)

Elinkaarikustannukset pienenevät, sillä muuntamo on huoltovapaa, mutta järjestelmätarkastukset tulee tehdä vuosittain. (5.)

3.2 Muuntajat

Muuntamoissa voidaan käyttää joko kuiva- tai öljymuuntajaa. Käytettäessä öljymuuntajaa voidaan palokuorma minimoida johtamalla muuntajan tihkuva öljy maanalaiseen säiliöön palamattomaan tilaan.

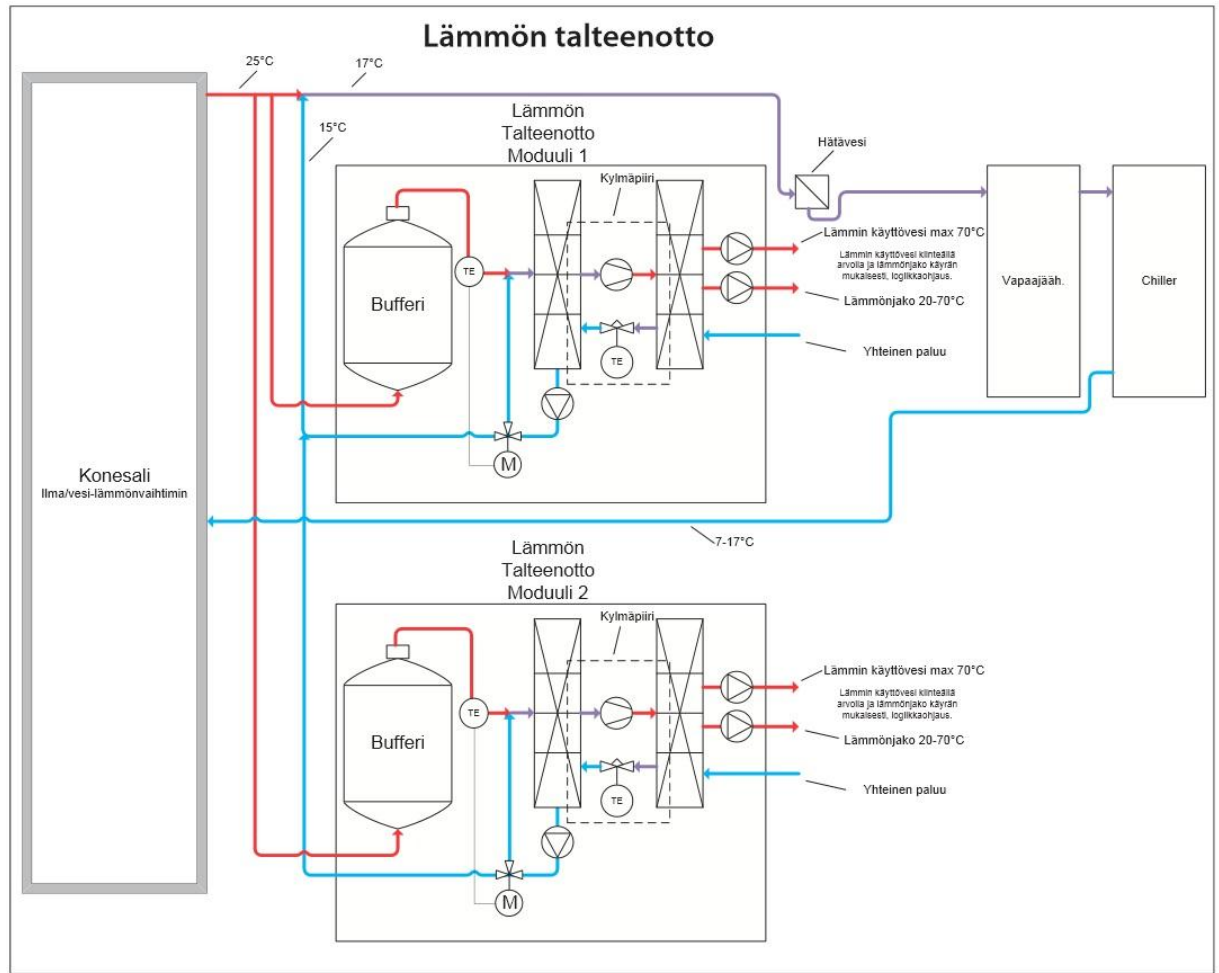
Rentrategiällä on kaksi vaihtoehtoa. Ensimmäisessä vaihtoehdossa muuntaja hankitaan senhetkisen todellisen tehontarpeen mukaan. Muuntamossa on tila toiselle samanlaiselle muuntajalle tarvittaessa. Erillisen jäähdytyslaitteiston ansiosta muuntajaa voidaan lyhytaikaisesti ylikuormittaa. (5.)

Toisessa vaihtoehdossa hankitaan kaksi muuntajaa, kun tarvitaan käyttövarmuutta. Muuntajat valitaan siten, että laitoksen koko teho voidaan siirtää kokonaan toiselle muuntajalle. Tällöin koko laitoksen kuorma voi olla yhden muuntajan perässä toisen ollessa irti verkosta. Toisen muuntajan vikaantuessa toinen muuntaja ottaa laitoksen vastuulleen ilman katkoksia. (5.)

Ohjauslogiikka kytkee muuntajia verkkoon tehontarpeen mukaan ja vuorottelee niillä käyttötuntien tasaamiseksi.

3.3 Jäähdytys

Muuntajassa syntyvä häviölämpö tuuletetaan useimmiten pois muuntajatilasta ulkoilmaan. Rittalin jäähdytysratkaisulla muuntajan hukkalämpö saadaan hyödynnettyä ja vuodenajasta riippumatta muuntaja toimii optimaalisessa lämpötilassa. Tehokkaan jäähdytyksen ansiosta muuntajaa voidaan kuormittaa äärirajoille.



Kuva 8. Rittalin hyötöjäähdytin (7.)

Järjestelmä ottaa energian muuntamon lämpökuormasta eli kiinteistön tarvitsema energiamäärä pienenee. Jäähdytyksestä saadulla lämmöllä saadaan kaksi lämmitystapaa: käyttövesi maksimissaan 70 °C ja lämmönjako 20 - 70 °C.

4 LÄMMÖN SIIRTÄMINEN

Lämmönsiirtymistä tapahtuu aina kahden erilämpöisen väliaineen vuorovaikutuksessa. Lämmönsiirtyminen tapahtuu kolmella tavalla, jotka ovat johtuminen, konvektio ja lämpösäteily. Usein lämmön siirtymä tapahtuu kaikilla kolmella tavalla samanaikaisesti, mutta käytännön tarkoituksissa on usein järkevää tarkastella vain hallitsevaa lämmönsiirtymistapaa.

Jäykissä nesteissä ja kiinteissä aineissa hallitseva lämmönsiirtymistapa on johtuminen. Vastaavasti useimmilla nesteillä ja matalalämpöisillä kaasuilla suurin osa lämmönsiir-

tymisestä tapahtuu siirtymällä eli konvektiolla. Korkeissa lämpötiloissa säteilylämmönsiirto on lähes aina vallitseva lämmönsiirtymismuoto.

Kyseisessä järjestelmässä kompressorin tekemällä työllä siirretään lämpöä kahden kennon välillä, ja putkistossa kiertää kylmäaine (R134a) jonka olomuodon muutosta käytetään hyväksi. Kylmäaine muuttuu nesteestä höyryksi 1. kennossa eli höyrystimessä, jolloin se sitoo voimakkaasti lämpöä itseensä ja tiivistyessään takaisin nesteeksi 2. kennossa eli lauhduttimessa samalla vapauttaen lämpöä.

Lämpöä siirretään kennojen välillä kaasun mukana eli konvektiolla kennosta toiseen hyvin nopeasti. Tavoitteena on saavuttaa maksimaalinen olomuodon muutos molemmissa kennoissa.

5 HYÖTYKÄYTTÖMAHDOLLISUUDET

Hyötöjäähdyttimestä saadaan 20–70 °C vettä, jota voidaan hyödyntää muun muassa piha-alueiden sulanapidossa.

5.1 Ulkoalueiden sulanapito

Sulanapitojärjestelmä koostuu pääasiassa putkistosta, jakotukeista sekä pumpusta. Jakotukit asennetaan maahan, mahdolliseen huoltokaivoon tai seinälle. Putket kiinnitetään teräsbetoniverkkoon putkikiinnikkeillä tai maahan asennuskiskoilla.

Muoviputkilla erinomainen lämmönluovutuskyky ja rengasjäykkyys mahdollistaa sen käytön katujen alla. Putkilla on hyvä paineen ja lämmön kesto, mikä takaa huoltovapauden ja pitkäikäisyyden. Lisäksi järjestelmään kuuluu kaksi jakotukkia, meno- ja paluujakotukki, joiden kautta putkipiiri kiertää. Putkistossa käytetään vesiglykoliseosta, jotta sen pakkaskestävyys olisi parempi.

Seuraavassa on laskettu oletetut virtaamat ja tarvittavat tehot. Vesi-glykoliseos on 50 %:n vahvuinen ja 1000 kVA:n muuntajasta saatava teho olisi 15 kW.

Veden massavirta lasketaan yhtälöstä

$$\Phi = q_m \times C_p \times \Delta t$$

jossa	Φ	teho	kW
	q_m	veden massavirta	kg/s
	C_p	vesi-glykoliseoksen ominaislämpökapasiteetti	kJ/Kg°C
	Δt	lämpötilaero	°C

Vesi-glykoliseoksen ominaislämpökapasiteetti on laskettu 50 % vahvuiseksi. Veden ominaiskapasiteetti on 4.2 kJ/Kg°C ja glykolin ominaiskapasiteetti on 2.43 kJ/Kg°C, joten 50 % suhteelle tulee 3.295 kJ/Kg°C.

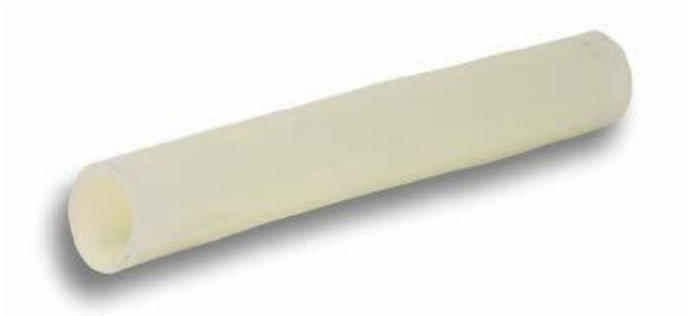
$$q_m = \frac{15 \text{ kW}}{3,295 \frac{\text{kJ}}{\text{Kg}} \text{°C} \times 7 \text{ °C}} = 0,61 \text{ kg/s}$$

Tilavuusvirta lasketaan yhtälöllä

$$q_v = \frac{q_m}{\rho}$$

jossa	q_v	tilavuusvirta	m ³ /s
	q_m	massavirta	kg/s
	ρ	tiheys	kg/m ³

$$q_v = \frac{0,61 \text{ kg/s}}{990 \text{ kg/m}^3} = 0,000616 \text{ m}^3/\text{s}$$



Kuva 9. Radi-PEX- lämmitysputki. (10.)

Maahan upotetut putket olisivat 32 mm:n putkia, seinämäpaksuus 2,9 mm eli laskennallisen putken sisähalkaisija olisi 26,2 mm.

Putken pinta-ala lasketaan yhtälöllä

$$A = \frac{\pi}{4} \times d^2$$

jossa	A	pinta-ala	m^2
	d	putken sisähalkaisija	m

$$A = \frac{\pi}{4} \times 0,0262m = 0,000539 m^2$$

Virtausnopeus lasketaan yhtälöllä

$$w = \frac{q_v}{A}$$

jossa	w	virtausnopeus	m/s
	q_v	tilavuusvirta	m^3/s
	A	pinta-ala	m^2

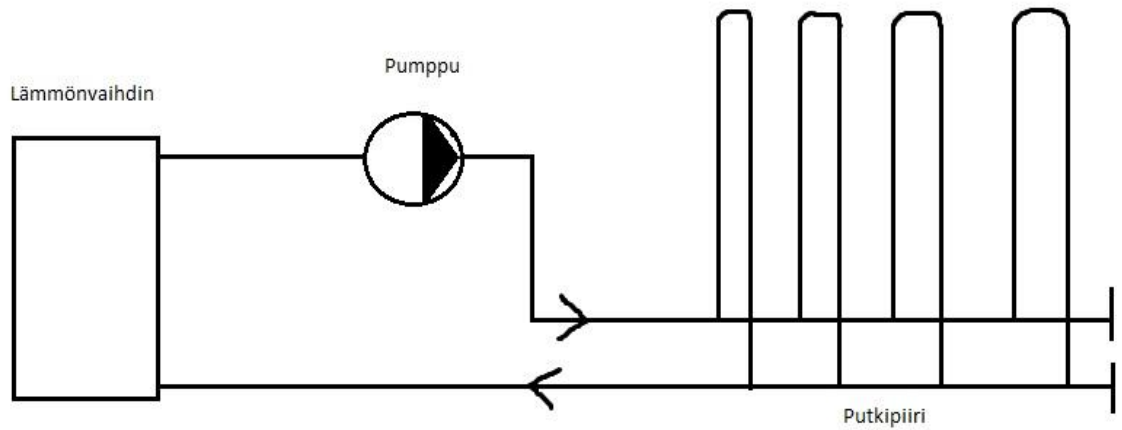
$$w = \frac{0,000616 \text{ m}^3/\text{s}}{0,000539 \text{ m}^2} = 1,14 \text{ m/s}$$

Alue	Aluetehto
Routasuojaus anturassa	15—20 W/m ²
Jalkakäytävät	175 — 250 W/m ²
Ulkoportaat, sillat	200 — 250 W/m ²
Lastauslaiturit, eristetyt	200 — 250 W/m ²
Sillat, eristetyt	200 — 250 W/m ²
Pysäköintialueet	300 — 400 W/m ²
Ajotiet	300 — 400 W/m ²
Ulkoportaat, eristämättömät	300 — 400 W/m ²
Lastauslaiturit, eristämättömät	300 — 400 W/m ²
Sillat, eristämättömät	300 — 400 W/m ²

Kuva 10. Erilaisten sovellusten ohjeelliset aluetehot (10.)

Sulanapidon mitoittamista varten yllä olevasta taulukosta nähdään, kuinka paljon tehoa täytyy mitoittaa erilaisille pinnoille.

Yhdeltä muuntajalta saadaan 15 kW lämpötehoa, joten sillä pystyisi lämmittämään noin 50 m²:n ulkoalueen, kun tarvittava aluetehto olisi 300 W/m².



Kuva 11. Malli putkiston laittamisesta.

Sulatusputket asennetaan 250 mm:n välein, jotta saadaan tarvittava sulatusteho alueelle. Joten putkia meni n. 201 m koko 50 m² alueelle. Putkiston ohjevähittäishinta on otettu kyseisestä Radi-PEX lämmitysputken mukaan. (10.) Jos putkien hinnaksi tulisi 10 €/m, niin koko putkiston hinnaksi tulisi 2005 €.

Putkiston painehäviön lasketaan yhtälöllä

$$\Delta p = \left(\lambda \times \frac{l}{d} + \Sigma \xi \right) \times \frac{1}{2} \times \rho \times w^2$$

jossa	Δp	painehäviö	Pa
	λ	vastuskerroin	
	l	putkiston pituus	m
	d	putken sisähalkaisija	m
	$\Sigma \xi$	kertavastuksien summa	
	ρ	tiheys	kg/m ³
	w	virtausnopeus	m/s

Painehäviöiden laskennassa putkipituus on tässä tapauksessa niin suuri, että kertavastuksien merkitys on pieni.

$$\Delta p = \left(0,03 \times \frac{201 \text{ m}}{0,0262 \text{ m}} \right) \times \frac{1}{2} \times 990 \text{ kg/m}^3 \times 1,14^2 \text{ m/s} = 152195 \text{ Pa}$$

Mitoitetaan pumpun tarvitsema teho, jolla pumppu pumppaa vettä putkistossa

$$P_{teor} = q_v \times \Delta p$$

jossa	P_{teor}	teoreettinen teho	W
	q_v	tilavuusvirta	m^3/s
	Δp	painehäviö	Pa

$$P_{teor} = 0,000616 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 152195 \text{ Pa} = 93,7 \text{ W}$$

Teoriassa pumppu vaatisi vajaa 94 W, jotta se jaksaisi siirtää nestettä putkistossa.



Kuva 12. Kiertovesipumppu Grundfos UPS 32–60 F 3-vaihe. (11.)

Valitsin kyseisen pumpun, koska sillä on kolme eri syöttötehoa: 120 W, 140 W ja 185 W. Pumpun ohjevähittäishinta on 1280 €. Todellinen tarvittava teho saadaan kun lasketaan pumpun hyötysuhde.

$$P_{tod} = \frac{P_{teor}}{\eta}$$

jossa	P_{tod}	todellinen teho	W
	P_{teor}	teoreettinen teho	W
	η	hyötysuhde	

$$\eta = \frac{93,7 \text{ W}}{185 \text{ W}} = 0,506$$

Jos kyseisen pumpun hyötysuhde olisi 50,6 % tai parempi, soveltuisi pumppu hyvin kyseiseen käyttöön.

Lasketaan pumpun kuluttama energia ja kustannukset 6 kk:n aikana

$$\frac{185 \text{ W} \times 24 \frac{\text{h}}{\text{d}} \times 180 \text{ d}}{1000 \text{ W/kW}} = 799,2 \text{ kWh}$$

$$799,2 \text{ kWh} \times \frac{0,15 \text{ €}}{\text{kWh}} = 119,88 \text{ €}$$

Ajatellaan että vastaavan sähkölämmitteisen verkoston rakentamiskustannukset olisivat samat, joten hintaero tulisi vain putkista ja käyttökustannuksista. Vastaavan alueen sähköinen sulanapito kustantaisi 6 kk:n aikana

$$15 \text{ kW} \times 0,15 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} \times 24 \text{ h} = 54 \text{ €/vrk}$$

$$54 \frac{\text{€}}{\text{vrk}} \times 180 \text{ vrk} = 9720 \text{ €}$$

Sähkölämmitteinen olisi 6 kk:n aikana huomattavasti kalliimpi kuin vastaava muuntamon jäähdytyslämmöllä tehty.

Vuotuinen tuotto olisi

$$9720 \text{ €} \div 119,88 \text{ €} = 9600,12 \text{ €}$$

Investoinnit olisi pumpun ja putkiston summa 3285 €, joten takaisinmaksuaika on

$$(3285 \text{ €} \div 9600,12 \text{ €}) \times 12 \text{kk} = 4,1 \text{kk}$$

5.2 Muita hyötykäyttömahdollisuuksia

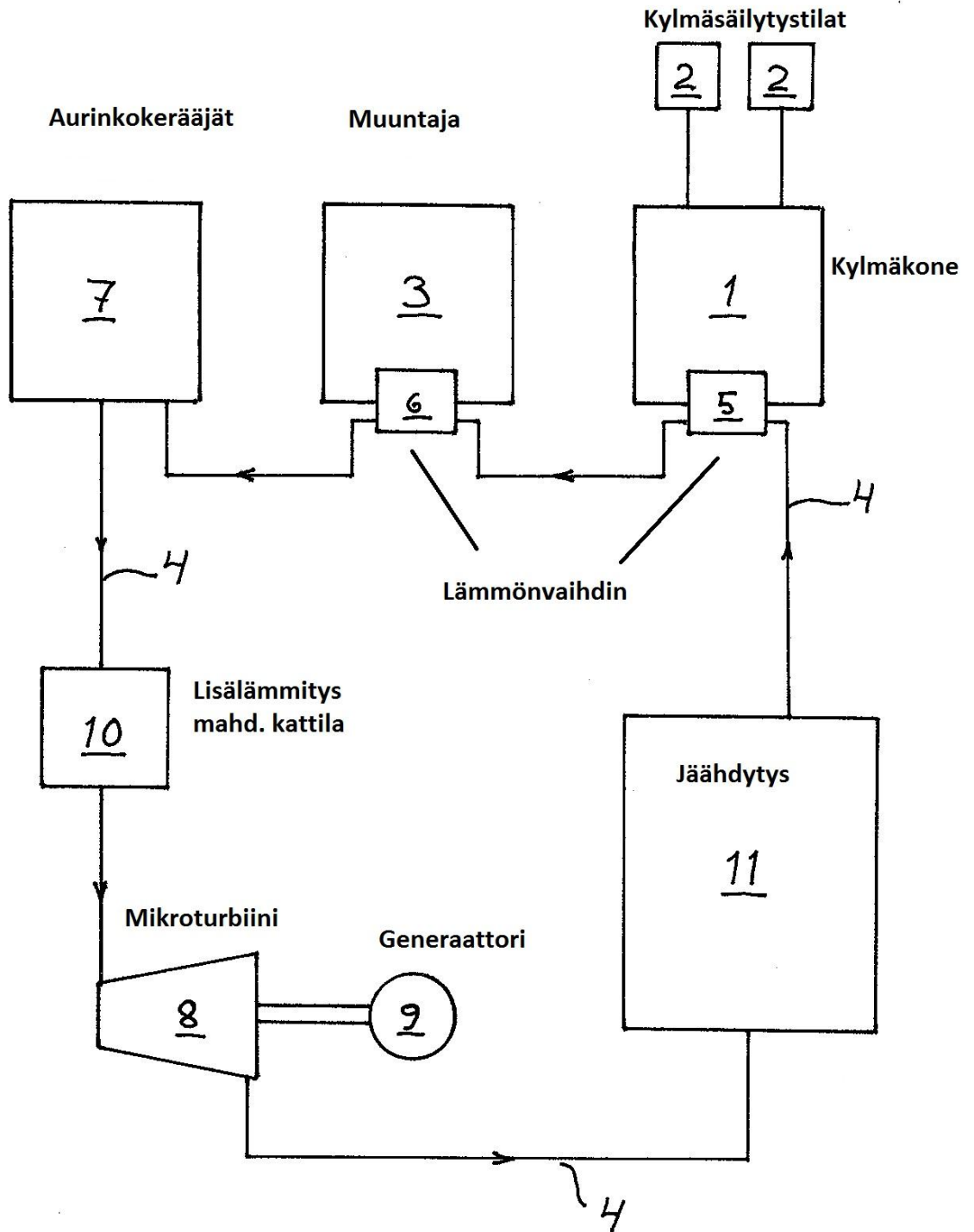
Mahdollisuus käyttöveden lämmittämiseen kuuluu vakiona hyötöjäähdyttimen ominaisuuksiin. Saatavan käyttöveden lämpötila olisi vakio eli 70 °C.

Lämmönjaosta saatavaa vettä voidaan hyödyntää myös sisätilojen lämmittämiseen pattereissa tai lattialämmityksessä. Yhdestä 1000 kVA:n muuntajasta saatavalla teholla voitaisiin lämmittää n. 150 m².

Rentrateg on kehittämässä uudenlaista energian talteenottojärjestelmää, johon tämä kyseinen muuntamo soveltuu hyvin. Kyseinen järjestelmä olisi suunnattu pääasiassa suurille liikekeskuksille, joissa on kylmäkoneilla jäähdytettäviä tiloja sekä ainakin yksi jakelumuuntaja. Keksinnön mukaisesti energian talteenottojärjestelmään kuuluu suljettu lämmönsiirtonestekierto. Ideaan kuuluu myös mahdollisuus lämmittää nestekiertoa aurinkokeräimillä ja niiden jälkeen lisälämmityslaitteella, joka voisi olla esimerkiksi kaasukäyttöinen lämmityskattila. Olennaista on kattilan nopea ja helppo käynnistys ja pysäytys jotta tarvittavaa lämmitysenergiaa saataisiin. (12.)

Alustavien laskelmien mukaisesti keksinnön mukaisessa järjestelmässä eri komponentit toimivat seuraavilla lämpötila-alueilla. Nestekierron lämpötila on 40 - 80 °C, esimerkiksi noin 50-70 °C ensimmäisen lämmönvaihtimen jälkeen. Nestekierron lämpötila on 80-160 °C, esimerkiksi noin 100-150 °C toisen lämmönvaihtimen jälkeen. Nestekierron lämpötila on 200-400 °C tai jopa yli 400 °C tehokkaan keskittävän aurinkoenergiakerääjän jälkeen. (12.)

Kyseiseen energian talteenottoon Rentrtek on myös kehittämässä Ekokem Oy:n kanssa jätteenpolttoa. Ajatuksena on, että tulevaisuudessa kauppakeskus ottaisi vastaan myös yhdyskuntajätteen. Asiakkaat toisivat jätekassin mukanaan ja mahdollista panttia vastaan, kuten pullot. Jätepisteessä jätteet kulkeutuisivat liukuhihnaa pitkin polttolaitokselle, jolla tulistetaan energiapiiriä. Turbiinin jälkeinen lämminnestä voitaisiin lauhduttaa parkki- ja ulkoalueiden sulanapidon avulla, kiinteistön lämmityksessä tai mahdollisesti varastoida rakennusten alle tehtyihin lämpöakkuihin sekä maalämpöreikiin uudelleen käyttöön otettavaksi. Täten kauppakeskus voisi tarjota mm. sähköautoille ilmaisen latauspisteen ja rakennus olisi sähkön ja lämmön suhteen oma-varainen. (12.)



Kuva 13. Energian talteenotto piiri. (12.)

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tarkoituksena oli miettiä mahdollisia hyötykohteita muuntamosta saadulle hukkalämmölle. Tarkoituksena oli myös tuoda esille, miksi uusi muuntamokoonpano on perinteistä parempi.

Uuden muuntamokonseptin hyödyt vanhaan verrattuna olivat huomattavat. Pelkästään sähkömagneettisuuden rajauksen takia, joka takaa turvallisen lähiympäristön ja samalla mahdollistaa muuntamon sijoituksen lähelle optimaalisinta asennuspaikkaa. Myös muuntajaan kytkettävissä oleva jäähdytysratkaisu on käytännöllinen ja siitä saatavaa hukkalämpöä hyödyntäen voi vuodessa saada säästöjä muista lämmityskustannuksista.

Lämmön hyötykäytön käytöstä joutuu laskemaan tulokset uudestaan tapauskohtaisesti, kun selviää monta muuntajaa, niiden tehot ja millaisia lämmityskohteita lähellä olisi. Suurimmat hyötykäyttöpaikat olisi lattialämmitys sekä talvisin piha-alueiden sulanapito. Suunnitteilla oleva energian talteenotto piiri olisi kyseisen muuntamon kannalta hyvä järjestelmä, hukkalämpö saataisiin tehokkaasti hyödynnettyä.

LÄHTEET

1. Kuvaaja: Jouko Järvinen, kuvattu 26.3.2013, Suuria seisovia pylväitä, pylväsgalleria [Viitattu 30.3.2013.]
<http://calm.iki.fi/tolpat/?p=kuva&id=6898>
2. Trafomic Oy. Muuntaja yleisesti. [Viitattu 30.3.2013.]
<http://www.trafomic.fi/muuntaja>
3. RT 92–10774, Muuntamotila rakennuksessa. Rakennustieto Oy. 2002. [Viitattu 30.3.2013.]
4. Verkostosuoritus RM 3:02, Kaapeliliitännäinen verkonhaltijan muuntamo. Sähköenergialiitto ry. [Viitattu 30.3.2013.]
5. Rentrategin muuntamo esitteet. [Viitattu 15.3.2013.]
6. Rentrateg Oy. Yleistä tietoa rEMCI-muuntajasta. [Viitattu 1.4.2013.]
<http://www.rentratek.fi/tiedostot/12.pdf>
7. Rittal Oy. Hyötöjäähdytin esite. [Viitattu 1.4.2013.]
http://www.rittal.fi/services_support/pdf/Esitteet/Hyotojaahdytin_esite.pdf
8. Rittal Oy. Ekomuuntamon tuotesivu. [Viitattu 28.3.2013.]
<http://www.rittal.fi/products/ekomuuntamo.html>
9. ST - kortti 55.16. Rakennuksissa käytettävät lämmityskaapelit. 2006. Sähkötieto Ry. [Viitattu 2.4.2013.]
10. Taloon rautakauppa. Tuotetiedot putkisto. [Viitattu 20.4.2013.]
<http://www.taloon.com/lammitysputki-32x2-9-100m/LVI-2012479/dp>
11. Taloon rautakauppa. Tuotetiedot kiertovesipumppu. [Viitattu 20.4.2013.]
<http://www.taloon.com/kiertovesipumppu-grundfos-ups-32-60-f-3-vaihe/LVI-4615404/dp?openGroup=6180>
12. Rentrategin energian talteenottopiirin tiedotteet. [Viitattu 7.5.2013.]