



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

VULKANOINTILINJAN ENERGIATEHOKKUUDEN TARKASTELU

Riku Viheriäkoski

Opinnäytetyö
Helmikuu 2016
Talotekniikan koulutus
LVI-talotekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Talotekniikan koulutus
LVI-talotekniikka

Riku Viheriäkoski:
Vulkanointilinjan energiatehokkuuden tarkastelu

Opinnäytetyö 39 sivua, joista liitteitä 6 sivua
Helmikuu 2016

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli tarkastella Nokian Renkaat Oyj:n Nokian-tehtaan kevyiden renkaiden paistolinjan eli vulkanointilinjan hukkalämmön hyödyntämistä. Nokian-tehtaan henkilöautorenkaiden paistolinja koostuu raakarenkaita noin 200°C:n höyryllä vulkanoivista paistopuristimista, jotka luovuttavat ympäristöönsä runsaasti lämpöä.

Opinnäytetyö tehtiin Nokian Renkaat Oyj:n toimeksiannosta. Nokian Renkaat Oyj valmistaa ja suunnittelee henkilöautorenkaita. Konserniin kuuluu myös raskaiden renkaiden yksikkö, joka valmistaa ja suunnittelee renkaita mm. kuorma-autoihin. Vianorin renkaiden huolto- ja jälleenmyyntiketjun on niin ikään myös osa Nokian Renkaat-konsernia.

Työ jakaantuu hyödynnettävien lämmönlähteiden tarkastelun puolesta kahteen osaan ilmanvaihdon mukana kulkevaan lämpöön ja renkaiden paistossa käytetystä höyrystä syntyvän lauhteen hyödyntämiseen. Lämmönlähteitä vertailtiin keskenään sen perusteella, kumpaa olisi kannattavampi hyödyntää paistoon tuotavan ulkoilman lämmittämiseen.

Nykyisin tehtaan ilmastoinnin poistojärjestelmässä on lämmöntalteenotto. Poistoilma on hyvin likaista, sillä renkaiden paistosta siihen tarttuu öljymäisiä epäpuhtauksia, jotka tekevät lämmöntalteenoton käytöstä lähes mahdotonta. Höyryn lauhde, on nykyisellään lähes hyödyntämättä. Lauhteen energiasisältöä lähdettiin analysoimaan höyryn ja kylmän veden entalpian kautta ja saadut tulokset ovat matemaattisia arvioita. Lisäksi työssä pohditaan myös Nokian tehtaan kokonaisenergiatehokkuuden parantamista, esimerkiksi taloteknisten automaattioratkaisujen avulla.

Saatujen tulosten perusteella on mielestäni kannattavampaa keskittyä lauhteen hyödyntämiseen, kuin alkaa kehittämään mahdollisesti hyvinkin monimutkaista lämmöntalteenottoa ilmastointiin. Olisi tietenkin hyvä varmistaa myös käytännössä lauhteen energiasisältö, ennen investointeja.

Asiasanat: kumiteollisuus, lämmöntalteenotto, energiatehokkuus, höyrytekniikka

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Building services
HVAC

Riku Viheriäkoski:
Energy efficiency review in to a tyre vulcanisation line.

Bachelor's thesis 39 pages, appendices 6 pages
February 2016

The goal of the work is to look at the waste heat recovery of the Nokian Tyres Oy's Nokias factory's sedan tyre vulcanisation line PC1.

This thesis was commissioned by Nokian Tyres Oy. Nokian Tyres designs and manufactures tyres and tyre coatings for sedan cars. The concern also includes heavy tyre production unit and Vianor a tyre retail company.

The vulcanisation line consists of tyre curing presses that utilizes approximately 200 °C steam and gives to the surrounding air plenty of heat.

The theses concentrates on two sources of energy, first one being the transfer heat removed from the process by the air conditioning and the other being the energy of the steam condensate originating from the tyres curing mold system. Presently the air-conditioning has a heat recovery, but the impurities in the exhaust air make it impractical to use. At the moment large part of the steam condensate is virtually untapped.

Both heat sources were compared and then decided which would be more profitable to use as the heat source to warm up air-conditioning intake air. In the light of the results I would be inclining towards the utilising the energy in the condensate. Simply because it has more energy and in a more accessible form, also the air-conditioning might need a new heat recovery unlike any on the market.

In addition, ideas for improving the overall energy efficiency of the Nokia plant were also looked at.

Key word: rube industry, heat recovery, energy efficiency, steam technology

SISÄLLYS

1. JOHDANTO	6
2. TEORIA.....	8
2.1. Höyry	8
2.2. Entalpia.....	9
2.3. Lämmöntalteenotto	9
3. PAISTOPURISTIMEN RAKENNE	10
4. PROSESSIN ENERGIIVIRRAT	13
4.1. Ilmanvaihto	14
4.2. Rengas	14
4.3. Lauhde	15
4.4. Höyryakku	15
5. LASKUT	16
5.1. Kaavat	16
5.2. Höyryn energia.....	17
5.3. Renkaiden energia.....	20
5.5. Tuotantotilanteen energian kulutus	23
6. JOHTOPÄÄTÖKSET	26
6.1. Ilmanvaihdon LTO	26
6.2. LAUHTEEN HYÖDYNTÄMINEN	27
6.3. Laskut.....	28
6.4. Lopputulos.....	29
7. ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISPOHDINTAA	30
7.1. IV:n LTO	30
7.2. Maalämpöpumppu.....	30
7.3. Absorptiohöyrystin	31
7.4. Tehtaan energiatehokkuus	31
LÄHDELUETTELO	32
LIITTEET	34

LYHENTEET JA TERMIT

p – Paine (bar)

V – Tilavuus (m^3)

J – Joule, energianyksikkö (Nm)

W – Watti, työn/tehonyksikkö (J/s)

c_p – Ominaislämpökapasiteetti (kJ/kgK)

H – Entalpia (kJ/kg)

m - Massa (kg)

m' – Massavirta (kg/s)

bar – Paineen yksikkö (100 kN/m^2)

ΔT - Lämpötilan muutos ($^{\circ}\text{C}$)

U – Sisäenergia (J)

Q – Lämpöenergia (kJ/s)

LTO – Lämmöntalteenotto

IV - Ilmanvaihto

1. JOHDANTO

Opinnäytetyö tehdään Nokian Renkaiden toimeksiannosta ja päämääränä on ratkaista mistä lähteestä kannattaa suurin osa Nokian Renkaiden kevyiden renkaiden paiston tuloilman lämmitysenergiasta ottaa. Vaihtoehtoina tuloilman lämmitysenergian lähteinä on paistosta poistettava likainen ilma ja siitä LTO-piirillä kerättävä lämpö tai osasta paistoprosessissa käytetystä höyrystä ja lauhteesta saatava lämpö.

Paiston tilat ovat hallimainen ja suurimmaksi osaksi 1968 tehty betonirakenteinen suuri avointila, jossa on myös muutamia kokoonpano koneita. Hallin päässä on myös osittain seinällä erotettu paistonlaajennus, joka rakennettiin 1997. Tässä tilassa on noin 30 paistopuristinta ja suuret avattavat ovet, joita pidetään kesäisin auki auttamaan tilan viilennystä.

Paistopuristinten päällä oleva ilmatila on eristetty paksuilla verhoilla, jotka estävät niin lämmön kuin paiston aikana ilmaan tulevien epäpuhtauksien kulkeutumisen muualle. Nämä verhot myös pitävät huolen siitä, että paistoprosessin hukkalämpö kulkeutuu paiston IV-koneisiin.

Kaikki työssä käytettävät arvot on saatu Nokian Renkaiden mittareista tai keskusteluista Nokian Renkaiden henkilökunnan tai AX-Suunnittelun henkilökunnan kanssa. Lukuun ottamatta kokemusperäiseen tietoon kuuluvia arvoja, kuten höyryn entalpia, joka taas on saatu piirroksista.

1600-luvulla Ranskassa Denis Papin kehitti ensimmäisen männällisen höyrykoneen, joka pystyi siirtämään männän poikittaisliikkeen vauhtipyörälle. Vauhtipyörä taas tasoitti höyrykoneen tuottoa ja mahdollisti hihnojen avulla liike-energian siirron muihin laitteisiin ja pidempien matkojen päähän. Höyrykoneen keksiminen synnytti lopulta teollisenvallankumouksen ja nykyisen kaltaisia tehtaita kyettiin luomaan. /2/

Lähtökohtaisesti nykyisen ja historiallisen höyryvoiman käytön erona on, että nykyään teollisuudessa höyryä käytetään pääosin lämmönsiirrossa, kun taas aikoinaan käyttö oli huomattavasti moninaisempaa. Polttomoottorit ja sähkömoottorit ovat pienuudellaan ja yksinkertaisuudellaan syrjäyttäneet höyrykoneet laitteiden liike-energian lähteenä. /2/

Nokialla on pitkä historia höyryvoiman käytössä. Kun Suomen Gummitehdas Oy 1900-luvun alussa perusti tehtaan Nokialle Emäkosken rantaan, oli tuolloin laitteiden käyttövoimana ja kumin vulkanoimiseksi käytössä höyry. Sittenmin tehdas on jatkanut kasvuaan pitkin Emäkosken rantaa ja renkaiden valmistus siirtyi -42 valmistuneeseen osaan. Suomen Gummitehdas Oy vaihtoi nimensä yritysostojen yhteydessä Nokiaksi. Lopulta 1988 useaksi eri yritykseksi jakautuneesta Nokia Oy:stä irtautui myös Nokian Renkaat Oyj. Höyrynkäyttö siirtyi uusien laitehankintojen myötä yhä enemmän yksinomaan kumin vulkanoimisessa tarvittavan lämpötilan aikaansaamiseen. /5/

2. TEORIA

2.1. Höyry

Höyry eli veden kaasumainen olomuoto, muodostetaan voimalaitoksessa vettä kuumentamalla, yleensä prosessin aikana myös höyryn paine kasvaa lämpötilan noustessa. Höyryn erinomainen energian siirtokyky johtuu veden faasimuutoksesta vedestä höyryksi, jossa siihen sitoutuu 2258 kJ ja höyry vapauttaa samaisen energian lauhtuessaan takaisin vedeksi. Faasimuutoksen aikana veden lämpötila ei muutu. Verrattaessa esimerkiksi 0-asteisen veden lämmittämistä 100 asteiseksi, varautuu veteen vain 470 kJ. Höyryn paineen ja lämpötilan kasvaessa faasimuutoksen aikana varastoitunut energia ei juurikaan kasva merkittävästi. Höyryä voidaan tulistaa esim. teollisen prosessin vaatiessa joko korkeampaan paineeseen tai lämpötilaan, tulistuksen aikana höyryn sisältämä energia ei kuitenkaan juuri nouse verrattuna faasimuutoksen energiaan.

Höyryn siirrossa ja käytössä syntyy aina lauhdetta, eli nestemäiseksi vedeksi lauhtunutta höyryä. Siirrossa höyry lauhtuu putkistoissa olevien häviöiden ansiosta ja se pitää poistaa järjestelmästä. Yleensä höyry pyritään käyttämään täysin prosessin aikana, jolloin jäljelle jää vain nestemäistä vettä, joissakin tapauksissa tämä tarkoittaa, että lauhdesta erotetaan vielä matalapainehöyryä uudelleen käytettäväksi. Useimmiten prosessista jäljelle jäävä lauhde johdetaan takaisin uudelleen höyryksi tuotettavaksi. Koska yleensä höyry on paineistettua, lauhde on paineen vaikutuksesta vettä, mutta päästyään pois paineen alaisuudesta muuttuu se välittömästi höyryksi. /3/ Höyryllä on monia hyödyllisiä ominaisuuksia muihin vastaaviin lämmönsiirtoaineisiin verrattuna kuten, palamattomuus, halpuus ja erinomainen tehojen siirtokyky. /12/

2.2. Entalpia

Entalpialla (H) kuvataan, jonkin järjestelmän sisäisen energiamäärän muutosta. Entalpien laskemiseen käytetään massaa tai massavirtaa, ominaislämpökapasiteettia ja lämpötilan muutosta. Myös samaisen järjestelmän entalpien muutoksia voidaan tarkastella, kun tiedetään sen prosessiin tulo ominaislämpökapasiteetti, massa ja lämpötila ja samat prosessista poistuvasta järjestelmästä. Tämä pätee esim. höyryllä, kun tiedetään prosessiin tuleva paine, lämpötila ja massa, sekä poistuvan lauhteen paine ja lämpötila, massa ei höyryprosesseissa yleensä häviä. Höyryn energiasisältö entalpiana (kJ/kg) saadaan laskemalla yhteen nestelämpö, höyrystyslämpö ja tulistuslämpö. /12/

2.3. Lämmöntalteenotto

Lämmöntalteenottoa käytetään siirtämään lämpöä haluttuun suuntaan systeemissä niin, että energiatehokkuus paranee, eikä lämpö joudu sinne missä sitä ei tarvita esim. ulkoilmaan talvipakkasella. LTOon tämän työn tapauksessa miltei yksinomaan ilmastointiverkossa olevaa patteriverkostoa, jolla kierrätetään vettä tulo- ja poistoilman välillä. Tarkoituksena on kerätä poistuvasta poistoilmasta sen tehdastilasta mukanaan tuomaa lämpöä ja siirtää sitä lämmittämään kylmää tuloilmaa.

Tämän työn tapauksessa ilmanvaihdon lämmöntalteenotossa, on laitteiston iän ja sijainnin takia poistoilman LTO-patterit ja tuloilman LTO-patterit erillään toisistaan, mutta patterien välillä virtaa neste, jossa lämpöä siirretään. Tämän tyylisten erillisten LTO-patterien lämmönsiirron hyötysuhde poistoilmasta tuloilmaan on muihin vaihtoehtoihin nähden huono. Uusissa järjestelmissä noin 30 % lämmöstä saadaan siirrettyä. Ilman tulo- ja poistoaukot ovat aseteltu siten, ettei toisenlainen LTO-ratkaisu olisi mahdollinen ilman suuria rakenteellisia muutoksia.

/4/

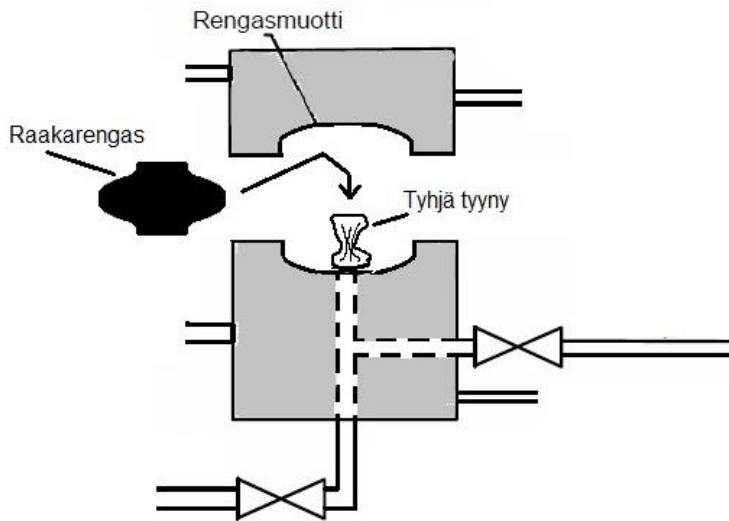
3. PAISTOPURISTIMEN RAKENNE

Nokian Renkaiden Nokian tehtaalla kevyiden renkaiden paisto koostuu 85 paistopuristimesta, joista jokaisessa on kaksi rengasmuottia eli 170 paistopaikkaa. Tehtaassa on käytössä erivuosina valmistettuja puristimia, mutta konekanta on aktiivisesti uusittu.



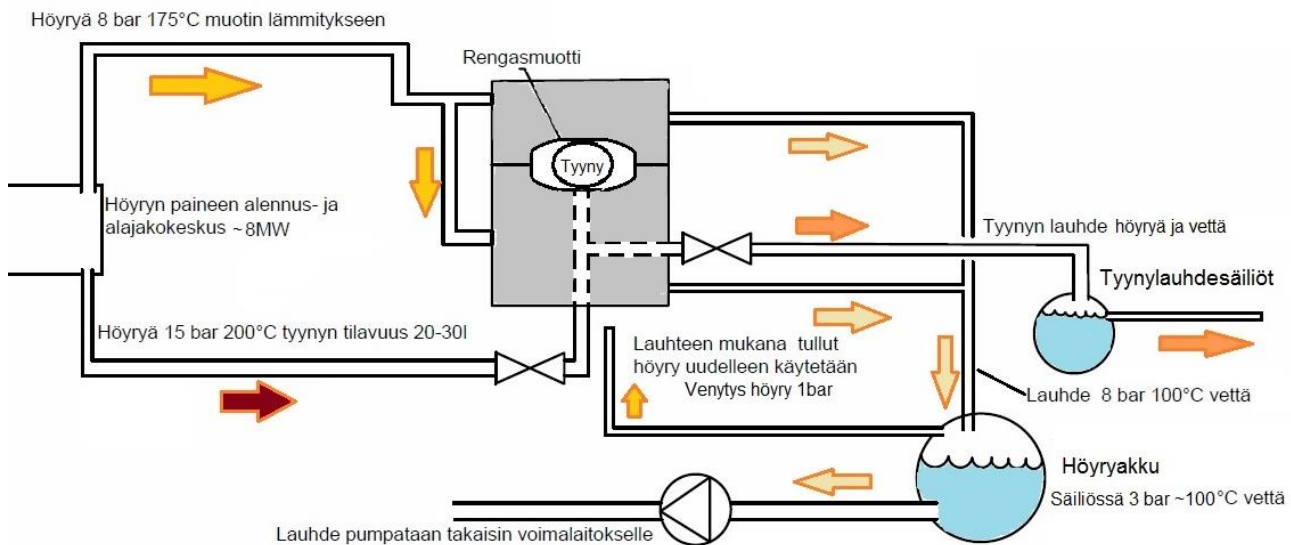
Kuva 1 Renkaiden paistopuristin /2/

Rengasmuotti koostuu kahdesta osasta, kuten kuvasta 1 voi nähdä. Puristimen yläosan sisällä olevat muottisegmentit puristuvat kasaan yläosan laskeuduttua alaosan päälle ja näin luo yhtenäisen muotin. Alaosan keskellä näkyy koroke, jonka sisällä on tyyny. Tyynyn tehtävän on täyttyä höyrystä ja puristaa raakarenaan muotin kuviota vasten ja pakottaa renkaan oikeaan muotoonsa.



Diagrammi 1 Paistopuristin auki /1/

Diagrammissa 1 kuvataan auki olevaa paistopuristin, johon asetetaan raakarengas. Raakarengas muistuttaa ulkonäöltään karkeasti väärinpäin käännettynä rengasta. Raakarengas asetetaan niin, että muotin keskellä oleva tyhjä tyyny tulee sen keskelle.



Diagrammi 2 Paistopuristimen toimintaperiaate /1/

Voimalaitokselta tulee höyryä 8 MW teholla ja 10 tn/h massavirralla, kummatkin on mitattu mittareista, jotka sijaitsevat alajakokeskuksella. Se jakaantuu noin 60/40 suhteella kahdeksi eri energiasisältöiseksi höyryksi eli 6tn/h 8 barista 175 °C ja 4tn/h 15 barista 200 °C höyryä.

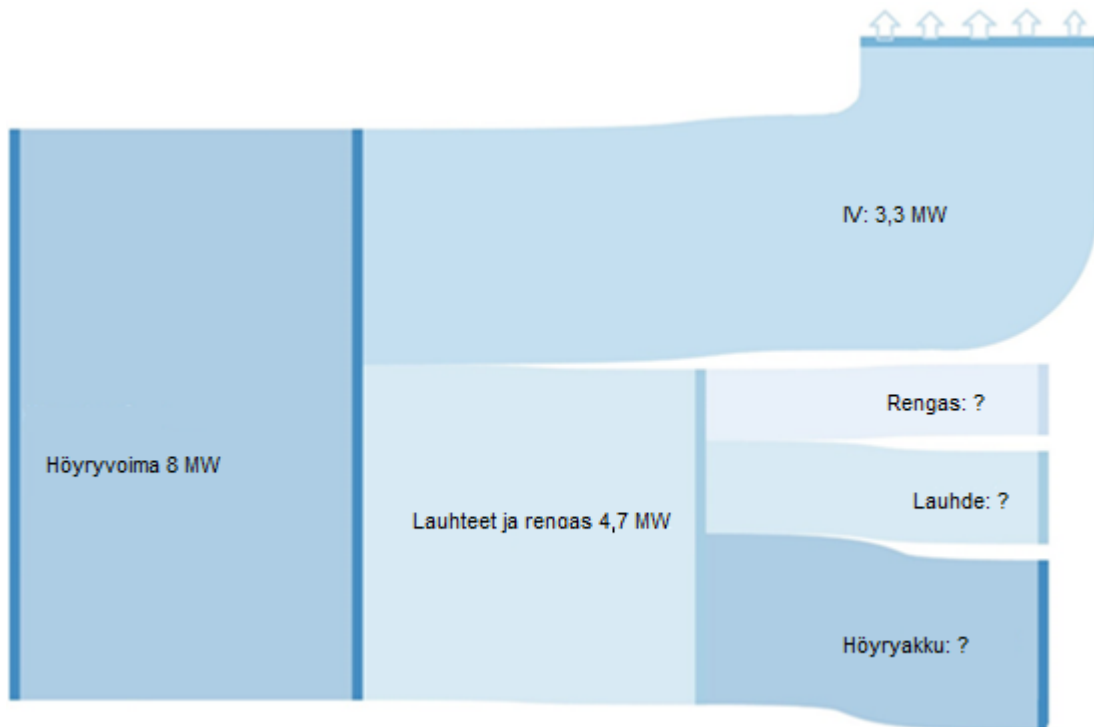
Muottia lämmitetään sekä ylhäältä, että alhaalta 175 °C 8 barin höyryllä, kuten diagrammi 2 osoittaa. Höyry lämmittää muotia niin, että raakarenaan kohdatessa muotin se ottaa muotin muodon.

Lauhde johdetaan muotin ylä- ja alapuolelta höyrykulle 8 barin paineessa olevana kylläisenä vetenä. Höyrykulta tyhjennetään 10 min välein 650 l lauhdetta palautettavaksi höyryvoimalaitokselle Eli kun tiedetään höyrykunun pinnankorkeuden muutos ja säiliön mitat, saadaan sekuntikellolla mitattua pumpun käyntiaika, noin 3 min. Näiden tietojen perusteella voidaan laskea, kuinka paljon lauhdetta kerralla siirretään. Osa höyrykulle päätyneestä höyrystä käytetään vielä noin 1 barin paineisena pitämään tyynyä muodossaan, mutta lämpöön sillä ei juuri ole merkitystä. Liitteessä 2 on paistopuristimen toiminta selitetty yksityiskohtaisesti askel askeleelta.

15 barista 200 °C höyryä käytetään tyynyhöyrynä, jolla täytetään muotin sisällä oleva tyyny. Tyyny puristaa raakarenaan muottia vasten ja muotista syntyy valmiin renkaan kuviointi, sekä oikea muoto. Renkaan paisto kestää keskimäärin noin 13 min ja paiston jälkeen renkaan lämpötila on noin 175 °C. Höyry lauhtuu osittain kylläiseksi vedeksi, joka paistoprosessin aikana poistetaan tyynystä lauhteenpoistimilla. Paistoprosessin lopuksi tyynyn kanssa kosketuksissa ollut höyryn ja lauhteen seos johdetaan lauhdesäiliölle, joista se nykyisellään päättyy viemäriin sellaisenaan. Tämä lauhde, toisin kuin 8 barin höyryn lauhde, joutuu kosketuksiin tyynyn kumin kanssa jolloin mukana kulkeutuu pieniä kumipartikkeleita. Eli lauhde pitäisi vielä suodattaa, jotta se voitaisiin palauttaa höyryvoimalaitokselle, mikä ei olisi taloudellista.

15 barin höyryn energiasta suurin osa kulkeutuu lauhdesäiliöön, sillä tyynyhöyryn tarkoitus on vain painaa rengasta muottia vasten ja se vaihdetaan ainakin kerran paiston aikana. Työn kannalta 15 barin lauhde on erittäin merkittävä, sillä sen hyödyntämistä tarkastellaan tuloilman lämmittämiseen.

4. PROSESSIN ENERGIIVIRRAT



Diagrammi 3 Paistolinjan energiavirrat alkutiedoilla

Diagrammissa 3 kuvataan Nokian Renkaiden henkilökunnalta keskusteluissa saatujen lämpövirtojen kulkua. Höyryvoiman eli voimalaitoksen tuotoksi saadaan noin 8 MW:n edestä höyryä ja AX-Suunnittelun tekemän IV-raportin mukaan ilmanvaihdon kautta kulkee noin 3,3 MW:a lämpöä. Näin ollen 4,7 MW:a poistuu prosessista, joko renkaan mukana, tyynyhöyryn lauhteena tai palautettavaksi muottihöyryn lauhteena höyryakun kautta voimalaitokselle. /1/

4.1. Ilmanvaihto

Käytössä oleva IV-järjestelmä on osittain yli 40 vuotta vanha, mutta laitteita on ajoittain uusittu. Järjestelmä koostuu erillisistä tulo- ja poistoilmayksiköistä. Renkaiden paistosta tarttuu runsaasti rasvaisia epäpuhtauksia ilmaan ja nämä tukkivat 20 vuotta vanhat LTO-laitteet, tehden ne enemmänkin esteeksi kuin hyödylliseksi järjestelmän osaksi.

Periaatteessa puolet energiasta, joka höyryn muodossa prosessiin tuodaan, siirtyy ilmaan. Paistopuristimelta lähtevä rengas jäähdytetään kohdepoistolla, joka siirtää lämpöä renkaasta IV laitteiden poistoon. Poistoilmaan sitoutunut lämpö koostuu renkaan jäähdyttämisestä $175\text{ }^{\circ}\text{C}$ -> $75\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja valtaosin paistopuristinten lämmön johtumisesta sekä vuodoista. Ilmastoinnin hukkalämpö on toinen vaihtoehto tuloilman lämmittämiseen. Tosin se vaatii muutoksia nykyisessä ilmastointijärjestelmässä, kuten mahdollisesti uudet LTO-patterit.

4.2. Rengas

Renkaaseen sitoutuu paljon energiaa lämmön muodossa ja se kulkeutuu paistotilasta pois renkaiden mukana. Valmis rengas nostetaan puristimesta kohdepoiston alle, jossa renkaan läpi imetään ilmaa, näin viilentäen sen lämpötilaa noin $100\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rengas jatkaa matkaansa lopputarkastukseen, jossa sen on oltava juuri niin lämmin, että käsineillä sitä voi kosketella. Renkaan mukana kulkeutuu noin $75\text{--}70\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpöä, jonka voidaan ajatella olevan pois ilmastoinnin lämpökuormasta.

4.3. Lauhde

Tämän työn kannalta olennaisin energiavirta on 15 barin paineessa olevan tyynyhöyryn lauhteen mukana kulkeva energia. Se on ainoa energiavirta, josta ei myöskään ollut mitään alkutietoja. Tyynyhöyryn lauhde johdetaan nykyään kahteen eri lauhdesäiliöön, joista se säiliön täytyessä kulkeutuu ylivuotoputken kautta viemäriin. Kaikki energia, mitä lauhteeseen on sitoutunut, menee nyt hukkaan.

Tyynyhöyryn lauhdetta harkitaan käytettävän myös paiston tuloilman lämmittämisen. Hyvänä puolena mainittakoon veden hyvä lämmönluovutus kyky, joka on nelinkertainen ilmaan nähden. Lauhteen hyödyntäminen riippuu sen määrästä. Jos lauhteessa ei ole paljoa energiaa, ei sitä kannata pumpata katolle tuloilman lämmittämiseksi. Jos energiaa kuitenkin jonkin verran jää käyttämättä, voisi sitä hyödyntää muualla lämmityksessä.

4.4. Höryakku

8 barin höyryn lauhde, jolla lämmitetään puristinten muotit ja kaikki lauhde, joka ei joudu kumin kanssa tekemisiin päätty lauhduttuaan höryakulle. Höryakun tarkoitus on toimia lauhdesäiliönä sekä paisuttaa sinne päätyneestä höyrystä vielä muutaman barin paineessa olevaa venytshöyryä, jota käytetään pitämään tyyny muodossaan, paistamisten välillä. Höryakun säiliön saavutettua tietty pinnankorkeus pumpataan lauhdetta takaisin höyrylaitokselle. Tämä tapahtuu noin 13 min välein.

5. LASKUT

5.1. Kaavat

Entalpia H

$$H = U + p * V$$

Sisäenergia U

$$U = m' * c_p * \Delta T$$

Lämpöenergia Q

$$Q = m' * c_p * \Delta T$$

$$Q = H * m'$$

/3/

ρ – Tiheys kg/m³

c_p – Ominaislämpökapasiteetti (kJ/kgK)

h – Entalpia (kJ/kg)

V – Tilavuus (m³)

m' – Massavirta (kg/s)

ΔT - Lämpötilan muutos (C°)

U – Sisäenergia (J)

Q – Lämpöenergia (kJ/s)

Jos käytössä ei ole H, S-piirrosta voidaan entalpia myös laskea, yllä olevien kaavojen mukaan. Kun entalpia on tiedossa prosessin alussa sekä sen lopussa, tiedetään kuinka paljon energiaa prosessin eri vaiheissa on ja sen mukaisesti miettiä minne energia on johtunut tai varautunut.

5.2. Höyryn energia

Nokian Renkaiden henkilökunnalta saatujen alkutietojen mukaan täyden kapasiteetin tilanteessa höyryä saadaan voimalaitokselta 8 MW verran 10 tonnia tunnissa, tämä muutettuna kiloiksi sekunnissa, joka on noin 2,8 kg/s. Höyry tulee 15 barin paineella alajakokeskukselle, jossa noin 60 % paine alennetaan 8 bariin. Paineen alentuessa höyry myös menettää lämpöään noin 25 °C eli 200 °C – 175 °C.

AX-Suunnittelu oli mittausten perusteella saanut prosessin jälkeen vapautuvan lauhteen paineeksi 8 baria. /9/

8 barin höyry lauhtuu vielä höyryakulla 3 bariseksi, mutta se ei enää vaikuta itse prosessin entalpiaan.

Taulukko 1 Prosessin tiedot

Faasi	Paine		Massavirta		Entalpia		Lämpötila °C
Höyry	8bar	m'1	1,67	kg/s	h1=	2767 kJ/kg	175
Höyry	15bar	m'2	1,11	kg/s	h2=	2793 kJ/kg	200
Kylläinen vesi	8 bar	m'3	1,67	kg/s	h3=	740 kJ/kg	175

Taulukon 1 on eritelty höyryjen ja lauhteiden sekä näiden avulla saadut entalpien arvot on taas luettu Spirax Sarcon H, S-piirroksesta (Liite 1). Taulukon 1 arvot ovat lähtöarvoja, joiden avulla saadaan laskettua energiavirrat höyryjen ja lauhteen energia virrat.

Laskemalla taulukon 1 tiedoista kaavalla $Q=h \cdot m'$ saadaan energiavirrat 8 bar höyrylle ja prosessin jälkeen lauhteelle.

Taulukko 2 8bar höyryyn, lauhteeseen ja ilmastointiin sitoutuneet energiat

Energiavirta	8bar	höyry
$h1 \cdot m'1$	4612	kJ/s
Kulutus		
Lauhteen energia		
Kylläinen vesi 8 bar		
$h3 \cdot m'3$	1233	kJ/s
Ilmanvaihtoon kulkeutuva energia		
$h1 \cdot m'1 - h3 \cdot m'3$	3378	kJ/s
	3,4	MW

Taulukossa 2 on laskettu 8 barin höyryn prosessiin tuoma energia ja kylmän veden eli lauhteen pois kuljettava energia, näiden kahden erotuksesta taas saadaan ilmanvaihtoon siirtyvä energia.

Kaikki energia, mitä 8 bar höyry tuo prosessiin ja joka ei jää lauhteeseen, siirtyy ilmaan tai renkaaseen eli 3,4 MJ/s. Kylmän 8 barin paineessa oleva vesi kykenee sitomaan vain noin 1,2 MW lämpöä. Tieto on olennainen kokonaisenergia virtojen hahmottamiselle, diagrammissa 4.

Taulukon 1 arvot 15 barin höyrylle sijoitetaan kaavaan $Q=h \cdot m'$ ja näin saadaan höyryn energiasisältö.

Taulukko 3 15 bar höyryn energiasisältö

Energiavirta	15bar	höyry
$h_2 \cdot m'$	3103,8	kJ/s
Ei lauhdetta		
	3,1	MW

Taulukon 3 lasku on yksinkertaisempi kuin taulukossa 2, sillä 15 barin höyryn häviöt ovat suhteellisen pienet, niitä ei huomioida ja lauhde sekä höyry johdetaan lauhdesäiliöön kokonaan. Näin saatu tarkkuus on työn päämäärän osalta riittävä. Toisin sanoen, kaikki energia, joka höyryn mukana tulee, oletetaan siirtyvän lauhdesäiliöille. 15 barin lauhteen mukana siis kulkeutuu noin 3,1 MW lämpöä. Tieto on tärkeä kokonaisenergiavirtojen hahmottamiselle, diagrammissa 4, sekä toinen työn kannalta tärkeä energian arvo työn päämäärää, eli tuloilman lämmitystä silmällä pitäen.

5.3. Renkaiden energia

Taulukossa 4 on laskettu renkaiisiin varastoituvaa energiaa. Koska tiedetään, että viilennyksen jälkeen renkaiden lämpötila laskee noin 75 celsiuskseen (poikittainen viiva taulukossa) voidaan renkaiden mukana prosessista poistuva energia laskea viivan alapuolisilla arvoilla.

Renkaiden materiaalin ominaislämpökapasiteetti käyttäytyy eri lämpötilassa eri tavalla. Huoneenlämmössä, eli noin paistotilan lämpötilassa C_p , on noin 1,5 kJ/kg K ja paistolämpötilassa C_p on noin 2,5 kJ/kg K. Tässä yksinkertaisessa taulukossa pyritään mallintamaan sitä laskemalla useassa kohdassa eri C_p arvolla ja laskemalla saadut arvot yhteen. Ominaislämpökapasiteetista (C_p) vähennetään 0,067, jotta saadaan se jaettua 15 laskentapisteelle.

Taulukko 4 Renkaan energia

Keskimääräinen renkaan paino on $m=11,28\text{kg}$

Aika on 15 min muutettuina tunneiksi $t_2=0,2167\text{h}$ ja aika suhteutettuna 15 pisteeseen $t_1=0,014\text{h}$.

Q=m*Cp*T1-T2				
Q	Lämpö	T1-T2	Cp	Energia
Q1	175	1	2,5	28,20
Q2	165	10	2,4	274,48
Q3	155	10	2,4	266,96
Q4	145	10	2,3	259,44
Q5	135	10	2,2	251,92
Q6	125	10	2,2	244,40
Q7	115	10	2,1	236,88
Q8	105	10	2,0	229,36
Q9	95	10	2,0	221,84
Q10	85	10	1,9	214,32
Q11	75	10	1,8	206,80
Q12	65	10	1,8	199,28
Q13	55	10	1,7	191,76
Q14	45	10	1,6	184,24
Q15	35	10	1,6	176,72
Yhden renkaan kokonaisenergia				3186,60 kJ
170kpl renkaan kokonaisenergian				541722 kJ
			eli	541,722 MJ

Taulukossa 4 on laskettu muuttuvan ominaislämpökapasiteetin takia raakarenkaan lämpötilaa useassa eri lämpötilassa paistamisen aikana, jotta saadaan käsitys renkaaseen sitoutuvan energian määrästä.

Taulukko 5 Renkaaseen jäävä energia

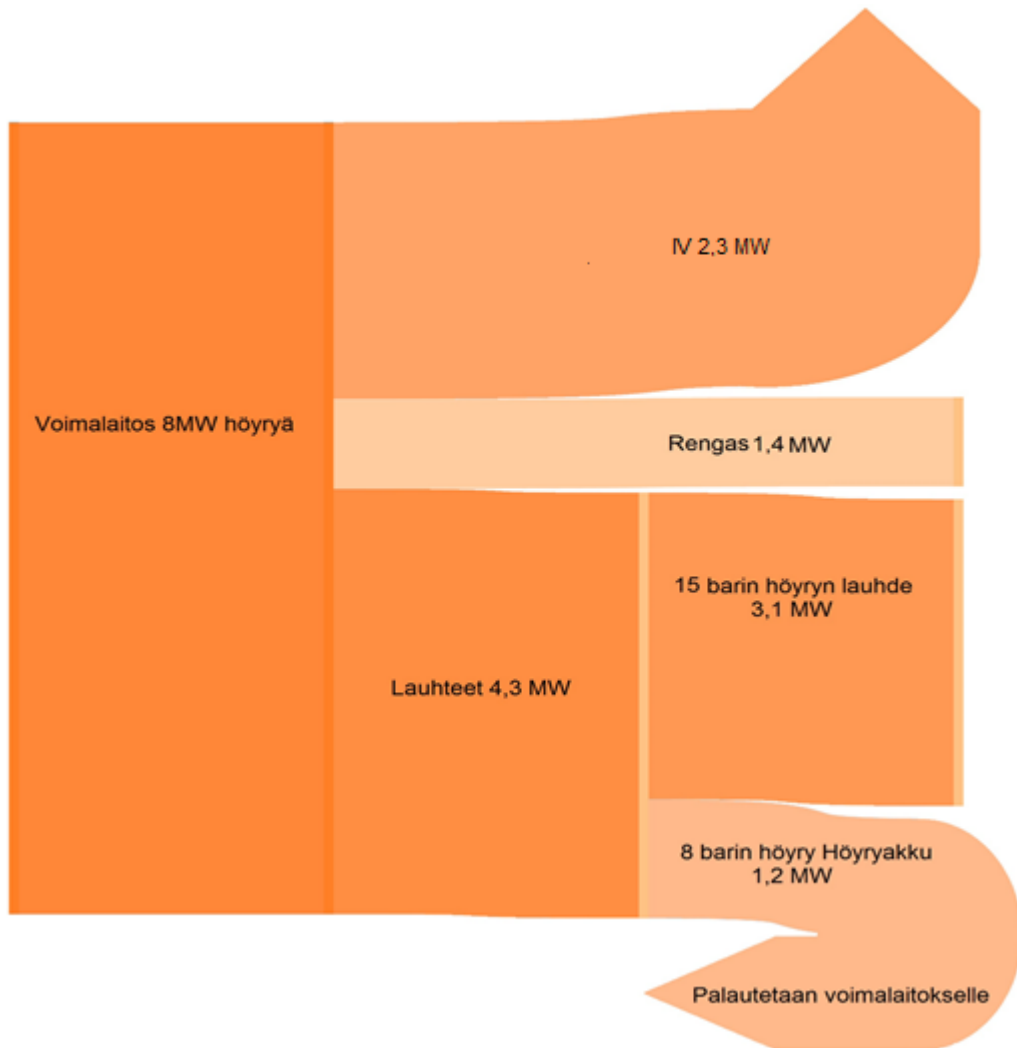
Rengasta jäädytetään 100 astetta			
Renkaaseen jäävä energia			
$Q=m \cdot C_p \cdot T_1 - T_2$			
Lämpö	C_p	Energia	
75	1,8	206,8	
65	1,8	199,28	
55	1,7	191,76	
45	1,6	184,24	
35	1,6	176,72	
Yksi kpl		958,8	kJ

Taulukossa 5 on otettu taulukon 4 alaosa ja laskettu yhteen renkaaseen varastoitunut energia, sen jälkeen, kun ilmastointi on ensiksi viilentänyt renkaan 175 °C asteesta 75 °C asteeseen. Tämä jäljelle jäävä energia kulkeutuu renkaan mukana pois salista.

Rengas valmistuu noin 13 min välein, mutta keskiarvallisesti tuotantolinjasta valmistuu joka sekunti 7 rengasta. Näin voidaan laskea renkaiden mukana kulkeutuvaksi energiavirraksi taulukon 11 tuloksen perusteella noin 1442 kJ eli 1,4 MW. Tieto on olennainen kokonaisenergiavirtojen hahmottamiselle, diagrammissa 4.

Kuten lukuarvoista voi huomata, renkaaseen sitoutuu huomattavasti vähemmän energiaa kuin mitä prosessiin tuodaan. Tämä johtuu osittain siitä, että renkaassa tapahtuu kemiallisia reaktioita ja niiden käynnistämiseen tarvitaan lämpöä ja taas tämän lämmön ylläpitäminen vaatii energiaa enemmän kuin rengas pystyy varastoimaan. Todellisuudessa renkaaseen varastoituu enemmän energiaa, koska korkeammat lämpötilat saavutetaan nopeasti, sekä renkaan vulkanointi on eksotermisen reaktio, eli se luovuttaa lämpöä.

5.4. Paistolinjan energiavirrat laskujen perusteella



Diagrammi 4 Aiemmin lasketut tehovirrat

Laskut muuttivat IV:n tehovirtaa alkuperäisestä AX-Suunnittelun raportista, renkaaseen varastoitunut lämmitysteho tietenkin vähennettäisiin IV:n tehosta, eli 3,3 MW:sta vähennetään 1,4 MW ja saadaan 1,9 MW. Energian häviämättömyyden lain mukaan, kuitenkin teho ei voi prosessista hävitä ja tässä tapauksessa noin 0,4 MW uupui alkuperäisestä 8 MW:sta. Voidaan olettaa sen siirtyneen häviöiden, kuten johtumiset, seurauksena, ilmaan ja päätyvän ilmanvaihtoon. Kuten jo aikaisemmin todettiin, renkaaseen varastoitunut lämmitysteho voidaan vähentää ilmanvaihtoon mukana kulkevasta lämmitystehosta, sillä prosessista teho siirtyy pois periaatteessa vain kahta reittiä ilman ja lauhteen kautta. Tässä tapauksessa rengas siirretään toisaalle luovuttamaan loput varastoituneesta lämmitystehosta, joten ilmanvaihdon mukana kulkeutuvaan lämmitystehtoon lisätään 0,4 MW ja saadaan diagrammissa 4 oleva 2,3 MW.

5.5. Tuotantotilanteen energian kulutus

Nokian Renkaiden henkilökunta pyysi selvittämään energian kulutuksen oikeassa tuotantotilanteessa. Kyseessä on noin yhden päivän mittainen jakso, joka keskimäärin vastaa normaalia paistolinjan kulutusta.

Tarkoituksena on laskea käytetyn energian kulutus ja kuinka se jakaantuu päivän aikana tuotetuille renkaille ja siirtyä lauhteeseen. Näin voidaan arvioida kulloinkin tuotannolla syntyvää lauhdetta ja arvioida hyödynnettävän energian määrää. Samalla saadaan myös käsitys prosessin IV:hen siirtämästä lämpökuormasta. HPAA 1 on voimalaitokselta tulevan höyryn alajakokeskus, jossa sen painetta alennetaan ja PC1 on kevyidenrenkaiden paistolinjan nimi. Alajakokeskukselta menee höyryä paistopuristimen PC1 lisäksi, myös renkaiden pinnoituslinjalle nimeltään Noktop ja ulkona olevan öljysäiliön lämmittämiseen. Näiden ottama höyry pitää erottaa HPAA 1 mittauksen tiedoista, jotta saadaan tietää PC1 ottama energia.

Taulukko 6 Tuotannon lähtöarvot

Tarkastelujakso	24h 40min/24,67h	
HPAA 1	181,00 tn	
Noktop	5,74 tn /0,18 MW	
Ulkoöljysäiliö	2,47 tn/0,08 MW	
PC1 höyrymäärä	$181,00\text{tn} - (5,74\text{tn}+2,47\text{tn})=$	172,79 tn
	7 tn/h /5,45 MW	
	1,94 kg/s	
Renkaita paistettiin kuluneena aikana		
	12790 kpl	
	11,28 kg/kpl	
	144270 yhteispaino	kg

Taulukko 6 on saatu Nokian Renkaiden henkilöstöltä ja siinä ole kerrottuna tehtaan höyrynkulutus sekä renkaiden tuotantomäärät. Seuraavissa laskuissa , jotka on esitetty taulukoissa 6 ja 7, on toimittu täysin samoin, tosin eri numeroilla kuin kohdassa 5.2 Höyryn energia.

Taulukko 7 Lähtöarvoihin suhteutetut massavirrat

m'1	Massavirta	8bar	4200	kg/h
m'2	Massavirta	15bar	2800	kg/h
m'3	Massavirta	8bar	4200	kg/h

Taulukossa 7 on annetut massa virrat jaettu höyryille suhteessa 40/60 ja lauhteen massahan on sama kuin höyryinkin.

Taulukko 8 8 barin energiavirta

Höyry	
	8 bar
h1=	2767 kJ/kg
h1*m'1	11621400 kJ
	11621,4 MJ
Lauhde eli kylläinen vesi	
	8 bar
h3=	740 kJ/kg
	h3*m'3
Energiavirta	8 bar
h/m'	3108000 kJ
	3108 MJ
Ilmanvaihtoon päätyvä energia	
	h1*m'1-h3*m'3
Energiavirta	
h/m'	8513400 kJ
	8513,4 MJ

Taulukossa 8 on laskettu sama kuin taulukossa 2. Kaikki energia, mitä 8 bar höyry tuo prosessiin ja joka ei jää lauhteeseen, siirtyy ilmaan tai renkaaseen. 8 barin höyryn energiasta vähennetään kylläisen veden kuljettama energia ja saadaan IV:hen päivän aikana siirtyneen energian osuus. eli 8,5 GJ. Koko päivän aikana kylläinen 8 barin paineessa oleva vesi kykenee sitomaan vain noin 3,1 GJ lämpöä.

Taulukko 9 15 barin energiavirta

	Höyry	
	15 bar	
h2=	2793,4 kJ/kg	
	h2*m'2	
Energiavirta	15 bar	
h/m'	7821520 kJ	
	7821,52 MJ	

Taulukon 9 laskuissa ilmenee tarkastelujaksolla , tyynyhöyryn lauhteen muodossa hukkaan menevä ja hyödynnettävissä olevan energian määrä.

Taulukko 10 Eri paineisten höyryjen energian ja määrän kulutus tarkastelujaksolla

	8bar	Höyryä	15bar	Höyryä
Energiavirta	11621400 kJ/h	4200 kg/h	7821520 kJ/h	2800 kg/h
Tarkastelu jaksolla	286699,9 MJ	103614 kg	192957 MJ	69076 kg
Per kpl	22,41595 MJ	0,328 kg	15,087 MJ	0,219 kg
Per kilo	1,987229 MJ	0,029 kg	1,337 MJ	0,019 kg

Taulukossa 10 on eritelty energian kulutus tunnissa ja koko tarkastelujaksolla kulunut energiavirta, sekä energia virta joka kuluu keskimäärin yhden renkaan paistamiseen ja yhden rengaskilon paistamiseen. Energiavirrat on laskettu taulukoissa 6 ja 7 ja saadut tulokset on kerrottu tarkastelujakson tunneilla, jotta saadaan kokonaisenergiakulutus tarkastelujaksolla. Tämä kokonaiskulutus on sitten jaettu tuotettujen renkaiden ja kilojen kanssa.

Taulukko 11 Tarkastelujakson aikana käytetyt energiavirrat ja höyry kilot suhteutettuna tuotantoon

	Yht.	Höyryä
Energiavirta	19442,92 MJ/h	7000 kg/h
Tarkastelu jaksolla	479,657 GJ	172690 kg
Per kpl	37,502 MJ	0,547 kg
Per kilo	3,3247 MJ	0,048 kg

Taulukossa 11 on tehty sama kuin taulukossa 8, mutta 8 bar ja 15 barin arvot on laskettu yhteen kokonaiskulutuksen selvittämiseksi. Laskelmien perusteella energian ja höyryn kulutus on suhteutettuna, koko 24,7 tunnin tarkastelujaksolle, sekä laskettu yhden renkaan ja rengaskilon paistamisen vaatima energia.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Työn tarkoitus oli saada selville kannattaako paiston ilmanvaihdon tuloilmaa lämmittää, poistoilman LTO:lla vai tyynyhöyryn lauhteella.

6.1. Ilmanvaihdon LTO

Laskujen perusteella poistoilmassa olisi noin 2,8-3,3 MJ energiaa, nykyisellä tulo- ja poistoaukkojen asemoinnilla, ei kuitenkaan pystytä käyttämään kuin parhaimmillaan 30 % hyötysuhteella olevia LTO-laitteita. LTO-laitteiden hyötysuhdetta voisi parantaa, mutta se tarkoittaa toisenlaisen LTO-koneikon hankkimista. Tämä kuitenkin vaatisi mittavia rakenteellisia muutoksia katolla, koska parhaimmilla hyötysuhteilla olevat LTO-järjestelmät vaativat, että tulo- että poistoilmakanavat ovat ainakin hetkellisesti toisissaan kiinni.

AX-Suunnittelun raportissa ei otettu huomioon tuloilman lämmityksessä ilmaan sitoutunutta energiaa, joka taas voidaan ottaa hyödyksi poistoilmasta LTO:n avulla, mutta tämä energia jää hyvin vähäiseksi, ellei lämpötila ero ulko- ja sisälämpötilan välillä ole suuri eli talvipakkasella. Lisäksi poistoilmaa on noin 31 % enemmän kuin tuloilmaa ja korvausilma siis tulee muualta tehtaasta, eli ilma on lämmitetty toisaalla ja tuo tilaan "ilmaista" energiaa.

Suurimpana ongelmana poistoilmassa on kuitenkin sen likaisuus. Renkaiden paistossa ilmaan tarttuu öljymäistä mustaa likaa, joka helposti tarttuu pintoihin. Tämä lika vaikeuttaa LTO-järjestelmän toimintaa, likaamalla lämpöä siirtävät pinnat, toimien eristeenä ja estämällä lämmön kulkeutumisen pattereihin. Nykyisellä LTO-patteri ratkaisulla, jossa välit ovat hyvin tiheät, epäpuhtaudet ovat miltei kokonaan tukkineet ahtaat raot tehden patterista ennemminkin energiaa tuhlaavan kuin säästävän elementin. Osa LTO-pattereista onkin nykyisellään ohitettu. Jos LTO-järjestelmää uusisi ja likaantumisen saisi estettyä tai haitat minimoitua esim. pesemällä, voisi hyötysuhde olla parhaimmillaan 30 % ja tällöin saataisiin noin 1 MW tehoa talteen. Likaantumisen vaikutuksia on kuitenkin vaikea arvioida ilman kokeita ja nopea likaantuminen vähentää hyötysuhdetta dramaattisesti, sekä useasti toistuva peseminen lisää työtä eikä LTO ole käytettävissä sen aikana.

6.2. LAUHTEEN HYÖDYNTÄMINEN

Kuten aikaisemmin on laskettu, lauhteen mukana energiaa kulkeutuu noin 3,1 MW lauhdesäiliöille. Energiaa on vedessä runsaasti ja sitä on helppo siirtää eteenpäin. Ongelmana on vain se, että lauhdesäiliöt sijaitsevat kellarissa kolme kerrosta tuloilmakoneiden alapuolella, eli noin 12 m.

Lisäksi lauhde on ollut tekemisissä kumin kanssa eli on likaista, joten sellaisenaan sitä ei voi eikä kannatakaan käyttää. Olemassa oleviin lauhdesäiliöihin on siis tehtävä lämmönsiirtopiiri. Lauhteen kanssa tekemisissä olevalla lämmönsiirtimellä pitää huomioida, että sen pinnat likaantuvat lauhteen mukana kulkevien epäpuhtauksien takia.

Lämpöä ei missään tapauksessa kannatakaan siirtää lauhteen täydellä lämmöllä eli $\sim 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ vaan enemmänkin IV:ön lämmittämiseen soveltuvammassa lämpötilassa, jolloin myös lämpöhäviöt pienenevät. Lauhteen hyödyntämisellä, on mahdollista saada huomattavasti enemmän lämpöä siirtymään tuloilmaan kuin LTO:n kautta siirretty poistoilman lämpö.

6.3. Laskut

Taulukko 12 Ilman energia tarve talvi/kevät

ILMA	Q=m*Cp*(T1-T2)	
Tuloilma m	125	m ³ /s
ρ	1,293	kg/m ³
cp	1	kJ/kgK
Talvi		
T1-T2 (-15-30)	45	C°
Energiavirta	7273,13	kJ/s
Kevät		
T1-T2 (0-15)	15	C°
Energiavirta	2424,38	kJ/s

Taulukossa 12 suhteutetaan energian kulutusta tuloilman lämmittämiseen. Laskuissa selviää että talvella kovalla pakkasella ilmaa pitää lämmittää noin 45 °C edestä ja keväällä nolla kelillä vain 15 °C edestä ja kuinka paljon energiaa tämä vaatii. Talvella 30 °C asteen pakkasella, tarvitaan noin kolminkertainen määrä energiaa lämmittämään tuloilma 15 asteeseen. Lämpötilan taas ollessa -4 asteen paikkeilla, pystytään tuloilma, teoriassa lämmittämään kokonaisuudessaan lauhteella. Lauhteessa ollessa noin 3100 kJ/s lämpöä. Liitteessä 3 on kuvaaja energioista suhteessa lämpötilaan, joka kuluu tuloilman lämmittämiseen, mitä LTO:lla saataisiin talteen ja mitä lauhteessa on.

Taulukko 13 Ilmastoinnin LTO:n mahdollinen energia

$Q = m' * \rho * Cp * (T1-T2)$		
Poistoilman m'	181	m ³ /s
ρ	1,293	kg/m ³
c_p	1	kJ/kgK
T1(15)-T2(-16)	31	C
Energiavirta	7255,02	kJ/s
Paiston		
lämpöenergia	2800	kJ/s
Yhteensä	10055	kJ/s
LTO:n hyötysuhde ~30 %		
Käytettävissä	3016,51	kJ/s

Taulukko 13 on laskettu lämpötilaerolla ensiksi poistoilman mukana kulkeutuvan energian määrä, sillä ajatuksella, että yritetään saada sama energia tuloilmaan, kuin mitä lauhteen avulla saataisiin. Seuraavaksi saatuun energiaan lisätään jo aikaisemmin laskettu paistoprosessista ilmanvaihtoon kulkeutuva energiovirta eli 2300 kJ/s. LTO-järjestelmän hyötysuhteen ollessa 30 % saadaan, lämpötilaeroksi 31 °C. Eron pitäisi olla paiston poistoilman ja LTO:n läpi kulkeneen ilman lämpötila ero, jotta saadaan sama energia, kuin lauhteesta. Tämä vaatii käytännössä sitä, että poistoilma olisi useita asteita pakkasen puolella, mikä ei ole missään nimessä kannattavaa toteuttaa. Paiston tulo- ja poistoilmavirrat eroavat noin 56 m³/s, korvausilma tulee muista tehtaanosista.

6.4. Lopputulos

Mielestäni lauhde on energiasisällöltään, sekä suhteellisen helpoilla muutoksilla kannattavin ratkaisu tuloilman lämmittämiseen. Lauhde ei tosin yksin riitä, vaan tarvitsee, jonkin muun lämmitysenergiälähteen kylmimpään talviaikaan. Jos laskennallinen arvo 3100 kJ saataisiin kokonaan hyödyksi, riittäisi se lämmittämään ilmastoinnin tuloilman -4 °C asteen ulkolämpötilaan asti.

7. ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMISPOHDINTAA

7.1.IV:n LTO

Nykyisellään IV:n LTO:a on mahdotonta käyttää, helpoimmat ratkaisut ovat joko suodatus tai koneikon muuttaminen. LTO-patteriston muuttaminen löyhemmäksi, mahdollistaisi koneikkoon tarttuneiden epäpuhtauksien pesemisen säännöllisesti esim. painepesurilla. /1/

Toinen vaihtoehto olisi suodattaa poistoilmaa, tosin ongelmana on sopivan suodattamistavan löytäminen, sillä perinteiset suodattimet likaantuvat hyvin nopeasti ja niiden jatkuva vaihtaminen tulee kalliiksi. Suodattimissa hyötynä olisi, ettei nykyistä patteristoa tarvitsisi vaihtaa tai pestä, mikä sinällään laskisi alkupääoman määrää.

Nykyisellään tehtaan poistoilmajärjestelmässä on ohitukset LTO:lle mm. siivouksen ajaksi. Suodattimiin kohdistuvan rasituksen vähentämiseksi olisi myös mahdollista siirtää LTO-pattereita niin, että myös ohitus kulkisi sen läpi ja käytettäisiin kahta suodatinta yhden sijaan.

7.2. Maalämpöpumppu

Lauhteen hyödyntäminen tuloilman lämmittämiseen on kannattavaa lämmityskaudella, mutta kesällä lämpö menisi jälleen hukkaan. Ratkaisuksi tähän voisi olla maalämpöpiiri, joka olisi helppo toteuttaa esim. tehtaan ja rannan välissä olevan hiekkaparkkipaikan alle. Maan pinnalle noin metrin syvyyteen kaivettava maapiiri on maalämpöpumpuista halvin toteuttaa, helppo toteuttaa esim. tehtaan seisakin aikana. Maapiirin varastoitaisiin kesän aikana lauhteen hukkalämpö ja talvella tätä lämpöä voisi hyödyntää konttoritilojen lämmitykseen. Myös maapiirin käyttö jäähdytyksessä olisi mahdollista.

7.3. Absorptiohöyrystin

Toinen vaihtoehto hyödyntää kesällä syntyvää lauhdetta, olisi asentaa järjestelmään absorptiohöyrystin, joka tuottaa, joskin huonolla hyötysuhteella, kuumasta vedestä kylmää. Absorptiohöyrystin perustuu periaatteessa lämpöpumpputekniikkaan, mutta laitteessa on useampia aineita esim. ammoniakki, vety ja vesi, joiden erilaisia höyrystymis- ja tiivistymisominaisuuksia laite hyödyntää. /12/

Laitteen COP on nykyisellään noin 0,7 ja hyötysuhde paranisi paljon, jos tulevan aineen lämpötila olisi korkeampi. Tällaisella laitteella voitaisiin saada 3 MJ:lla noin 2 MJ jäähdystystä. Tämä riittäisi paistotilan viilentämiseen AX-Suunnittelun raportin mukaan. /1/

7.4. Tehtaan energiatehokkuus

Automaattisen ohjauksen lisääminen ilmanvaihtoon ja käytön ulkopuolisen ilmavirran laskeminen 50–70 % säästäisi paljon energiaa. Vaatii tosin jonkin verran investointeja saada kaikki IV-koneet toimimaan osateholla. Toisaalta voisi myös harkita, jos osa koneista olisi täysin kiinni ja osa täysillä. Myös paineilman tuotannon voisi sulkea ajoilta, jolloin verkkoa ei käytetä. Tietenkin tämä vaatii, että laitteet käynnistyvät hyvissä ajoin ennen tuotannon käynnistämistä. Tämäkin vaatisi automaatiolaitteisiin investoimista, sekä jonkinlainen käynnistyksen varmistus, sillä osalla kompressoreista on ongelmia käynnistyä.

Sosiaalituloihin, kannattaisi asentaa läsnäolotunnistimet, jotta valot olisivat päällä, vain silloin kun tiloissa on joku.

LÄHDELUETTELO

Liitteet

1. Spirax Sarco. H, S-piirros [Internet materiaali]. 3.11.2015
<http://www2.spiraxsarco.com/>
2. Viheriäkoski Riku. Rengaspaistimen toimintakaavion-sarja. Tampereen ammattikorkeakoulu. Talotekniikan osasto. Tampere 2015

Kuvat

1. Viheriäkoski Riku. Rengas Vulkanisointipuristimen toimintakaavio. Tampereen ammattikorkeakoulu. Talotekniikan osasto. Tampere 2015
2. Aamulehden verkkojulkaisu. Alexander Beleký/Aamulehden arkisto. 4.10.2013 [10.11.2015]
<http://www.aamulehti.fi/Talous/1194843480758/artikkeli/nokian+renkaat+antoi+tulo+svaroituksen+vaikeuksia+venajalla.html>

Painetut lähteet

1. Paistotilan IV-selvitys, Muistio, AX-Suunnittelu, Jarno Keski-Opas, Lauri Savolainen, Erkki Tiisanoja, 22.9.2014
2. Henry Winram Dickinson. A Short History of the Steam Engine. Kirja. Cambridge University Press. Englanti 1939. s.5-12.
3. Veikko Ahonen. Höyrytekniikka 1. Oppikirja. Otakustantamo. Espoo1979. s. 7-22
4. Olli Seppänen. Ilmastointitekniikka ja sisäilmasto. Oppikirja. Solver Oy. Anjalankoski 2008. s.283–305
5. Ritva Palo-oja, Leena Wilberg. Kumi : kumin ja Suomen kumiteollisuuden historia. Kirja. Tampereen museot. Tampere 1998. s.8-20.

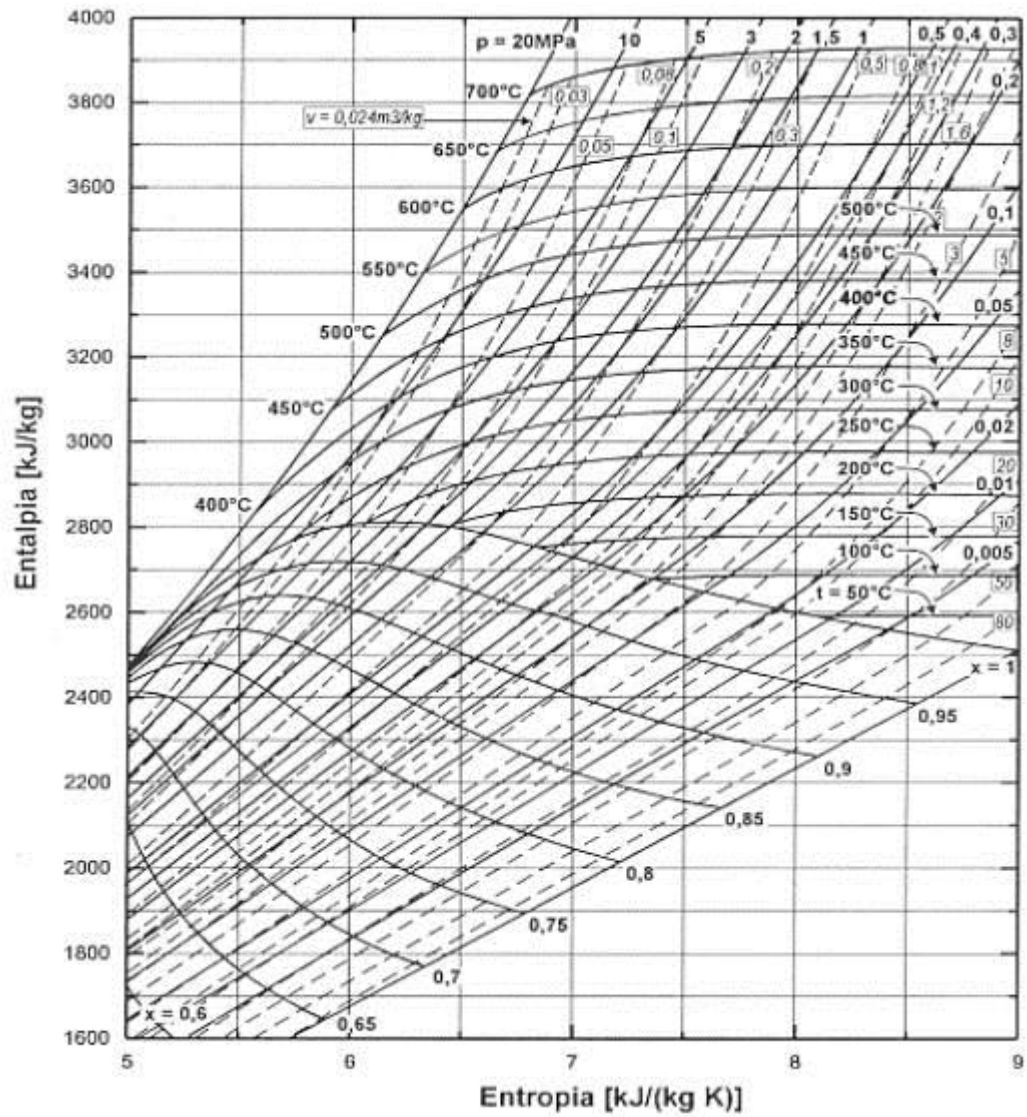
Painamattomat lähteet

6. Piilonen Jussi, LVI-osaston esimies. Keskustelut, sähköpostit 2015. Nokian Renkaat Oy. Nokia
7. Kivelä Pekka, projekti-insinööri. Keskustelut, sähköpostit 2015 Nokian Renkaat Oy. Nokia
8. Savolainen Lauri. Sähköposti keskustelut 2015 Insinööritoimisto AX-LVI Oy. Tampere
9. Spirax Sarco. Laskurit [Internet materiaali]. 03.11.2015
<http://www.spiraxsarco.com/global/fi/Resources/Pages/home.aspx>
10. Spirax Sarco. Höyryn ja kylmän veden arvoja [Internet materiaali]. 03.11.2015
<http://www.spiraxsarco.com/resources/pages/calculators.aspx>
11. Dr. Christian Schweigler. Sorption Chillers and Heat Pumps. Fachhochschule München, Luento 10.2.2015.
12. Jarmo Hellstedt. Höyryjärjestelmät ja höyry teoria. AX-Suunnittelu Tampere, Luento 20.11.2014

LIITTEET

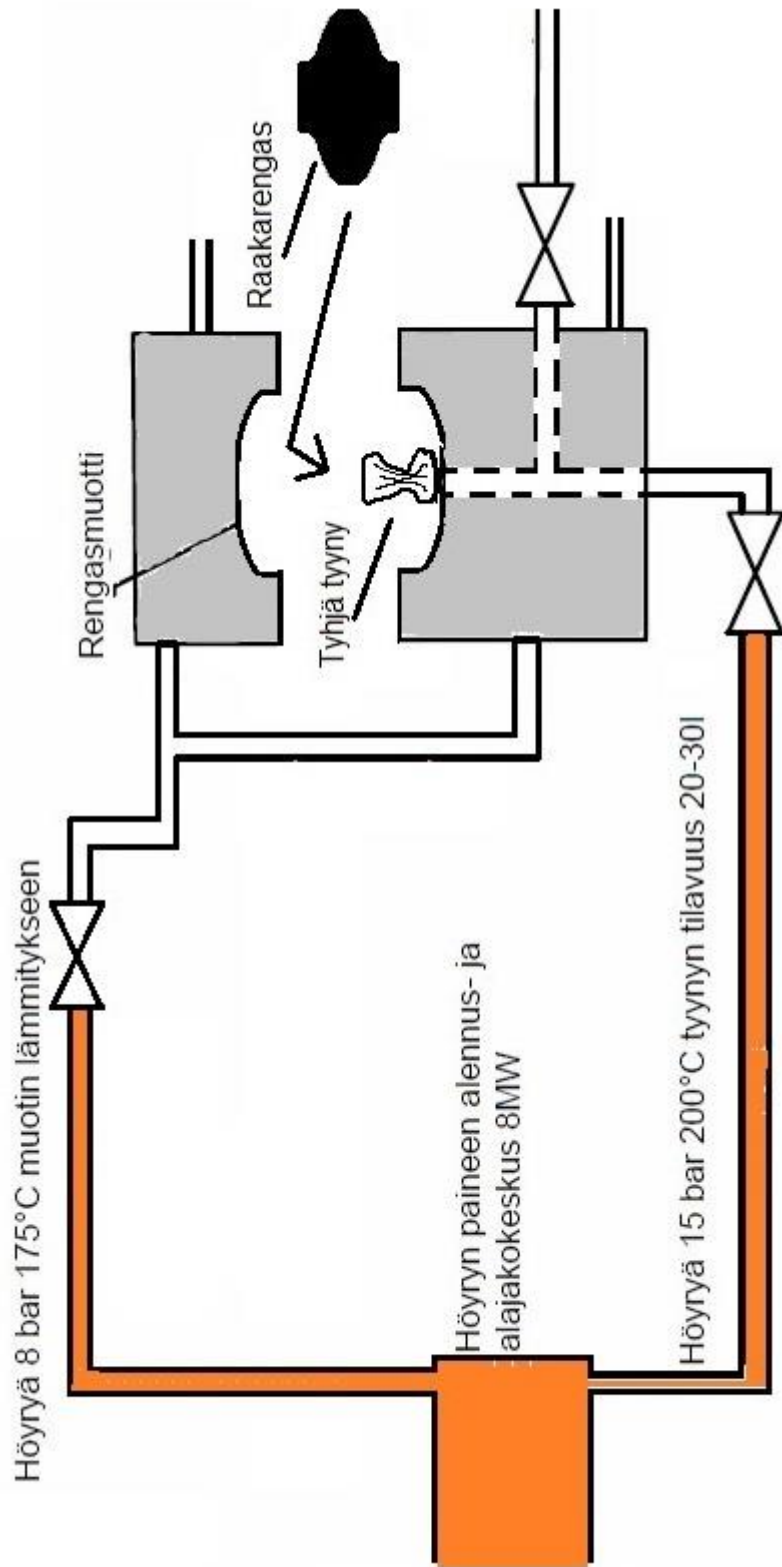
Liite 1

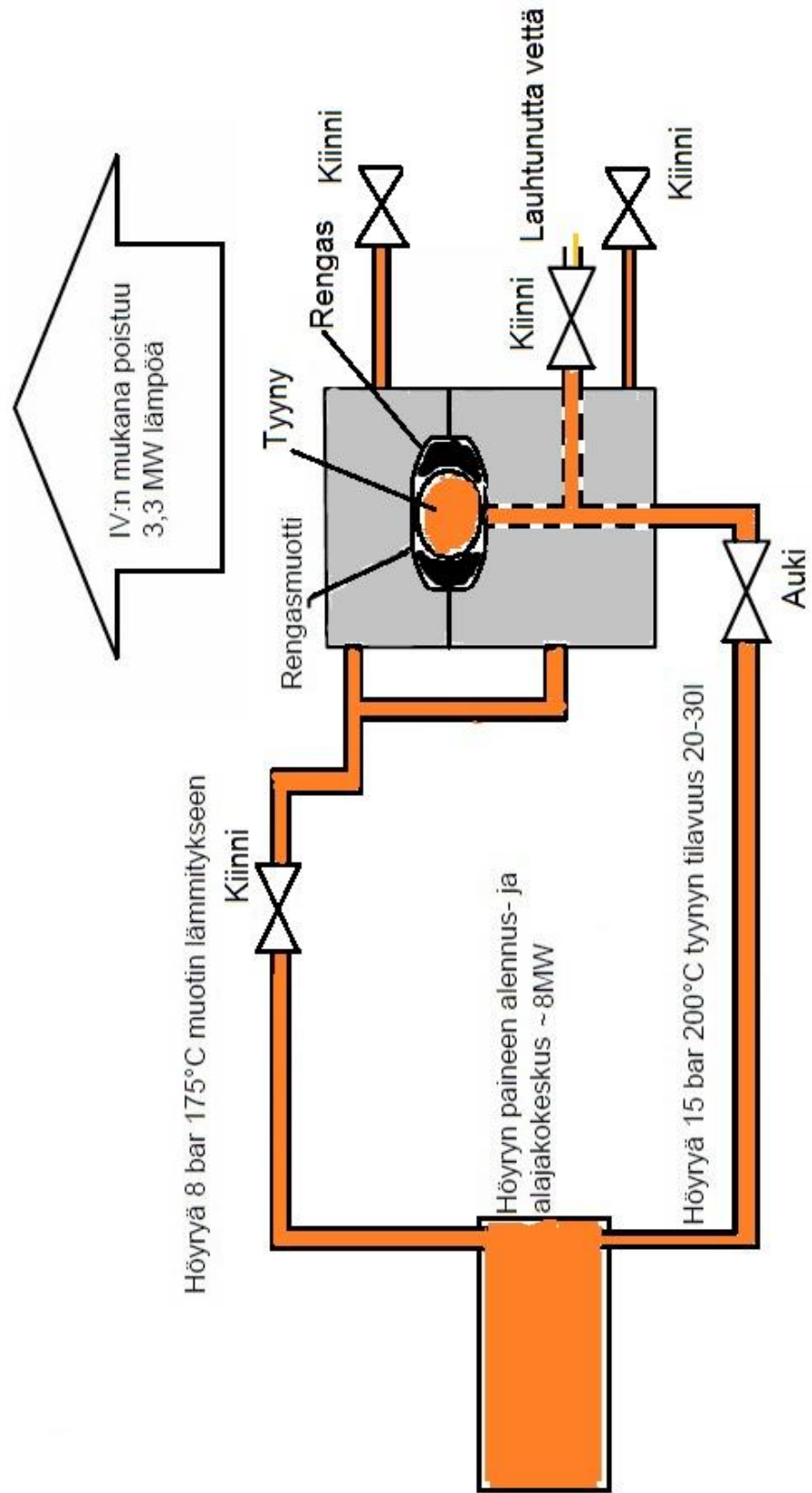
H, S-piirros

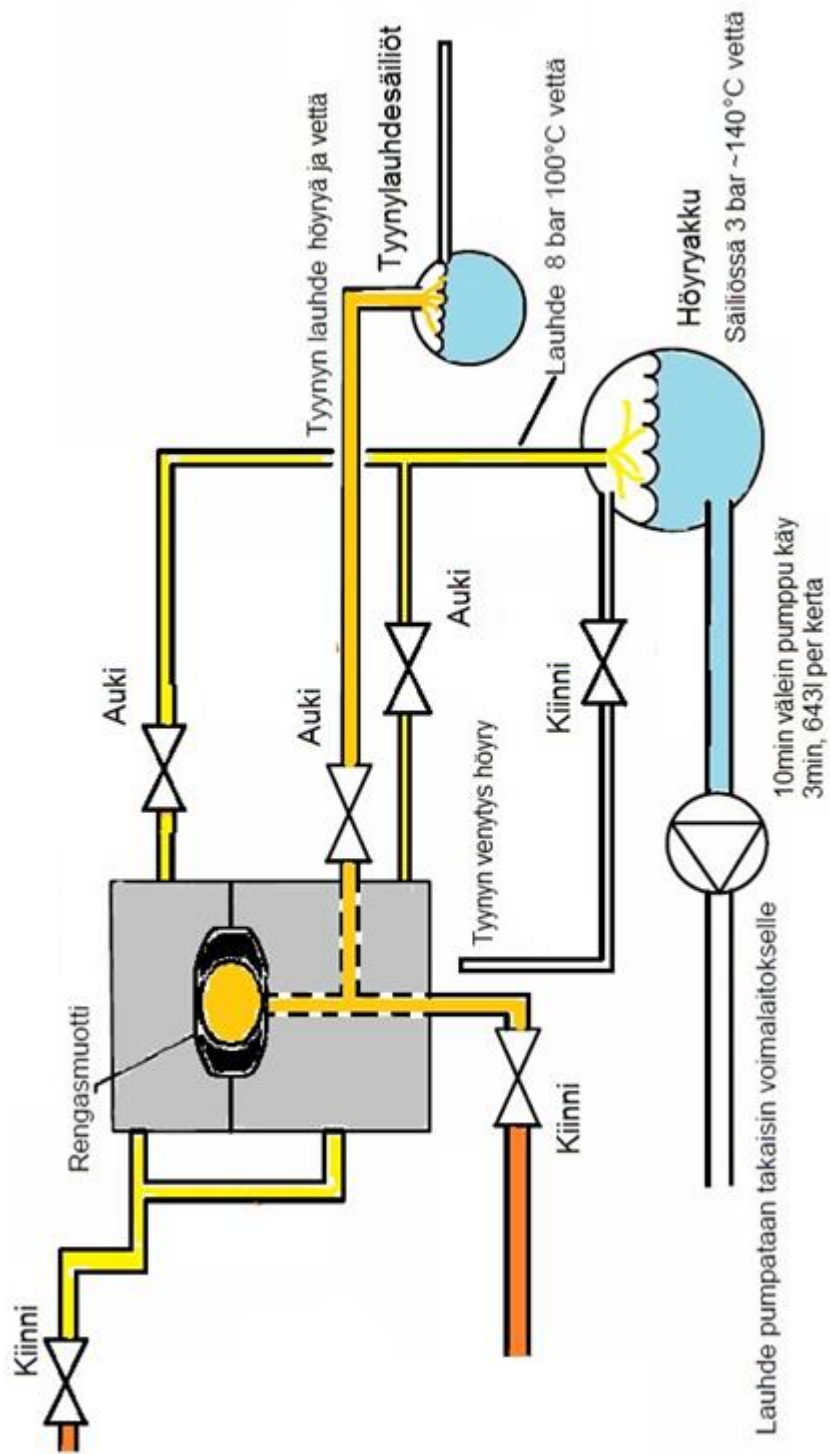


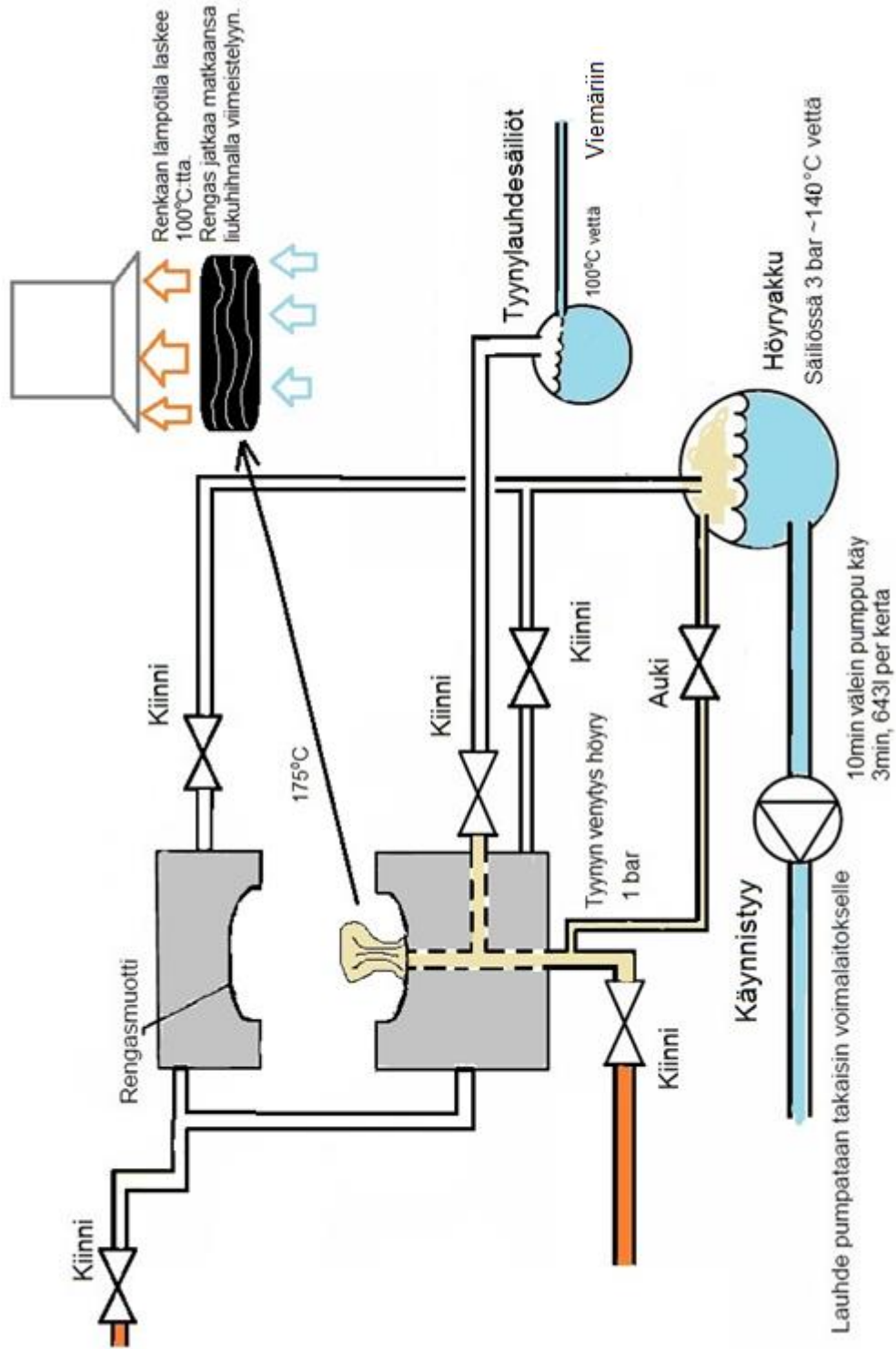
Liite 2

Vulkanisointipuristimen toimintakaavio









Liite 3

Energiavirrat suhteessa lämpötilaan; tuloilman lämmittäminen, LTO:n tuotto ja lauhde.

