

Juho Länne

PAINEILMAVERKON ENERGIATASE

Kone – ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto
2013

PAINEILMAVERKON ENERGIATASE

Länne, Juho
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Kone – ja tuotantotekniikan koulutusohjelma
Kesäkuu 2013
Ohjaaja: Zenger, Pekka
Sivumäärä: 30
Liitteitä: 8

Asiasanat: paineilma, paineilmaverkko, kompressori

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää Pori Energia Oyn Aittaluodon voimalaitoksen paineilma-verkon energiatase ja esittää vaihtoehtoisia ratkaisumalleja kohteisiin, joissa paineilmaa käytetään jäähdytykseen, huuhteluun tai muuten epätaloudellisesti. Ennen työn aloittamista laitoksen paineilma-verkoston vuotokohdat oli paikannettu Atlas Copcon toimesta.

Työ aloitettiin tekemällä kenttäkierroksia ja tutustumalla laitoksen PI – kaavioihin. Paineilma-verkkoon asennettiin paineantureita joilla mitattiin paineen vaihteluita verkossa sekä tarkkailtiin kompressorien käyttäytymistä erilaisissa kattilalaitoksen kuormitustilanteissa. Lähtökohtana oli selvittää onko voimalaitoksen nykyinen kompressorikapasiteetti riittävä. Lisäksi tutkittiin paineilma-verkosta löytyneiden vuotojen merkitystä paineilman kulutukseen.

Koeajot suoritettiin 17. – 24. huhtikuuta 2013 yhteistyössä Sarlin Oyn kanssa. Koeajojen yhteydessä pidettiin koeajopäiväkirjaa johon merkittiin suoritettujen koeajojen, paineantureiden paikat paineilma-verkossa sekä paineilmalinjat joita sulkemalla saatiin tietoa kyseisten linjojen vaikutuksesta kompressorien kuormitukseen.

Tuloksena saatiin kompressorien kuluttamat energiamäärät sekä voimalaitoksen kuluttama paineilmamäärä. Lähtökohtaisesta odotuksesta poiketen voimalaitoksen kompressorikapasiteetti todettiin riittäväksi. Tulosten pohjalta voitiin muodostaa parannusehdotuksia kattilalaitoksen paineilman kulutuksen vähentämiseksi.

ENERGY BALANCE OF COMPRESSED AIR NETWORK

Länne, Juho

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical and Production Engineering

June 2013

Supervisor: Zenger, Pekka

Number of pages: 30

Appendices: 8

Keywords: compressed air, compressed air supply, compressor

The purpose of this thesis was to examine the energy balance of the compressed air network in Pori Energia power plant in Aittaluoto and to propose alternative solutions to target areas where compressed air is used in uneconomical ways such as cooling and rinsing. Before the launch of this thesis, the leaks in compressed air network were located by Atlas Copco.

This thesis was started by exploring the power plant and observing the compressed air network charts. Pressure sensors were installed to the network. These sensors recorded the variation of the pressure in the network and compressors' energy consumptions in different types of power plant load situations. The starting point of this study was to examine if the current number of compressors is sufficient. In addition, the effect of the leaks on the air consumption was examined.

The test runs were performed between 17 – 24 April 2013 in concert with Sarlin Co. A logbook was held during the test runs. The logbook holds information about the performed testruns, locations of the pressure sensors and the pipelines which were closed to get information about the air consumption and the effect on compressors.

The results showed the energy consumption of compressors and the consumption of compressed air in power plant. The results revealed that the compressor capacity is sufficient. Based on the results, proposals for improvements were made to reduce the air consumption in power plant.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	PORI ENERGIA OY	6
2.1	Yrityskuvaus	6
2.2	Aittaluodon voimalaitos	6
3	PAINEILMA	7
3.1	Kompressori	8
3.2	Jälkijäähdytin	8
3.3	Paineilmasäiliö	8
3.4	Jäähdytyskuivain.....	9
3.5	Absorbtiokuivain.....	9
3.6	Adsorbtiokuivain.....	9
4	AITTAUODON PAINEILMAJÄRJESTELMÄ	10
5	MITTAUKSET.....	12
5.1	Kompressorit	13
5.2	Apukattila.....	14
5.3	RT – kattila.....	17
5.3.1	RT – kattilan tuhkalähetin	17
5.3.2	RT – kattilan tuhkan saattoilma.....	19
5.3.3	RT – kattilan kattilahiekan saattoilma	20
5.3.4	RT – kattilan kalkkilaitteet	20
5.4	R – kattilan kattilahiekan saattoilma	21
5.5	Paineilmaverkon vuodot	23
6	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET	30
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän insinööriyön tarkoituksena on selvittää Pori Energian Aittaluodon voimalaitoksen energiatase. Voimalaitoksen kompressorikapasiteetin epäillään olevan riittämätön kattamaan nykyinen paineilman kulutus. Tämän selvityksen avulla pyritään selvittämään onko paineilman kulutusta mahdollista vähentää ja ehdottaa erillaisia parannusehdotuksia paineilmanverkon rakenteisiin jotta voimalaitos tulisi toimeen nykyisellä paineilmalaitteistollaan.

Selvitys suoritettiin yhteistyössä Sarlin Oyn kanssa joka on mm. paineilmatutkimuksiin erikoistunut yritys. Paineilman kulutusta ja kompressoreiden kuluttamaa tehoa mitattiin Sarlin Oyn toimittamien mittalaitteiden avulla. Kerätyn tiedon avulla pystyttiin tarkkailemaan eri paineilman käyttökohteiden ilman kulutuksen suuruutta ja laskemaan kompressorien kuluttamaa sähkötehoa.

Mittaustulosten perusteella saatiin selville eri kulutuskohteiden osuus paineilman kokonaiskulutuksesta ja pystyttiin tekemään laskelmat paljonko yksittäisten kulutuskohteiden parannuksilla voidaan vähentää paineilman kulutusta ja sitä kautta säästää energiaa.

2 PORIENERGIA OY

2.1 Yrityskuvaus

Pori Energia Oy on korkealuokkaisia energiapalveluja tarjoava yritys. Pori Energian merkittävimmät tuotteet ovat sähkö, kaukolämpö, teollisuuden energiapalvelut sekä urakointi- ja kunnossapitopalvelut. Tytäryhtiö Pori Energia Sähköverkot Oy vastaa sähkön siirrosta ja jakelusta Porin alueella ja Yhteisyritys Dalkia AB:n kanssa, Suomen Teollisuuden Energiapalvelut – STEP Oy, vastaa energiapalveluiden tarjoamisesta teollisuusasiakkaille.

Pori Energia Oyn oma voimalaitos sijaitsee Aittaluodossa. Harjavallan suurteollisuuspuistossa toimii Pori Energia Oyn tytäryhtiön, Suomen Teollisuuden Energiapalvelut - STEP Oyn voimalaitos. Lisäksi Kaanaassa on Porin Prosessivoima Oyn omistama voimalaitos, jonka käynnissä – ja kunnossapidosta vastaa Pori Energian henkilökunta.

2.2 Aittaluodon voimalaitos

Aittaluodon voimalaitos sijaitsee keskellä Porin kaupunkia Aittaluodon teollisuusalueella. Voimalaitos tuottaa noin 500 GWh energiaa vuodessa.

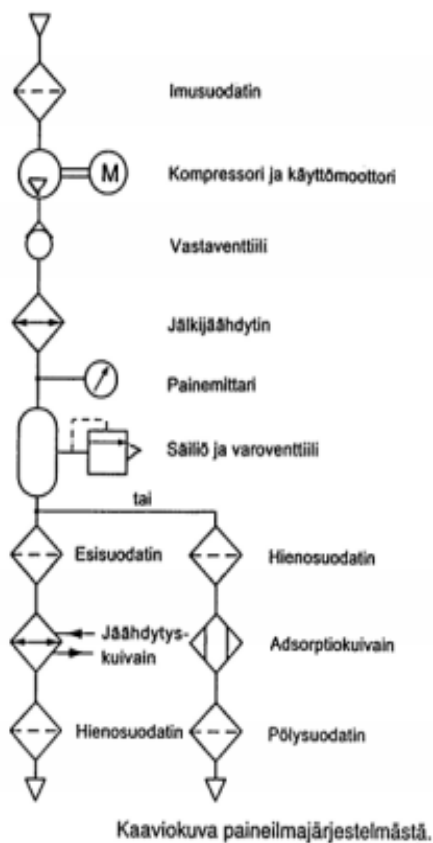
Tuotannosta noin neljännes on kaukolämpöä, joka toimitetaan Porin ja Ulvilan kaukolämpöverkkoihin. Kaukolämmön lisäksi voimalaitoksella tuotetaan prosessihöyryä teollisuuden tarpeisiin sekä yhteistuotantona syntyvää sähköä Pori Energian asiakkaille. Voimalaitoksen polttoaineena käytetään pääasiassa kotimaista puuta ja turvetta.

Aittaluodon voimalaitoksen pääkoneiston muodostavat kaksi leijukerroskattilaa, joiden yhteinen lämpöteho on 206 MW, sekä kaukolämpö - ja vastapaineturbiini. Voimalaitoksella on myös matalapainehöyrylämmönvaihtimia yhteensä 90 MW:n teholla./1/

3 PAINEILMA

Paineilma on kaikkialla teollisuuden ja tuotannon aloilla välttämätön käyttö – ja prosessivoima. Paineilmaa tuotetaan puristamalla suuria määriä ympäristön ilmaa kompressorin avulla. Se sisältää yleensä epäpuhtauksia kuten likahiukkasia ja kosteutta joka lauhtuu paineilmassa ja saattaa aiheuttaa toimintojen keskeytyksiä. Jos näitä ei poisteta, paineilmajärjestelmään aiheutuu ongelmia kuten korroosiota, venttiilien tukkeutumista ja tuotantolaitteiden rikkoontumista. Tuotannon keskeytysten estämiseksi on huolehdittava paineilman puhtaudesta, kuivuudesta ja öljyttömyydestä./5/

Tyypillisessä paineilmajärjestelmässä on vähintään yksi kompressorin, ilman jäähdytysjärjestelmä, ilman kuivain, paineilmasäiliö ja suodatin kuvan 1 mukaisesti.



Kuva 1. Kaaviokuva paineilmajärjestelmästä

3.1 Kompressori

Kompressori on yleisnimitys laitteelle, jolla voidaan nostaa kaasun painetta vähintään kaksinkertaiseksi verrattuna imupaineeseen. Kompressorien tuottomäärät vaihtelevat muutamista litroista tuhansiin kuutiometreihin minuutissa. Ruuvikompressorissa ilman puristus tapahtuu ruuvi - ja luistiroottorin väliin jäävissä urissa. Roottorit imevät ilmaa uriin rungossa olevan imuaukon kautta. Pesän ja roottorien välinen tila pienenee pyörimisen edetessä ja ilma johdetaan paineaukkoon ja sitä kautta paineputkeen./2, s.44/

3.2 Jälkijähdytin

Kompressorin jälkeen paineilmaan on sitoutunut lämpöenergiaa. Ilman lämpötilaa on alennettava ennen kuin se voidaan ohjata käyttökohteeseensa. Ilmaan on sitoutunut myös epäpuhtauksia, kuten kompressorin voiteluöljyä ja kosteutta. Jälkijähdyttimellä paineilman lämpötilaa alennetaan jolloin osa siihen sitoutuneesta vesihöyrystä tiivistyy jäähdytyksen yhteydessä nesteeksi, joka voidaan poistaa järjestelmästä lauhtenpoistimen kautta. Lauhtumisessa myös osa epäpuhtauksista sitoutuu tiivistyneeseen nesteeseen ja poistuu järjestelmästä./3, s.54/

3.3 Paineilmasäiliö

Paineilmajärjestelmään kuuluu yleensä yksi tai useampi paineilmasäiliö. Paineilmasäiliön tehtävänä on toimia kulutushuippujen tasaajana ja varastosäiliönä esimerkiksi sähkökatkoksen sattuessa jotta laitos saadaan turvallisesti ajettua alas. Lisäksi säiliö jäähdyttää paineilmaa ja toimii vedenerottimena./2, s.61/

3.4 Jäähdytyskuivain

Jäähdytyskuivaimessa ilman lämpötila jäähdytetään kylmäkoneistolla noin $+2^{\circ}\text{C}$:een ja siitä poistetaan tiivistynyt vesi. Tämän jälkeen ilma lämmitetään lämmönvaihtimessa uudelleen lähelle huoneilman lämpötilaa. Näin ilman kastepiste saadaan lähelle $+2^{\circ}\text{C}$ paineen ollessa 7 bar. Tämän prosessin jälkeen $+20^{\circ}\text{C}$:n ilman suhteellinen kosteus on enää 33%. Paineilma sisältää siis vesihöyryä, mutta tiivistymistä haitalliseksi nesteeksi ei tapahdu ennen kuin käyttölämpötila laskee alle $+2^{\circ}\text{C}$:n./6, s.36/

3.5 Absorbtiokuivain

Absortiokuivaimessa käytetään kuivausaineena suolapellettejä tai glykolia. Paineilma johdetaan näitä aineita sisältävään säiliöön, jossa ilman sisältämä kosteus imeytyy käytettävään kuivausaineeseen. Käytettäviin suoloihin imeytynyt liuos poistetaan säiliöstä. Glykoliin imeytynyt vesi poistetaan yleensä lämmittämällä. Absortiokuivain on hankintahinnaltaan edullinen, mutta sen käyttökustannukset nousevat suuriksi kemikaalien kulutuksen ja niiden syövyttävän vaikutuksen johdosta./3, s.56/

3.6 Adsorbtiokuivain

Adsorptiokuivaus perustuu huokoisen, vesimolekyylejä sitovan, elvytettävissä olevan kuivausaineen käyttöön. Adsorbtiokuivain koostuu kahdesta kuivaustornista, joista toinen kuivaa paineilmaan sitoutunutta vettä ja toinen elpyy eli siitä poistetaan sitoutunutta vettä. Toisen tornin muuttuessa kylläiseksi, vaihdetaan tornien toimintajärjestys. Adsorbtiokuivaimella päästään alhaisempaan kastepisteeseen absorptiokuivaimen verrattuna./3, s.60/

4 AITTALUODON PAINEILMAJÄRJESTELMÄ

Aittaluodon voimalaitoksella on kaksi kompressoria. Kumpikin niistä on ilmajäähdytteinen ruvikompressori tyyppiä Atlas – Copco GA 90 VSD. Kompressorit ovat taajuusmuuttajakäyttöisiä ja niiden teho on 90 kW / kpl. Kompressorien tuottama suurin mahdollinen paine on 13 bar. Nykyinen paineensäätö on noin 7 bar.



Kuva 2. Kompressorit (Juho Länne)

Kompressorikeskuksessa kompressorien vierässä on Atlas Copcon toimittama adsorbtiokuivain mallia BD - 520. Adsorbtiokuivaimen ansiosta voimalaitoksen paineilman kastepiste on -48°C . Kompressorikeskukseen on asennettu myös saman laitetoimittajan esi - ja pölysuodattimet, virtausmittaus sekä painelähetin. Kompressorihuoneen PI - kaavio on esitetty liitteessä 1.



Kuva 3. Adsorbtiokuivaimen näyttö (Juho Länne)

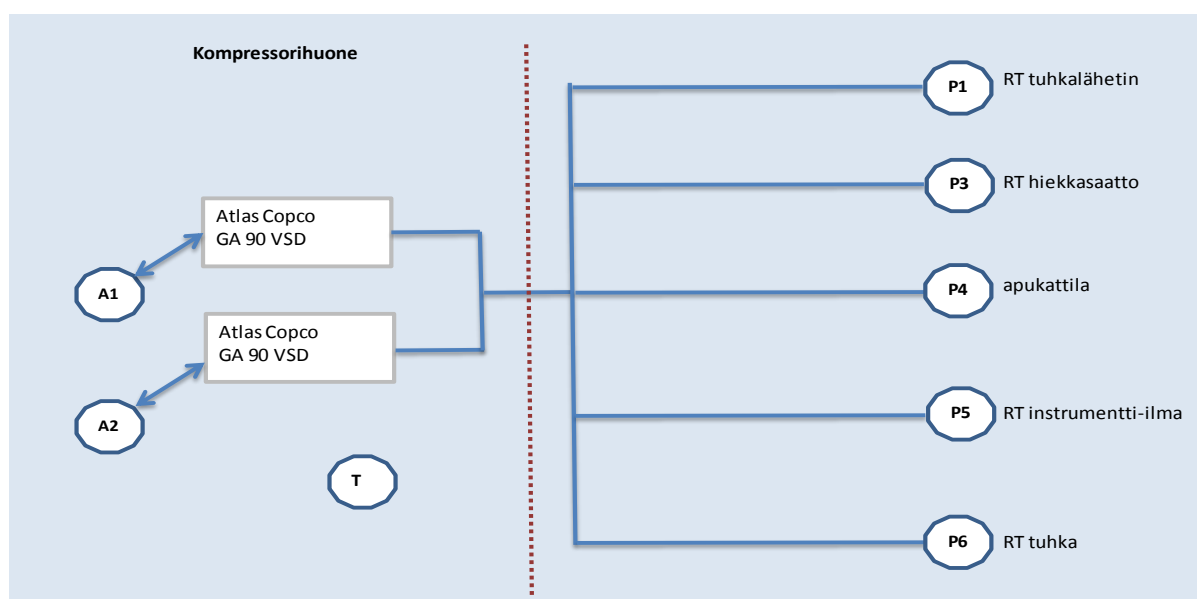
Voimalaitoksen paineilmajärjestelmä on varustettu kahdella paineilmasäiliöllä. Nämä sijaitsevat kompressorihuoneessa sekä RT - kattilahuoneessa. Kompressorihuoneen säiliö on tilavuudeltaan 10 m³ ja pienempi säiliö 2,5 m³. Pienempi säiliö on asennettu jälkikäteen energia – analyysin tuloksena tasaamaan tuhkalähettimen aiheuttamia paineilman kulutushuippuja paineilmaverkossa.

Voimalaitoksen paineilmaverkosto koostuu kolmesta eri paineilmaverkosta. Kattilalaitoksen paineilmaverkon muodostavat RT – R – ja apukattila johon paineilma tuotetaan Atlas Copcon kompressoreilla. Tämä paineilmaverkko jakautuu instrumentti – ja työilmaksi. Polttoaineen vastaanottoasemalla on oma paineilmaverkko joka muodostuu kahdesta varsinaisesta kompressorista ja siirrettävästä varalaitteesta. Sprinkleriverkkoon paineilma tuotetaan pienemmillä siirrettävillä kompressoreilla. Tämä selvitys keskittyy kattilalaitoksen paineilmaverkon tutkimiseen./4, s.8/

5 MITTAUKSET

Mittaukset toteutettiin yhteistyössä Sarlin Oyn ja tämän edustajan Juha – Antti Hirsivuoren kanssa. Sarlin Oy suunnittelee ja markkinoi paineilma-, -kaasu-, ja vesienkäsittelyjärjestelmiä sekä toimittaa prosessi – ja teollisuusautomaation laitteita ja ratkaisuja. Paineilma – asioissa Sarlin Oy tarjoaa mm. vuotokartoituksia, paineilmajärjestelmien järjestelmäanalyysjä ja paineilman tuottopalveluita./11/

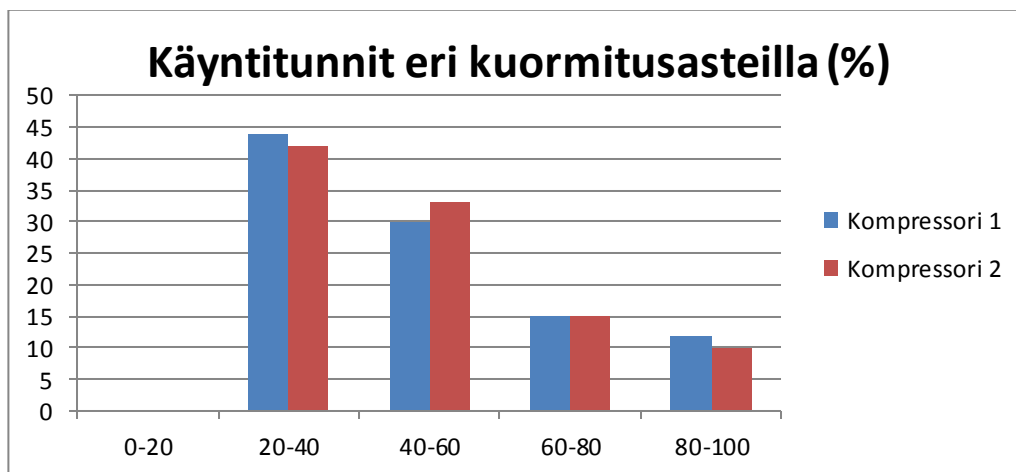
Paineilmamittaukset aloitettiin tekemällä kenttäkierroksia voimalaitoksella. Samalla rajattiin kattilalaitoksen suurimpia paineilman kulutuskohteita ja tutkittiin mahdollisuuksia asentaa paineanturit lähelle näitä kulutuskohteita. Antureiden tekniset tiedot on esitetty liitteessä 2. Paineantureiden avulla tutkittiin eri paineilmalinjoja sulkemalla ja toimilaitteisiin vaikuttamalla millaisia paineenvaihteluita paineilmaverkossa tapahtuu ja kuinka ne vaikuttavat kompressoreiden käyntiin ja sitä kautta energian kulutukseen. Paineantureihin liitettiin loggerit jotka tallensivat sekunnin välein paineantureiden rekisteröimän paineen paineilmaverkossa. Antureiden ja loggerien kalibrointipöytäkirjat on esitetty liitteissä 3 ja 4. Lisäksi tutkittiin kompressorihuoneen lämpötilan vaihteluita asentamalla lämpötilamittari ja loggeri kompressorihuoneeseen. Lämpötilamittaus on esitetty liitteessä 5. Paineanturit asennettiin kuvan 4 mukaisesti. Antureiden tarkat sijainnit kattilalaitoksella on esitetty koeajopäiväkirjassa liitteessä 6.



Kuva 4. Periaatekuva mittauspisteistä

5.1 Kompressorit

Molempiin kompressoreihin asennettiin ampeerimittarit. Ampeerimittaus perustuu sähkövirran johtimeen synnyttämään magneettikenttään. Virta voidaan ohjata myös vastuksen läpi ja mitata sen ylitse syntyvä jännite. Näiden suureiden avulla pystyttiin laskemaan kompressorien kuluttama sähköteho. Mittausjakson aikana kertyneen datan avulla pystyttiin laskemaan myös kompressorien käyntinopeus ja niiden tuottamat ilmamäärät sekä energiankulutus. Ennen mittausten aloittamista selvitettiin kompressorien käyntitunnit eri kuormitusasteilla. Käyntitunnit selvitettiin tutkimalla kompressorien ohjauspaneelita. Molemmilla koneilla oli takanaan noin 45 000 käyttötuntia. Tulokset on esitetty kaaviossa 1./9/



Kaavio 1. Kompressorien käyntitunnit eri kuormitusasteilla.

Mittausjakson aikana kompressor 2 kävi ns. pääkoneena. Kompressorin tuotto vaihteli 4 – 14 m³/min välillä keskimääräisen tuoton ollessa 8,7 m³/min. Koneen energiankulutus vaihteli 34,5 – 82,7 kW:n välillä energiankulutuksen keskiarvon ollessa 57,1 kW. Kompressorin keskimääräisen energiankulutuksen ja sen tuottaman ilmamäärän suhde kertoo kompressorin ominaisenergian tarpeen. Tästä lukemasta käy ilmi kuinka paljon tehoa kompressor tarvitsee tuottaakseen ilmaa yhden kuution verran minuutin aikana.

$$\text{Ominaisenergian tarve} = \frac{\text{Teho}}{\text{Tuotto}} = \frac{57,1 \text{ kW}}{8,7 \text{ m}^3/\text{min}} = 6,56 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{min}}$$

Kaava 1. Ominaisenergian tarve

Vastaavasti kompressori 1 kävi varakoneena koko mittausjakson ajan. Sen tuottama ilmamäärä vaihteli 0 – 12,8 m³/min välillä keskimääräisen tuoton ollessa 3,7 m³/min. Kompressori kulutti energiaa keskimäärin 32,3 kW kulutuksen vaihdellessa 0 – 75,9 kW:n välillä. Myös tälle kompressorille laskettiin ominaisenergiatarve kaavan 1 mukaan.

$$\text{Ominaisenergian tarve} = \frac{T_{eho}}{Tuotto} = \frac{32,3 \text{ kW}}{3,7 \text{ m}^3/\text{min}} = 8,73 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{min}}$$

Tulosten perusteella voidaan todeta, että kompressorien toimiessa pääkoneena ne tuottavat paineilmaa hyvällä hyötysuhteella. Ruuvikompressorin toimiessa ihanneolosuhteissa sillä voidaan saavuttaa ominaisenergiatarve joka on 6 – 6,5 $\frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{min}}$ välillä ja tällöin se toimii parhaalla mahdollisella hyötysuhteella. Mittausten aikana kompressori 2 saavutti tämän lukeman kun taas kompressori 1:n ominaisenergian tarve oli korkea. Korkea lukema aiheutuu kompressorin alhaisesta kierrosnopeudesta. Kone kävi lähes koko mittausjakson ajan tyhjäkäynnillä kierrosnopeuden ollessa noin 1000 kierrosta minuutissa. Tällainen kompressorin ajotapa kuluttaa paljon energiaa suhteessa kompressorin tuottamaan ilmamäärään. Kompressorin hyötysuhde jää tällaisessa tilanteessa huonoksi.

Tarkasteltaessa kompressorien yhteistuotantoa mittausjakson aikana keskimääräinen energiankulutus oli 89,3 kW ja keskimääräinen tuotto 12,4 m³/min. Näistä tuloksista voidaan laskea yhteistuotannon ominaisenergiatarve, jonka avulla voidaan selvittää paineilman aiheuttamia energiahäviöitä eri kulutuskohteissa kaavan 1 mukaan./9/

$$\text{Ominaisenergian tarve} = \frac{T_{eho}}{Tuotto} = \frac{89,3 \text{ kW}}{12,4 \text{ m}^3/\text{min}} = 7,2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{min}}$$

5.2 Apukattila

Aittaluodon voimalaitoksen apukattila on polttoaineteholtaan 49 MW. Kattilaa käytetään kesällä polttoainejärjestelmän seisokin aikaan ja talvella suurimpien kaukolämmön tarpeiden aikaan. Kattila pidetään lämpimänä käynnistysvalmiudessa katkojen varalta myös muina aikoina./7, s.35/

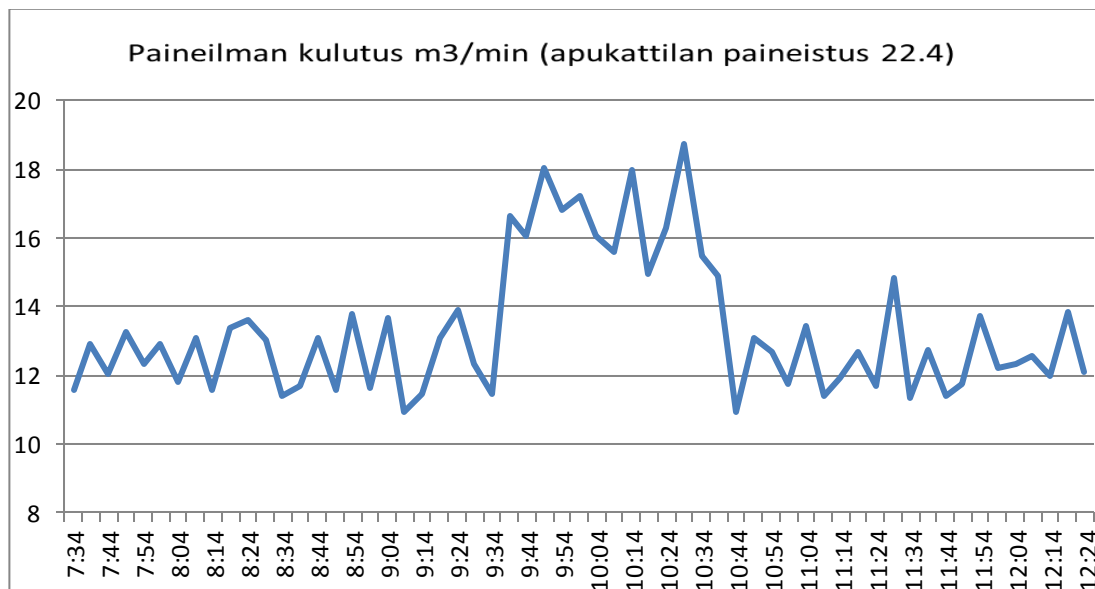
Mittausten aikana tutkittiin apukattilan ylösajon vaikutuksia paineilma- ja höyryverkoston paineeseen. Kattila käynnistettiin 22.4 ja 23.4. Apukattilaa on mahdollista ajaa käyttäen kahta eri hajoitusainetta. Hajoitusaineen tarkoituksena on levittää raskaspolttoöljyä tasaisesti kattilapesään. Yleisemmin käytetty hajoitusaine on höyry. Kattilan hajoitusaineena voidaan käyttää myös paineilmaa. Kattilan käynnistys on varmistettu paineilmahajoitteisena siltä varalta, että höyryä ei ole saatavilla. Paineilmahajoitteisena kattilan teho ylittää vain 70%:iin, kun taas höyryhajoitteisena päästään suunniteltuun maksimitehoalueeseen.

Mittausjakson aikana apukattilan poltinasolla oltiin asentamassa automatiikkaa jonka avulla kattilan hajoitusaine voidaan vaihtaa automaattisesti höyrystä paineilmaksi tai vaihtoehtoisesti paineilma- ja höyryhajoitteisiksi. Tämä uudistus tulee valmistuessaan vähentämään paineilman kokonaiskulutusta merkittävästi./10/



Kuva 5. Apukattilan mittauspiste (Juho Länne)

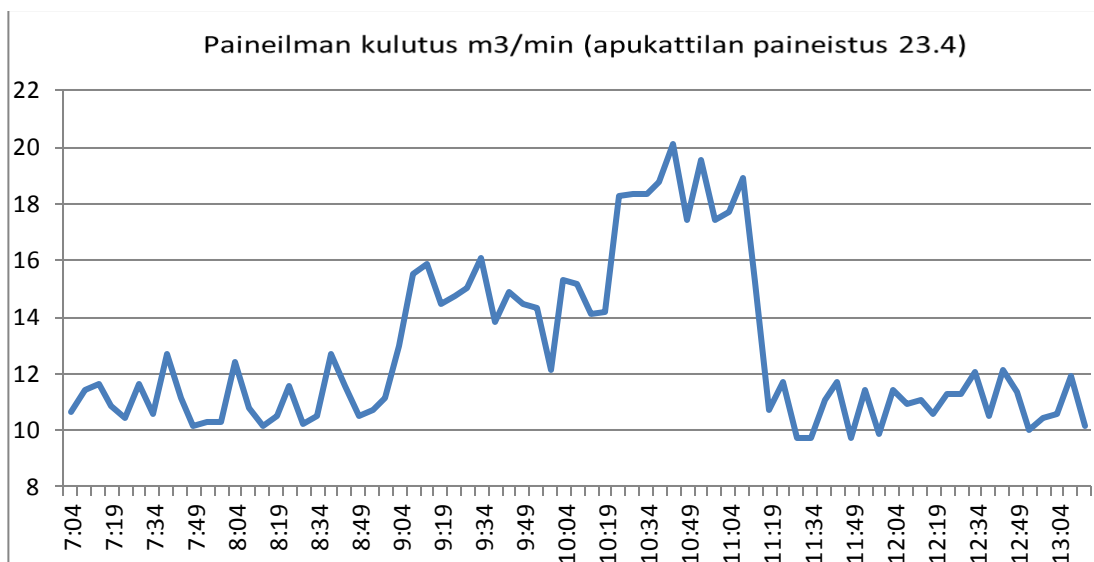
Mittausten perusteella apukattila todettiin voimalaitoksen suurimmaksi paineilman kuluttajaksi ylösajotilanteessa. Suorittaessa koeajo jossa hajotusaineena käytettiin höyryä paineilman kulutus nousi noin $12 \text{ m}^3/\text{min}$ yli $18 \text{ m}^3/\text{min}$. Paineilman kulutuksen vaihtelu on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Paineilman kulutus höyryhajoitteisena

Käyrästä osoittaa, että apukattilan käynnistys nostaa välittömästi paineilman kulutusta. On myös huomioitavaa, että apukattilan jäädessä päälle pidemmäksi aikaa paineilman kulutus stabiloituu noin $16 - 18 \text{ m}^3/\text{min}$, joka tarkoittaa toisen kompressorin maksimi - ilmamäärää jonka se voi tuottaa. Tällaisia tilanteita voi esiintyä esimerkiksi talvisin tai kiinteän polttoaineen kattilan äkillisen vikaantumisen aikana.

Vastaavasti apukattilaa ylösajettaessa paineilmahajotteisena todettiin vastaavanlainen nousu paineilman kulutuksessa. Paineilman kulutus oli suurempi verrattuna koeajoon jossa hajotusaineena käytettiin höyryä. Paineilman kulutus ennen kattilan käynnistystä oli noin $12 \text{ m}^3/\text{min}$ ja käynnistyksen alkaessa se nousi tasoon $16 \text{ m}^3/\text{min}$. Ylösajon yhteydessä esiintyi ongelmia hajotusaineen paineen nostamisessa riittävän korkealle tasolle. Vian todettiin olevan magneettiventtiilissä joka ei avautunut täysin ja esti näin ollen paineen nousun. Vian korjaamisen jälkeen ylösajo saatiin onnistumaan. Paineilman kulutus nousi edellisestä vielä $4 \text{ m}^3/\text{min}$ kohoten hetkellisesti yli $20 \text{ m}^3/\text{min}$. Tämä oli koko viikon mittausjakson korkein mitattu kulutushuippu. Paineilman kulutus koeajon aikana on kuvattu kuvassa 7.



Kuva 7. Paineilman kulutus paineilmahajoitteisena

5.3 RT – kattila

RT – kattila on rakennettu vuonna 1981 arinakattilaksi ja vuonna 1996 se on muutettu leijupetikattilaksi. Kattila käyttää pääpolttoaineenaan turvetta ja puuta. Suunnitteluarvojen mukaan RT – kattila on polttoaineteholtaan 137 MW, höyrynkehitykseltään 44kg/s, tuorehöyryn lämpötilaltaan 525°C ja paineeltaan 115 bar. Tämän selvityksen aikana RT – kattila toimi voimalaitoksen pääkattilana. Kattilan PI – kaavio on esitetty liitteessä 7./7, s.30/

5.3.1 RT – kattilan tuhkalähetin

RT – kattilan tuhkalähetin sijaitsee RT – kattilahuoneen 8. kerroksessa. Kattilan tuhkasiilojen täytessä lähetin käyttää paineilmaa lähettääkseen tuhkan eteenpäin putkea pitkin varastointisiiloon.

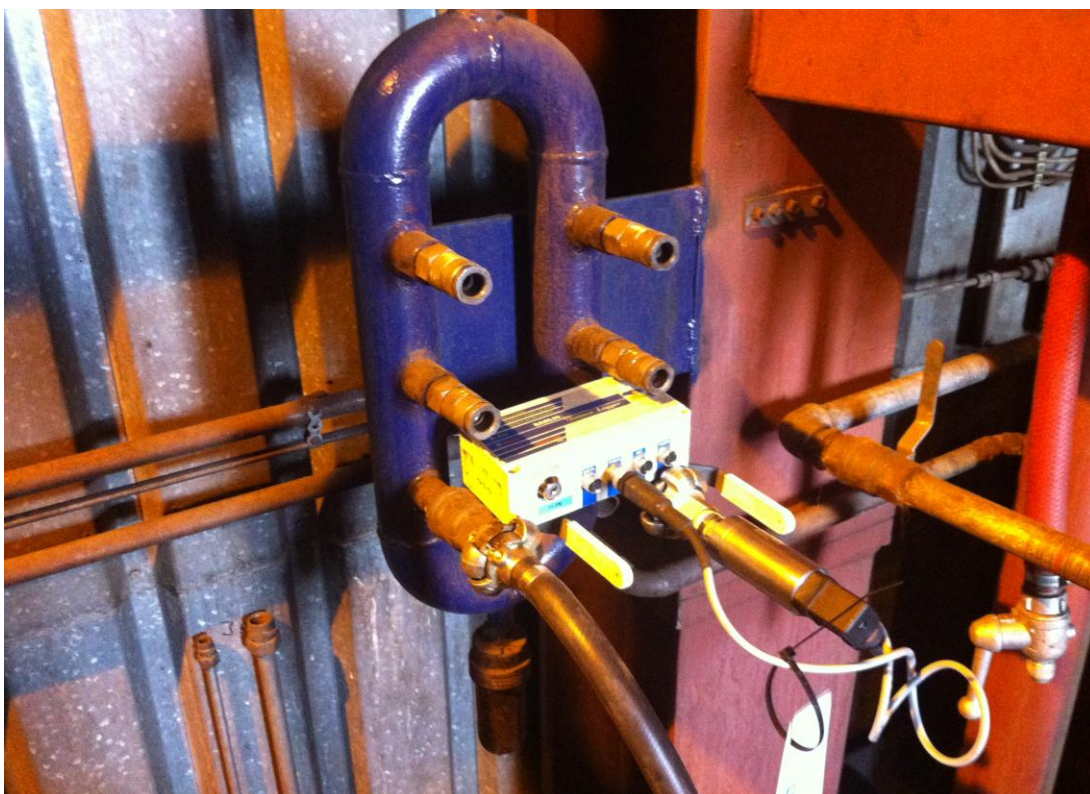


Kuva 8. RT – kattilan tuhkalähetin (Juho Länne)

Tuhkalähtetimen oletettiin olevan yksi suurimmista paineilman kuluttajista. Tuhkalähetin siirtää tuhkaa impulssinomaisesti eli se kuluttaa hetkellisesti paineilmaa suuria määriä. Mittaustulosten perusteella lähtetimen paineilmalinjassa ei kuitenkaan tapahdu merkittäviä paineenvaihteluita. Mitattu paineenvaihtelu vaihteli 6,96 – 5,74 barin välillä joka on samaa luokkaa kuin muuallakin paineilmaverkossa tapahtuvat paineenvaihtelut eri kuormitusilanteissa. Tämä johtunee paineilmasäiliöstä joka on hankittu voimalaitokselle tasaamaan tuhkalähtetimen aiheuttamia paineilmapiikkejä energia – analyysin perusteella. Koska merkittäviä paineenvaihteluita ei tapahdu, voidaan paineilmasäiliön sijoituksen olevan onnistunut.

5.3.2 RT – kattilan tuhkan saattoilma

Tuhkalähetin siirtää kattilassa polton yhteydessä syntyvää tuhkaa putkea pitkin tuhkan varastointisiiloon. Jotta tuhka kulkisi mahdollisimman jouhevasti putkessa, siihen on asennettu kaksi eri saattoilmalinjaa, joista putkeen johdettava paineilma edesauttaa tuhkan liikettä putkessa. Toinen saattoilmalinja on automaattitoiminen. Se aukeaa vain tuhkalähtetimen siirtäessä tuhkaa eteenpäin. Toinen saattoilmalinja on käsiventtiilikäyttöinen ja se on näin ollen aina auki RT – kattilan ollessa ajossa.



Kuva 9. RT – kattilan tuhkan saattoilman mittauspiste (Juho Länne)

Tämän käsiventtiilitoimisen paineilmalinjan vaikutusta paineilman kulutukseen tutkittiin koejojen yhteydessä. Linja on aina auki joten se ei aiheuta äkillisiä painenvaihteluita verkossa mutta kuormittaa jatkuvasti kompressoreja. Linjaa suljettaessa todettiin paineilman kulutuksen laskevan $0,66 \text{ m}^3/\text{min}$. Tämän perusteella voidaan laskea hukkaan menevä energia saattoilmalinjan ollessa auki jatkuvasti.

$$7,2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{min}} * 0,66 \text{ m}^3/\text{min} * 8700\text{h} = 41,3 \text{ MWh/a}$$

Kaava 2. Energiankulutus vuodessa

5.3.3 RT – kattilan kattilahiekan saattoilma

Leijupetikattilan kattilahiekka on vaihdettava aika ajoin. Aittaluodon voimalaitoksella tämä tapahtuu laskemalla uutta kattilahiekkaa putkea pitkin hiekkasilosta kattilan tulipesään. Samoin kuin tuhkalinjassa kattilahiekan putkeen johdetaan paineilmaa jotta hiekan liike putkessa sujuisi mahdollisimman mutkattomasti. Kattilahiekan saattoilmalinja on käsiventtiilikäyttöinen ja sitä pidetään jatkuvasti auki vaikka kattilahiekkaa liikkuu putkessa vain harvoin. Näin ollen voidaan todeta tämän paineilmalinjan kuluttavan saman verran energiaa kuin kattilan tuhkan saattoilmalinja. Energiankulutus lasketaan kaavan 2 mukaan.

$$7,2 \frac{kW}{m^3/min} * 0,66 m^3 /min * 8700h = \mathbf{41,3 MWh/a}$$

5.3.4 RT – kattilan kalkkilaitteet

Jotkin laitokselle saapuvat turve – erät ovat muita rikkipitoisempia ja niiden polton yhteydessä muodostuu enemmän rikkioksidia. RT – kattilassa on aikoinaan käytetty kalkkilaitteita puhdistamaan palamisen yhteydessä syntyviä rikkioksidipäästöjä. Kalkkilaitteet ovat kuitenkin olleet jo pitkään pois käytöstä johtuen pääosin siitä ettei niitä ole koskaan saatu kunnolla toimimaan. Laitteistolle on kuitenkin tarvetta jotta päästötasoa saataisiin laskettua. Kalkkilaitteet syöttävät paineilman avulla kalkkia kattilapesään, jolloin kalkki sitoo itseensä päästöjä. Paineilmaa käytetään myös kalkkisiilossa olevan kalkin fluidisointiin laitteiston ollessa päällä./8, 10/

Vaikka kalkkilaitteet eivät ole nykypäivänä käytössä, niille johtava paineilmalinja on jäänyt syystä tai toisesta sulkematta jonka vuoksi se hukkaa paineilmaa turhaan. Tämän paineilmalinjan vaikutus ilman kulutukseen on laskettu yhdessä R - kattilan kattilahiekan saattoilman kanssa kohdassa 5.4 koska nämä linjat todettiin ns. turhiksi paineilman kulutuskohteiksi koska kumpaakaan linjaa ei ole perusteltua pitää auki.



Kuva 10. Kalkkilaitteiden ja RT – kattilahiekan saattoilman mittauspiste (Juho Läme)

5.4 R – kattilan kattilahiekan saattoilma

R – kattila on alun perin ollut arinakattila ja se on otettu käyttöön 1968. Kattila on muutettu RT:n tavoin leijupetikattilaksi vuonna 1994. Pääpolttoaineita ovat turve ja puu. Suunnitteluarvojen mukaan kattilan maksimi polttoaineteho on 105 MW, höyrykehitys 32 kg/s, tuorehöyryn lämpötila 525 °C ja paine 115 bar. R – kattila ei ollut mittausten aikana käynnissä. Kattilan PI – kaavio on esitetty liitteessä 8./7, s27/

RT – kattilan tavoin R – kattilan kattilahiekan putket on varustettu saattoilmalinjoilla ja näihin linjoihin johdetaan jatkuvasti paineilmaa. R – kattilan osalta paineilma menee täysin hukkaan koska kattila on ajossa vain kesäisin. R – kattilalla pystytään ajamaan alhaisempaa kuormatasoa joten se soveltuu kesäkäyttöön RT – kattilaa paremmin. Näin ollen R – kattila oli mittausjakson aikana pois käytöstä. Paineilman kulutuksen selvittämiseksi kattilahiekan saattoilmaventtiilit suljettiin. Koska hiekan saattoilman ja RT – kattilan kalkkilaitteiden linjat hukkaavat ilmaa vaikka niitä ei tulisi pitää auki nämä linjat suljettiin lähes samaan aikaan ja laskettiin niiden yhteisvaikutus energiankulutuksen kannalta. Venttiilien ollessa auki paineilmaa kului 13,68 m³/min. Venttiilien sulkemisen jälkeen kulutus laski tasoon 12,50 m³/min joten kulutus tippui 1,18 m³/min. Tämän eron perusteella laskettiin vuosittainen energiankulutus kaavan 2 mukaan.

$$7,2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{min}} * 1,18 \text{ m}^3/\text{min} * 8700\text{h} = \mathbf{73,9 \text{ MWh/a}}$$



Kuva 11. R – kattilahiekan saattoilman mittauspiste (Juho Länne)

5.5 Paineilmaverkon vuodot

Varsinaisten koeajojen yhteydessä tutkittiin paineilmaverkosta paikannettujen vuotojen vaikutusta paineilman kulutukseen. Vuotoja oli paikannettu kaikkiaan 39 kpl joista valittiin 10 kappaleen otanta. Vuotokartoitus suoritettiin ultraäänimittauksella. Mittauksissa käytetty ultraäänimittari on esitetty kuvassa 11. Mittaukset perustuvat ultraäänimittarin mittaamaan desibelitasoon 5 metrin etäisyydeltä vuotokohdasta. 10 mitatun vuotokohdan äänitasot ja vuotojen aiheuttamat paineilman kulutukset on esitetty taulukossa 1.



Kuva 12. Vuotomittari varusteineen

Nro	Äänitaso (dB)	Kulutus (l/h)
1	38	2 222
2	43	2 963
3	43	2 963
4	48	3 951
5	50	4 433
6	55	5 912
7	57	6 634
8	67	11 796
9	68	12 495
10	68	12 495
	Yhteensä	65 864

Taulukko 1. Vuotokohtien aiheuttama paineilman kulutus

Vuotojen laskennassa on käytetty hyväksi vuotomittarin valmistajan laskentaohjelmaa jolla desibelit voidaan muuntaa energiaksi. Kymmenen mitatun vuotokohdan yhteenlaskettu paineilman kulutus oli yli 65 m³ tunnissa eli noin 1,1 m³/min. Näiden mitattujen vuotojen vaikutus energiankulutukseen oli 68,9 MWh kaavan 2 mukaan.

$$7,2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{min}} * 1,1 \text{ m}^3/\text{min} * 8700\text{h} = \mathbf{68,9 \text{ MWh}}$$

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön lähtökohtana oli, että Aittaluodon voimalaitoksen kompressorikapasiteetti ei ole riittävä. Tämä osoittautui kuitenkin vääräksi olettamukseksi. Erilaisilla parannuksilla paineilman kulutus on mahdollista saada sellaiselle tasolle, että kaksi nykyistä kompressoria pystyvät vastaamaan voimalaitoksen paineilman tarpeeseen.

Yksi paineilman energiankulutukseen vaikuttavista tekijöistä on kompressoreiden käynnin ohjaus. Koneiden nykyinen ajomalli ei ole energiatehokas koska toinen koneista käy jatkuvasti lähes tyhjäkäynnillä kuitenkaan kokonaan sammumatta. Kompressorit kuitenkin vaihtavat käyntijärjestystään joka selviää niiden käyntituntimäärästä, jotka ovat lähes identtiset keskenään.

Toisen kompressorin käynti huonolla hyötysuhteella johtunee kattilalaitoksen aikaisemmasta käyntimallista. Aikana jolloin kompressorit on hankittu Aittaluodon voimalaitoksessa pidettiin molempia kiinteän polttoaineen kattiloita ajossa. Myöhemmin on siirrytty käyttämään vain yhtä kattilaa kerrallaan. Kompressoreiden ohjaukseen ei kuitenkaan tietävästi ole tehty nykyiseen ajomalliin siirryttäessä minkäänlaisia muutoksia. Kompressorien ohjausta muuttamalla molempien kompressorien ominaisenergian tarpeet olisi mahdollista laskea kannattavalle tasolle. Kierrosnopeussäätöisellä ruuvikompressorilla tämän suureen tulisi olla $6 - 6,5 \frac{kW}{m^3/min}$, jonka pääkoneena mittausten aikana toiminut kompressori 2 onnistui saavuttamaan. Jos molemmat koneet toimisivat kompressorin 2 kaltaisella ominaisenergian tarpeella ja paineilman kulutus säilyisi nykyisellä tasolla, tämänhetkiseen kompressoreiden yhteistuotantoon verrattuna voitaisiin säästää 77 MWh vuodessa. Laskennassa on laskettu kaavaa 2 hyväksikäyttäen kompressorien nykyisen ja mahdollisen yhteistuotannon erotus.

$$= (7,2 \frac{kW}{m^3/min} * 13,7 m^3/min * 8700h) - (6,56 \frac{kW}{m^3/min} * 13,7 m^3/min * 8700h)$$

$$= \mathbf{77 MWh}$$

Tehtyjen koeajojen yhteydessä molempien kiinteän polttoaineen kattiloiden kattilahiekkojen saattoilmat sekä RT – kattilan tuhkan saattoilman todettiin olevan ns. turhia kulutuskohteita, koska näistä linjoista paineilmaa hukataan jatkuvalla syötöllä vaikka ilmaa tarvittaisiin vain lyhyitä aikoja kerrallaan. Samoin RT – kattilan kalkkilaitteet kuluttavat jatkuvasti paineilmaa vaikka laitteet eivät ole käytössä. Suljettaessa RT – kattilan kalkkilaitteiden paineilmalinja ja tuhkan saattoilmalinja sekä R – kattilan kattilahiekan saattoilmalinja paineilman kokonaiskulutuksen todettiin tippuvan tasosta 13,68 m³/min tasoon 11,84 m³/min. Paineilman kulutus laski siis kokonaisuudessaan 1,84 m³/min. Lisäksi todettiin RT – kattilan kattilahiekan saattoilman kulutuksen olevan saman verran kuin R- kattilassa ja vievän saman verran energiaa. Näiden neljän paineilman kulutuskohteen yhteiseksi energiankulutukseksi laskettiin 156,5 MWh.

$$73,9 \text{ MWh} + 41,3 \text{ MWh} + 41,3 \text{ MWh} = \mathbf{156,5 \text{ MWh}}$$

Mahdollisuutta asentaa automaattiventtiilit edellä mainittuihin linjoihin tulisi tutkia. Saattoilmalinjojen automatisointi vähentäisi paineilman kulutusta vuositasolla merkittävästi kun ilmaa käytettäisiin ainostaan silloin kun kattilahiekkaa vaihdetaan tai tuhkalähettimet siirtävät tuhkaa varastointisiiloon. Koska RT – kattilan kalkkilaitteet eivät ole nykypäivänä käytössä, niille johtava paineilmalinja jätettiin kiinni koeajojen päätyttyä.

Aittaluodon kattilalaitoksen paineilmaverkon kastepiste on huomattavan alhainen. Mittausjakson aikana kastepisteen todettiin olevan kompressorihuoneen adsorbtiokuivaimen jälkeen peräti -48°C . Vaikka kattilalaitoksen toimilaitteet vaativatkin toimiakseen kuivaa ilmaa ei näin alhainen kastepiste ole tarpeellinen. Tähän lämpötilaan pyrkiminen ei ole perusteltua siitäkään syystä että voimalaitoksen paineilmaverkon putket eivät sijaitse ulkotiloissa joten paineilman seassa olevan kosteuden jääytymisen vaaraa ei ole. Paineilman kastepisteen nostaminen -40°C :een on yksi mahdollisuus säästää energiaa.

Tammikuisen vuotokartoituksen yhteydessä on suoritettu koe jossa apukattilalle johtavan paineilmalinjan venttiili suljettiin ja avattiin. Kokeen perusteella todettiin, että sulkemalla apukattilan paineilmalinja pääkoneena toimivan kompressorin kierrosnopeus laskee noin 700 kierroksella minuutissa. Atlas Copcon raportin mukaan tämän vaikutus paineilman tuottoon on karkeasti $3 - 5,4\text{ m}^3/\text{min}$. Kompressorien nykyisen yhteistuotannon ominaisenergiatarpeen mukaan tämä vastaa 338,3 MWh:n kulutusta kaavan 2 mukaan./12/

$$7,2 \frac{\text{kW}}{\text{m}^3/\text{min}} * 5,4 \text{ m}^3/\text{min} * 8700\text{h} = \mathbf{338,3\text{MWh}}$$

Koska venttiilin avaamisen jälkeen kompressorin kierrosnopeus nousi 700 kierroksella minuutissa voidaan todeta apukattilan hukkaavan tämän verran energiaa jos venttiili pidetään auki kattilan ollessa pois päältä.

Opinnäytetyön koeajojen aikana tutkittiin myös apukattilan lanssin huuhteluilman vaikutusta paineilman kulutukseen sulkemalla huuhteluilman käsiventtiili apukattilan poltintasolta. Tämän toimenpiteen ei kuitenkaan havaittu aiheuttavan merkittäviä muutoksia paineilman kulutuksessa. Tästä huolimatta lanssin huuhteluilma olisi syytä muuttaa automaattitoimiseksi paineilman kulutuksen pienentämiseksi. Huuhteluilma voisi olla päällä esimerkiksi 15 min kattilan sammuttamisen jälkeen, jolloin lanssi olisi puhdas seuraavaa käynnistyskertaa varten.

Aittaluodon voimalaitoksen polttoaineen vastaanottoasema on varustettu omalla erillisellä paineilmaverkolla. Verkon muodostavat kaksi kompressoria jotka sijaitsevat vastaanottoasemalla. Paineilmaa kuluu pääasiassa polttoainetta voimalaitokselle kuljettavien ajoneuvojen puhdistukseen. Polttoaineen vastaanottoaseman kulutuskohteet olisi mahdollista liittää kattilalaitoksen paineilmaverkkoon. Rakentamalla uuden vastaanottoasemalle johtavan paineilmalinjan kattilalaitokselta ja lisäämällä esimerkiksi pienen paineilmasäiliön vastaanottoaseman läheisyyteen paineilmaverkon puskurikapasiteettia saataisiin lisättyä entisestään tasaamaan mahdollisesti esiintyviä kulutushuippuja. Samalla pystyttäisiin korvaamaan huonokuntoiseksi todetut polttoaineaseman kompressorit kattilalaitoksen kompressoreilla. Näin pystyttäisiin säästämään huoltokuluissa Atlas Copcon ollessa ainut paineilmalaitteiden toimittaja voimalaitoksella. Koska kattilalaitoksen paineilmaverkon kastepiste on valmiiksi alhainen ei ilman seassa olevan kosteuden jäätyminen koidu ongelmaksi vaikka paineilmalinja kulkisi ulkona kattilalaitokselta vastaanottoasemalle.

Sarlin Oy:n laatimassa Syyni – raportissa kattilalaitoksen paineilmaverkon vuotojen arvoidaan olevan kokonaisuudessaan 2 – 3 m³/min. Opinnäytetyön mittausten mukaan kymmenen mitatun vuodon suuruus oli noin 1,1 m³/min. Syyni – raportin arvoidun paineilman kulutuksen aiheuttama energiahukka on 187,9 MWh ja kymmenen mitatun vuodon puolestaan 68,9 MWh. Laskuissa on käytetty kaavaa 2.

$$7,2 \frac{kW}{m^3/min} * 3 m^3/min * 8700h = \mathbf{187,9 MWh}$$

$$7,2 \frac{kW}{m^3/min} * 1,1 m^3/min * 8700h = \mathbf{68,9 MWh}$$

Paineilmavuotojen määrä todettiin suureksi. Pori Energia on jo puuttunut asiaan ja osa vuotokartoituksessa todetuista vuodoista on jo paikattu. Toisaalta vuotojen määrä on edelleen runsas. Lisäksi opinnäytetyön alussa tehtyjen kenttäkierrosten aikana paineilmaverkosta löytyi uusia vuotoja. Näistä vuodoista on ilmoitettu voimalaitoksen henkilökunnalle. Vuotojen suuruutta mitattaessa todettiin myös eräiden Atlas Copcon merkitsemien vuotojen suuruuden kasvaneen ajan kuluessa. Paineilmaverkon vuodot on syytä paikata mahdollisimman nopeasti energiankulutuksen ja ilman kulutuksen vähentämiseksi.

Taulukossa 2 on esitetty yhteenveto arvoidusta säästöpotentiaalista

Nro	Kulutuskohde	Säästömahdollisuus (MWh/a)
1	RT - tuhkan saattoilma	41,3
2	RT - kattilahiekan saattoilma	41,3
3	RT - kalkkilaitteet	73,9
4	R - kattilahiekka	
5	Apukattila valmiustilassa	338,3
6	Paineilmavuodot 10 kpl	68,9
7	Paineilmavuodot, Sarlin Oy	187,9
	Yhteensä	751,6

Taulukko 2. Säästöpotentiaali

LÄHTEET

1. Pori Energia Oyn www – sivut (viitattu 25.2.2013)
2. Ellman, A. Pneumatiikka. Edita, 2002
3. Airila, M. Korpivaara, H. Kompressorikirja. Vantaa, 1983
4. Rocca Groupin paineilmakartoitus Aittaluodon voimalaitoksella 1.6.2007
5. Sarlin Oyn luentomateriaali
6. Keinänen, T. Kärkkäinen, P. Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka. WSOY, 2005
7. Pöyryn energia – analyysi Aittaluodon voimalaitoksella 24.03.2011
8. Puhelinkeskustelu Pori Energian käyttömestari Risto Judinin kanssa 15.05.2013
9. Keskustelu Sarlin Oyn Juha – Antti Hirsivuoren kanssa 06.05.2013
10. Keskustelu Pori Energian projekti – insinööri Markku Santikon kanssa 17.05.2013
11. Sarlin Oyn www – sivut. Viitattu 21.05.2013
12. Atlas Copcon AIRScanTM vuotokartoitusraportti
13. Kaavio 1 kompressorihuoneen kompressorien ohjausjärjestelmä
14. Kuva 1 Automaatiojärjestelmien hydraulikka ja pneumatiikka
15. Kuva 4, 6 ja 7 Sarlin Oyn Syyni – raportti
16. Kuva 12 Atlas Copcon AIRScanTM vuotokartoitusraportti

LIITELUETTELO

LIITE 1 Kompressorihuoneen PI - kaavio

LIITE 2 Paineantureiden tekniset tiedot

LIITE 3 Paineantureiden kalibrointipöytäkirja

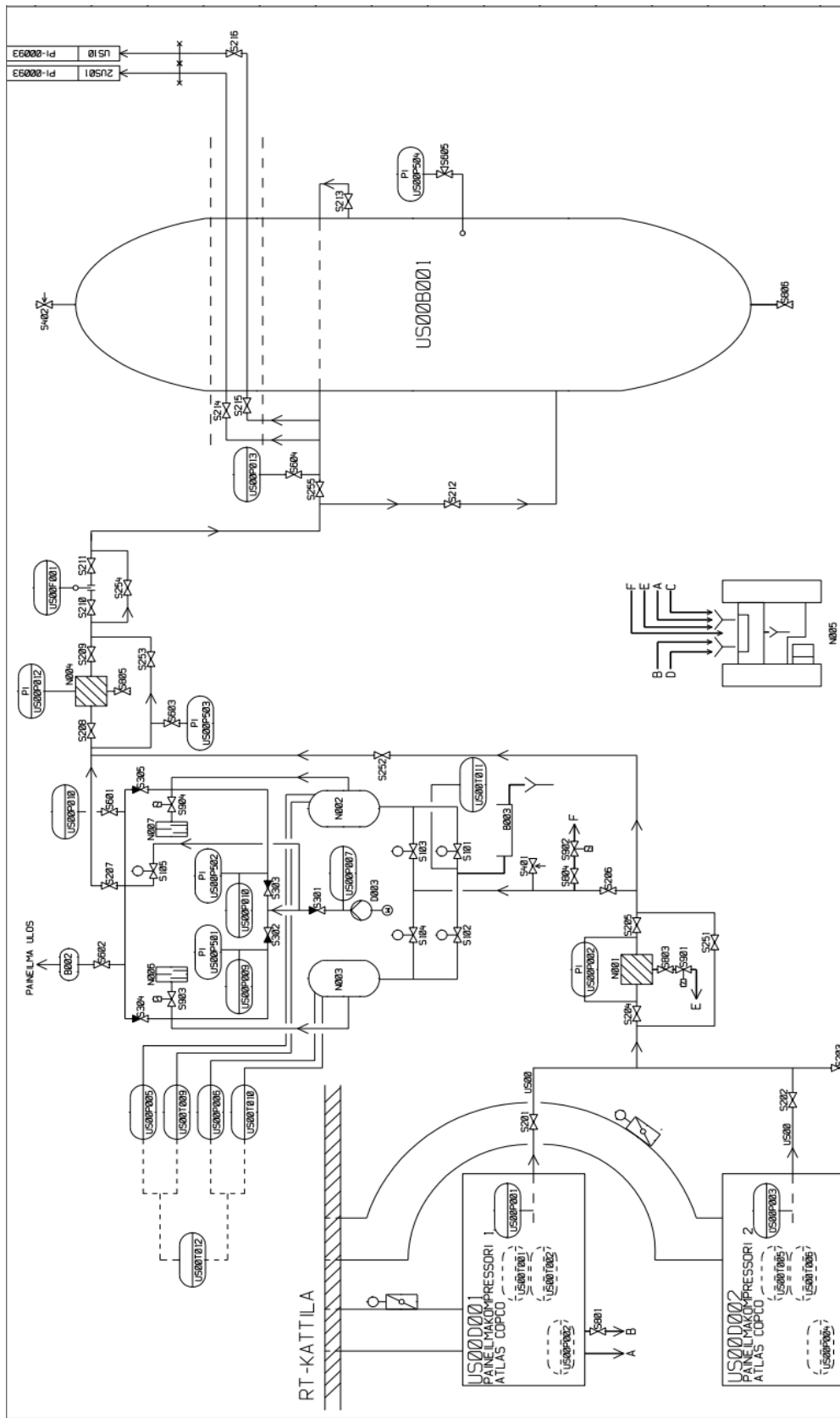
LIITE 4 Loggereiden kalibrointipöytäkirja

LIITE 5 Kompressorihuoneen lämpötilamittaus

LIITE 6 Koeajopäiväkirja

LIITE 7 RT – kattilan PI – kaavio

LIITE 8 R – kattilan PI – kaavio



GE Sensing

Features

- Pressure ranges to 8700 psig (600 bar)
- Gauge and absolute formats
- 0 to 5 V or 4 to 20 mA outputs
- 0.15% typical accuracy
- Low cost, Ex-stock delivery
- Intrinsically safe, CE marked, PED compliant

The PTX/PMP 1400 Series of Industrial Pressure sensors have been designed for use with aggressive pressure media found in many industrial and process applications.

The stainless steel isolation diaphragm and fully welded stainless steel pressure module ensures excellent media compatibility without compromising the performance from GE's own micro-machined silicon pressure diaphragm.

Integral electronics provide a three-wire 0 to 5 V (PMP 1400) or two-wire 4 to 20 mA (PTX 1400) output proportional to applied pressure. Integral non-interactive zero and span controls ensure system interchangeability and ease of calibration.

The PTX/PMP 1400 Series incorporates developments from aerospace applications and volume manufacturing to achieve high performance with competitive pricing. Ex-stock delivery is provided by holding a stock of compensated and calibrated sensors in DIN pressure ranges.

These sensors feature compact, rugged design with field proven electronics to ensure long term reliable measurement and low cost of ownership.

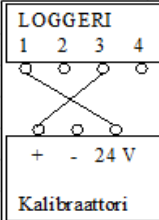
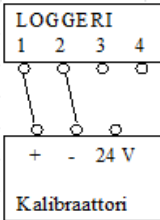
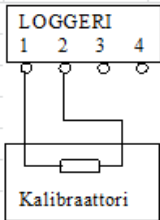
PTX/PMP 1400 Series

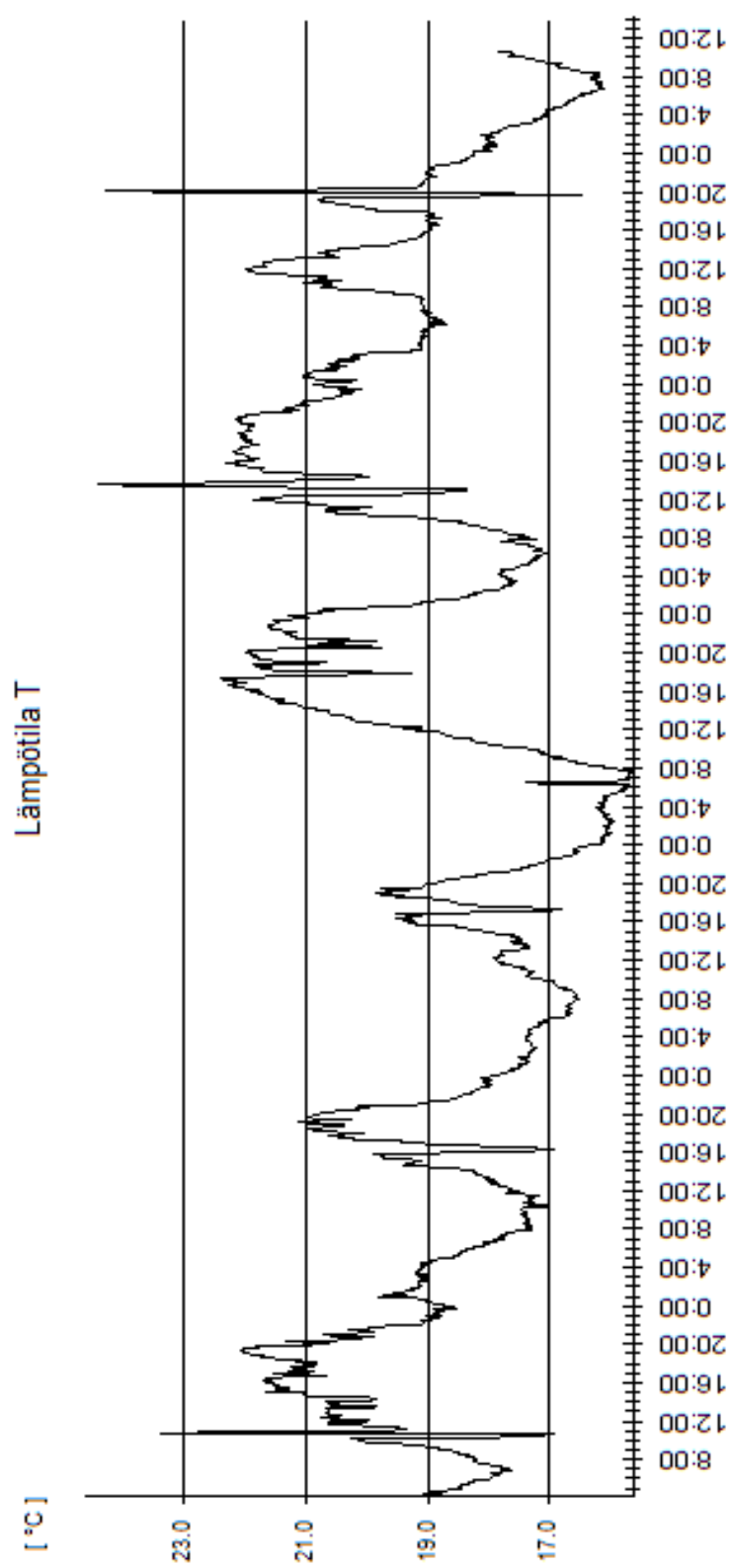
Druck Industrial Pressure Sensors

PTX/PMP 1400 Series is a Druck product. Druck has joined other GE high-technology sensing businesses under a new name—GE Industrial, Sensing.

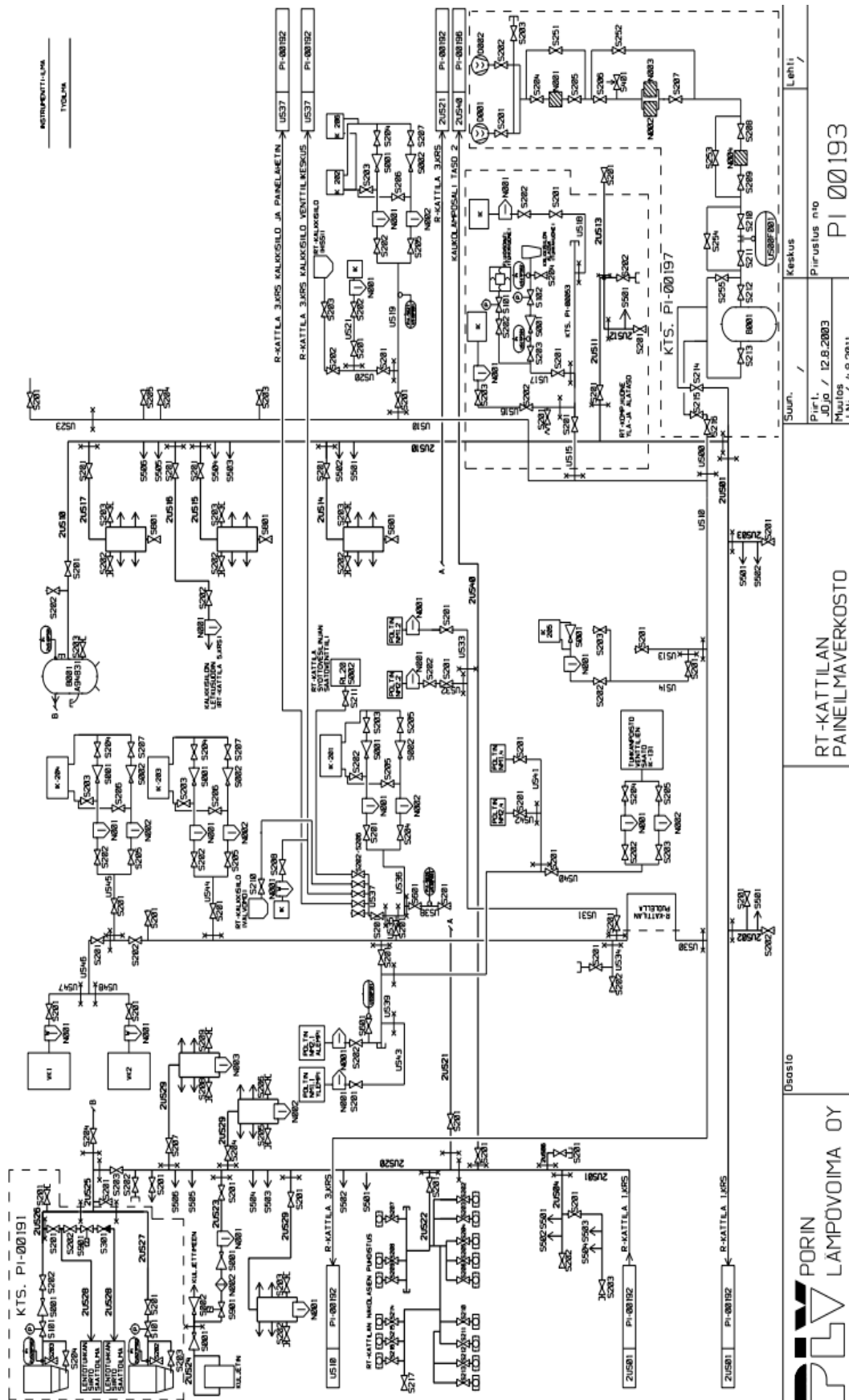


Sarlín Oy Ab		Paineantureiden		Kalibrointipöytäkirja		
G:\HYDROBALANCE\INSTALLATION\MEASUREMENT EQUIPMENTS\KALIBR\FIN\LOGG.XLS						
Kalibroitu pvm: 8.3.2013						
Nimi: Kimmo Heikkilä						
Kalibraattori ja sarjanumero		Beamex MC 5 25513067				
Kalibrointi-arvot	Virhelaskutapa	Absoluuttinen				
	Maksimivirhe	>	0,02			
	Viritysraja	>	0,02			
	Älä viritä jos	<	0,02			
	Viritystavoite	<	0,01			
	Kalibrointiväli, päivää		360			
Anturin S/No	Maksimi virhe mA	Maksimi hystereesi mA	Maksimi epälineaarisuus mA	Aluevirhe mA	Nollavirhe mA	
Druck PTX511 N: 06 876409	-0,009	0,006	0,004	-0,001	-0,006	
Druck PTX511 N:						
Druck PTX511 N:						
Druck PTX511 N:						
Druck PTX511 N: 047						
Druck PTX511 N:038						
Druck PTX511 N:064						
Druck PTX511 N: 050						
Druck PTX511 N: 080						
Druck PTX511 N: 027						
Druck PTX511 N: 046						
Druck PTX511 N:098						
Druck PTX511 N: 043						
Druck PTX511 N: 37						

SARLIN-HYDOR OY		LOGGERIEN Kalibrointipöytäkirja				
H:\HYDOR\BALANCE\INSTALLATION\MEASUREMENT EQUIPMENTS\Loggerien kalibroinnit FIN.XLS						
Kalibroitu pvm 17.12.2012						
Nimi: Marko Sirviö						
	mA		VAC		PT-100	
Kalibraattori ja sarjanumero	Beamex MC 5 25513067		Beamex MC5 25513067		Beamex RTS24 4803	
Kalibrointiarvot	mA		VAC		PT-100	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
Referenssi Loggeri	5,6	18,4	0,1	0,9	0	100
Referenssi Kalibraa	5,6	18,4	0,1015	0,8763	0	100
Kytkenät						
Loggeri No.	mA - lukema		VAC -lukema		PT-100 - lukema	
	Lower	Upper	Lower	Upper	Lower	Upper
	vanha kalibroitu	vanha kalibroitu	vanha kalibroitu	vanha kalibroitu	vanha kalibroitu	vanha kalibroitu
123	1120	3682	399	3603	1005	3010
	1120	3680	402	3602	1000	3008
062	1120	3682	396	3600	1002	3006
	1119	3683	403	3600	1000	3004
051	1120	3684	401	3600	1004	3004
	1120	3678	401	3600	1000	3002
086	1120	3683	400	3602	1002	3004
	1121	3680	400	3600	1002	3004
016	1120	3683	396	3600	1005	3005
	1121	3681	402	3602	1000	3002
040	1121	3682	402	3597	1002	3005
	1122	3683	398	3601	1002	3003
126	1119	3680	398	3601	1004	3004
	1120	3681	400	3601	1002	3003
166	1123	3682	401	3602	1005	3010
	1120	3682	401	3602	1002	3004
083	1121	3683	402	3603	1002	3002
	1121	3683	400	3601	1002	3004
032	1121	3684	398	3601	1006	3011
	1120	3684	400	3601	1000	3004



		Venttiili kiinni	Venttiili auki	
Kohde	Päivämäärä	Klo / DNA	Päivämäärä	Klo / DNA
RT:n tuhkalähtö	17.huhti	-----	24.huhti	-----
Lämpötilamittaus	17.huhti	-----	24.huhti	-----
R:n kattilahiekan saattoilma	19.huhti	12:37	23.huhti	12:19
RT:n kalkkisiilon painelma	19.huhti	13:12	-----	-----
Apukattilan paineistus	22.huhti	10:32	22.huhti	9:39
RT:n tuhkan saattoilma	22.huhti	12:38	22.huhti	12:55
Apukattilan paineistus	23.huhti	11:11	23.huhti	9:02 / 10:25
RT:n kattilahiekan saattoilma	23.huhti	12:30	23.huhti	12:47
Apukattilan huuhdeilma	23.huhti	13:06	23.huhti	13:11
Apukattilan painelmalinja	24.huhti	8:45	24.huhti	9:02



Osasto
PORIN LAMPOVOIMA OY

RT-KATTILAN PAINELMAVERKOSTO

Suup. /
 Pirtti, JOJo / 12.8.2003
 Muutos nro
PI 00193
 1.11. / 4.8.2001
 Lehti /

