



Esa Vesterinen

## **ENERGIALAITOKSEN RAPORTOINNIN KEHITTÄMINEN**

# **ENERGIALAITOKSEN RAPORTOINNIN KEHITTÄMINEN**

Esa Vesterinen  
Opinnäytetyö  
Syksy 2012  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma  
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

# TIIVISTELMÄ

Oulun seudun ammattikorkeakoulu  
Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma, energiatekniikan suuntautumisvaihtoehto

---

Tekijä: Esa Vesterinen

Opinnäytetyön nimi: Energialaitoksen raportoinnin kehittäminen

Työn ohjaaja: Helena Tolonen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2012 Sivumäärä: 49 + 8 liitettä

---

Opinnäytetyö aiheena oli Laanilan Voiman raportoinnin kehittäminen vastaamaan nykypäivän tarpeita. Raportointi sisältää muun muassa voimalaitoksen energian tuotannon, käytetyt polttoaineet ja vedet, viranomaisilmoitukset ja toiminnassa syntyvät verot. Tehty työ oli osa laajempaa raportointijärjestelmän päivytystä. Raporttien päivytyksen syy oli raportointijärjestelmän uudistus ja toimintaympäristön muuttuminen, uusina toimijoina tulivat Oulun Energian eko-voimalaitos ja äskettäin käyttöön otettu kaukolämpöasema. Työn tavoitteena oli laatia uusia raportteja sekä tarkastaa voimalaitoksen olemassa olleiden raporttien laskennat ja päivittää ne vastaamaan uudistunutta toimintaympäristöä.

Raportointijärjestelmässä oli kaksi rinnakkain eri versioina toimivaa Synchron Tech Oy:n toimittamaa Venla-raportointiohjelmistoa, joihin tuli mittaustietoa myös Kemiran toiminnoista. Päivityksessä käyttöön otetun uudemman version raporttien laskennoissa ja tiedoissa oli puutteita, ja se oli jäänyt vähemmälle huomiolle eri syistä vanhemman version vielä toimiessa. Vanhempaan versioon voimalaitoksen tiedot syötettiin päivittäin käsin, kun taas uudempaan versioon ne tulivat osittain automaattisesti ja osittain vanhemman version välityksellä.

Työssä käytiin läpi olemassa olleet Excel-pohjaiset raportit, jotka päivitettiin sisällöltään ja laskennoiltaan vastaamaan uudistunutta toimintaympäristöä. Lisäksi laadittiin neljä uutta raporttia. Raportteihin tehdyt päivitykset raportointiohjelmiaan toteutti Synchron Tech Oy. Raportointijärjestelmän päivityksessä irtaautettiin Kemiran Oulun tehtaiden tietojärjestelmistä ja mukaan liitettiin Protacon Oy:n toimittama Once-Energiaketjun tietojenhallintajärjestelmä, josta siirrettiin voimalaitoksen kiinteiden polttoaineiden kulutukset ja syntyneet tuhkat raportointijärjestelmään ja raportteihin.

Työn tuloksena saatiin Laanilan Voiman uudistuneen toimintaympäristön kattavat raportit, joihin tiedot tulevat suurelta osalta automaattisesti vapauttaen henkilökunnan resursseja muihin työtehtäviin. Päivityksessä raportointijärjestelmä saatiin yksinkertaistettua, siten että järjestelmässä toimii nyt yksi raportointiohjelma, joka sisältää voimalaitoksen toiminnot.

---

Asiasanat: voimalaitos, energiantuotanto, raportointi, automaatio

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
SISÄLLYS	4
1 JOHDANTO	6
1.1 Laanilan Voima Oy	6
1.2 Työn tavoite	6
2 ENERGIAN TUOTANTO	7
2.1 Teollisuuden vastapainevoimalaitos	7
2.2 Höyryn tuotanto	8
2.2.1 Leijupetikattila	10
2.2.2 Kiertopetikattila	11
2.2.3 Öljykattila	11
2.2.4 Ekovoimalaitos	12
2.3 Höyryturbiini	14
3 HÖYRYN OMINAISUUKSIA	16
3.1 Lämpö	16
3.2 Ominaislämpökapasiteetti	16
3.3 Ominaisentalpia	16
3.4 Energiaperiaate avoimessa systeemissä	17
3.5 Ominaisentalpia olomuodonmuutoksessa	19
3.6 Mollier hs-piirros	20
4 LAANILAN VOIMAN PROSESSI	21
4.1 Prosessikaavio	21
4.2 Automaatiojärjestelmä	22
4.3 Tiedonkeruujärjestelmä	22
4.4 Vanha tiedonkeruujärjestelmä	23
4.4.1 Päivitetty tiedonkeruujärjestelmä	23
4.5 Venla-raportointiohjelmisto	24
4.5.1 Raportit	24
4.5.2 Raportin muuttajat ja laskennat	25
4.6 Once - Energiaketjun tietojenhallintajärjestelmä	26
4.7 Raporttien käyttökohteet ja hyödyntäminen	26

5 TYÖN TULOKSET	27
5.1 Mittaustietojen tarkistaminen	27
5.2 Uuden kaukolämmönsiirraseman lisääminen raportointijärjestelmään	31
5.3 Laitoksien rajamittaukset	34
5.4 Raporttien laskentojen tarkistus ja päivitys	35
5.4.1 Läpikäytyt raportit	35
5.4.2 Vuorokausitaso	36
5.4.3 Kuukausitaso	37
5.4.4 Vuositaso	40
5.5 Uudet raportointipohjat	43
5.5.1 8 bar:n höyryn kulutus	43
5.5.2 Kattiloiden 88 bar:n höyryn tuotannot ja turbiinien sähköntuotanto	43
5.5.3 Laitteiden käyntiajat ja käyttöasteet	44
6 YHTEENVETO	45
LÄHTEET	47
LIITTEET	49

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Laanilan Voima Oy

Laanilan Voima Oy:n toiminta alkoi 1.1.2006, jolloin yhtiö osti Kemira Oy:n Oulun tehtaiden voimalaitoksen. Laanilan Voima on Pohjolan Voima Oy:n tytäryhtiö. Laanilan Voiman tuotantoon oikeuttavat Pohjolan Voiman osakkeet ovat tasaosuuksin Oulun kaupungin (50 %) ja Kemira Oy:n (50 %) omistuksessa. (1.)

Voimalaitos koostuu kahdesta kiinteän polttoaineen kattilasta ja yhdestä öljykattilasta. Pääpolttoaineina käytetään turvetta ja puuta. Energiatarpeen kasvaessa ja energiantuotannon monipuolistamiseksi Oulun Energia on rakentamassa ekovoimalaitosta, jonka polttoaineena käytetään syntypaikkalajiteltua yhdyskuntajätettä. Laitos otetaan kaupalliseen käyttöön syksyllä 2012. Ekovoimalaitos sijaitsee nykyisen voimalaitoksen läheisyydessä, ja se kytketään olemassa olevaan infrastruktuuriin ja tietojärjestelmään. Valmiin ekovoimalaitoksen hallinta siirtyy Laanilan Voimalle. (1.)

Voimalaitoksilla tuotetaan prosessihöyryä, aluelämpöä, kaukolämpöä ja sähköä. Laanilan Voima Oy tuottaa ja toimittaa Kemira Oy:n Oulun tehtaille kaiken niiden tarvitseman prosessihöyryn sekä suurimman osan sähköstä. Lisäksi Oulun Energialle toimitetaan sähköä ja kaukolämpöä. (1.)

## 1.2 Työn tavoite

Työ liittyy raportointijärjestelmään, josta saadaan tiedot tuotetusta sähköstä ja höyrystä. Työ on osa laajempaa raportointijärjestelmän päivitysprojektia. Työn tavoitteena on päivittää vanhan raportointijärjestelmän raportit vastaamaan nykypäivän tarpeita: lisätä uusia prosessilaskelmia ja tarkastaa olemassa olevien raporttien laskentakaavojen oikeellisuus. Lisäksi tehtävänä on laatia uusia raportointipohjia.

Tietokanta ja ohjelmointityön raportointijärjestelmään tulee tekemään Synchron Tech Oy, joka on toimittanut myös aiempia tietojärjestelmiä Laanilan Voimalle. Raportointijärjestelmän päivitystarpeen syynä on Kemirasta irtoaminen ja ekovoimalaitoksen liittäminen järjestelmään. (Liite 1.)

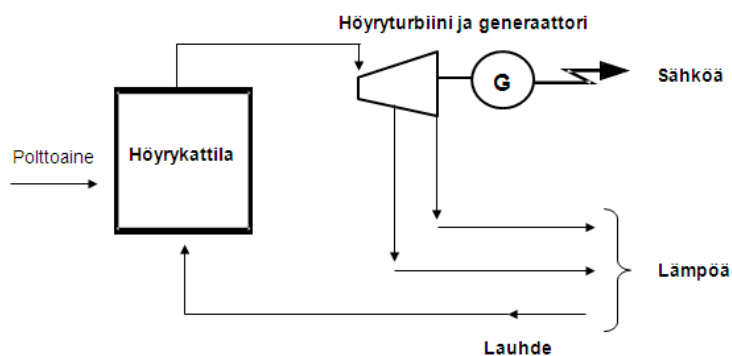
## 2 ENERGIAN TUOTANTO

Laanilan Voiman voimalaitos on toimintaperiaatteeltaan teollisuuden vastapainevoimalaitos, ja se koostuu kahdesta kiinteään polttoaineen kattilasta ja yhdestä öljykattilasta. Kiinteään polttoaineen kattilat toimivat leiju- ja kiertopeti polttotekniikoilla. Rakenteilla oleva ekovoimalaitos liitetään olemassa olevaan höyryverkkoon. (1.)

Voimalaitoksen pääpolttoaineena käytetään jyrshinturvetta ja puuta, joiden osuus on 60–75 %. Apupolttoaineina käytetään öljyä, Kemiran prosesseissa syntyviä prosessikaasuja, kivihiiltä ja muita polttokelpoisia materiaaleja, jotka ovat peräisin Kemiran tuotannosta. Ekovoimalaitoksen polttoaineena käytetään syntypaikkalajiteltua yhdyskunta- ja teollisuusjätettä. (1.)

### 2.1 Teollisuuden vastapainevoimalaitos

Lämpöä ja sähköä toimittavaa höyryvoimalaa sanotaan vastapainevoimalaksi (kuva 1). Teollisuusprosesseissa esiintyy suuria lämpökuormia ja lämmitys on yleensä toteutettu käyttäen lämmönsiirtoaineena höyryä, koska höyryn avulla saadaan helposti siirretyksi suuria lämpötehoja ja kohde lämmitetyksi nopeasti höyryn hyvien lämmönsiirto-ominaisuuksien ansiosta. (2, s. 14.)



KUVA 1. Vastapainevoimalaitoksen periaatekuva

Teollisuuden vastapainevoimalaitoksen edullisuus perustuu siihen, että höyryä lämmitykseen tuottavan kattilalaitoksen yhteydessä voidaan samalla tuottaa sähköä suhteellisen pienin investoinnein. Sähkön tuotantoa varten on kattilan painetasoa nostettava ja lisäksi tarvitaan turbiinilaitos. (2, s. 14.)

Teollisuuden vastapainevoimalassa on yleensä enemmän kuin yksi kattila ja turbiini, jotka ovat tehtaan kasvun mukana rakennettuina eri-ikäisiä. Jos kattiloiden ja turbiinien tuorehöyryn paineet ja lämpötilat ovat yhtä suuret, niiden välillä voi olla yhteinen jakotukki, joka mahdollistaa ristiinkäyttämisen. (3, s. 24.)

Teollisuuden vastapainevoimalassa höyry poistuu joko turbiinin väliotosta tai perästä lämmityshöyryverkkoon. Jos turbiini ei ole käytössä, voidaan höyryä syöttää lämmityshöyryverkkoon paineenalennusventtiilillä eli reduktiolla. Lämpöenergia toimitetaan hajallaan suurella tehdasalueella oleville käyttäjille höyryssä, joka on turbiinilta lähtiessä tulistunutta jäähtyen pitkässä linjassa kylmäksi. Kuluttajat käyttävät höyrystä olomuodonmuutosominaisentalpian ja lauhde palautetaan voimalaitokseen. Höyryn paine on valittu siten, että lämpötila on lämmitystarkoituksiin sopiva. (3, s. 1.)

## **2.2 Höyryn tuotanto**

Höyrykattilassa tuotetaan kattilaan syötetystä vedestä höyryä. Nykyaikainen höyrykattila voidaan ajatella vedenkierron kannalta pitkäksi putkeksi, jonka toisesta päästä vesi syötetään nestemäisenä ja toisesta päästä se tulee ulos tulistuneena vesihöyrynä. (2, s. 7.)

Teollisuuden vastapainevoimalassa kattilat ovat yleensä luonnonkiertokattiloita, joissa tuorehöyryn paineet 70...115 bar ja lämpötilat 500...535 °C. Luonnonkierto tarkoittaa kattilan sisäistä höyrystyskiertoa, jossa höyrystettävä vesi kiertää luonnonvoimaisesti kattilassa keskuksenaan kattilan päällä oleva lieriö. (4, s. 5.)

Kuvassa 2 on luonnonkiertokattilan toimintaperiaate. Ulkopuolelta lämpöeristettyyn höyrystimeen tuodaan sisäpuolelle lämpövirta joko palamisesta tai muualta peräisin olevasta kuumasta kaasusta. Höyrystinputkissa oleva neste lämpenee ja sen tiheys pienenee suhteessa laskuputkessa olevan nesteen tiheyteen, jolloin syntyy kiertoon tarvittava paine-ero. Vesi alkaa kiertää ensin höyrystymättä ja vähitellen alkaa myös höyrystyminen. (4, s. 6.)



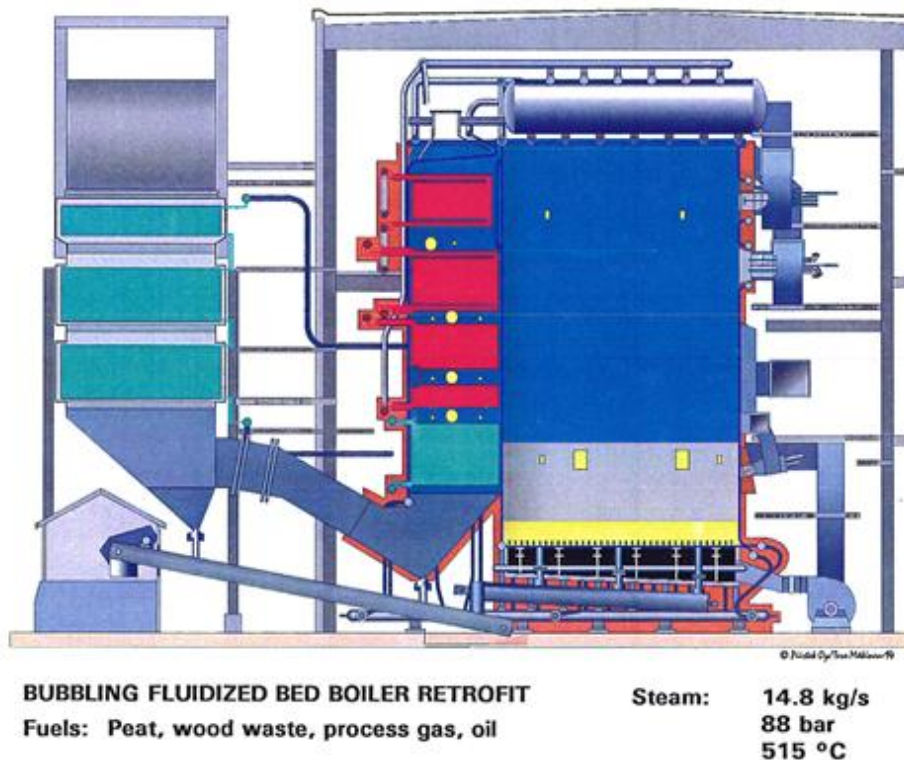


## 2.2.1 Leijupetikattila

Kuplivassa leijupetiteknikassa (BFB, Bubbling fluidized bed) petimateriaalina on hiekka. Tulipesän alaosaan syötetään ilmavirta riittävällä nopeudella, joka saa tulipesässä pidettävän hiekan, tuhkan ja polttoaineen leijumaan. Palaminen tapahtuu näin muodostuvassa kuplivassa ja kuumassa hiekkapedissä. Hiekkapedin massan suuren lämpökapasiteetin takia leijukerroskattiloissa voidaan polttaa myös kosteita ja huonolaatuisia polttoaineita sekä seospolttona eri polttoaineita yhtäaikaista.

Kuvassa 4 on Laanilan Voiman leijupetikattila 209L. Kattila on otettu käyttöön vuonna 1970 öljykattilana ja se on muutettu leijupediksi 1995. Kattilassa voidaan polttaa turvetta, puuta, prosessikaasuja, nokea sekä seospolttona turpeen kanssa eri polttokelpoisia materiaaleja. Kattilan polttoaineteho on 46 MW, höyrynpaine 88 bar ja lämpötila 515 °C. Maksimi tuorehöyryn kehitys on 14,8 kg/s.

(1.)

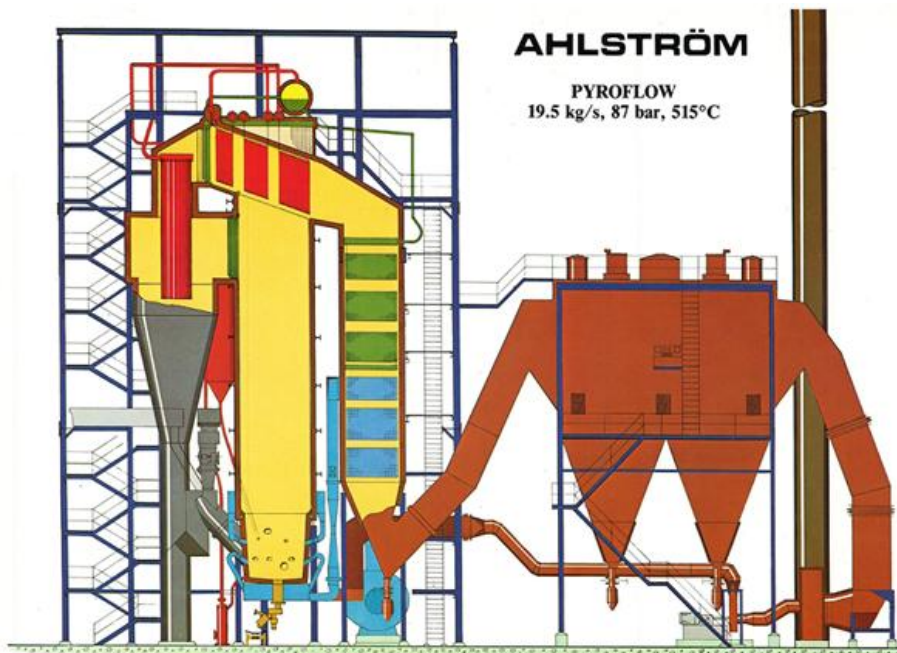


KUVA 4. Laanilan Voiman leijupetikattila 209L (1)

### 2.2.2 Kiertopetikattila

Kiertopetikattilassa (CFB, Circulating Fluidized Bed) ilma syötetään suurella nopeudella kattilan pohjasta, jolloin kattilassa oleva hiekka kiertää kattilan sisällä hiekkamyrskynä. Hiekka erotetaan savukaasuista syklonin avulla ja palautetaan takaisin kiertoon kattilan sisälle.

Kuvassa 5 on Laanilan Voiman kiertopetikattila 3410. Kattila on otettu käyttöön vuonna 1982. Kattilassa voidaan polttaa turvetta, puuta, kivihiiltä, nokea, jäteöljyä sekä kiinteitä polttokelpoisia materiaaleja. Kattilan polttoaineteho on 55 MW, höyrynpaine 87 bar ja lämpötila 515 °C. Maksimi tuorehöyryn kehitys on 19,5 kg/s. (1.)



KUVA 5. Laanilan Voiman kiertopetikattila 3410 (1)

### 2.2.3 Öljykattila

Kattilan kaasu- ja öljypoltin on usein yhdistelmäpoltin eli samalla polttimella voidaan polttaa kaasua ja öljyä erikseen tai yhdessä. Polttimet sijaitsevat yleensä etu- ja takaseinillä. Poltettaessa lämpöarvoltaan huonoja (laihoja) kaasuja, raskasta polttoöljyä voidaan joutua polttamaan samanaikaisesti tukipolttoaineena liekin jatkuvuuden varmistamiseksi ja siten tulipesäräjähdyksen välttämiseksi. (4, s. 43.)

Laanilan Voiman öljykattila on otettu käyttöön vuonna 1970. Sitä käytetään yleensä kattiloiden 3410 ja 209L seisokkilanteissa. Kattilassa voidaan polttaa öljyä ja prosessikaasuja. Kattilan polttoaineteho on 49 MW, höyrynpaine 88 bar ja lämpötila 515 °C. Maksimi tuorehöyryn kehitys on 19,4 kg/s. (1.)

#### **2.2.4 Ekovoimalaitos**

##### **Jätteiden poltto Suomessa**

Jätteiden polttaminen ja hyödyntäminen energiana on Suomessa EU:n mitta-kaavassa poikkeuksellisen vähäistä. Tällä hetkellä Suomessa tuotetaan energiaa kolmessa jätevoimalaitoksessa, jotka sijaitsevat Turussa, Kotkassa ja Riihimäellä. Lisäksi noin kymmenessä rinnakkaispolttolaitoksessa jätettä käytetään muun polttoaineen rinnalla. (5.)

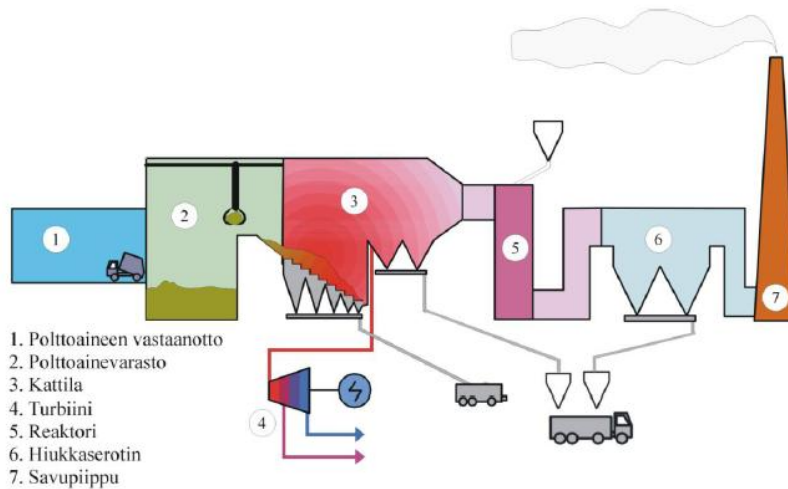
Vuonna 2009 Suomessa käytettiin jätteitä rinnakkaispoltoissa 502 000 tonnia ja kolmessa jätevoimalassa yhteensä noin 300 000 tonnia. Kiinnostus jätteiden polttamiseen energian tuottamiseksi on lisääntynyt huomattavasti. Uusia jätteenpolttolaitoksia on rakenteilla tai suunnitteilla Oulun ohella Vaasassa, Tampereella, Lahdessa ja Vantaalla. (5.)

##### **Oulun Energian Ekovoimalaitos**

Oulussa rakenteilla oleva jätteenpolttolaitos, jota kutsutaan nimellä ekovoimalaitos, on suunniteltu 120 000 tonnin vuosittaiselle jätemäärälle. Polttoaineena käytetään syntypaikkalajiteltua yhdyskunta- ja teollisuusjätettä. Yhdyskuntajäte on käytännössä lähinnä kotitalouksista peräisin olevaa polttokelpoista sekajätettä. (6.)

## Toimintaperiaate

Kuvassa 6 on esitetty jätteenpolttolaitoksen toimintaperiaate.

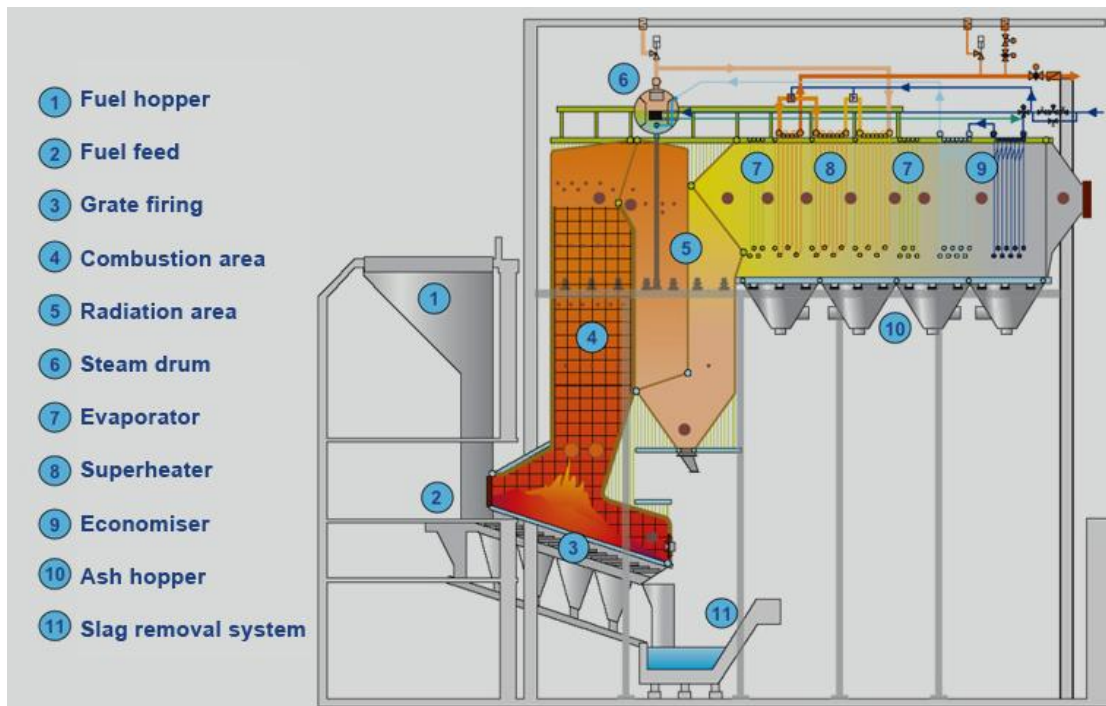


KUVA 6. Jätteenpolttolaitoksen toimintaperiaate (7, s. 6)

Jätteenpolttolaitoksen toimintovaiheet etenevät seuraavasti (7, s. 6):

1. Jäteauto ajaa vastaanottohalliin. Hajuhaittojen ehkäisemiseksi halli on alipaineinen ja ilma sieltä imetään polttokattilaan palamisilmaksi.
2. Auto kaataa jätteen bunkkeriin, josta kahmanosturi syöttää sen kattilaan.
3. Jäte palaa kattilassa mahdollisimman täydellisesti yli 850 °C lämpötilassa.
4. Kattilassa syntyvällä lämmöllä valmistetaan höyryä.
5. Reaktori puhdistaa savukaasut.
6. Hiukkassuodatin puhdistaa savukaasujen kiinteät ainekset eli reaktiotuotteet ja lentotuhkan.
7. Piipusta tulee puhdistettua savua.

Ekovoimalaitoksessa käytetään arinapolttotekniikkaa (kuva 7), joka on kehitetty erityisesti jätteenpolttoon, jossa jäte liikkuu eteenpäin. Arina on jaettu useampaan vyöhykkeeseen, josta ensimmäinen annostelee polttoaineen ja seuraavat kuivaavat ja sytyttävät polttoaineen. Sen jälkeen tapahtuu varsinainen palaminen ja viimeisellä vyöhykkeellä jäännöshiilen loppuun palaminen. (7, s. 5.)



KUVA 7. Jätteenpolttokattilan periaate, Baumgarte Boiler Systems GmbH (8)

Kattilan polttoaine teho on 47 MW ja lisäksi laitoksessa on ulkoinen 5 MW:n tulistikattila. Tuotettu höyrynpaine on 88 bar ja lämpötila 515 °C. Maksimi tuorehöyryn kehitys on 16,3 kg/s. Ekovoimalaitos kytketään Laanilan Voiman höyryverkkoon ja automaatiojärjestelmään.

### 2.3 Höyryturbiini

Höyryturbiini on lämpövoimakone, jossa korkeassa paineessa ja lämpötilassa oleva vesihöyry paisuu kulkiessaan turbiinin siivistön läpi luovuttaen samalla energiaa, joka muuntuu akselin pyörimisenergiaksi. Tätä energiaa muunnetaan akseliin yhdistetyllä generaattorilla sähköenergiaksi.

Höyryturbiinit jaetaan turbiinista tulevan höyrynpaineen perusteella lauhdutusturbiineihin ja vastapaineturbiineihin. Vastapaineturbiinissa perästä tuleva höyrynpaine on ilmanpaineessa tai tätä korkeammassa paineessa, jolloin sitä voidaan käyttää lämmitystarkoituksiin. Lauhdutusturbiinissa höyry paisuu lähes tyhjiöön, jolloin lämpötila on liian pieni lämmitystarpeisiin.

Höyryturbiinit ovat usein varustettuja väliotoilla. Väliotto tarkoittaa sitä, että osa höyrystä ohjataan pois turbiinista tietyssä paineessa. Väliotoista saatavaa höy-

ryä käytetään muun muassa kattilan syöttöveden esilämmitykseen, apuhöyrynä tai esimerkiksi prosessihöyrynä tehtaassa.

Laanilan voimalaitoksella on kaksi höyryturbiinia. Pääkoneena toimii vastapaineturbiini 214T, jonka on toimittanut saksalainen Man Turbo Ag ja joka on teholtaan 19 MW. Se otettiin käyttöön vuonna 2008. Turbiini toimii 2,5 bar:n vastapaineella ja siinä on 8 ja 35 bar:n väliotot. Tuorehöyryn paine on 88 bar, lämpötila 515 °C ja höyrynläpäisy on 32 kg/s. (1.)

Ennen pääkoneena toiminut vastapaineturbiini 210T Stal-laval on siirtynyt varakoneeksi. Se on otettu käyttöön vuonna 1971, ja siinä on väliottopaine 35 bar ja vastapaine 2,5 bar. Tuorehöyryn paine on 88 bar ja lämpötila 515 °C. Höyrynläpäisy on 22 kg/s ja sähköteho 11 MW. (1.)

## 3 HÖYRYN OMINAISUUKSIA

Vesihöyry on veden kaasumainen olomuoto. Höyry on suosittu työaine prosessiteollisuudessa, koska siihen sitoutuu höyrystettäessä suuri määrä energiaa, joka taas nesteytyksessä eli lauhtuessa vapautuu.

### 3.1 Lämpö

Lämpö on yksi energian muoto. Jos lämpöä tuodaan kappaleeseen tai viedään siitä pois, tästä aiheutuva kappaleen energiasisällön muutos saa aikaan selvästi havaittavia ja mitattavia muutoksia kappaleessa. Tällaisia ovat lämpötilan, tilavuuden ja kappaleen olotilan muutokset, jolloin esimerkiksi kiinteä kappale muuttuu nestemäiseksi tai nestemäinen muuttuu höyryksi tai kaasuksi. (9. s, 9.)

Energian SI-peruslaatu on joule ( $J$ ) = 1 Ws. Sen kerrannaisia ovat kilojoule (kJ), megajoule (MJ), gigajoule (GJ) ja terajoule (TJ). Tehon SI-peruslaatu on watti (W); sen kerrannaisia ovat kilowatti (kW), megawatti (MW). Sähkö- ja lämpöenergiasta (Q) yleisemmin käytetty laatu on kilowattitunti (kWh),  $1 \text{ kWh} = 1 \text{ kW} \cdot 3600 \text{ s} = 3600 \text{ kJ}$ . Kilowattitunti vastaa kilowatin tehoa tunnin ajan ja sen kerrannaisia ovat megawattitunti (MWh), gigawattitunti (GWh) ja terawattitunti (TWh).

### 3.2 Ominaislämpökapasiteetti

Eri aineiden lämpenemiskyvyn ilmaisee ominaislämpökapasiteetti, joka on se lämpömäärä, minkä massayksikkö vaatii lämmitäkseen yhden asteen verran. Yksikkönä käytetään  $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$  ja tunnuksena c. Kiinteiden ja nestemäisten aineiden ominaislämpökapasiteetti on käytännöllisesti katsoen vakio. Kaasujen ja höyryjen ominaislämpökapasiteetti sen sijaan vaihtelee suuresti lämpötilasta ja paineesta riippuen. (9, s. 9.)

### 3.3 Ominaisentalpia

Höyrytekniikassa energiamäärät ilmaistaan yleensä ominaisentalpian avulla. Yksikkönä käytetään  $\text{kJ/kg}$  ja tunnuksena h. Ominaisentalpia kertoo yksiselitteisesti prosessiaineen sisältämän energian kilogrammaa kohti jossakin lämpöti-

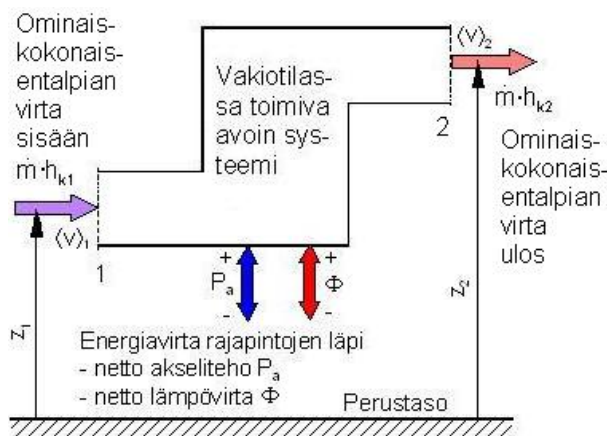


lassa  $T$ , paineessa  $p$  ja jollakin ominaistilavuuden  $V$  arvolla verrattuna sovittuun referenssitasoon. (10, s. 37.)

Referenssitaso pyritään valitsemaan siten, että käytännön prosessilaskennassa esiintyvät ominaisentalpian arvot ovat sen yläpuolella, joten kolmen muuttujan  $(p, V, T)$  avulla määritellyn tilan välillä tapahtunut ominaisentalpianmuutos saada helposti pelkällä vähennyslaskulla. (10, s. 37.)

### 3.4 Energiaperiaate avoimessa systeemissä

Avoin termodynaaminen systeemi tarkoittaa kuvan 8 mukaista virtaussysteemiä, jossa ainetta virtaa jatkuvasti systeemin läpi eli termodynaaminen prosessi tapahtuu virtaavassa aineessa. Ainevirran mukana kulkee energiaa sisään ja ulos, jolloin puhutaan energiavirroista. (11, s. 24.)



KUVA 8. Avoimen termodynaamisen systeemin energiavirrat (11, s. 24)

Systeemissä on vähintään yksi sisäänvirtausaukko ja yksi ulosvirtausaukko. Jos systeemissä on useita sisään- ja ulosvirtauskohtia, vakiotilassa massavirtojen  $(\dot{m})$  summa sisään täytyy olla yhtä suuri kuin massavirtojen summa ulos. Sovellettaessa energiaperiaatetta eli muodostettaessa energiatasetta on otettava huomioon kaikki energiavirrat. (11, s. 24.)

Ominaiskokonaisentalpia ( $h_k$ ) on tilasuure, joka ilmaisee virtaavan aineen ominaisenergian eli virtaavaan aineeseen varastoituneen energian sen massayksikköä kohti, jossa on sekä sisäinen että ulkoinen osuus. Sisäinen eli aineeseen varastoitunut osuus on ominaisentalpiassa ( $h$ ) ja ulkoinen osuus ominaisliikeenergiassa ja ominaispotentiaalienergiassa. Yleensä käytännön sovelluksissa

ulkoisen osuus on häviävän pieni ominaisentalpian muutokseen verrattuna, jolloin ne voidaan jättää pois energiavirroista. (11, s. 30.)

Ominaiskokonaisentalpia ( $h_k$ ) lasketaan kaavalla 1 (11, s. 30).

$$h_k = h + \frac{\langle v \rangle^2}{2} + g \cdot z \quad \text{KAAVA 1}$$

$h$  = ominaisentalpia

$\langle v \rangle$  = keskimääräinen virtausnopeus virtauspoikkileikkauksessa

$g$  = maan vetovoiman kiihtyvyys

$z$  = virtauspoikkileikkauksen korkeus perustasosta

Jos molemmat ulkoiset osuudet ovat merkityksettömän pieniä, voidaan ominaiskokonaisentalpia ( $h_k$ ) korvata ominaisentalpialla  $h$  energiavirtayhtälössä. (11, s. 30.)

Energiavirtayhtälö on esitetty kaavassa 2 (11, s. 30).

$$\dot{m} \cdot \Delta h = \dot{m} \cdot (h_2 - h_1) = \dot{m} \cdot h_2 - \dot{m} \cdot h_1 = \dot{H}_2 - \dot{H}_1 = P_a + \Phi \quad \text{KAAVA 2}$$

$\dot{m}$  = prosessiaineen massavirta

$h_1$  = prosessiaineen tuleva ominaisentalpia

$h_2$  = prosessiaineen lähtevä ominaisentalpia

$\dot{H}_1$  = prosessiaineen tuleva entalpiavirta

$\dot{H}_2$  = prosessiaineen lähtevä entalpiavirta

$P_a$  = systeemin ja ympäristön välillä siirtynyt netto mekaaninen akseliteho

$\Phi$  = systeemin ja ympäristön välillä siirtynyt netto lämpövirta (lämpöteho)

Entalpiavirta  $\dot{H}$  määritellään massavirran ja ominaisentalpian tulona  $\dot{H} = \dot{m} \cdot h$ .

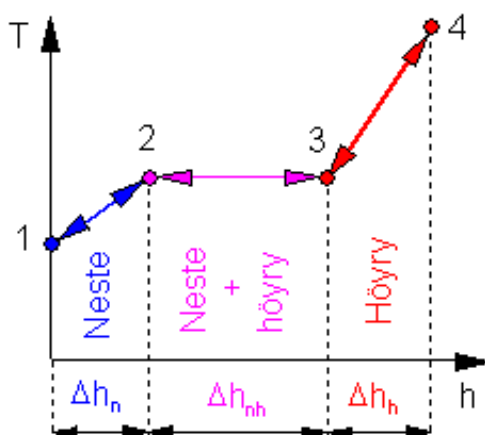
Energiavirtayhtälössä (kaava 2)  $\dot{H}_2 = \dot{m} \cdot h_2$  on avoimesta systeemistä ainevirrassa lähtevä entalpiavirta ja  $\dot{H}_1 = \dot{m} \cdot h_1$  avoimeen systeemiin ainevirrassa tuleva entalpiavirta. (11, s. 30.)

Höyryvoimalan vedenkiertosysteemiin sovelletaan avoimen termodynaamisen systeemin mallia. Se muodostuu suljetuksi renkaaksi kytketyistä laitteista, joista kukin toimii avoimena systeeminä: höyrystin, tulistin, turbiini, lauhdutin, pumppu, esilämmitin ja lauhdesäiliö. (11, s. 24.)

### 3.5 Ominaisentalpia olomuodonmuutoksessa

Useissa käytännön virtaavan aineen termodynaamisissa prosesseissa aineen olomuoto muuttuu osittain tai kokonaan joko nesteen höyrystyessä tai höyryn tiivistyessä eli lauhtuessa. Muun muassa energiantuotannossa on prosesseja, joissa alijäähtynyt neste muutetaan tulistuneeksi höyryksi tai päinvastoin. Alijäähtynyt sekä kylläinen neste, ja kylläinen sekä tulistunut höyry voidaan määrittellä seuraavasti (kuva 9) (11, s. 33):

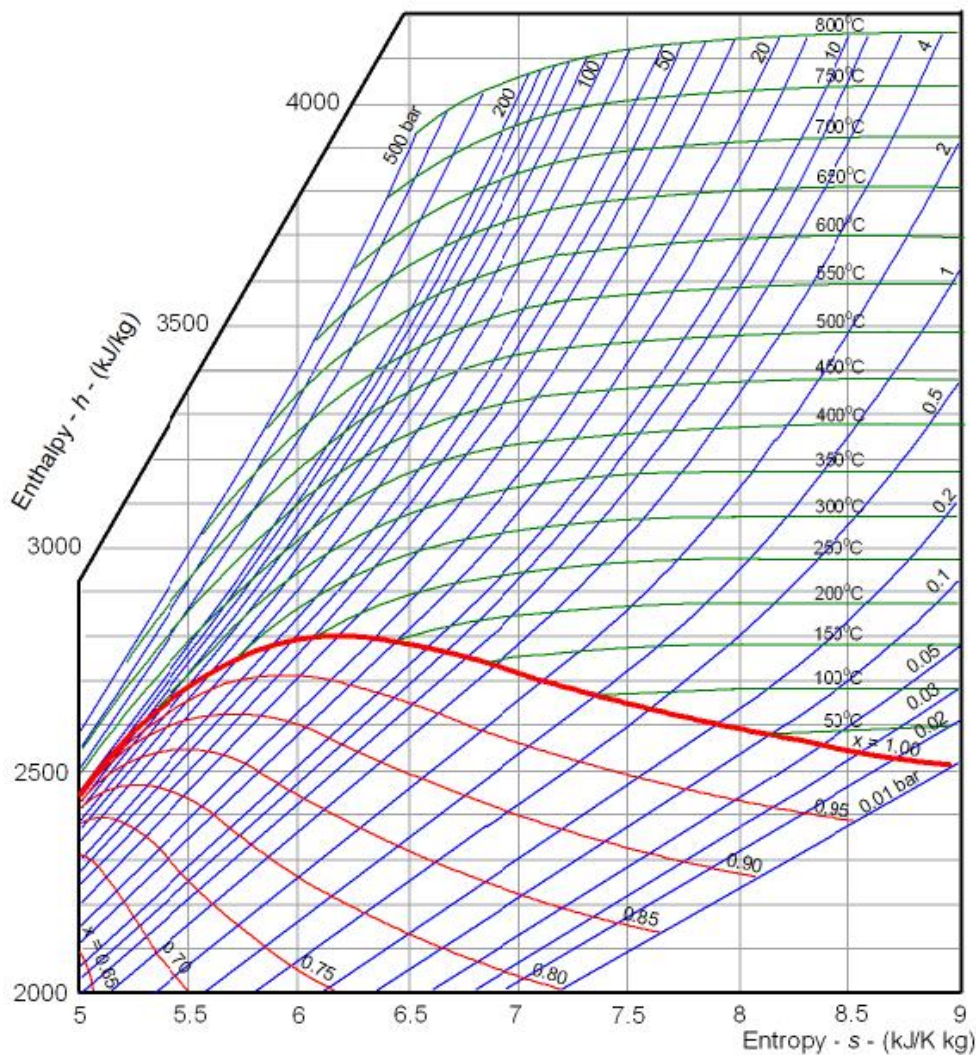
- Neste on alijäähtynyt, kun sen lämpötila on pienempi kuin vallitsevan paineen mukainen kylläisen nesteen lämpötila eli kiehumislämpötila.
- Neste on kylläinen, kun sen lämpötila on vallitsevan paineen mukainen kiehumislämpötila.
- Höyry on kylläinen, kun sen lämpötila on vallitsevan paineen mukainen kiehumislämpötila.
- Höyry on tulistunut, kun sen lämpötila on suurempi kuin vallitsevan paineen mukainen kiehumislämpötila.



KUVA 9. Muutos alijäähtyneestä nesteestä tulistuneeksi höyryksi tai päinvastoin vakioaineessa (11, s. 34)

### 3.6 Mollier hs-piirros

Höyryn kehittämistä ja käyttöä varten on tunnettava tarkkaan sen ominaisuudet. Tällaisia ominaisuuksia ovat muun muassa höyryn paine, lämpötila, ominaisentalpia ja kosteus. Näitä suureita pystytään tarkastelemaan hs-piirroksesta (kuva 10).



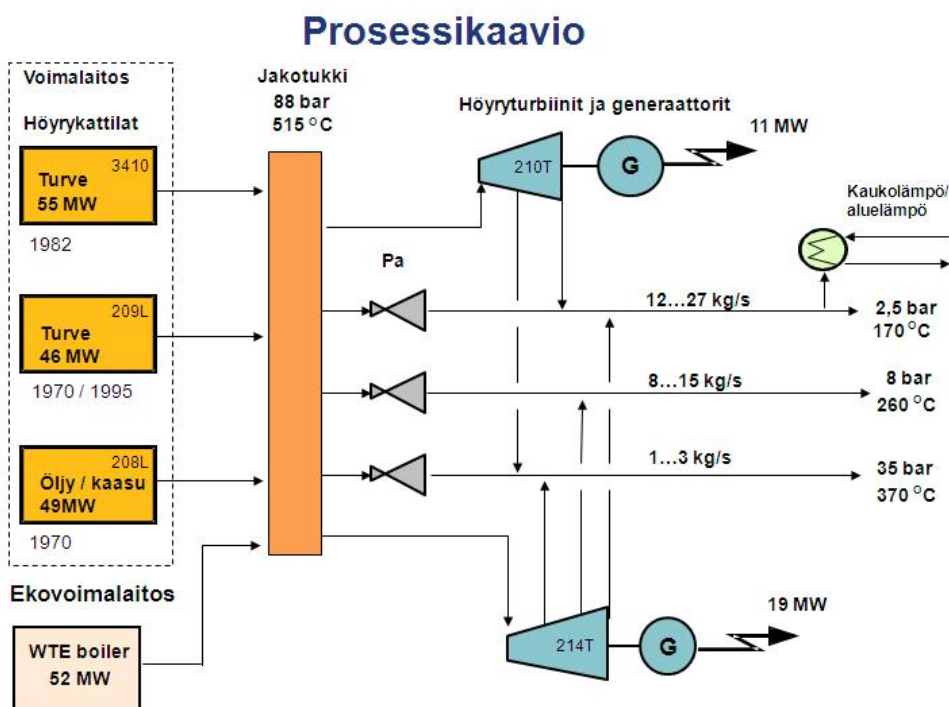
KUVA 10. Mollier hs-piirros (12)

Vaaka-akselina on ominaisentropia ja pysty-akselina on ominaisentalpia. Tärkeitä viivoja ovat paineet, joita ovat käyrät vinosti ylös ja lämpötilat, jotka kaartuvat vaakasuoraa kohti. Kuvassa 10 oleva paksummalla viivalla merkitty ns. rajakäyrä, joka on rajana tulistetun ja kostean höyryn alueiden välillä. Itse käyrällä höyry on kuivaa ja kylläistä.

## 4 LAANILAN VOIMAN PROSESSI

### 4.1 Prosessikaavio

Kuva 11 esittää yksinkertaistettua prosessikaaviota. Kaikki tässä työssä esiintyvät höyrynpaineet ovat ylipainetta ilmanpaineeseen verrattuna. Prosessihöyryä toimitetaan Kemiran tuotantoon kolmessa eri paineessa ja lämpötilassa. 2,5 bar:n höyrystä tuotetaan aluelämpöä tehdasalueelle ja kaukolämpöä Oulun Energian kaukolämpöverkkoon.



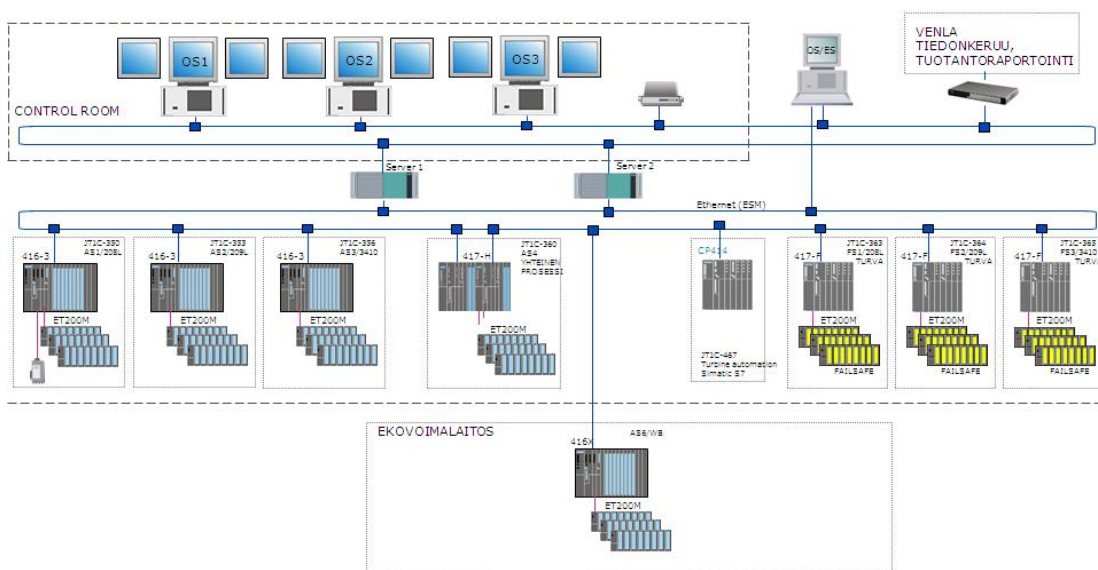
KUVA 11. Laanilan Voiman prosessikaavio (1)

Suurin osa höyrystä ohjataan turbiinien kautta sähkön tuottamiseksi. Lämmitystarkoituksiin tarvittava höyry saadaan turbiinien väliotoista ja perästä. Yhteisen jakotukin ansiosta laitoksia voidaan ajaa ristiin erilaisissa tilanteissa.

Jos turbiini ei ole jostakin syystä käytössä, lämpö pystytään toimittamaan Kemiran tuotantoprosessien tarpeisiin paineenalennusyksiköiden kautta (Pa). Yksiköissä on paineenalennusventtiili ja lämpötilan säätämiseksi ruiskutusjäähdytysyöttövedellä.

## 4.2 Automaatiojärjestelmä

Järjestelmä rakentuu Siemensin Simatic S7-400 ja S7-300-sarjan standardikomponenteista. Järjestelmä on kokonaisuudessaan integroitu, valvottavissa ja projektoitavissa keskitetysti (kuva 12). Keskusyksiköt ovat yhdistetyt toisiinsa Ethernet-väyläyhteydellä. Tämä väylä on puolestaan yhteydessä valvomon Ethernet-väylään redundanttisen palvelinparin (Server 1 ja 2) välityksellä. Keskitetty kaikkien järjestelmien valvonta tapahtuu valvomoiden kolmelta operointiasemalta (OS1, 2 ja 3). Tiedonsiirto ulkopuolisiin järjestelmiin välittyy valvomoväylästä erillisellä reitittimellä. (13.)



KUVA 12. Laanilan Voiman automaatiojärjestelmä (13)

Prosessin mittalaitteet muodostavat standardianalogiaviestin 4...20 mA ja ovat liitetty prosessiliityntään. Prosessiliityntä koostuu I/O-korteista, joiden tehtävänä on suorittaa jännitteen sovitus, potentiaalierotus, A/D- ja D/A-muunnokset sekä häiriöiden vaimennus. Liitäntöjä on keskitetysti järjestelmäkaapeissa laitoksen laitetilassa sekä erillisten hajautettujen liitäntäyksiköiden (E...ET200M) kautta suoraan prosessitiloista. Keskusyksiköt kommunikoivat I/O-liitäntäyksiköihin Profibus-DP väylän kautta. (13.)

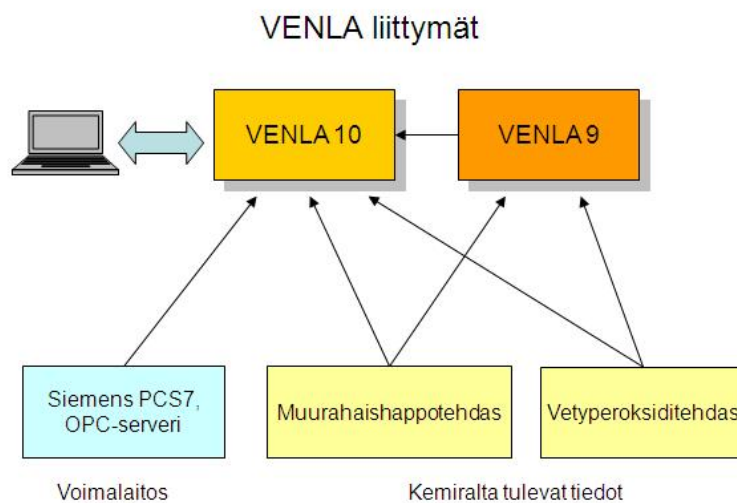
## 4.3 Tiedonkeruujärjestelmä

Laanilan Voiman käytössä on Synchron Tech Oy:n toimittama Venla-raportointihjelmisto. Venla-nimitys on lyhenne voimalaitoksen energialasken-

nasta. Raportointiohjelmisto kerää mittaustietoa voimalaitosprosessista ja Kemiran höyryn kulutuskohteista tietojärjestelmien kautta. Voimalaitoksen tuotantoprosessin mittaustiedot tulevat Siemensin Simatic PCS7-automaatiojärjestelmästä standardiliittymärajan kautta (OPC-serveri). (kuva 11).

#### 4.4 Vanha tiedonkeruujärjestelmä

Vanha tiedonkeruujärjestelmä koostuu kahdesta rinnakkain toimivasta Venla-ohjelmistosta (kuva 13). Kaikki voimalaitoksen tarvittavat tiedot kirjataan käsin Venla 9:een, josta ne osittain siirtyvät uudempaan Venla 10:een. Käsin kirjaamisesta muodostuu turhaa työtä ja virheiden synty on myös mahdollista. Järjestelmään tulee tiedot myös Kemiralta kulutetusta höyrystä ja vedestä, joita käytetään muurahaishappo- ja vetyperoksiditehtaiden prosesseissa. Näitä tietoja ei tarvita jatkossa.

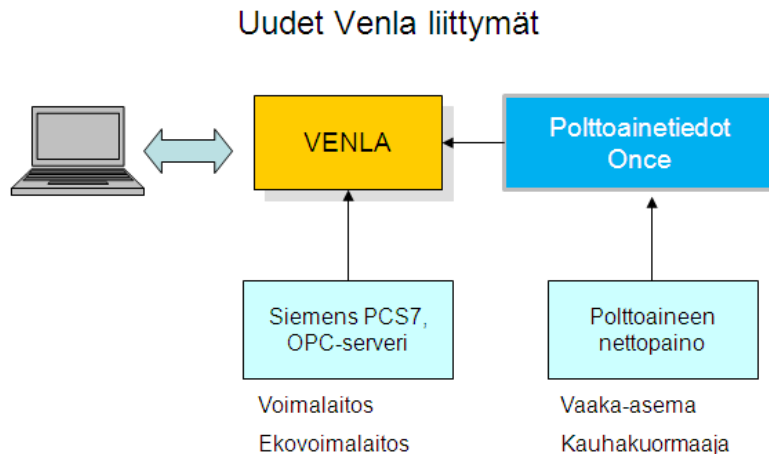


KUVA 13. Laanilan Voiman vanha tiedonkeruujärjestelmä

##### 4.4.1 Päivitetty tiedonkeruujärjestelmä

Tietojärjestelmän päivityksen lähtökohtana oli Kemiran järjestelmistä irtoaminen, vanhan kaukolämpöaseman korvaaminen uudella ja ekovoimalaitoksen liittäminen. Samalla otettiin käyttöön uusille servereille asennettu Venla-ohjelmisto, johon tiedot tulevat suurelta osalta automaattisesti, lukuun ottamatta niitä kohteita, joita ei ole automatisoitu tai joista ei ole mittaussignaalia.

Venlan käyttöönoton yhteydessä raportointijärjestelmään liitettiin Protacon Oy:n kehittämä Once - Energiaketjun tietojenhallintajärjestelmä, josta saadaan tiedot käytetyistä kiinteistä polttoaineista ja syntyneistä tuhkista. Päivityksen jälkeen tietojärjestelmästä saadaan tiedot voimalaitoksen käyttämistä polttoaineista, vesistä ja tuottamasta tuhkasta sekä toimitetusta sähköstä, höyrystä ja lämmöstä (kuva 14).



*KUVA 14. Laanilan Voiman päivitetty tiedonkeruujärjestelmä*

## 4.5 Venla-raportointiohjelmisto

Venla-raportointiohjelmiston on toimittanut Synchron Tech Oy. Se perustuu SyncWare® perusohjelmistoon ja on parametroitava työkalu. Sitä käytetään selaimella ja siinä on etäkäyttöominaisuudet. Ohjelmisto sisältää välineet vaativaan tiedonkäsittelyyn: mittaustietojen tallennus- ja historiatoiminnot, liittymät ja tiedonkeruutoiminnot, laskenta- ja raportointityökalut sekä työkalut käyttäjien ja valikoiden ylläpitoon. (14.)

### 4.5.1 Raportit

Raportit muodostuvat määrittelyvaiheessa luoduista muuttujista. Tarkasteltavan aikavälin käyttäjä pystyy valitsemaan vapaasti. Raportointitasoja ovat vuorokausi, kuukausi ja vuosi. Esimerkiksi kuvassa 15 on vuorokausiraportti voimalaitoksen tuotetusta 88 bar:n höyrystä kolmelta vuorokaudelta. Vuorokausiraportti sisältää kattiloiden höyryn tuotantomäärän tonneina vuorokaudessa (t/d), vuo-



rokauden höyryn keskimääräisen lämpötilan ja tuotetun höyryn energian megawattitunteina (MWh).

	Pvm 208L	209L	3410	YHT.	KA
	t/d	t/d	t/d	t/d	MWh/t
Höyrykulutus_25	16,040	0	0	0	0
Höyrykulutus_35	17,040	0	0	0	0
Höyrykulutus_88	18,040	0	0	0	0
Höyrykulutus_88	0	0	0	0	0
Höyryntuotanto_2	0	0	0	0	0
Höyryntuotanto_3	0	0	0	0	0
Höyryntuotanto_8	0	0	0	0	0
Höyryntuotanto_8	0	0	0	0	0
sum	0	0	0	0	0
avg	0	0	0	0	0

KUVA 15. Voimalaitoksella tuotetun 88 bar:n höyryn vuorokausiraportti

#### 4.5.2 Raportin muuttujat ja laskennat

Raportin muuttujat ovat mittauspisteitä, jotka on määritetty PI-kaavioissa ja joista tulee mittausignaali automatiojärjestelmään. Laskennat määritetään laskentayhtälöissä muuttujien avulla (kuva 16). Ohjelmassa on entalpia laskin, jolla saadaan lämpötilan ja paineen avulla määritettyä prosessiaineen entalpia. (14.)

Native code	Expression	Descr	Dim	Decs	Calculate
PGEN	$= (\$K2.F.HOYRY.TUL * (H2O.htp(\$K2.T.HOYRY.TULsev-1, (\$K2.P.HOYRY.TUL+1) * 0.98) - 2895) + (\$K2.F.HOYRY.TUL - \$QMPRT) * (2895 - 2750) + (\$K2.F.HOYRY.TUL - \$QMPRT - \$QMKPH) * (2750 - \$HVO3) + (\$K2.F.HOYRY.TUL - \$QMPRT - \$QMKPH - \$QMKLL) * (\$HVO3 - 2236)) * 0.975$	Electricity effectiveness	%	2	avg

**Edit**

Native code: PGEN

Expression: 
$$= (\$K2.F.HOYRY.TUL * (H2O.htp(\$K2.T.HOYRY.TULsev-1, (\$K2.P.HOYRY.TUL+1) * 0.98) - 2895) + (\$K2.F.HOYRY.TUL - \$QMPRT) * (2895 - 2750) + (\$K2.F.HOYRY.TUL - \$QMPRT - \$QMKPH) * (2750 - \$HVO3) + (\$K2.F.HOYRY.TUL - \$QMPRT - \$QMKPH - \$QMKLL) * (\$HVO3 - 2236)) * 0.975 - \$Q$$

Descr: Electricity effectiveness

Dim: %

Decs: 2

Calculate: avg

Buttons: Save, Copy, Trash, Cancel, Set default values

Virtual variable history

KUVA 16. Esimerkki SyncWaren laskennan määrittämisestä (14)

#### **4.6 Once - Energiaketjun tietojenhallintajärjestelmä**

Protacon Oy:n toimittama Once - Energiaketjun tietojenhallintajärjestelmä on kehitetty energiantuotantolaitosten energiaketjun tiedonhallintaan. Järjestelmässä on yksinkertaistettu ja integroitu koko toimitusketjun tiedot yhteen, jolloin polttoainetietojen käsittely ja hallinta on helppoa. Tieto tallennetaan järjestelmään kerran, ja se on käytettävissä koko toimitusketjulla reaaliaikaisesti. (15.)

Voimalaitoksen polttoaineista turve- ja puukuormat punnitaan ajoneuvoista vaaka-aseamalla tehdasalueelle tullessa ja kuorman purkamisen jälkeen tehdasalueelta lähtiessä, jolloin saadaan tuodun polttoainekuorman nettopaino. Vaaka-asealta punnitustieto tallentuu automaattisesti tietojärjestelmään ja syntyy kuormanumero. Kuormanumeroon yhdistetään punnitustieto ja laboratoriossa tehdyt analyysit, jolloin saadaan määritettyä muun muassa polttoainekuormien sisältämä kosteuspitoisuus ja lämpöarvo eli energiasisältö.

Muiden varastokentällä olevien kiinteiden polttoaineiden kuten kivi- ja aktiivihii- len polttoon syötetyt määrät saadaan kauhakuormaajan nostolaitteessa sijaitse- vasta vaakalaitteesta. Punnitustieto siirtyy langattomasti tietojärjestelmään ja sitä kautta raportteihin.

#### **4.7 Raporttien käyttökohteet ja hyödyntäminen**

Raportointijärjestelmästä saatavalla tiedolla on monta käyttökohdetta voimalai- toksen sisäisessä käytössä sekä ulkopuolelle lähetettävissä tiedoissa. Niitä ovat

- voimalaitoksen käytönvalvonta, ohjaus ja kehittäminen
- energiantuotannon raportointi vuorokausi, kuukausi ja vuositasolla
- voimalaitoksen polttoaineiden käyttö
- voimalaitoksen talouden, energiatehokkuuden ja hyötysuhteen tarkkailu
- viranomaisilmoitukset ja verotukseen liittyvät asiat
- ostetun ja myydyin energian määrä lämpönä ja sähköinä.

## 5 TYÖN TULOKSET

Tässä luvussa esitetään tuloksia työssä tehdyistä raporttien tarkistuksista ja laskennoista, jotka perustuvat aiemmin luotuihin mittauspisteisiin ja laskenta-kaavoihin. Lisäksi raportointijärjestelmään lisättiin ekovoimalaitoksen ja uuden kaukolämpöaseman mittaus- ja laskentatiedot. Uudistetun raportointijärjestelmän myötä laadittiin uusia raportointipohjia ja olemassa olevia päivitettiin vastaamaan uudistunutta toimintaympäristöä.

Venla 10:n raportoinnissa oli puutteita, jotka johtuivat monista eri tekijöistä, ja järjestelmä oli jäänyt vähäisemmälle huomiolle. Laskentakaavoissa oli virheitä kuten myös yksikkömuunnoksissa. Virheitä muodostui myös väärin määritetyistä mittauspisteistä ja sen myötä laskennat eivät vastanneet todellisuutta tai eivät antaneet mitään tulosta. Teollisuuden vastapainevoimalaitoksen lukuisista raportointia vaativista kohteista johtuen tässä opinnäytetyössä esitellään muutamia esimerkkejä raporteissa olevista laskentakaavoista ja raporttipohjista liitteissä.

### 5.1 Mittaustietojen tarkistaminen

Jotta saataisiin luotettavaa tietoa voimalaitoksen prosesseista, on mittauspisteiden oltava oikein määritetty sekä voimalaitosprosessissa että tiedonkeruujärjestelmän ja automaatiojärjestelmän rajapinnassa. Tarkastus tehtiin aiemmin määritettyjen mittauspisteiden listasta, johon oli laadittu voimalaitoksen laskentoihin tarvittavat tiedot vuorokausitasolla. Listaus koostuu mittauskohteen sanallisesta nimestä, PI-kaavion muuttujasta, PCS7 TagNamesta ja yksiköstä (kuva 17).

Nimitys	Muuttuja	PCS7 TagName	Yksikkö
<b>VRK turbiinit 214T</b>			
214T tuottama sähkömäärä	82EI 2052	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_157	MW
214T kuluttama 88 bar höyryn määrä	82FIQ 2000	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_160	t/h
214T kuluttama 88 bar höyryn paine	82PI2063	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_163	Bar
214T kuluttama 88 bar höyryn lämpötila	82TI2066	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_172	C
214T tuottama 2,5 bar höyryn määrä	82FIQ 2001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_198	t/h
214T tuottama 2,5 bar höyryn paine	82PI2089	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_169	Bar
214T tuottama 2,5 bar höyryn lämpötila	82TI 2004	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_280	C
214T tuottama 35 bar höyryn määrä	82FIQ 2012	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_199	t/h
214T tuottama 35 bar höyryn paine	82PI2065	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_166	Bar
214T tuottama 35 bar höyryn lämpötila	82TI 2032	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_171	C
214T tuottama 8 bar höyryn määrä	82FIQ 2005	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_216	t/h
214T tuottama 8 bar höyryn paine	82PI2068	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_164	Bar
214T tuottama 8 bar höyryn lämpötila	82TI 2031	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_170	C

KUVA 17. Esimerkki mittaustietotaulukosta

Muuttuja ilmoittaa mittauspisteen PI-kaaviossa ja automaatiojärjestelmässä. PCS7 TagNamessa määritetään, mistä automaatiojärjestelmän mittauksesta Venla kerää mittaustietoa standardiliittymärajapinnassa. Yksikkö kertoo raportoinnissa käytettävän yksikön. Lämpötilan yksikkönä käytetään celsiusta (°C) ja paineen yksikkönä baaria (bar), joka on ylipainetta ilmanpaineeseen verrattuna. Höyryn virtausmäärän yksikkönä käytetään tonnia tunnissa (t/h) ja nestevirtauksille joko kuutiota tunnissa (m<sup>3</sup>/h) tai tonnia tunnissa (t/h). Kaasuvirtausmittauksien yksikköinä käytetään normikuutiota tunnissa (Nm<sup>3</sup>/h). Virtauksien, paineiden ja lämpötilojen esitetyt arvot ovat tunnin keskiarvoja.

Usein automaatiojärjestelmässä käytetään virtausmittauksen yksikkönä kilogramma sekunnissa (kg/s), joka on liian pieni yksikkö käytettäväksi raportointi tarkoituksiin. Käytännöllisempi yksikkö on tonnia tunnissa (t/h). Yksikönmuunnos raportoinnissa tehdään automaatiojärjestelmässä, ja se saadaan kertomalla kilogrammaa sekunnissa oleva lukema lukuarvolla 3,6.

Tarkastukseen käytettiin PI-kaavioita, valvomon automaatiojärjestelmän näkymiä ja joitain mittauspisteitä tarkistettiin prosessitiloista. Samalla varmistettiin mittauksen antama arvo automaatiojärjestelmästä ja raportointitietokannasta, jolloin nähtiin mahdolliset virheet.

### **Tarkastuksen tulokset**

Mittauspisteet ja niiden antamat lukemat olivat pääsääntöisesti kunnossa. Tarkastuksessa löytyi muutama mittaus, joiden lukema ei vastannut todellisuutta tai tyypillistä arvoa voimalaitosympäristössä. Löydetyt mittausvirheet vaikuttavat suoraan höyryn entalpian määrittämiseen ja sitä kautta energialaskentoihin.

Tarkastuksessa löydettiin seuraavat virheet ja niiden vaikutus energialaskentaan:

- Turbiinin 214T välioton tuottama 35 bar:n höyrynpaine:

Höyryturbiinin 214T väliotosta tuleva 35 bar:n höyrynpaineen mittauspiste oli määritetty väärin automaatiojärjestelmän ja raportointijärjestelmän rajapinnassa. Mittaus ei antanut painelukemaa ollenkaan raportointijärjestelmään.

Höyryn entalpian määrittämiseen tarvitaan lämpötila ja paine, joten energiavirta turbiinin 35 bar:n väliotosta näytti nolaa.

- Turbiinin 214T välioton tuottaman 35 bar:n jäädytetyn höyryn lämpötila:

Höyryturbiinin 214T väliotosta tuleva 35 bar:n höyry on tulistunutta ja sen lämpötila on noin 400 °C. Höyry jäädytetään sopivaan lämpötilaan ennen kuin se toimitetaan höyryverkon kautta käyttökohteeseen. Lämpötilan säätämiseksi välioton jälkeen on ruiskutusjäähdytys syöttövedellä. Lämpötilan mittaus jäädytyksen jälkeen näytti noin 90 °C, joka on liian alhainen. Tavoiteltu lämpötila on noin 370 °C.

Lämpötilasta aiheutui virhe energialaskennassa, esimerkiksi paineen ollessa 35 bar ja lämpötilan ollessa 90 °C entalpia on 380 kJ/kg. Tämä tarkoittaa, että virtaava aine olisi vettä. Samassa paineessa ja lämpötilan ollessa 370 °C entalpiaksi saadaan 3 153 kJ/kg, joka vastaa höyryä.

Esimerkiksi höyryvirtauksen ollessa 5 kg/s saadaan lämpötilan vaikutuksen eroksi megawateissa kaavaa 2 soveltaen:

viallisen lämpötilan mittauksen vaikutus entalpiavirtaan:

$$\dot{H}_{\text{viallinen\_lt}} = \dot{m} \cdot h = 5 \text{ kg} / \text{s} \cdot 380 \text{ kJ/kg} = 1900 \text{ kJ} / \text{s} = 1900 \text{ kW} = 1,9 \text{ MW}$$

oikean lämpötilan mukainen entalpiavirta:

$$\dot{H}_{\text{oikea\_lt}} = \dot{m} \cdot h = 5 \text{ kg} / \text{s} \cdot 3153 \text{ kJ/kg} = 15765 \text{ kJ} / \text{s} = 15765 \text{ kW} = 15,77 \text{ MW}$$

virheen suuruus energiavirrassa:

$$\dot{H}_{\text{oikea\_lt}} - \dot{H}_{\text{viallinen\_lt}} = 15,77 \text{ MW} - 1,9 \text{ MW} = 13,87 \text{ MW}$$

- Syöttövesisäiliön nesteen lämpötila liian korkea

Voimalaitoksen syöttövesisäiliössä pidetään yllä kylläinen tila paineessa 2 bar:n ylipainetta (yp) ilmanpaineeseen verrattuna. Se saavutetaan syöttämällä säiliön pohjalle höyryä paineessa 2,5 bar. Automaatiojärjestelmän ilmoittama syöttöveden lämpötila 142 °C oli liian korkea, koska 2 bar:n vastaava vedenlämpötila on noin 133,5 °C.

Virheellinen lämpötilan mittaus aiheuttaa virheen muun muassa syöttövesisäiliön energiataselaskennassa. Entalpian arvo 2 bar ja 133,5 °C on 559 kJ/kg, joka vastaa veden entalpiaa. Vastaavasti 2 bar ja 142 °C:n entalpia on 2 744kJ/kg, joka vastaa höyryn entalpiaa.

- Kiertopetikattila 3410 nuohoushöyryn kulutuksen virheellisyys:

Kiertopetikattila 3410:n tulistin- ja savukaasukanava alueella käytetään höyrynuohousta, joka tehdään kerran vuorokaudessa. Nuohouksella puhdistetaan tulistimien, syöttöveden esilämmittimien (ekonomaiserin) ja ilman esilämmittimien (luvon) lämpöpinnat, jotta saataisiin parempi lämmönsiirtyminen savukaasuista. Nuohoushöyrynä toimii kattilan 1. tulistimen jälkeinen höyry, joka kuristetaan noin 20 bar:n tasolle lämpötilan ollessa noin 400 °C.

Nuohouksen yhteydessä on höyryn virtausmittaus ja sen avulla saadaan laskettua osa kattilan höyryhäviöistä. Venlaan tulee virtauslukema jokaiselta vuorokauden tunnilta, vaikka nuohous tehdään kerran vuorokaudessa. Tämä aiheuttaa liian suuren höyrymäärän häviölaskelmissa.

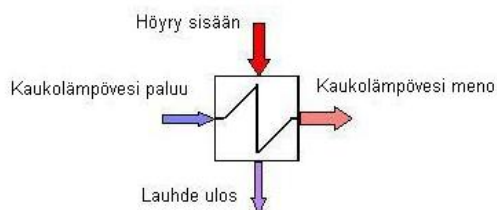
## 5.2 Uuden kaukolämmönsiirraseman lisääminen raportointijärjestelmään

Ekovoimalaitoksen valmistumisen myötä ja vanhan kaukolämpöjärjestelmän vanhentuuessa Oulun Energia on investoinut uuteen ja teholtaan suurempaan kaukolämmönsiirrasemaan (kuva 18). Asema voi tuottaa maksimissaan kaukolämpöä 2 x 50 MW:n teholla kaukolämpöverkkoon. Kaukolämpösiirtimiä voidaan käyttää tehon tarpeen mukaan yhdessä tai erikseen.



*KUVA 18. Kaukolämmönsiirtimet*

Kaukolämmön valmistuksen periaate käy ilmi kuvasta 19. Kaukolämpövesi kiertää siirtimen läpi, johon syötetystä matalapaineisesta höyrystä siirtyy lämpöä. Kaukolämmönsiirtimessä ainevirrat eivät sekoitu keskenään. Tyypilliset kaukolämpöjärjestelmän toiminta-arvot ovat kaukolämmönveden paluulämpötila 50 - 60 °C ja menolämpötila 80 - 120 °C. Lämmitushöyryn arvot ovat 2,3 bar ja 160 °C. Siirtimessä höyry tiivistyy nesteeksi eli lauhtuu.



*KUVA 19. Lämmönsiirtimen toimintaperiaate*

Raportoinnin lähtökohtana oli mittauspisteiden määrittäminen PI-kaavioista (kuva 20). Mittauspisteiden ja PCS7 TagName:n avulla saadaan tieto siirrettyä automaatiojärjestelmästä Venla-raportointijärjestelmään, jossa suoritetaan tarvittavat laskelmat.

Nimitys	Muuttuja	PCS7 TagName	Yksikko
Ulkoilman lämpötila	82TI 016	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_122	C
Kaukolämpöverkkoon pumpatun energian määrä	10NDA10DU001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_320	MWh
TSP-veden määrä lisävesisäiliöön	10GHB30CF001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_349	m3/h
Höyry lisävesisäiliöön	10NAA30CF001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_350	t/h
KL-pumppu 10NCD10AP001 käyntitieto		10NDC10AP001_kaukolampo_ppu_1.QON	h/d
KL-pumppu 10NCD10AP002 käyntitieto		10NDC10AP002_kaukolampo_ppu_2.QON	h/d
10NDD10AC001 Kaukolämmönsiirtimen käyntitieto		S1_S2_käyttöaika_S1_kay.out	h/d
10NDD10AC001 Kaukolämmönsiirtimen kaukolämpöteho	10NDD10DU001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_321	MWh
10NDD10AC001 Kaukolämmönsiirtimen kiertoveden paluu lämpötila	10NDB10CT001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_332	C
10NDD10AC001 Kaukolämmönsiirtimen kiertoveden meno lämpötila	10NDD10CT001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_330	C
10NDD10AC001 Kaukolämmönsiirtimen kiertoveden määrä	10NDD10CF001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_337	t/h
10NDD10AC001 Kaukolämmönsiirtimen lauteen tuotanto	10LCA10CF001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_338	t/h
10NDD10AC001 Kaukolämmönsiirtimen lauteen lämpötila	10NDD10CT004	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_339	C
10NDD10AC001 Kaukolämmönsiirtimen lauteen paine	10NDD10CP001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_340	bar
10NDD10AC001 Kaukolämmönsiirtimen lämmityshöyryn lämpötila	10NAA10CT001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_341	C
10NDD10AC001 Kaukolämmönsiirtimen lämmityshöyryn paine	10NAA10CP001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_342	bar
10NDD20AC001 Kaukolämmönsiirtimen käyntitieto		S1_S2_käyttöaika_S2_kay.out	h/d
10NDD20AC001 Kaukolämmönsiirtimen kaukolämpöteho	10NDD20DU001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_322	MWh
10NDD20AC001 Kaukolämmönsiirtimen kiertoveden paluu lämpötila	10NDB10CT001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_332	C
10NDD20AC001 Kaukolämmönsiirtimen kiertoveden meno lämpötila	10NDD20CT001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_331	C
10NDD20AC001 Kaukolämmönsiirtimen kiertoveden määrä	10NDD20CF001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_343	t/h
10NDD20AC001 Kaukolämmönsiirtimen lauteen tuotanto	10LCA20CF001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_344	t/h
10NDD20AC001 Kaukolämmönsiirtimen lauteen lämpötila	10NDD20CT004	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_345	C
10NDD20AC001 Kaukolämmönsiirtimen lauteen paine	10NDD20CP001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_346	bar
10NDD20AC001 Kaukolämmönsiirtimen lämmityshöyryn lämpötila	10NAA20CT001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_347	C
10NDD20AC001 Kaukolämmönsiirtimen lämmityshöyryn paine	10NAA20CP001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA.T_348	bar

### KUVA 20. Kaukolämmönsiirrinasemasta määritetyt mittauksetiedot

Laaditussa raportissa (liite 2) lasketaan kaukolämmönsiirtimen tuottama teho höyryn kulutuksen avulla ja muunnetaan megawattitunneiksi. Laskentaa käyteen myös voimalaitoksen 2,5 bar:n höyryn kulutuslaskelmissa.

Kaukolämmönsiirtimen tehon lasketaan lämmityshöyrystä kaavalla 3.

$$\Phi = \frac{\dot{m} \cdot \Delta h}{1000} = \frac{\dot{m} \cdot (h_2 - h_1)}{1000} \quad \text{KAAVA 3}$$

$\Phi$  = kaukolämmönsiirtimen teho [MW]

$\dot{m}$  = kaukolämpönsiirtimen tuottaman lauhteen virtaus [kg/s]

$\Delta h$  = ominaisentalpianmuutos [kJ/kg]

$h_2$  = lämmityshöyryn ominaisentalpia [kJ/kg]

$h_1$  = lauhteen ominaisentalpia [kJ/kg]



Tehon laskenta voidaan tehdä myös siirtimen läpi virtaavan kaukolämpöveden avulla. Kaukolämpövedestä laskettu teho saadaan automaatiojärjestelmästä suoraan raporttiin muuttujan avulla. Siirtimen teho lasketaan kaukolämpövedestä kaavalla 4.

$$\Phi = \frac{\dot{m} \cdot c \cdot \Delta t}{1000} = \frac{\dot{m} \cdot c \cdot (t_2 - t_1)}{1000} \quad \text{KAAVA 4}$$

$\Phi$  = kaukolämmönsiirtimen teho [MW]

$\dot{m}$  = kaukolämpöveden virtaus [kg/s]

$c$  = kaukolämpöveden ominaislämpökapasiteetti [kJ/kg°C]

$\Delta t$  = lämpötilan muutos [°C]

$t_2$  = kaukolämpöveden menolämpötila [°C]

$t_1$  = kaukolämpöveden paluulämpötila [°C]

Vuorokausitason raportti (liite 2) sisältää ulkolämpötilan, koska kaukolämmön menoveden lämpötila vaihtelee sään mukaan ja sitä kautta vaikuttaa siirtimen tuottamaan tehoon. Kaukolämpöä voidaan myös tuottaa asetetulla kiinteällä teholla. Raportissa on molemmista kaukolämpösiirtimistä (1 ja 2) tiedot kaukolämpöveden paluu- ja menolämpötiloista, siirtimien käyntiajoista tunteina vuorokaudessa (h/d) ja siirtimien tuottamista energioista megawattitunteina (MWh) laskettuna sekä kaukolämpövedestä (KL-vesi) että kulutetusta höyrystä (siirrin). Raportissa on yhteenvedona koko aseman tuottama energia laskettuna kaukolämpövedestä ja kulutetusta höyrystä megawattitunteina sekä siirtimien tuottama lauhde.

Raportti sisältää myös mittaukset kaukolämpöjärjestelmän paineenpitojärjestelmästä, jossa paisuntasäiliö on yhtenä tekijänä. Paisuntasäiliöön syötetään TSP-vettä ja höyryä. TSP-vesi on Kemiralta saatavaa täyssuolapoistettua vettä, jonka kulutus raportoidaan tonneina vuorokaudessa (t/d). TSP-vedellä korvataan ja tasataan kaukolämpöverkossa olevan veden tilavuuden vaihtelut. Paisuntasäiliön kautta voidaan myös syöttää lisävettä kaukolämpöverkkoon.

Höyryllä ylläpidetään paisuntasäiliössä ylipaineista höyrypatjaa, joka estää kaasujen liukenemisen paisuntasäiliössä olevaan veteen. Höyry otetaan kaukolämmönsiirtimille menevistä höyrylinjoista. Höyryn kulutus raportoidaan tonneina vuorokaudessa (t/d) ja megawattitunteina (MWh).

### 5.3 Laitoksien rajamittaukset

Nykyisen voimalaitoksen ja uuden ekovoimalaitoksen integraatiossa yhdistettiin höyry- ja lauhdelinjoja. Mittauksia laitosten välillä tarvitaan prosessien yhteensovittamiseksi, ekovoimalaitoksen höyryntuotannosta ja lauhteen palautuksesta ekovoimalaitokseen. Mitattuja tietoja käytetään energialaskennassa ja kaupallisen toiminnan laskennoissa.

Ekovoimalaitoksen tuottama 88 bar:n höyry menee voimalaitoksien yhteiseen jakotukkiin, josta se ohjataan eteenpäin kulloisenkin ajotilanteen mukaisesti. Ekovoimalaitokselta pystytään tuottamaan myös 8 bar:n ja 2,5 bar:n höyryä reductioaseman kautta suoraan tehdasalueella olevaan höyryverkkoon. Höyryn kulutuskohteista palautuva lauhde kerätään lauhdesäiliöön, josta se jaetaan voimalaitoksien kesken.

Ekovoimalaitokselta tulevien höyryjen mittaukset määritettiin PI-kaavioiden avulla 88 bar, 8 bar ja 2,5 bar höyrylinjoista ja lauhdelinjasta (kuva 21). Mittaukset käsittävät virtauksen, paineen ja lämpötilan arvot, joiden perusteella lasketaan energiamäärät megawattitunteina.

VRK Ekovoimalaitos			
Nimitys	Muuttuja	PCS7 TagName	Yksikkö
Ekovoimalaitoksen tuottama 88bar höyry määrä	11LBA10CF920	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_361	th
Ekovoimalaitoksen tuottama 88bar höyry paine	11LBA10CP011	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_362	bar
Ekovoimalaitoksen tuottama 88bar höyry lämpötila	11LBA10CT041	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_363	C
Ekovoimalaitoksen tuottama 8bar höyry määrä	11LBF30CF001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_364	th
Ekovoimalaitoksen tuottama 8bar höyry paine	11LBF30CP901	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_365	bar
Ekovoimalaitoksen tuottama 8bar höyry lämpötila	11LBF30CT901	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_366	C
Ekovoimalaitoksen tuottama 2,5bar höyry määrä	11LBF50CF001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_367	th
Ekovoimalaitoksen tuottama 2,5bar höyry paine	11LBF50CP901	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_368	bar
Ekovoimalaitoksen tuottama 2,5bar höyry lämpötila	11LBF50CT901	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_369	C
Ekovoimalaitoksen kuluttama 8bar apuhöyry määrä	11LBG01CF001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_370	th
Ekovoimalaitoksen kuluttama 8bar apuhöyry paine	11LBG01CP001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_371	bar
Ekovoimalaitoksen kuluttama 8bar apuhöyry lämpötila	11LBG01CT001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_372	C
Lauhteen määrä ekovoimalaitokselle	11LCA10CF001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_373	th
Lauhteen lämpötila ekovoimalaitokselle	11LCA10CT001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_374	C
Lauhteen paine ekovoimalaitokselle	11LCA10CP001	AS4H_YHTEISET/Rapo_T_KA_T_375	bar
Ekovoimalaitoksen kattilan käyntitieto		AS4H_YHTEISET/BIN_EKOLTA.BIN_1	h/d
Ekovoimalaitoksen ulkoisen tulistimen käyntitieto		AS4H_YHTEISET/BIN_EKOLTA.BIN_2	h/d

#### KUVA 21. Ekovoimalaitoksen tuottaman höyryn mittauksiedot

Ekovoimalaitoksen valmistumisen myötä energialaskenta ja raportointi täytyy päivittää vuorokausitasolta vuositason raporteihin saakka. Laitoksen

höyryntuotanto lisättiin tuotettuihin ja toimitettuihin raportteihin jokaiselle höyrynpainetasolle. Ekovoimalaitokselle toimitettava lauhde raportoidaan lauhdeveden kulutusraportissa.

#### 5.4 Raporttien laskentojen tarkistus ja päivitys

Työn yhtenä tehtävänä oli raporttien laskentojen oikeellisuuden tarkastamien ja uudistuneen toimintaympäristön päivittäminen laskentoihin. Lisäksi raportteihin yhdistettiin voimalaitoksen kiinteiden polttoaineiden kulutustiedot once-Energiaketjun tietojenhallintajärjestelmästä. Olemassa olevat raportit oli laadittu Excel-taulukoihin, joihin tehtiin tarvittavat korjaukset ja muutokset. Korjaukset kirjoitettiin kommentteihin tai soluihin tilanteen mukaan. Liitteessä 3 on 88 bar:n höyryn tuotantoraportti Excel-taulukkona, johon on tehty korjaukset. Korjatut raportit toimitettiin Synchron Tech Oy:lle, joka toteutti muutokset uudempaan Venla-raportointijärjestelmään.

##### 5.4.1 Läpikäytyt raportit

Tarkastetut ja korjatut raportit olivat kolmessa aikatasossa: vuorokausi, kuukausi ja vuosi (taulukko 1).

*TAULUKKO 1. Opinnäytetyössä tarkastetut raportit*

<b>Vuorokausitaso</b> Höyryn tuotanto 88 bar, 35bar, 8 bar ja 2,5 bar Höyryn kulutus ja toimitus 88 bar, 35bar, 8 bar ja 2,5 bar Kattiloiden 3410, 209L ja 208L polttoainemäärät Kattiloiden 3410, 209L ja 208L polttoaine-energia Sähkön tuotanto Lauhdeveden tuotanto ja kulutus Syöttö- ja Lisäveden kulutus
<b>Kuukausitaso</b> Polttoaineiden syöttötiedot Tuotannon verotus
<b>Vuositaso</b> Tuotantoilmoitus CO <sub>2</sub> -raportti Ympäristöilmoitus Varastot

## 5.4.2 Vuorokausitaso

Raporttien tarkastusten tuloksena löytyi virheitä vuorokausitason matalapaineisten höyryjen tuotantoraporttien tuotantomääristä ja höyryn entalpian määrittämisessä. Useammassa laskentayhtälössä oli käytössä yhden tunnin tuotettu höyrymäärä, joka edusti vuorokauden tuotantoa. Korjauksena näihin oli vuorokaudessa tuotettu höyrymäärä, joka korjasi myös tuotetut energiamäärät. Osassa laskentoja höyryn entalpian määrittämiseen tarvittava paine oli väärästä mitauksesta, jolloin tuotettu energia ei ollut oikea kyseiselle höyrylle. Tuotetun höyryn lämpöenergia  $Q$  saadaan laskettua kaavan 5 avulla.

$$Q = \frac{m \cdot h}{3600} \quad \text{KAAVA 5}$$

$Q$  = höyryn sisältämä lämpöenergia [MWh]

$m$  = tuotetun höyryn massa tarkastelujakson aikana [t]

$h$  = höyryn entalpia tarkastelujakson aikana [kJ/kg]

3600 = energiayksikön muunnoskerroin

Kattiloiden polttoainemäärät ja polttoaine-energia -raportteihin määritettiin käytettyjen kiinteiden polttoaineiden tiedot siirrettäväksi once-järjestelmästä Venla-raportointijärjestelmään vuorokausitasolla kattilakohtaisesti. Tietojen linkitys tietojärjestelmissä toteutettiin ohjelmistotoimittajien yhteistyönä.

Turpeen ja puun lämpöarvot tulevat Once-järjestelmästä ja muiden kiinteiden polttoaineiden lämpöarvot syötetään käsin raportointijärjestelmään. Kertomalla yhteen kattilaan syötetty polttoainemäärä ja polttoaineen lämpöarvo saadaan lasketuksi kattilaan syötetty polttoaine-energia.

Lauhdeveden tuotantoraportissa puuttui laatumuunnoksia. Vuorokauden aikana tuotettu lauhdevesi oli ilmoitettu raportissa kilogrammoina, kun haluttu yksikkö oli tonneja. Lisäksi uuden kaukolämpöaseman lauhteen tuotanto lisättiin raportin laskentoihin.

### 5.4.3 Kuukausitaso

Kuukausitason polttoaineiden syöttötiedot -raporttia päivitettiin kiinteiden polttoaineiden kulutusmäärien automatisoinnilla ja poltettavien prosessikaasujen lämpöarvon ja CO<sub>2</sub>-päästökertoimen laskennalla. Tuotannon verotusraportissa niin ikään polttoaineiden kulutusmäärät automatisoitiin. Uusina tietoina lisättiin jäteverotuksen piiriin kuuluva syntyneen lentotuhkan määrä, ekovoimalaitoksen tuottamat höyryt ja kaukolämpöaseman tuotanto.

Polttoaineiden syöttötiedot -raportti toimii polttoaineiden yhteenveto- ja tarkastusraporttina. Raportissa on tiedot vastaanotetuista ja kulutetuista polttoaineista kuukauden aikana sekä prosessikaasujen analyyseistä määräytyvän lämpöarvon laskentatiedot.

Polttoaineiden syöttötiedot -raporttiin määritettiin Once-järjestelmästä siirtyväksi kiinteiden polttoaineiden kuukausikulutukset, öljyjen määrät säiliökulutuksista ja kaasut virtausmittauksista. Turpeen ja puun tiedot tulevat suoraan megawattitunteina ja muiden kiinteiden polttoaineiden osalta tonneina, jolloin saadaan laskettua kulutetut määrät megawattitunteina polttoaineiden lämpöarvojen avulla.

Öljyjen kuukausikulutus määritettiin laskettavaksi säiliöstä, koska laitoksella olevat virtausmittaukset antoivat epäluotettavia lukuja. Raportti sisältää myös kunkin polttoaineen lämpöarvot ja CO<sub>2</sub>-päästökertoimet, jotka syötetään raportointijärjestelmään käsin, lukuun ottamatta turvetta, puuta ja Kemiralta saatavia prosessikaasuja. Turpeen ja puun osalta nämä tiedot määritettiin siirtyvän Once-järjestelmästä ja kaasujen laskennat tehdään raportissa.

Kemiran prosesseista saatavien poltettavien vakio- ja säätökaasujen sisältämät lämpöarvot ja CO<sub>2</sub>-päästökertoimet määräytyvät kaasujen sisältämistä komponenttien pitoisuuksista. Merkityksellisiä komponentteja ovat vety (H<sub>2</sub>), hiilimonoksidi eli häkä (CO) ja metaani (CH<sub>4</sub>), joilla ovat kiinteät lämpöarvot ja CO<sub>2</sub>-päästökertoimet. Muita kaasujen sisältämiä komponentteja ovat argon (Ar) ja typpi (N<sub>2</sub>), jotka ovat inerttejä eli eivät reagoi palaessaan. Komponenttien tilavuusprosentit saadaan kaasuista tietyn väliajoin tehtyjen analyysien perusteella, jotka syötetään järjestelmään käsin ja joiden perusteella tehdään laskennat.

Raporttiin laadittiin laskenta prosessikaasujen lämpöarvon ja CO<sub>2</sub>-päästökertoimen määrittämiseksi komponentin tilavuusprosentin perusteella. Laskennoista jätettiin pois argonin ja typen tilavuusosuudet, koska niillä ei ole vaikutusta lopputulokseen. Poltettavien prosessikaasujen lämpöarvot saadaan laskettua kaavan 6 avulla.

$$H_{kaasu} = \frac{y_{H_2} \cdot H_{H_2} + y_{CH_4} \cdot H_{CH_4} + y_{CO} \cdot H_{CO}}{(100\% \cdot 3600)} \quad \text{KAAVA 6}$$

$H_{kaasu}$  = prosessikaasun lämpöarvo [MWh/m<sup>3</sup>]

$y_{H_2}$  = vedyn tilavuusosuus [%]

$H_{H_2}$  = vedyn lämpöarvo [MJ/m<sup>3</sup>]

$y_{CH_4}$  = metaanin tilavuusosuus [%]

$H_{CH_4}$  = metaanin lämpöarvo [MJ/m<sup>3</sup>]

$y_{CO}$  = hiilimonoksidin tilavuusosuus [%]

$H_{CO}$  = hiilimonoksidin lämpöarvo [MJ/m<sup>3</sup>]

3600 = energiayksikön muunnoskerroin

Prosessikaasujen CO<sub>2</sub>-päästökertoimet saadaan laskettua komponenttipitoisuuksilla kaavan 7 avulla.

Prosessikaasun CO<sub>2</sub>-päästökerroin =

$$\frac{y_{H_2} \cdot H_{2\_co_2\text{-kerroin}} + y_{CH_4} \cdot CH_{4\_co_2\text{-kerroin}} + y_{CO} \cdot CO_{co_2\text{-kerroin}}}{100\%} \quad \text{KAAVA 7}$$

Prosessikaasun CO<sub>2</sub>-päästökerroin = kaasun poltossa syntyvä hiilidioksiditonni terajoulea kohti [tCO<sub>2</sub>/TJ]

$y_{H_2}$  = vedyn tilavuusosuus [%]

$H_{2\_co_2\text{-kerroin}}$  = vedyn päästökerroin [tCO<sub>2</sub>/TJ]

$y_{CH_4}$  = metaanin tilavuusosuus [%]

$CH_{4\_CO_2\text{-kerroin}}$  = metaanin päästökerroin [tCO<sub>2</sub>/TJ]

$y_{CO}$  = hiilimonoksidin tilavuusosuus [%]

$CO_{CO_2\text{-kerroin}}$  = hiilimonoksidin päästökerroin [tCO<sub>2</sub>/TJ]

Raportissa lasketut kaasujen lämpöarvot toimivat kyseisen kuukauden poltettujen kaasujen energiamääriä laskettaessa kattiloiden polttoaine-energia-raporteissa. Kaasujen CO<sub>2</sub>-päästökerrointa käytetään vuositason CO<sub>2</sub>-raportin kuukausikohtaisissa kaasujen CO<sub>2</sub>-päästölaskelmissa.

Tuotannon verotusraporttiin on koottu kaikki voimalaitoksen tuotannon verotukseen liittyvä tiedot. Raportti muodostuu toimitetusta lämmöstä ja sähköstä, käytetyistä polttoaineista, polttoaineiden valmisteverolaskelmista, sähköverosta ja jäteverosta.

Sähköstä, kivihilestä, polttoturpeesta, maakaasusta, mäntyöljystä ja eräistä energiatuotteista on suoritettava valtiolle valmisteverona energiasäiltöveroa, hiilidioksidiveroa ja energiaveroa annetun lain (1260/96) mukaisesti. Lisäksi sähköstä, kivihilestä ja maakaasusta kannetaan huoltovarmuusmaksua. Kivihillen, turpeen ja maakaasun käyttö sähkön tuotantoon on verotonta, koska valmistevero kannetaan tällöin voimalaitoksen tuottamasta sähköstä. (16.)

Sähkövero on porrastettu kahteen veroluokkaan. Teollisuudessa käytetystä sähköstä suoritetaan alempaa veroa (veroluokka II) ja kaikkien muiden sähkön kuluttajien sähköstä suoritetaan korkeampi vero (veroluokka I). Voimalaitoksen käyttämä sähkö eli omakäyttösähkö on verotonta. (16.)

Ekovoimalaitoksen tuottamat höyryt ja kaukolämpöaseman tuotanto lisättiin uusina tekijöinä kulutukseen luovutetun lämmön laskentaan. Kulutukseen luovutettua lämpöä käytetään yhtenä tekijänä laskettaessa Laanilan Voiman voimalaitoksen polttoainekohtaista kulutuksen jakautumista lämmöntuotantoon ja sähköntuotantoon.

Raporttiin määritettiin Once-järjestelmästä siirrettäväksi tiedot käytettyjen kiinteiden polttoaineiden kokonaismääristä tonneina ja megawattitunteina turpeen ja puun osalta. Muiden polttoaineiden sisältämät megawattitunnit saadaan laskettua raportointijärjestelmään syötettyjen lämpöarvojen avulla. Käytettyjen polttoaineiden kokonaismäärien, prosenttiosuuksien ja kulutukseen luovutetun lämmön perusteella raportissa lasketaan polttoaineiden käytön jakautuminen lämmöntuotantoon ja sähköntuotantoon. Lämmöntuotantoon käytettyjen polttoaineiden määrien perusteella lasketaan verotuksen piiriin kuuluvien polttoaineiden valmisteverot.

Uutena kohtana raporttiin lisättiin lentotuhkasta syntyvä jätevero. Lentotuhkaa syntyy polttoaineiden palamistuotteena, ja se erotetaan savukaasuista sähkösuodattimilla ennen savupiippua. Lentotuhka kerätään sähkösuodattimista voimalaitoksen varastosiiloon, josta se puretaan kuorma-autoon. Lentotuhkaa voidaan joko käyttää hyödyksi tai viedä läjitykseen. Hyötykäytöstä ei makseta veroa, mutta läjitykseen menevästä lentotuhkasta on maksettava jäteveroa. Vuonna 2012 jäteveron määrä on 40 eur/t.

Voimalaitokselta lähtevä lentotuhka punnitaan vaaka-asemalla. Lentotuhkan nettopaino saadaan once-järjestelmään, kun tuhkaa hakevan kuorma-auton paino punnitaan tullessa ja kuormattuna lähtiessä. Tästä syntyvä erotus on tuhkanmassa. Vaaka-asemalla kuljettaja valitsee tuhkan käyttökohteen, joka voi olla etukäteen järjestelmään syötetty hyötykäyttökohte tai käyttökohteen puuttuessa läjitys. Once-järjestelmästä tiedot siirtyvät raporttiin lentotuhkan kuukauden kokonaismäärästä sekä lajiteltuna käyttökohteittain, jolloin tiedetään läjitykseen mennyt määrä ja siitä määräytyvä jätevero.

#### **5.4.4 Vuositaso**

Tuotantoilmoitus toimii kuukauden yhteenvetoraporttina Laanilan Voiman kaikista tulevista ja lähtevistä ainevirroista, joita ovat polttoaineet, höyryt, sähköt, alue- ja kaukolämpö, syöttö- ja lauhdevedet ja muut käyttövedet. Raportissa tiedot ovat kuukausittain, jotka samalla summautuvat koko vuoden summiksi.



Raporttiin määritettiin kiinteiden polttoaineiden kuukausikulutukset siirtyvän Once-järjestelmästä ja käytettyjen öljyjen määrät säiliökulutuksesta, jotka ovat kuukausitason laskelmissa määritettyjä tietoja.

Tuotantoilmoituksen höyrytietoihin lisättiin uutena osiona ekovoimalaitoksen tuottamat höyryt paineluokittain. Toimitetun lämmön laskentaan 8 bar:n ja 2,5 bar:n kohdalle lisättiin ekovoimalaitoksen tuottamat höyryt, koska ne menevät suoraan tehdasalueen höyryverkkoon. Kaukolämpöön päivitettiin uuden kaukolämpöaseman mittaustiedot. Syöttövesiosioon lisättiin ekovoimalaitokselle menevä lauhde ja kaukolämpöverkkoon syötettävä lisäveden määrä.

CO<sub>2</sub>-raportissa lasketaan voimalaitoksen hiilidioksidipäästöt kulutetun polttoaineen määrän sekä polttoainekohtaisten päästö- ja hapettumiskertoimien avulla. Raporttiin määritettiin kiinteiden polttoaineiden käytetyt määrät siirtyvän Once-järjestelmästä ja öljyt säiliökulutuksesta. Raportin laskelmia tarkennettiin Kemiralta tulevien alumiinioksidin, aktiivihilen ja happokaasun osalta. Aiemmin nämä polttoaineet olivat summattu muut polttoaineet otsikon alle.

Polttoaineiden polton hiilidioksidipäästöjä laskettaessa polttoaineiden päästökertoimina käytetään ensisijaisesti Tilastokeskuksen 1.1.2011 julkaisemassa kansallisessa kasvihuonekaasupäästöjen inventaariraportissa käyttämiä polttoaineiden ominaispäästö- ja hapettumiskertoimia ja toissijaisesti hallitustenvälisen ilmastopaneelin IPCC:n määrittelemiä kertoimia (17, s. 4). Biopolttoaineilla päästökerroin on nolla. Biopolttoaineiksi luetaan muun muassa metsähake, kuori, puru, mekaanisen metsäteollisuuden puutähde sekä pelloilla kasvatettava biomassa. (17, s. 5.)

Ilmoitetut ominaispäästökertoimet on määritetty olettaen, että polttoaineen koko hiilisisältö hapettuu palaessaan hiilidioksidiksi. Näin ei todellisuudessa kuitenkaan tapahdu, vaan osa polttoaineen hiilisisällöstä jää hapettumatta. Hapettumiskerroin ilmaisee IPCC:n arvioiman keskimääräisen hapettumisasteen eri polttoaineille. (17, s. 5.)

CO<sub>2</sub>-raportissa lasketaan käytettyjen polttoaineiden tuottamat hiilidioksidipäästöt kaavalla 8.

$$m_{CO_2} = m_{pa} \cdot H_{pa} \cdot 0,0036 \cdot e_{IPCC} \cdot o_{IPCC}$$

KAAVA 8

$m_{CO_2}$  = polttoaineen tuottama hiilidioksidimassa [tCO<sub>2</sub>]

$m_{pa}$  = käytetyn polttoaineen massa [t]

$H_{pa}$  = polttoaineen lämpöarvo [MWh/t]

0,0036 = yksiköiden muunnoskerroin

$e_{IPCC}$  = IPCC:n määrittelemä polttoainekohtainen ominaispäästökerroin  
(g CO<sub>2</sub>/MJ)

$o_{IPCC}$  = IPCC:n määrittelemä polttoainekohtainen hapettumiskerroin

Ympäristöilmoitusta käytetään viranomaisilmoituksiin ja raportoitaessa konsernille ympäristöön liittyvissä asioissa. Raportissa on kuukausittain voimalaitoksen kattiloiden ja turbiinien käyntiajat, vastaanotettujen ja poltettujen jätteiden määrät, kattilakohtaiset polttoainekulutukset, voimalaitokseen tulevat ja lähtevät energiat sekä syntyneet jätteet.

Ympäristöilmoitusta päivitettiin lisäämällä turbiinien ja ekovoimalaitoksen kattilan käyntiajat. Kattilakohtaiset kiinteiden polttoaineiden kulutukset määritettiin siirrettävän Once-järjestelmästä. Voimalaitoksen energiavirtoja päivitettiin ekovoimalaitoksen ja kaukolämpöaseman mittaustiedoilla. Once-järjestelmää hyödynnetään myös syntyneen arinatuhkan määrän raportoinnissa. Arinatuhka koostuu kattiloissa käytettävän hiekan ja polttoaineen palamattomista osista. Arinatuhkaa poistetaan kattilan pohjasta, josta se siirretään kuljettimilla ulos kattilahuoneesta. Arinatuhkan määrä saadaan kauhakuormaajan vaakalaitteen punnitustiedosta kun arinatuhkaa siirretään eteenpäin. Syntyneen lentotuhkan määrä saadaan vaaka-aseman punnitustiedosta.

Varastoraportissa seurataan varastoissa olevien öljyjen, kivihiilen, kalkin ja leijuhiekan hankinta-, kulutus- ja varastomääriä kuukausittain (liite 5). Raporttia päivitettiin Once-järjestelmästä saatavalla kulutetun kivihiilen määrällä. Kulutetut määrät siirtyvät Once-järjestelmään kun kauhakuormaajalla syötetään kivihiiltä varastoalueella sijaitsevasta kivihiilikasasta kattilarakennukseen menevään kul-

jettimeen. Raskaan polttoöljyn laskentoihin päivitettiin automaatiojärjestelmän mittaus, joka näyttää säiliössä olevan tonnimäärän.

## **5.5 Uudet raportointipohjat**

Opinnäytetyön tehtävänä oli myös laatia uusia raportteja työn tilaajan tarpeiden mukaisesti. Raportteja laadittiin neljä, joista kaukolämmönsiirraseman raportti esiteltiin jo aiemmin luvussa 5.3.

### **5.5.1 8 bar:n höyryn kulutus**

Ekovoimalaitoksen valmistuttua laadittiin 8 bar:n höyrynkulutus -raportti (liite 6). Ekovoimalaitos tarvitsee 8 bar:n omakäyttöhöyryä muun muassa kattilan esilämmitykseen, palamisilman esilämmitykseen sekä syöttövesisäiliön kaasunpoistoon ja lämmitykseen. Höyryä voidaan johtaa omakäyttöhöyrylinjaan joko laitoksen oman reduktioaseman kautta tai tehdasalueella olevan höyryverkon kautta, jolloin höyry on tuotettu Laanilan Voiman voimalaitoksella. Omakäyttöhöyrylinjassa on virtaus-, lämpötila- ja painemittaukset. Höyrynkulutus raportoidaan vuorokausittain tonneina ja megawattitunteina. Omakäyttöhöyryn kulutus vähennetään Kemiralle toimitettavasta 8 bar:n höyrystä.

### **5.5.2 Kattiloiden 88 bar:n höyryn tuotannot ja turbiinien sähköntuotanto**

Raportissa tarkastellaan kaikkien kattiloiden 88 bar:n höyryn tuotantoja ja turbiinien yhteydessä olevien generaattoreiden sähkön tuotantoa 12 kuukauden ajalta (liite 7). Tuotetut höyrymäärät lasketaan Venlassa vuorokausitasolla mittauspisteiden avulla ja muunnetaan megawattitunneiksi.

Generaattoreiden tuottamat tehot saadaan automaatiojärjestelmästä, jolloin raportointiohjelman tehtävänä on laskea vuorokausikohtainen keskiarvo megawatteina. Raportissa lasketaan lisäksi tuotetun sähkön keskiteho kuluvalta kahdeltatoista kuukaudelta, vuoden alusta ja edelliseltä kuukaudelta. Raportissa tuotannot esitetään graafisessa muodossa aluekaavioina. Kaavio havainnollistaa kahdentoista kuukauden tuotannot kattila- ja turbiinikohtaisesti osoittaen samalla kokonaistuotannon.

### 5.5.3 Laitteiden käyntiajat ja käyttöasteet

Laitteiden käyntiajat ja käyttöasteet -raporttiin on laadittu voimalaitoksen päälaitteiden tiedot (liite 8). Raportissa lasketaan kuukausitasolla laitteiden käyttöaste ja käynnistysten määrä. Kuukauden käyntiaikatieto tunteina saadaan automaatiojärjestelmästä. Käyntiaikatiedon perusteella voidaan laskea laitteen käyttöaste kaavan 9 avulla.

$$\text{käyttöaste} = \frac{\text{käyttöaika}}{\text{kalenteriaika}} \cdot 100\% \quad \text{KAAVA 9}$$

*käyttöaste* = kulloisenkin käytön suhde täyskäyttöön [%]

*käyttöaika* = laitteen käyntiaika kuukauden aikana [h]

*kalenteriaika* = kuukauden sisältämä aika [h]

Laitteiden käynnistykset kirjataan raportointijärjestelmään käsin syöttösivun kautta. Kattiloiden käynnistykset voidaan jakaa kuuma- ja kylmäkäynnistykseen. Kuumakäynnistyksessä käynnissä oleva kattila on tullut alas jostain syystä, ja se pystytään käynnistämään nopeasti kattilan lämpötilan ollessa vielä korkea. Kylmäkäynnistys tarkoittaa, että kattilaa pitää lämmittää öljypolttimien avulla tiettyyn lämpötilaan ennen varsinaisen polttoaineen syöttämisen aloittamista, esimerkiksi huoltojen jälkeen.

Turbiinien kylmäkäynnistyksessä turbiini on ollut pois käytöstä kauan aikaa, jolloin se täytyy lämmittää höyryllä turbiinikohtaisen lämmitysrampin mukaisesti ennen käyttöönottoa. Kuumakäynnistyksessä käynnissä oleva turbiini on tullut alas ja se pystytään käynnistämään nopeasti uudelleen lämpötilan salliessa.

## 6 YHTEENVETO

Tehty työ oli osa laajempaa voimalaitoksen raportointijärjestelmän päivitysprojektia. Työn tavoitteena oli päivittää vanhat raportointijärjestelmän raportit vastaamaan nykypäivän tarpeita: lisätä uusia prosessilaskelmia ja tarkastaa olemassa olevien raporttien laskentakaavojen oikeellisuudet. Lisäksi tehtävänä oli laatia uusia raportointipohjia.

Työn tuloksena saatiin tämänhetkistä voimalaitoksen toimintaympäristöä vastaavat raportit ja niiden sisältämät korjatut laskennat, jotka ohjelmiston toimittaja Synchron Tech toteutti raportointijärjestelmään. Raportointijärjestelmän päivityksessä irtauduttiin Kemiran Oulun tehtaiden tietojärjestelmistä ja liitettiin järjestelmään Protacon Oy:n toimittama Once - Energiaketjun tietojenhallintajärjestelmä. Näillä toimenpiteillä järjestelmä saatiin yksinkertaistettua, siten että järjestelmässä toimii nyt yksi raportointiohjelma, joka sisältää voimalaitoksen toiminnot.

Laskentakaavoissa oli virheitä kuten myös yksikkömuunnoksissa. Virheitä muodostui myös väärin määritetyistä mittauspisteistä, ja sen myötä laskennat eivät vastanneet todellisuutta tai eivät antaneet mitään tulosta. Raporttien tarkastusten tuloksena löytyi virheitä lähinnä vuorokausitason matalapaineisten höyryjen tuotantoraporttien tuotantomääristä ja höyryn entalpian määrittämisessä. Kun vuorokausitason laskennat ovat kunnossa, tällöin ne korjaavat myös kuukausi- ja vuositason laskennat.

Uusina tietoina raportointijärjestelmään sisällytettiin ekovoimalaitoksen tarvittavat tiedot, jotka lisättiin raporttien laskentoihin jokaiselle aikatasolle. Uuden kaukolämpöaseman toiminnasta laadittiin uusi raportti ja aseman kaukolämmöntuotantotiedot lisättiin kuukausi- ja vuositason raportteihin. Voimalaitoksella käytöön otetusta Once - Energiaketjun tietojenhallintajärjestelmästä määritettiin siirrettävän raportointijärjestelmään käytettyjen kiinteiden polttoaineiden kulutukset ja syntyneet tuhkat. Määriteltyjen tietojen siirto toteutettiin järjestelmätoimittajien yhteistyönä.

Uusia raportteja työssä laadittiin neljä, joissa uudistunut toimintaympäristö oli mukana. Vuorokausitasolle laadittiin ekovoimalaitoksen 8 bar:n höyryn kulutus ja uuden kaukolämpöaseman tiedot. Vuositasolle laadittiin uusina raporteina laitteiden käyntiajat ja käyttöasteet sekä kattiloiden tuotanto ja turbiinien sähkökehitys. Näillä lisäyksillä ja olemassa olevien raporttien päivityksillä saatiin raportointijärjestelmä kattamaan koko voimalaitoksen toiminnot.

Työn tulokset täyttivät lähtötietomuistiossa (liite 1) asetetut tavoitteet, mutta käytännön tuloksia raportointijärjestelmän toimivuudesta ei ehditty saamaan tämän opinnäytetyön aikana. Ongelmia raporttien toimivuuteen voivat aiheuttaa mahdolliset automaatiojärjestelmän mittaustulokset eli kentällä olevien mittalaitteiden antamat virheelliset mittaustulokset, jolloin raporttien laskennat eivät vastaa todellisuutta.

Uusilla raporteilla ja olemassa olleiden raporttien päivityksillä saatiin raportointijärjestelmä kattamaan koko voimalaitoksen toiminnot. Päivityksen yhteydessä päästiin suurelta osin eroon päivittäisten tietojen käsinsyöttämisestä raportointijärjestelmään ja automatisoitua tiedonkeruuprosessia sekä laskentoja mahdollisimman pitkälle.

## LÄHTEET

1. Laanilan Voima Oy. 2011. Yritysesittely. Sisäinen materiaali. Oulu: Laanilan Voima Oy
2. Huhtinen, Markku – Kettunen, Arto – Nurminen, Pasi – Pakkanen, Heikki 1998. Höyrykattilatekniikka. 2.-3, painos. Helsinki: Edita.
3. Marttila, Seppo 2011. T350205 Energialaitokset, 5 op. Opintojakson oppimateriaali keväällä 2011. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
4. Marttila, Seppo 2010. T350307 Höyrykattilat, 7 op. Opintojakson oppimateriaali keväällä 2010. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
5. Oulun Energia. Taustatietoa jätteenpolttamisesta. Saatavissa: [http://www.oulunenergia.fi/ekovoimalaitos/taustatietoa\\_jatteenpoltosta/jatteenpoltto\\_suomessa](http://www.oulunenergia.fi/ekovoimalaitos/taustatietoa_jatteenpoltosta/jatteenpoltto_suomessa). Hakupäivä 14.2.2012.
6. Oulun Energia. Energian tuotanto, polttoaineet. Saatavissa: <http://www.oulunenergia.fi/ekovoimalaitos/energiantuotanto/polttoaineet>. Hakupäivä 14.2.2012.
7. Elektowatt-Ekono. Jaakko Pöyry group. 2004. Jätteenpolttolaitoksen tekninen kuvaus ja ympäristövaikutusselvitys ympäristölupahakemusta varten. Saatavissa: [http://www.oulunenergia.fi/download/550/vaikutusselvitys\\_finalpdf/pdf](http://www.oulunenergia.fi/download/550/vaikutusselvitys_finalpdf/pdf). Hakupäivä 14.2.2012.
8. Baumgarte Boiler Systems GmbH. Saatavissa: <http://www.standardkessel.de/index.php?id=26&L=1>. Hakupäivä 15.2.2012.
9. Näretie, Veikko 1981. Höyrytekniikka: kattilat ja koneet, 3. painos. Keuruu: Otava.
10. Perttula, Jarmo 2000. Energiatekniikka, 1. painos, Helsinki: WSOY.

11. Marttila, Seppo 2009. T350106 Tekninen termodynamiikka, 6 op. Opintojakson oppimateriaali syksyllä 2009. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.
12. Mollier diagram for water-steam. The Engineering ToolBox. Saatavissa: [http://www.engineeringtoolbox.com/mollier-diagram-water-d\\_308.html](http://www.engineeringtoolbox.com/mollier-diagram-water-d_308.html). Hakupäivä 21.2.2012.
13. Laanilan Voiman automaatiojärjestelmän kuvaus. 2004. Siemens Osakeyhtiö, Power Generation and Distribution.
14. SyncWare® perusohjelmistomme mittaustiedon keruuseen ja hallintaan. Synchron Tech Oy. Saatavissa: <http://www.syncrontech.com/index.php/fi/perusohjelmisto>. Hakupäivä 31.3.2012.
15. Once-esite. Protacon yhtiöt. Saatavissa: <http://www.protacon.fi/?action=file&id=178&file=178.pdf>. Hakupäivä: 26.6.2012.
16. Sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverotus. 1996. Valtionvarainministeriö. Saatavissa: [http://www.vm.fi/vm/fi/10\\_verotus/05\\_valmisteverotus/07\\_sahkon\\_ja\\_eraiden\\_polttoaineiden\\_valmistevero/index.jsp](http://www.vm.fi/vm/fi/10_verotus/05_valmisteverotus/07_sahkon_ja_eraiden_polttoaineiden_valmistevero/index.jsp). Hakupäivä: 27.6.2012.
17. Päästöoikeuksien myöntämispäätös vuosille 2008–2012, liite 1. 2008. Työ- ja elinkeinoministeriö. Päästökauppalain (muutettu 108/2007 ja 1468/2007) mukaiset eri alaryhmiin kuuluville laitoksille vuosiksi 2008–2012 myönnettävien päästöoikeuksien jakoperusteet ja perusteiden mukaiset laskentakavat. Saatavissa: [http://www.tem.fi/files/18534/LIITE\\_1.pdf](http://www.tem.fi/files/18534/LIITE_1.pdf). Hakupäivä: 10.7.2012.



## **LIITTEET**

Liite 1 Lähtötietomuistio

Liite 2 Kaukolämpöasema

Liite 3 88 bar:n höyryn tuotantoraportti

Liite 4 Polttoaineiden syöttötiedot

Liite 5 Varastot

Liite 6 8 bar:n höyryn kulutus

Liite 7 Kattiloiden tuotannot ja turbiinien sähkönkehitys

Liite 8 Laitteiden käyntiajat ja käyttöasteet



## LÄHTÖTIETOMUISTIO

Työn tiedot	Tekijä <sup>1</sup> Esa Vesterinen	Tilaaja <sup>2</sup> Laanilan Voima Oy
	Tilaajan yhdyshenkilö ja yhteystiedot <sup>3</sup> Leo Pikkarainen leo.pikkarainen@pvo.fi	
	Työn nimi <sup>4</sup> <b>Energialaitoksen raportoinnin kehittäminen</b>	
	Työn kuvaus <sup>5</sup> Laanilan Voima tuottaa prosessihöyryä, sähköä ja kaukolämpöä. Työ liittyy raportointijärjestelmään, tarkoitus on päivittää vanha järjestelmä ja lisätä uusia prosessitietoja/laskelmia. Syy tähän on Kemirasta irtoaminen ja jätteenpolttolaitoksen mukaantulo.  Tehtävänä on laskea raportoitavat asiat prosessista: energiamääriä, höyrynarvoja jne. Tarkistaa vanhan järjestelmän laskentakaavat ja laatia uudet raportointipohjat.  Tietokanta ja ohjelmointityön raportointijärjestelmään tulee tekemään Syncron tech Oy.	
	Työn tavoitteet <sup>6</sup> Raportointijärjestelmä vastaamaan nykyhetken tarpeita Laskentakaavojen oikeellisuuden tarkistus ja päivitys Laatia uudet raportointipohjat	
	Tavoiteaikataulu <sup>7</sup> Raportointijärjestelmä valmis kesällä 2012	
	Päiväys ja allekirjoitus <sup>8</sup> 26/1/2012 Tekijän allekirjoitus 	
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Tekijän nimi, puhelinnumero ja sähköpostiosoitte.</li> <li>2. Työn teettävän yrityksen virallinen nimi.</li> <li>3. Sen henkilön nimi ja yhteystiedot, joka yrityksessä valvoo työn suoritusta.</li> <li>4. Työn nimi voi olla tässä vaiheessa työnimi, jota myöhemmin tarkennetaan.</li> <li>5. Työ kuvataan lyhyesti. Siinä esitetään muun muassa työn tausta, lähtötilanne ja työssä ratkaistavat ongelmat.</li> <li>6. Esitetään lyhyesti ja selvästi työn tavoitteet.</li> <li>7. Esitetään projektin tavoiteaikataulu. Silloin, kun työllä on välitavoitteita, myös ne merkitään aikatauluun. Tavoiteaikataulun ja oppilaitoksen yleisaikataulun perusteella tekijä laatii oman aikataulunsa.</li> <li>8. Lähtötietomuuisto päivätään ja sen allekirjoittavat tekijä ja tilaajan yhdyshenkilö</li> </ol>		





POLTTOAINEIDEN SYÖTTÖTIEDOT

LIITE 4

TUODUN POLTTOAINEEN TIEDOT				KULUTETUN POLTTOAINEEN TIEDOT				kesäkuu 2012			
Tuodut öljyt				Öljyt							
POR	tuotu POR	t		POR	mitattu kulutus	t					Uusi
	inventaaari kk. alussa	t		POK	mitattu kulutus	t					Uusi
	inventaaari kk. lopussa	t		Vesiöljy	mitattu kulutus	t					Uusi
	varaston lämpötila	C		Tuotu jirsinturve ja puu							
	laskettu kulutus	t/kk		J-turve	energia	MWh					Once
	lämpöarvo	MWh/t			massa	t					Once
	CO2-kerroin	t/TJ			kosteus, KA-H2O	%					Once
POK	tuotu POK	t			lämpöarvo	MWh/t					Once
	inventaaari kk. alussa	t			CO2-kerroin	t/TJ					Once
	inventaaari kk. lopussa	t		Puut	energia	MWh					Once
	varaston lämpötila	C			massa	t					Once
	laskettu kulutus	t/kk			kosteus, KA-H2O	%					Once
	lämpöarvo	MWh/t			lämpöarvo	MWh/t					Once
	CO2-kerroin	t/TJ		Noki							
Vesiöljy	tuotu vesiöljy	t		L.Noki	energia	MWh					
	inventaaari kk. alussa	t			lietteen määrä	m3					
	inventaaari kk. lopussa	t			kiintoaine määrä	g/l					
	varaston lämpötila	C			kuiva-aine	t					
	laskettu kulutus	t/kk			lämpöarvo	MWh/t					
	lämpöarvo	MWh/t		P.Noki	CO2-kerroin	t/TJ					Once
	CO2-kerroin	t/TJ			määrä	t					
Tuotu hiili				Muita polttoainetietoja							
	tuotu hiili	t		Alox	massa	t					Once
	tuodun hiilen kosteus	%		Aktiivihiihi	massa	t					Once
	hiilen hävikki	t		Prosessikaasut							
	inventaaari kk. alussa	t						<b>H2</b>	<b>CH4</b>	<b>CO</b>	
	inventaaari kk. lopussa	t		komponentin lämpöarvo	MJ/m <sup>3</sup>	10,8	35,3	12,6			Uusi
	kulutettu hiili	t/kk		komponentin päästökerroin	tCO <sub>2</sub> /TJ	0	54,9	155			Uusi
	lämpöarvo	MWh/t		<b>Säätökaasu</b>				<b>H2</b>	<b>CH4</b>	<b>CO</b>	Uusi
	CO2-kerroin	t/TJ		komponentin osuus keskim.	til.%	0,00	0,00	0,00			Uusi
Tuotu kalkki				kaasun lämpöarvo				0,0000			
	tuotu kalkki	t		kaasun päästökerroin	tCO <sub>2</sub> /TJ	0,000					Uusi
	inventaaari kk. alussa	t		energia	MWh						Uusi
	inventaaari kk. lopussa	t		<b>Yakiokaasu</b>							
	laskettu kulutus	t/kk		komponentin osuus keskim.	til.%	0,00	0,00	0,00			Uusi
	CO2-kerroin	t/TJ		kaasun lämpöarvo	MWh/m <sup>3</sup>	0,0000					Uusi
				kaasun päästökerroin	tCO <sub>2</sub> /TJ	0,000					Uusi
				energia	MWh						Uusi
				<b>Happokaasu</b>							
				energia	MWh						
				lämpöarvo	MWh/m <sup>3</sup>						
				CO2-kerroin	t/TJ						Uusi



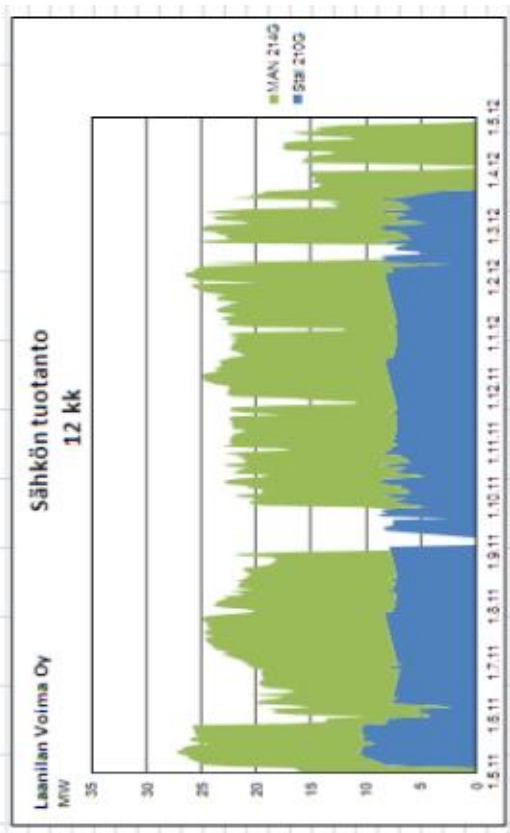
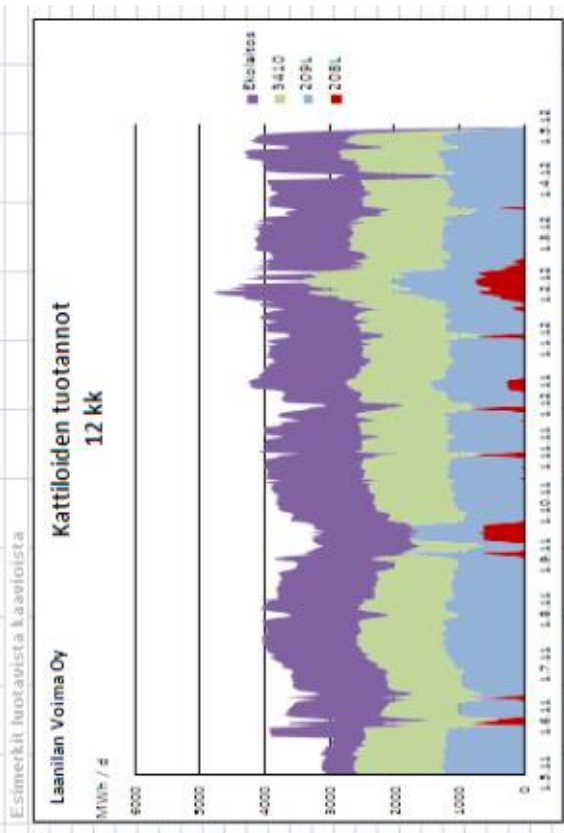
# 8 BAR:N HÖYRYN KULUTUS

LIITE 6

HÖYRYN KULUTUS 8 bar				kesäkuu 2012	
pvm	Ekovoimalaitoksen 8 bar omakäyttö		Kemiralle toimitettu yht.		MWh
	t/d	MWh	t/d	MWh	
1	0	0	0	0	0
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					
27					
28					
29					
30					
Yht.	0	0	0	0	0
Ka.	0	0	0	0	0
	11LBG01 11LBG01CF082FIQ 2082FIQ 2006				
Tarkastus 2012	uusi	uusi	uusi	uusi	

Kattiloiden 88 bar höyryn tuotannot ja turbiinien sähkökehitys 12kk

	208L	209L	34107	Ekolaitos	210 T	214 T	Yhteensä
pvm	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
1.5.11	0	0	0	0	0	0	0
2.5.11							
3.5.11							
4.5.11							
5.5.11							
6.5.11							
7.5.11							
8.5.11							
9.5.11							
10.5.11							
11.5.11							
12.5.11							
13.5.11							
14.5.11							
15.5.11							
16.5.11							
17.5.11							
18.5.11							
19.5.11							
20.5.11							
21.5.11							
22.5.11							
23.5.11							
24.5.11							
25.5.11							
26.5.11							
27.5.11							
28.5.11							
29.5.11							
30.5.11							
31.5.11							
1.6.11							
2.6.11							
3.6.11							
4.6.11							
5.6.11							
6.6.11							
...							
15.12							
Yhk.	0	0	0	0	0	0	0
Ka.	0	0	0	0	0	0	0



Sähkön keskiarvo	MWh
12 kk	19,27
vuoden alusta edell.kk	17,88
	11,29



LAITTEIDEN KÄYNTIAJAT JA KÄYTTÖASTEET									2012
	3410			Käynnistyksiä kpl		203L			Käynnistyksiä kpl
Kuukausi	Käyntiaika (h)	Käyttöaste %	Kuuma	Kylmä	Käyntiaika (h)	Käyttöaste %	Kuuma	Kylmä	
tamm.12		0,00				0,00			
helmi.12		0,00				0,00			
maaliz.12		0,00				0,00			
huhti.12		0,00				0,00			
touko.12		0,00				0,00			
kesä.12		0,00				0,00			
heinä.12		0,00				0,00			
elo.12		0,00				0,00			
syys.12		0,00				0,00			
loka.12		0,00				0,00			
marras.12		0,00				0,00			
joulu.12		0,00				0,00			
YHT.	0	0,00	0	0	0	0,00	0	0	
	208L			Käynnistyksiä kpl		Ekokattila			Käynnistyksiä kpl
Kuukausi	Käyntiaika (h)	Käyttöaste %	Kuuma	Kylmä	Käyntiaika (h)	Käyttöaste %	Kuuma	Kylmä	
tamm.12		0,00				0,00			
helmi.12		0,00				0,00			
maaliz.12		0,00				0,00			
huhti.12		0,00				0,00			
touko.12		0,00				0,00			
kesä.12		0,00				0,00			
heinä.12		0,00				0,00			
elo.12		0,00				0,00			
syys.12		0,00				0,00			
loka.12		0,00				0,00			
marras.12		0,00				0,00			
joulu.12		0,00				0,00			
YHT.	0	0,00	0	0	0	0,00	0	0	
	214T			Käynnistyksiä kpl		210T			Käynnistyksiä kpl
Kuukausi	Käyntiaika (h)	Käyttöaste %	Kuuma	Kylmä	Käyntiaika (h)	Käyttöaste %	Kuuma	Kylmä	
tamm.12		0,00				0,00			
helmi.12		0,00				0,00			
maaliz.12		0,00				0,00			
huhti.12		0,00				0,00			
touko.12		0,00				0,00			
kesä.12		0,00				0,00			
heinä.12		0,00				0,00			
elo.12		0,00				0,00			
syys.12		0,00				0,00			
loka.12		0,00				0,00			
marras.12		0,00				0,00			
joulu.12		0,00				0,00			
YHT.	0	0,00	0	0	0	0,00	0	0	