



OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO  
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

# RAUHALAHDEN VOIMALAI- TOKSEN KÄYNNISTYSOHJE

TEKIJÄ

Juha Hokkanen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala			
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Energiatekniikan tutkinto-ohjelma			
Työn tekijä Juha Hokkanen			
Työn nimi Rauhalahden voimalaitoksen käynnistysohje			
Päiväys	12.5.2019	Sivumäärä/Liitteet	20/12
Ohjaaja(t) Markku Huhtinen, Tanja Pentinsaari			
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Jyväskylän Energia Oy			
<p>Tiivistelmä</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli yhtenäistää toimintatapoja Jyväskylän Energia Oy:n Rauhalahden voimalaitoksen käynnistyksessä. Ohjeistuksen oli tarkoitus helpottaa muistin varassa olevia toimenpiteitä, joita voimalaitoksen käynnistys vaatii.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä on käsitelty erilaisia voimalaitosten kattilatyypppejä, sekä voimalaitosten yleisimpiä polttoaineita ja niiden ominaisuuksia. Työssä on selvitetty voimalaitoksen vesihöyrykierron vesikemiaa sekä sen merkitystä kattilalaitoksen käyttöikään.</p> <p>Rauhalahden voimalaitoksen käynnistys on toteutettu aikaisemmin ranskalaisinviivoin tehtyä muistilistaa apuna käyttäen, eli suurimmaksi osaksi henkilöstön muistin varassa. Useimmiten käynnistykset ovat poikenneet toisistaan, esimerkiksi käynnistykseen kuluvan ajan suhteen.</p> <p>Rauhalahden voimalaitoksen käynnistysohje toteutettiin tutkimalla historiaa ja trendejä aikaisemmista käynnistyksestä ja haastatteleamalla käyttöryhmää. Ohjeessa olevia raja-arvoja saatiin laitetoimittajien toimintakuvauksista. Ohjeistuksen tekeminen sisälsi voimalaitoksen eri prosesseihin perehtymistä käytännön tasolla sekä laitetoimittajien dokumenttien avulla. Työn tekemisen aikana päästiin ohjeistusta soveltamaan käytännössä, osallistumalla Rauhalahden voimalaitoksen käynnistykseen.</p>			
Avainsanat rauhalahti, voimalaitos, kattila, turbiini, voimalaitoksen käynnistys			

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Energy Engineering			
Author(s) Juha Hokkanen			
Title of Thesis Starting guide for the Rauhalahhti power plant			
Date	12.5.2019	Pages/Appendices	20/12
Supervisor(s) Markku Huhtinen, Tanja Pentinsaari			
Client Organisation /Partners Jyväskylän Energia Oy			
<p>Abstract</p> <p>The aim of the thesis was to harmonize the operating methods at the start-up of Jyväskylän Energia Oy Rauhalahhti power plant. The instructions were intended for the facilitating the memory resident measures required by the power plant start up.</p> <p>This thesis deals with different types of boilers in power plants, as well as the most common fuels and properties of power plants. In the study it was also investigated the water chemistry of the steam power cycle of the power plant and its significance for the boiler plant.</p> <p>The start-up of Rauhalahhti power plant was carried out with the help of a checklist made previously, which was mostly based on the staff's memory. In most cases, the start ups have deviated from each other, for example with regard to the time required for start up.</p> <p>The start up guide for the Rauhalahhti power plant was drawn up by examining history and trends from previous start ups and by interviewing the users. The limit values in the manual were obtained from the operating descriptions of the equipment suppliers. The instructions included familiarization with the various processes of the power plant at the practical level and with the documentation of the equipment suppliers. During the work, instructions were given to apply in practice by participating in the launch of the Rauhalahhti power plant.</p>			
<p>Keywords rauhalahti, power plant, turbine, boiler, power plant start-up</p>			

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	5
2	JYVÄSKYLÄN ENERGIA OY.....	6
3	RAUHALAHDEN VOIMALAITOS .....	7
3.1	Apukattilat.....	7
3.2	IED-projekti.....	7
4	RAUHALAHDEN KATTILALAITOS.....	8
4.1	Alkuperäinen kattilalaitos ja siihen tehdyt muutokset.....	8
4.2	Vesikemia Rauhalahden voimalaitoksella .....	9
5	HÖYRYTURBIINI .....	10
5.1	Höyryturbiinin toiminta .....	11
6	POLTTOAINEET JA NIIDEN OMINAISUUDET .....	12
6.1	Öljy käynnistypolttoaineena.....	13
6.2	Puupolttoaineet.....	13
6.3	Turve.....	13
6.4	Lämpöarvo .....	13
7	KATTILOIDEN VESIHÖYRYPIIRI.....	14
7.1	Luonnonkiertokattilat.....	15
7.2	Kattilan käynnistyksessä oleellisia asioita.....	15
7.3	Pakkokiertokattilat.....	16
7.4	Läpivirtauskattilat.....	17
8	RAUHALAHDEN VOIMALAITOKSEN KÄYNNISTYS.....	18
9	YHTEENVETO.....	19
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT.....	21
10	LIITE 1: RAUHALAHDEN VOIMALAITOKSEN KÄYNNISTYSOHJE .....	22

## 1 JOHDANTO

Voimalaitoksen tuotannon käyttöryhmässä työskentelee 30 henkilöä, joiden työhön kuuluu voimalaitoksen operointi, käynnissä pitäminen ja varmistaminen siitä, että asiakkaat saavat kaukolämpöä ja sähköä. Rauhalahden voimalaitoksen käynnistyksiä on vain muutamia vuoden aikana, käynnistysmäärät riippuvat ensisijaisesti kaukolämmön tarpeesta, eli ulkoilman lämpötiloista. Talvisin Jyväskylän Energian suurempi Keljonlahden voimalaitos tuottaa suurimman osan tarvittavasta kaukolämmöstä.

Voimalaitoksen käyttöryhmässä on viisi vuoroa, jotka työskentelevät voimalaitoksen parissa kolmessa vuorossa. Voimalaitoksen käynnistysmääristä johtuen voi kulua jopa vuosia niin, ettei käynnistyksiä osu jonkun vuoron kohdalle ollenkaan. Työn tarkoituksena oli antaa valmiudet käyttöryhmälle suorittaa voimalaitoksen käynnistys turvallisesti, taloudellisesti ja mahdollisimman tehokkaasti. Käynnistysohje helpottaa voimalaitoksen käyttäjiä eri prosessinosien käyttöönotossa, eikä kaikkea tarvitse muistaa ulkoa. Ohjeesta ilmenee missä järjestyksessä prosessit otetaan käyttöön, mitä operointeja täytyy tehdä, että prosessit saadaan otettua käyttöön ja prosessien vaatimat raja-arvot esimerkiksi paineet, lämpötilat ja virtaukset. Prosessilla tarkoitetaan kemiallista tai fysikaalista tapahtumasarjaa tai tapahtumaa. (Pihkala. 2011. 10.)

Työn tilaajana toimi Jyväskylän Energia Oy. Työn tilaajan toiveena oli saada ohjeistus, josta ilmenee kaikkien eri prosesseiden käyttöönotto vaiheet käynnistyksen kannalta oikeassa järjestyksessä. Rauhalahden voimalaitoksen osalta oli jo olemassa vuonna 2009 tehty käynnistysohje. Kyseisen ohjeen tekemisen jälkeen Rauhalahteen on tullut uusia prosesseja ja koko laitoksen kattava automaatiomuutos. Uuden ohjeen tarkoitus oli kehittää olemassa olevaa ohjetta ja saada se vastaamaan nykytilannetta.

## 2 JYVÄSKYLÄN ENERGIA OY

Opinnäytetyön tilaajana toimii Jyväskylän Energia Oy, joka on JE-konsernin emoyhtiö. Jyväskylän kaupunki omistaa Jyväskylän Energia Oy:n sataprosenttisesti. Jyväskylän Energian tytäryhtiöitä ovat: JE-Siirto Oy (100 %) Jyväskylän Energiantuotanto Oy (100 %) ja Jyväskylän Voima Oy (81,2 %). 1902 perustettu Jyväskylän kaupungin omistama Sähkölaitos tuotti aluksi kaupunkilaisille höyryvoimalla sähköä. Kaukolämpöä alettiin tuottamaan vuonna 1960, 1980 Energialaitos nimi muuttui liikelaitokseksi ja 1997 Energialaitoksesta tehtiin Jyväskylän Energia Oy niminen osakeyhtiö. Vesiliiketoiminnan Jyväskylän Energia osti omistajiltaan 2006. Tällä hetkellä JE:llä työskentelee noin 260 henkilöä eri tehtävissä. (Jyväskylän Energia Oy n.d.)

Jyväskylän Energian tytäryhtiöitä ovat JE-siirto, joka toimii sähköverkon haltijana Jyväskylän kanta-kaupungissa. Jyväskylän Energiantuotanto Oy ja Jyväskylän Voima Oy, jotka tuottavat sähköä ja kaukolämpöä pääasiassa maakunnan omilla polttoaineilla, puulla ja turpeella. Wiitaseudun Energia Oy, jonka toimialoina ovat kaukolämmön tuotanto ja myynti, veden hankinta, myynti ja jakelu sekä jäteveden keräily ja puhdistus. (Jyväskylän Energia Oy n.d.)

Jyväskylän Energialla on osakkuusyhtiöitä, joiden toiminta liittyy energiantuotantoon ja jakeluun sekä sähkön tuotantoon ja jakeluun. KS Energiavälitys Oy on Jyväskylän Energian, Ääneseudun Energia Oy:n, Etelä-Savon Energia Oy:n ja Kuoreveden Sähkö Oy:n omistama sähkön ja sähkölaitos-tarvikkeiden hankintayhteistyöhön perustettu yritys. JE:n osakkuus kyseistä yhtiöstä on 44,66 %. C-Ella Oy:ssä JE on mukana 33,3 % osakkuudella yhdessä Lahti Energia Oy:n sekä Oulun Sähkömyynti Oy:n kanssa. C-Ella yritys on keskittynyt asiakastietojärjestelmien kehitykseen. Väre Energia Oy on valtakunnallisesti toimiva sähkönmyynti- ja energiapalveluyhtiö, jonka osakkaina on Savon Voima Oyj, Kuopion Energia Oy ja Lappeenrannan Energia Oy, JE:n osakkuus yhtiötä on 20,3 %. Suomen Hyötytuuli Oy on yksi Suomen suurimmista tuulisähkön tuottajista, JE oli perustamassa yhtiötä vuonna 1998 12,5 % osakkuudella. (Jyväskylän Energia Oy n.d.)

### 3 RAUHALAHDEN VOIMALAITOS

Rauhalahden voimalaitos on vuonna 1986 valmistunut Jyväskylän Energia Oy:n pienempi ja vanhempi voimalaitos. Rauhalahden voimalaitos tuottaa kaukolämpöä ja sähköä, kyseessä on yhteistuotantolaitos, eli vastapainelaitos (CHP). Polttoaineena Rauhalahdessa käytetään puuta ja turvetta kumpaakin keskimäärin noin 50 % suhteella. Syksyllä 2015 Rauhalahden voimalaitokselle valmistui uusimman teollisuuspäästödirektiivin mukainen uudistustyö, jonka myötä voimalaitoksen päästötasot laskivat entisestään ja laitoksen käyttöikä jatkuu vuoteen 2030 (Ks. KUVA 1). (Jyväskylän Energia 2019)

#### 3.1 Apukattilat

Rauhalahden voimalaitosalueella on päälaitoksen lisäksi kaksi apukattilaa. RAI2 öljykattila on rakennettu vuonna 1992, kyseistä kattilaa käytetään tuottamaan apuhöyryä voimalaitokselle sen käynnistuksen alkuvaiheessa. Toinen öljykattila RAI4 toimii vara- ja huippukuorma kattilana, sillä voidaan tuottaa tarpeen vaatiessa kaukolämpöä 40 MW. (Jyväskylän Energia Oy n.d.)

#### 3.2 IED-projekti

Rauhalahden voimalaitokselle tehtiin merkittäviä uudistuksia vuonna 2015, näiden uudistusten ansiosta voimalaitoksen käyttöikä pitenee vuoteen 2030 saakka. Kyseessä oli Andritz Oy:n toteuttama IED-projekti, jonka yhteydessä voimalaitokselle uusittiin savupiippu, savukaasupuhaltimet, sähkösuodatin sekä lentotuhkanpurku laitteisto. Projektissa voimalaitokselle asennettiin savukaasupesuri, jonka ansiosta savukaasuista saadaan lämpöä talteen jopa noin 3000 omakotitalon tyypillisen tarpeen verran. Savukaasuista saatu lämpö siirretään kaukolämpövedeen, jonka ansiosta voimalaitoksen hyötysuhde paranee. (Jyväskylän Energia Oy n.d.)



KUVA 1: Rauhalahden voimalaitos (Jyväskylän Energia Oy n.d.)

## 4 RAUHALAHDEN KATTILALAITOS

### 4.1 Alkuperäinen kattilalaitos ja siihen tehdyt muutokset

Rauhalahden voimalaitoksen pääkattilana on Tampella Powerin leijupetikattila. Kattila on valmistettu vuonna 1986, vuonna 1993 kattilaan tehtiin polttotekniikan muutos turve- ja hiilipölypoltosta kerrosleijupoltoon. Polttotekniikan muutoksen ansiosta nykyisin kattilassa poltetaan biopolttoaineita ja turvetta 50/50 suhteella. Seulottu luonnonhiekkä (raekoko 0,5-1,5mm) muodostaa varsinaisen leijukerroksen, jota leijutetaan ilmalla. Polttotapahtumassa hiekkapeti kuivaa ja sytyttää polttoaineen, suuren lämpökapasiteetin avulla palamisesta saadaan tasaista. Kattilan tulipesä on rakenteeltaan täysin jäähdytetty alipainetulipesä. Höyrykattilan vesikierto tapahtuu luonnonkiertona ja kattila on varustettu lieriöllä. (Tampella Power 1993.)

Taulukossa 1. on esitetty Rauhalahden voimalaitoksen teknisiä tietoja.

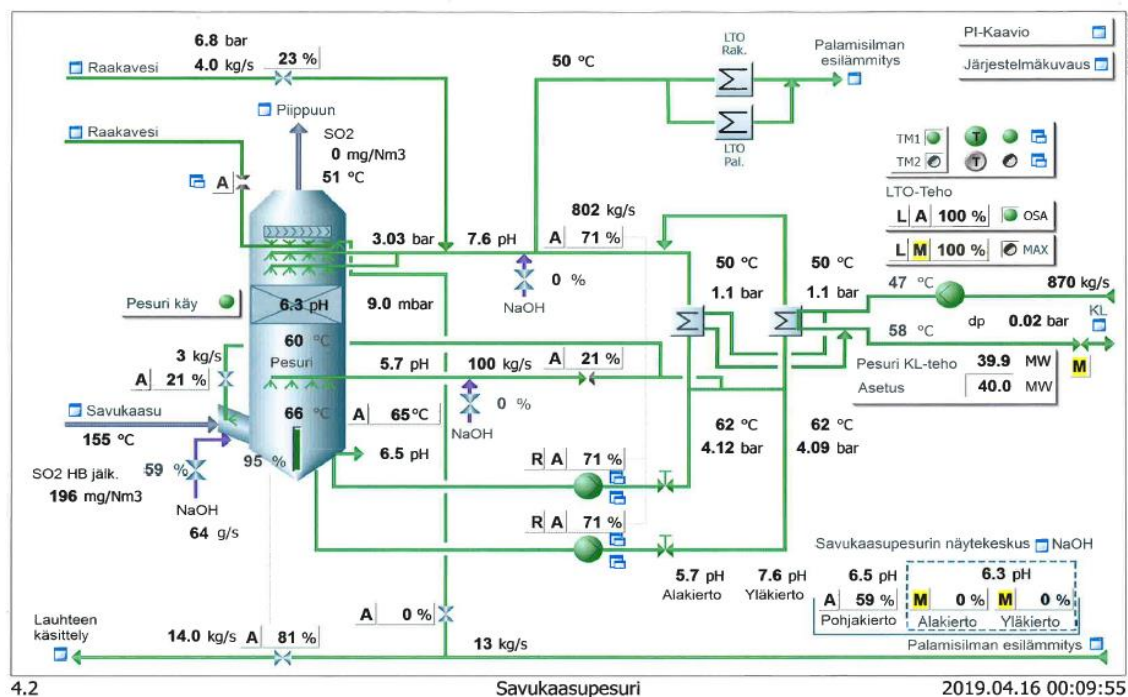
TAULUKKO 1. Voimalaitoksen teknisiä tietoja. (Jyväskylän Energia Oy n.d.)

<b>Kattila</b>	<b>Savukaasupesuri</b>	<b>Turbiini</b>
Toimittaja: Tampella	Toimittaja: Andritz	Toimittaja: Asea Stal
Polttoteho: 295 MW	Kaukolämpöteho: 40 MW	Sähköä: 85 MW
Höyryn paine: 136 bar		Kaukolämpöteho: 145 MW
Höyryn virtaus: 102 kg/s		
Lämpötila 533 °C		

Savukaasuista otetaan lämpöä talteen syöttövedeen sekä palamisilmaan, savukaasujen puhdistus tapahtuu sähkösuodattimella ja savukaasupesurilla. Savukaasut johdetaan kaksikammioiseen sähkösuodattimeen, joissa molemmissa kammioissa on kolme peräkkäistä sähkökenttää. Sähkökenttien avulla savukaasut ionisoidaan, jonka jälkeen sähkövarautuneet hiukkaset johdetaan kahden seinämän väliin joilla on vastakkainen varaus kuin hiukkasilla. Hiukkaset tarrautuvat seinämiin sähkövarauksen ansiosta, jonka jälkeen hienojakoinen pöly poistetaan seinämiltä ravistamalla lentotuhkan- kuljetus laitteisiin. (Andritz Pulp & Paper 2016, järjestelmäkuvaus.)

Savukaasupesurilla saadaan poistettua rikkioksiedeita ja kiintoaineita savukaasuista sekä siirrettyä lämpöä pesurin lauhdeveteen. Savukaasupesurin kiertovedestä otetaan lämpöä talteen lämmönsiirtimien avulla kaukolämpövedeen ja palamisilman esilämmitykseen. Kaukolämpötehoa savukaasupesurista saadaan täydellä virtauksella max. 40 MW. Rauhalahden voimalaitoksen käynnistyksessä poltetaan öljyä, tuolloin savukaasupesuriin ajetaan raakavettä siten että pesuri on ylikaadolla. Ylikaa- dosta tuleva öljyinen vesi pumpataan imuautoon ja ajetaan jätteidenkäsittelylaitokselle. Kyseistä toimenpidettä tehdään niin pitkään kunnes kattilaan saadaan kiinteää polttoainetta ja öljytulet seis, jolloin savukaasupesurin lauhdevesi pikkuhiljaa puhdistuu. (Andritz Pulp & Paper 2016, järjestelmäkuvaus.) Rauhalahden voimalaitoksen savukaasupesurin prosessikaavio on esitetty kuvassa 2.





KUVA 2. Rauhalahten voimalaitoksen savukaasupesurin prosessikaavio. (Hokkanen 2019)

#### 4.2 Vesikemia Rauhalahten voimalaitoksella

Höyryvoimalaitoksen vesikemian pääasiallinen tavoite on varmistaa, että voimalaitoksen vesihöyrykierrossa vallitsee sellaiset kemialliset olosuhteet, joissa kattilan vesipuolen putkipinnoille muodostuneen magnetiittikalvon muodostuminen ja etenkin kalvon jatkuva uusiutuminen on optimaalisessa tilassa. Vesikemian valvonnan avulla varmistetaan laitteistojen mahdollisimman pitkä käyttöikä hidastamalla korroosiota. (Ruuska, Jari (2019). Sähköpostihaastattelu 22.03.2019.)

Yksi tärkeimmistä vesihöyrykierron mitattavista arvoista on pH. Säättävänä kemikaalina pH:lle käytetään ammoniakkivettä, joka toimii alkaloivana kemikaalina, ammoniakkiveden avulla pH-arvo saadaan nostettua vaaditulle tasolle. Korroosiokestävyyden perusteella eri metalleille voidaan määrittää oikeanlainen pH-alue, jossa metallin syöpyminen on minimissään. Höyryvoimalaitoksen syöttöveden, kattilaveden ja lauhteen pH pidetään alueella pH 9,0 - 10,0. Alhaisempi pH-arvo lisää magnetiittikalvon liukoisuutta, sekä riittävän alhainen pH < 6,0 syövyttää terästä täysin hapettomassa vedessä. Kattilaveden liian korkea pH kattilan käyttöolosuhteissa lisää teräksen jännityskorroosioriskiä sekä magnetiittikalvon liukoisuus kasvaa. Rauhalahten voimalaitoksen käynnistyksessä seurataan vesien ja höyryjen analyysimittauksia joiden mukaan prosessiin syötetään kemikaaleja. Käynnistyksessä höyryn ja syöttöveden paineet nousevat, jolloin on tärkeää seurata laboratorion näytekeskusta ja näytteiden virtauksia. Höyryn paineen noustessa paine kasvaa myös näytelinjassa jolloin näytevirtausta sekä näytteen jäähtymistä täytyy säätää, optimaalinen lämpötila näytteille on 20 °C. (Ruuska, Jari (2019). Sähköpostihaastattelu 22.03.2019.)

Taulukossa 2. on esitetty Rauhalahden voimalaitoksen pH:n säätö kemikaalit sekä tavoitearvot.

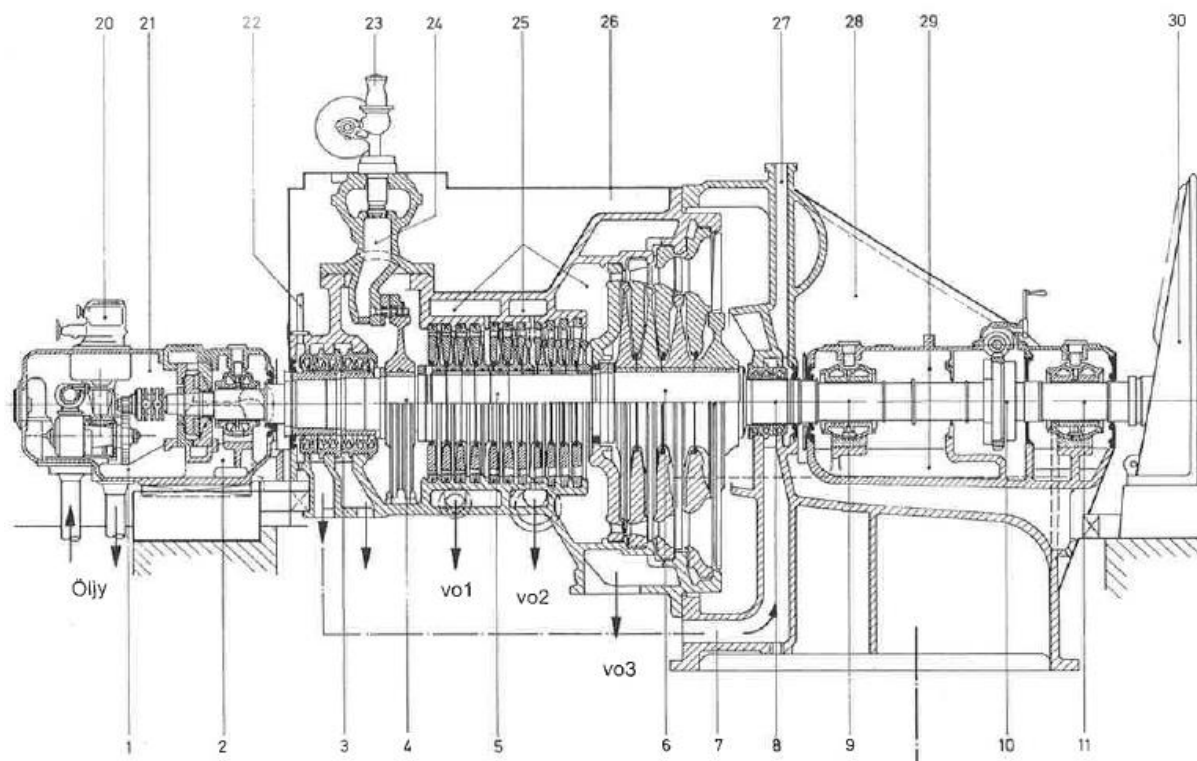
TAULUKKO 2. Voimalaitoksen pH:n säätö kemikaalit sekä tavoitearvot. (Ruuska, Jari (2019). Sähköpostihaastattelu 22.03.2019.)

Mittauksen kohde	pH:n säätö kemikaali	pH-arvo
Syöttövesi	Ammoniakkivesi (24,5 %)	9,0 – 9,5
Kattilavesi	Tri-natriumfosfaatti	9,5 – 10,5
Päälauhde	Ammoniakkivesi (24,5 %)	9,0 – 9,5

## 5 HÖYRYTURBIINI

Höyryturbiineita käytetään pääosin ydinvoimalaitoksissa ja höyryvoimalaitoksissa sähköntuotantoon. Höyryturbiinia voidaan myös käyttää laivojen voiman lähteenä ja voimakoneena esimerkiksi puhaltimille, keskipakopumpuille, ym. Nykyisin käytössä olevien turbiinien tehotasot vaihtelevat 0,5-1 600 000 kW välillä. (Huhtinen, Korhonen, Pimiä, Urpalainen. 2008. 109.)

Ruotsissa valmistettiin vuonna 1870 ensimmäinen höyryturbiini joka on käytännössä toiminut. Motalan konepajan valmistamaa höyryturbiinia käytettiin pyörösahan voimanlähteenä rautatehtaalla. Ruotsalainen Gustaf De Laval kehitti ensimmäisen höyryturbiinin vuonna 1883. Lavalin suunnittelemaa höyryturbiinia käytettiin meijerissä kerman erotuksen voimanlähteenä, ensimmäisen kerran sähköä tuotettiin höyryturbiiniin kytketyllä generaattorilla vuonna 1890. (Kauppinen. 2018. 43.) Tasapainelauhdutusturbiinin poikkileikkauskuva on esitetty kuvassa 4.



#### Roottori

1. Pääöljypumpun ja säätimen käyttö
2. Laakeri ja painelaakeri
3. Akselin tiivistysholkki
4. Ensimmäinen jakso, Laval-suuttimet ja 2C-pyörä
5. Korkeapaineosa, 11 jaksoa
6. Matalapaineosa, 4 jaksoa
7. Tiivistyshöyrykanava mp-osan tiivistysholkille
8. Mp-osan tiivistysholkki
9. Kannatinlaakeri
10. Kytkin
11. Generaattorin laakeri

#### Turbiinin kotelo

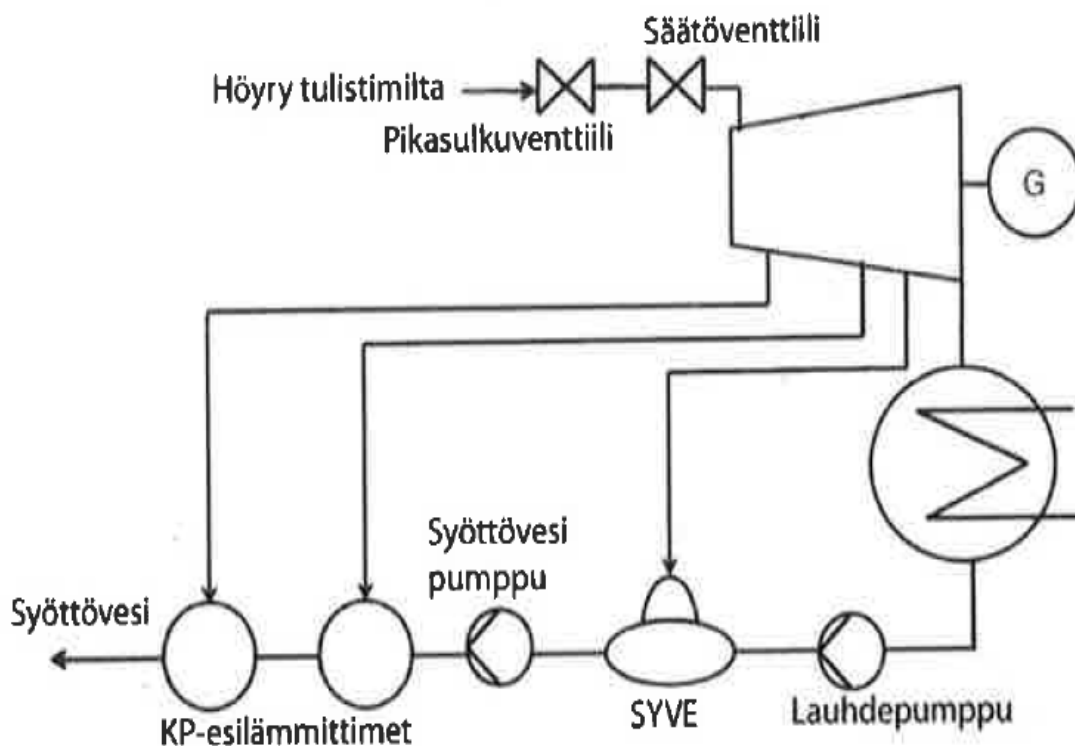
20. Säädin
21. Laakerin pesä
22. Kp-osan tiivistysholkin vaippa
23. Tuorehöyryyn säätöventtiili
24. Venttiilin pesä
25. Kp-osan kotelo
26. Eristyksen peltisuojaus
27. Mp-osan tiivistysholkin vaippa
28. Poistohöyrykanava
29. Poistokanavassa olevan laakerin pesä, turbiinin kiintopiste
30. Generaattori

KUVA 4. Tasapainelauhdutusturbiinin poikkileikkauskuva. (Huhtinen, ym. 2008. 110)

## 5.1 Höyryturbiinin toiminta

Höyryturbiinissa höyryyn lämpöenergia muutetaan mekaaniseksi energiaksi. Käytännössä turbiiniin tuleva höyrysuihku saa aikaan kehävoiman roottorin juoksusiipiin, jonka johdosta turbiinin akseliin siirty mekaaninen voima joka pyörittää akselia, eli roottoria, jolloin höyryturbiiniin kytketty generaattori tuottaa sähköä. (Kauppinen. 2018. 43) Höyryturbiiniin tuleva höyry virtaa suuttimien lävitse, jolla aikaan saadaan höyryyn laajeneminen eli paisuminen, paisuessaan höyrystä vapautuva energia lisää höyryyn nopeutta turbiinissa. (Huhtinen, ym. 2008. 113.)

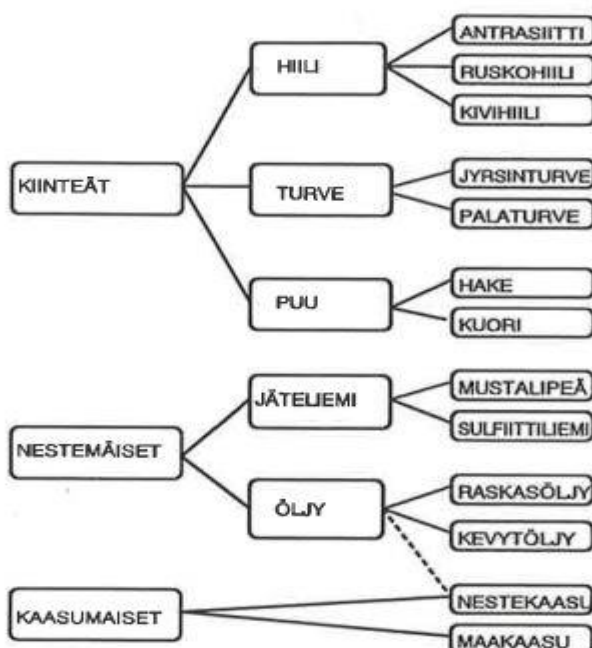
Tyypillinen höyryturbiinin prosessikytkentä on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Höyryturbiinin prosessikytkentä. (Kauppinen. 2018. 44.)

## 6 POLTTOAINEET JA NIIDEN OMINAISUUDET

Useimmiten höyrykattiloiden energia veden höyryttämiseen tuotetaan polttoaineilla. Palamisreaktiossa polttoaineesta vapautuu lämpöä aineen reagoiessa hapen kanssa. Yleisimmät höyrykattiloiden polttoaineet voidaan jaotella käsittelyominaisuuksien perusteella kiinteisiin, nestemäisiin ja kaasumaisiin polttoaineisiin (ks. KUVA 6). (Huhtinen, ym. 2000. 27)



KUVA 6: Höyrykattiloiden polttoaineet (Huhtinen, ym. 2000. 27)

## 6.1 Öljy käynnistypolttoaineena

Rauhalahden voimalaitoksella käytetään kattilan käynnistyksessä POR rikki 0,5% raskasta polttoöljyä. Tulipesän petilämpötilat nostetaan öljypolttimilla noin 300 °C, että saadaan kiinteä polttoaine syttymään pedissä. Rauhalahden voimalaitoksella on neljä käynnistypoltinta, joista aluksi pidetään päällä ainoastaan yhtä, järjestystä muuttaen. Öljypoltinten määrää lisätään tulipesän lämpötilojen mukaan. Rauhalahden voimalaitoksen neljän käynnistypolttimen teoreettinen teho on noin 50 MW. (Hakonen, Janne (2019). Sähköpostihaastattelu 30.5.2019.)

## 6.2 Puupolttoaineet

Puun poltossa syntyvän hiilidioksidin katsotaan sitoutuvan takaisin metsiin, tästä syystä puuta pidetään ympäristöystävällisenä polttoaineena energiantuotannon hiilidioksidipäästöjen kannalta. Vuosittain Suomen puustoa kasvaa n. 90 miljoonaa kuutiometriä, joista noin 55 % kuljetetaan teollisuuslaitoksiin. Puun polttoa pyritään tukemaan valtion toimesta verohelpotuksin, jos puuta käytetään lämmöntuotannossa, siitä ei koidu valmisteveroa. Kehittyneiden hakkuu- ja tuotantomenetelmien ansiosta puupolttoaineen hinta on saatu kilpailukykyiseksi. Puun kuiva-aineen tehollisen lämpöarvon voidaan katsoa olevan keskimäärin 19Mj/kg. (Huhtinen, ym. 2000. 29-45)

## 6.3 Turve

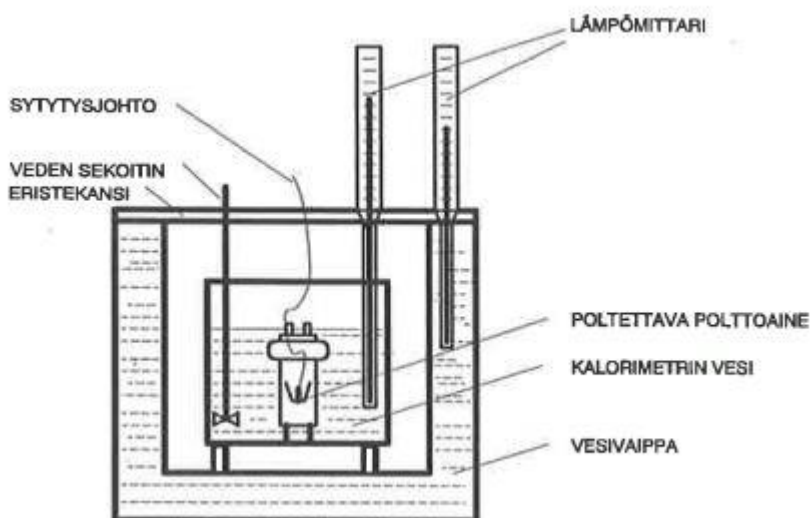
Turve on hitaasti uusiutuva luonnonvara, turvekerros kasvaa noin 1mm/vuosi. Suomen paksuimmat turvesuot ovat noin 7-8 metriä syviä, nämä suot ovat syntyneet jääkauden jälkeen ja niiden ikä voi olla noin 10 000 vuotta. Jyrsinturvemenetelmällä turvetta jyrksitään noin 1-2 cm:n kerros suon pinnasta, joka kuivatetaan aurinkoenergialla noin 50 % kosteuteen. Kuivuttuaan turve kootaan suon laidoille aumoihin, josta se kuljetetaan rekoilla käyttökohteisiin. Jyrsinturpeen kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo voidaan katsoa olevan keskimäärin 20,8MJ/kg. (Huhtinen, ym. 2000. 31-45)

Rauhalahden voimalaitoksen käynnistyksessä kiinteää polttoainetta voidaan aloittaa ripottelemaan tulipesään kun 7/9 petilämpötilamittauksen keski-arvo on > 300°C ja öljynvirtaus > 0,4 kg/s tai 6/9 petilämpötilamittauksesta on yli 300°C. Kun kiinteä polttoaine otetaan käyttöön, aluksi tulipesään syötetään kuivaa turvetta ja myöhemmin vasta puupolttoaineita kun petilämpötilat ovat nousseet hieman. (Hakonen, Janne (2019). Sähköpostihaastattelu 30.5.2019.)

## 6.4 Lämpöarvo

Lämpöarvo voi olla alempi eli tehollinen lämpöarvo tai ylempi eli kalorimetrinen lämpöarvo. Lämpöarvolla mitataan polttoaineesta poltettaessa saatavaa energiaa polttoainemäärää kohti Mj/kg, tämä saadaan mitattua kalorimetrillä. Kalorimetrin sisällä poltetaan pieni punnittu määrä polttoainetta ja samalla mitataan kalorimetrin lämpötilan nousua, josta saadaan määritettyä polttoaineen kalorimetrinen lämpöarvo. Tehollisessa lämpöarvossa ei huomioida vesihöyryn sisältämää energiaa, sillä todellisuudessa sitä ei voida hyödyntää. Tehollinen lämpöarvo saadaan vähentämällä kalorimetrisestä

lämpöarvosta tiivistyneen veden lauhtumislämpö (2443 kJ/kg, kun  $t=25\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) (ks. KUVA 7). (Huhtinen, ym. 2000. 43-44)



KUVA 7: Lämpöarvon määrittämiseen käytettävän kalorimetrin periaate (Huhtinen, ym. 2000. 44)

Tehollinen lämpöarvo saadaan määritettyä kalometrisen lämpöarvon mukaan seuraavasti

$$H_{u(kuiva)} = H_{o(kuiva)} - 8,939 \cdot l_{25} \cdot m_{vety}$$

missä

$$\begin{aligned} H_{o(kuiva)} &= \text{kuiva-aineen kalorimetrinen lämpöarvo} \\ H_{u(kuiva)} &= \text{kuiva-aineen tehollinen lämpöarvo} \\ l_{25} &= \text{veden höyrystymislämpö (2443 kJ/kg kun } t=25\text{ }^{\circ}\text{C)} \\ m_{vety} &= \text{vedyn määrä kuivassa polttoaineessa (kg H}_2\text{/kg pa)} \end{aligned}$$

Kuiva-aineen tehollisesta lämpöarvosta saadaan polttoaineen tehollinen lämpöarvo seuraavasti

$$H_{u(kostea)} = H_{u(kuiva)} \cdot (1 - m_{vesi}) - l_{25} \cdot m_{vesi}$$

missä

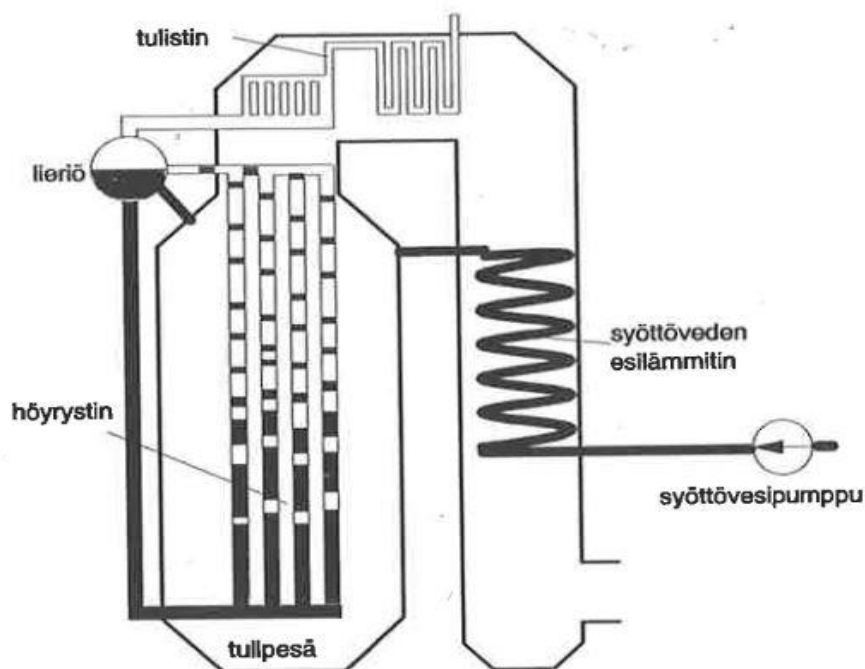
$$\begin{aligned} H_{u(kostea)} &= \text{kostean polttoaineen tehollinen lämpöarvo} \\ m_{vesi} &= \text{veden määrä kosteassa polttoaineessa (kg H}_2\text{O/kg pa)} \end{aligned}$$

(Huhtinen, ym. 2000. 44)

Alkujaan 1700- ja 1800-luvuilla höyrykattilat vastasivat ruuanvalmistukseen käytettäviä kattiloita, kattilat olivat rakenteeltaan umpinaisia ja niissä oleva vesi lämmitettiin alakautta liekillä. 1900-luvun alkupuolella alkoi vesiputkikattiloiden kehitys ja käyttöönotto. Höyryturbiinin keksimisen myötä tarvittiin korkeampi paineista höyryä, jota vesiputkikattilalla pystyttiin tuottamaan. Voimalaitoksissa käytettäviä vesiputkikattiloita on kolme eri tyyppiä, luonnonkiertokattiloita, pakkokiertokattiloita ja läpivirtauskattiloita. (Huhtinen, ym. 2000. 111-120)

## 7.1 Luonnonkiertokattilat

Luonnonkiertokattilassa syöttövesi johdetaan syöttövesipumpulla kattilaan. Syöttövesi kulkee kattilaan esilämmittimen kautta, jossa syöttövettä lämmitetään savukaasuilla lähelle kylläistä lämpötilaa. Esilämmityksen jälkeen syöttövesi johdetaan lieriöön, josta se kulkeutuu laskuputkia pitkin kattilan höyrystinputkiin, jotka kulkevat tulipesän ympärillä. Höyrystinputkista vesihöyry seos palaa lieriöön, jossa höyry erotetaan vedestä. Höyrystymättä jäänyt vesi jatkaa kulkuaan laskuputkia pitkin takaisin höyrystinputkiin ja höyry nousee lieriön yläosasta kohti tulistimia. Veden ja höyryn tiheyserosta johtuen luonnonkiertokattilan vesihöyry kierto toimii ilman pumppua. Kattilan laskuputket ja höyrystinputket ovat yhtenäistä putkistoa. Höyrystinputkistossa tulipesästä vapautuu lämpöenergiaa, jonka johdosta putkistoon muodostuu vesihöyry seosta. Vesihöyry seoksen tiheys on pienempi kuin laskuputkissa kulkevan kylläisen veden tiheys, jonka johdosta vesihöyry seos nousee kevyempänä takaisin lieriöön ja höyrystimeen virtaa laskuputkia pitkin kylläistä vettä tilalle (Ks. KUVA 8). (Huhtinen, ym. 2000. 111-120)

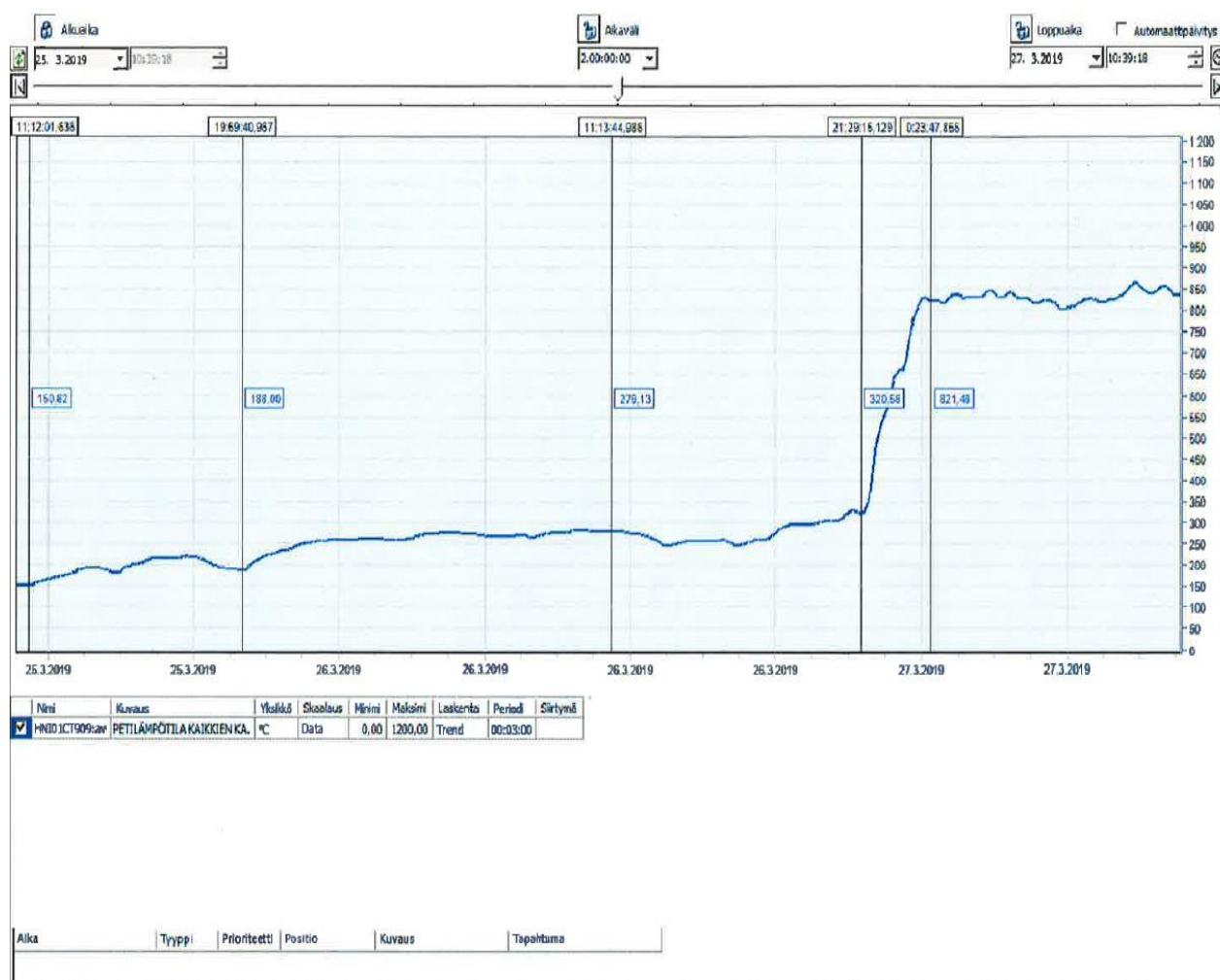


KUVA 8. Luonnonkiertokattilan vesihöyrypiiri. (Huhtinen, ym. 2000. 113)

## 7.2 Kattilan käynnistyksessä oleellisia asioita

Rauhalahden kattilan käynnistyksessä on oleellista kiinnittää huomiota tulipesään otettavan petihiekan määrään. Petihiekan määrä vaikuttaa oleellisesti siihen miten petilämpötilat saadaan nostettua ja millä gradientilla lämpötilat nousevat. Mikäli petihiekkaa on liikaa, petilämpötiloja on hankala saada nostettua öljypolttimilla kiinteän polttoaineen lukitusrajan yli, kun taas vastaavasti liian pienellä hiekkamäärällä lämpötilat voivat nousta liian nopeasti. Liian nopea lämpötilojen nousu voi vaurioittaa esimerkiksi kattilan muurauksia. Kattilaa lämmitetään öljypolttimilla kiinteän polttoaineen lukitusrajoihin asti, jonka jälkeen kiinteää polttoainetta aletaan syöttämään kattilaan. Kiinteän polttoaineensyöttö vaiheessa huomiota pitää kiinnittää siihen, että polttoaine varmasti syttyy pedissä heti. Mikäli palamatonta polttoainetta pääsee kertymään petiin, se voi yhtäkkiä syttyessään aiheuttaa tulipesä räjähdysten, polttoaineen syttyminen voidaan varmistaa kattilan näkölaseista. (Hakonen, Janne (2019). Sähköpostihaastattelu 30.5.2019.)

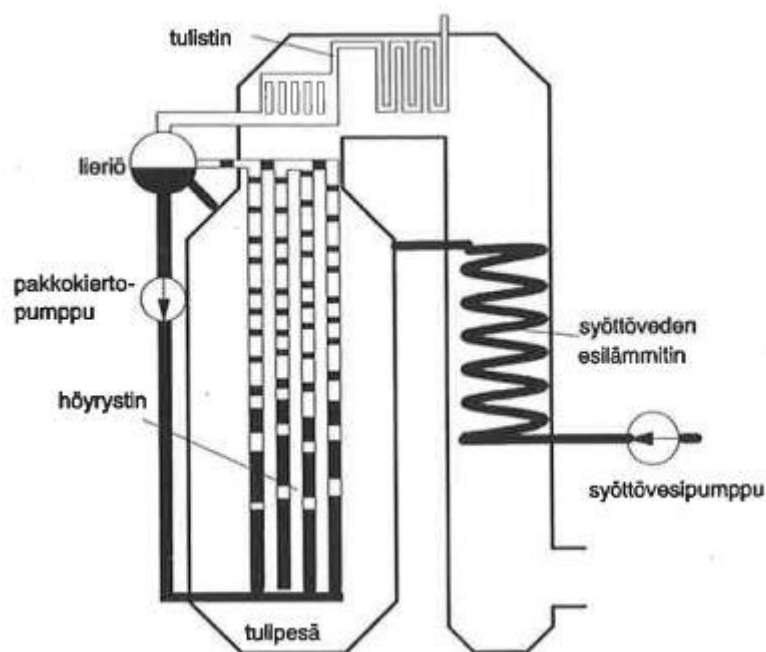
Petilämpötilojen historiatrendi Rauhalahden voimalaitoksen käynnistyksestä on esitetty kaaviossa 1.



KAAVIO 1. Petilämpötilojen historiatrendi Rauhalahden voimalaitoksen käynnistyksestä. (Hokkanen 2019)



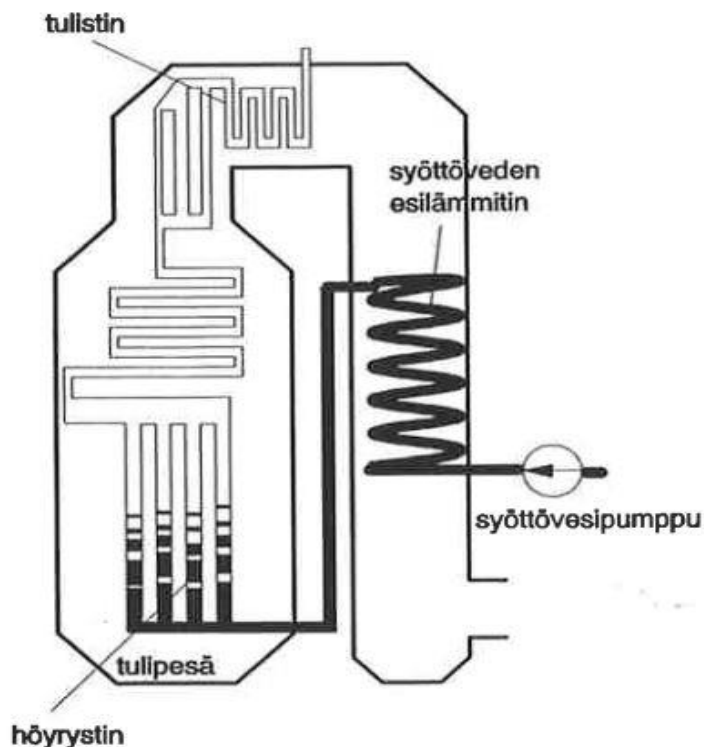
Pakkokierto-kattila on toiminta periaatteeltaan verrattavissa luonnonkierto-kattilaan. Pakkokierto-kattilan toiminta poikkeaa luonnonkierto-kattilasta siten, että kattilan laskuputkissa on pumppu. Pakkokierto-pumpulla lieriöstä pumpataan vesi höyrystinputkiin, joista vesihöyry seos palaa takaisin lieriöön pumpun tuottaman paineen ansiosta. Pakkokierto-pumpun asennuksessa on huomioitava mahdollinen kavitointi, eli veden höyrystyminen pumpussa, tästä syystä pumppu on asennettava useita metrejä lieriön alapuolelle. Pakkokierto-kattilat soveltuvat kierto-prosessinsa ansiosta korkeammille paineille kuin luonnonkierto-kattilat. Pakkokierto-kattilan tuorehöyryn paine voi korkeimmillaan olla noin 190 bar, kun taas luonnonkierto-kattilassa paine voi olla korkeimmillaan noin 170 bar, jotta kattilan luonnollinen kierto toimisi (Ks. KUVA 9). (Huhtinen, ym. 2000. 111-120)



KUVA 9. Pakkokierto-kattilan vesihöyrypiiri. (Huhtinen, ym. 2000. 119)

#### 7.4 Lämpivirtauskattilat

Lämpivirtauskattilat on suunniteltu korkeille tuorehöyryn paineille, näitä kattiloita käytetään suurissa voimalaitoksissa sähköntuotannon hyötysuhteen parantamiseksi. Lämpivirtauskattilassa ei ole lieriötä vaan käytännössä vesi syötetään toisesta päästä sisään ja tulistunut höyry tulee toisesta päästä ulos. Kattila on periaatteeltaan pitkä putkistoryhmä, jota lämmitetään ulkoapäin. Koska lämpivirtauskattilassa ei ole lieriötä, jossa vesi ja höyry erottuvat tiheyseroon perustuen, ne soveltuvat myös yli-kriittisiin paineisiin ( $p > 221\text{bar}$ ). Suurten painehäviöiden (jopa 40 - 50 bar) takia lämpivirtauskattilat vaativat suuren pumppaus tehon syöttövedelle. Lämpivirtauskattiloiden virtauksen hallinta on tärkeässä roolissa ja haastavampaa kuin lieriökattiloissa. Epätasainen virtaus voi aiheuttaa ylikuumenemista paikallisesti ja johtaa kattilavaurioon. (Joronen, Kovács, Majanne. 2007. 37.) Lämpivirtauskattiloiden käynnistys on nopeampaa kuin esimerkiksi luonnonkierto-kattilan, koska lämpivirtauskattilan vesitilavuus on pienempi, jolloin varaavaa massaa on vähemmän (Ks. KUVA 10). (Huhtinen, ym. 2000. 111-120)



KUVA 10. Benson läpivirtauskattilan vesihöyrypiiri. (Huhtinen, ym. 2000 124)

## 8 RAUHALAHDEN VOIMALAITOKSEN KÄYNNISTYS

Voimalaitoksen huolto revision jälkeen, kun kaikki tarvittavat korjaus- ja huoltotyöt on tehty, kunnossapito luovuttaa laitoksen käyttöryhmälle, jolloin voimalaitoksen käynnistys voi alkaa. Rauhalahden voimalaitoksen käynnistys lähtee liikkeelle siitä, että kierretään kaikki paikat läpi, varmistetaan että prosessierotukset on purettu, kaikki luukut ovat kiinni ja laitteet muutenkin toimintavalmiudessa. Käynnistyksen alkuvalmisteluihin kuuluu myös mm. kemikaalisäiliöiden täytöt, petimateriaalin ja polttoaineiden tilaukset, varmistus että öljyä on riittävästi käynnistystä varten. Kun laitteiden toimintavalmius on varmistettu niin laitteet ja järjestelmät koekäytetään vielä ennen varsinaista käynnistystä.

Alkuvalmisteluiden ja laitteiden toiminnan varmistuksen jälkeen voidaan aloittaa voimalaitoksen käynnistys. Kattila on täytetty syöttövedellä ja kattilassa on riittävästi petihiekkaa, voidaan aloittaa kattilan petimateriaalin lämmitys käynnistykseen tarkoitetuilla öljypolttimilla. Kattilaa lämmitetään hiljalleen öljypolttimilla kattilasuojan vaatimaan lämpötilaan, jonka jälkeen voidaan aloittaa kiinteän polttoaineen syöttö tulipesään.

Kattilan tuorehöyryn painetta nostetaan syöttämällä kattilaan lisää polttoainetta, tuorehöyryn paineen noustessa aloitetaan kaukolämmöntuotanto kaukolämpöreduktioventtiilin kautta. Reduktiovent-

tiilin avulla saadaan kattilalle höyryn kulutusta ja höyryn virtausta. Reduktioventtiilillä eli höyrynmuuntoventtiilillä saadaan laskettua höyryn painetta huomattavasti, samanaikaisesti höyryn sekaan ruiskutetaan vettä, jolla saadaan höyryn lämpötila laskemaan. (Joronen, ym. 2007. 42.) Turbiinin käyttöohjeissa on määritelty turbiinin käynnistykselle optimaaliset höyryn paineet ja höyryn virtaukset.

Kun kattilan tehotaso on turbiinin käynnistykseen kannalta sopiva, eli tuorehöyryn paine ja virtaus on riittävä, voidaan aloittaa turbiinin käynnistys. Käynnistyksessä turbiini ajaa itsensä minimiteholle, jonka jälkeen turbiinin ja kattilan tehoa nostetaan normaaliin käynninaikaiseen tehotasoon. Tehonoston yhteydessä kaukolämpöreduktioventtiili ohjataan kiinni ja tämän myötä voidaan siirtyä normaalisti vastapaineajolle, jolloin kaukolämpöveden lämmitykseen tarvittava höyry tulee turbiinin kautta väliottoputkesta.

Rauhalahden voimalaitoksen käynnistysohje on tehty siten, että sen avulla käynnistyksessä voidaan edetä kohta kohdalta alkuvalmisteluista alkaen ja päättyen normaaliin vastapaineajo tilaan. Ohjeistukseen on otettu poimintoja eri laitetoimittajien dokumenteista, joista selviää laitteistojen käyttöönottajien ohjeistukset.

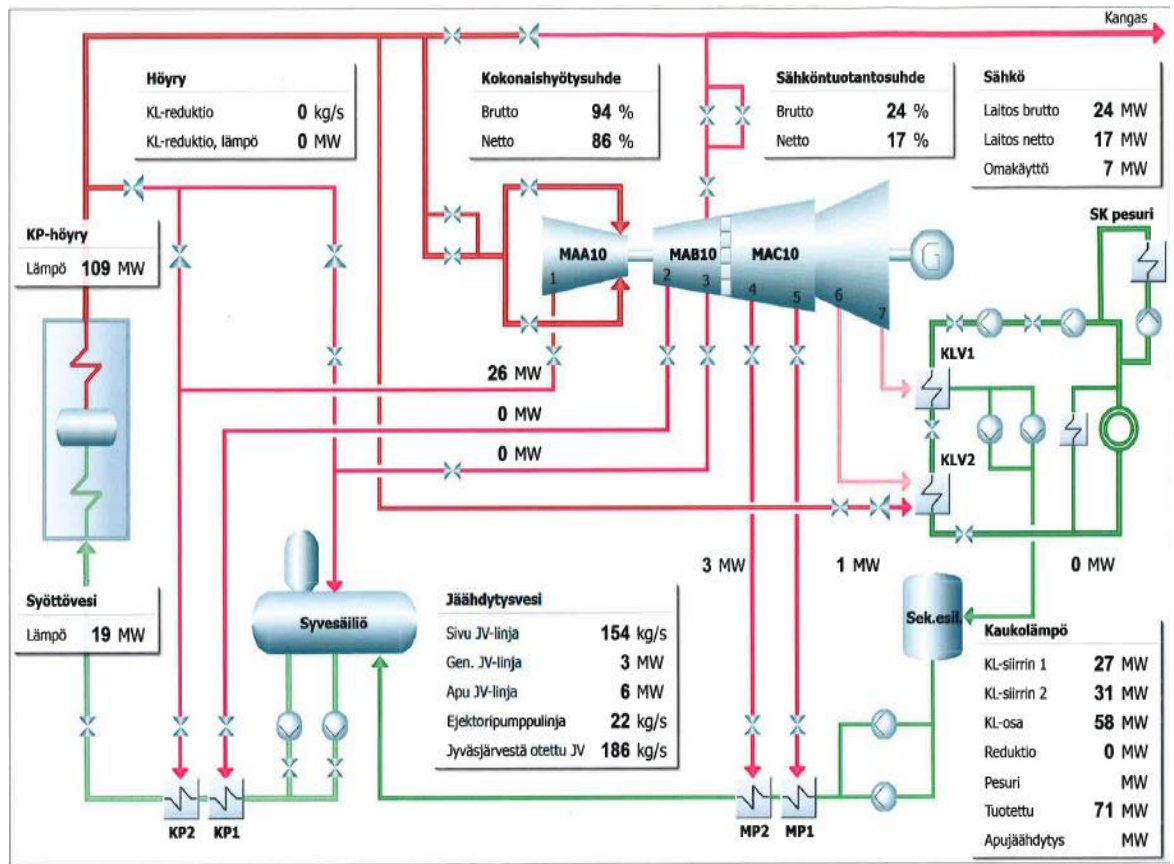
## 9 YHTEENVETO

Tavoitteena tässä opinnäytetyössä oli luoda Jyväskylän Energia Oy:n Rauhalahden voimalaitokselle voimalaitoksen käynnistysohje, jonka avulla voimalaitoksen käynnistys voidaan suorittaa. Rauhalahden käynnistys huolto revision jälkeen kestää noin kaksi vuorokautta, mikäli suurempia ongelmia ei ilmene. Käynnistykseen kuluva ajasta voi päätellä, että muistin varassa olevaa työtä on paljon.

Tämä opinnäytetyö toteutettiin tutkimalla Rauhalahden voimalaitoksen aikaisempia käynnistyksiä, haastatteleamalla käyttöhenkilöstöä sekä tutkimalla laitevalmistajien käyttöohjeita. Aikaisempia käynnistyksiä tutkittiin selaamalla historiatietoja DNA prosessiohjausjärjestelmästä sekä tutustumalla käynnistysten yhteydessä tehtäviin päiväkirjamerkintöihin. Osa käyttöhenkilöstöstä on ollut Rauhalahden voimalaitoksella töissä kymmeniä vuosia, heidän haastattelut olivat erittäin hyödyllisiä työn tekemisen kannalta. Kaikista voimalaitoksella olevista laitteista löytyy arkistosta laitevalmistajien käyttöohjeet sekä toimintakuvaukset, toimintakuvauksista löytyi työhön hyödyllistä tietoa laitteistojen käyttöönottosta.

Rauhalahden voimalaitoksen käynnistysohjeen laatimisen tuloksena voimalaitos voidaan käynnistää joka kerta yhtenäisesti, tehokkaasti ja mahdollisimman taloudellisesti turvallisuus näkökohdat huomioiden. Ohjeen myötä voimalaitoksen käynnistyksessä muistin varassa tehtävät toimenpiteet ja operoinnit vähenivät oleellisesti. Ohjeesta löytyy ennen voimalaitoksen käynnistystä tehtävät alkuvalmistelut sekä vaiheittain järjestelmien, laitteiden ja prosessien käyttöönnotot. Ohjeeseen on liitetty DNA prosessiohjausjärjestelmän operointinäyttöjä, joista ilmenee operoitavat laitteet oikeassa järjestyksessä.

Rauhalahden voimalaitoksen tuotannon valvonnan prosessikaavio on esitetty kuvassa 11.



KUVA 11. Rauhalahden voimalaitoksen tuotannon valvonta prosessikaavio. (Hokkanen 2019.)

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

HUHTINEN, Markku, KETTUNEN, Arto, NURMINEN, Pasi & PAKKANEN, Heikki. 2000. Höyrykattilatekniikka. Helsinki. Edita

TAMPELLA POWER 1993. Kattilan käyttöohjeet. Jyväskylä. Rauhalahden voimalaitos.

ANDRITZ PULP & PAPER 2016. Rauhalahden voimalaitoksen järjestelmäkuvaukset. [sisäinen verkkoaineisto] Sijainti: Jyt (R:)

JYVÄSKYLÄN ENERGIA OY. n.d. Yrityksen sisäinen materiaali intranetissä. [Viitattu 2019-03-17.]

JYVÄSKYLÄN ENERGIA OY. 2019. Energiantuotantolaitokset. Tutustu JE:n Energiantuotantoon! [Verkojulkaisu.] [Viitattu 2019-03-20.] Saatavissa: <https://www.jyvaskylanenergia.fi/lampo/kauko-lammon-tuotanto/energiantuotantolaitokset>

RUUSKA, Jari 2019-03-22. Vesikemia-asiantuntija, Vaarallisten kemikaalien käytönvalvoja. [sähköpostihaastattelu]. Jyväskylä. Jyväskylän Energia Oy.

KAUPPINEN, Jukka. 2018. Turbiinitekniikka. Tampere. Tammertekniikka.

HUHTINEN, Markku, KORHONEN, Risto, PIMIÄ, Tuomo, URPALAINEN, Samu. 2008. Voimalaitostekniikka. Keuruu. Otavan Kirjapaino Oy.

PIHKALA, Juhani. 2011. Prosessitekniikka. Tampere. Juvenes Print.

JORONEN, Tero, KOVÁCS, Jenó, MAJANNE, Yrjö. 2007. Voimalaitosautomaatio. Helsinki. Copy-Set Oy.

HAKONEN, Janne 2019-05-30. Käyttömestari, Painelaitteiden käytönvalvoja. [sähköpostihaastattelu]. Jyväskylä. Jyväskylän Energia Oy.

# Rauhalahden voimalaitoksen käynnistysohje

12.5.2019 Tekijä: Juha Hokkanen

---

11



## Sisällysluettelo

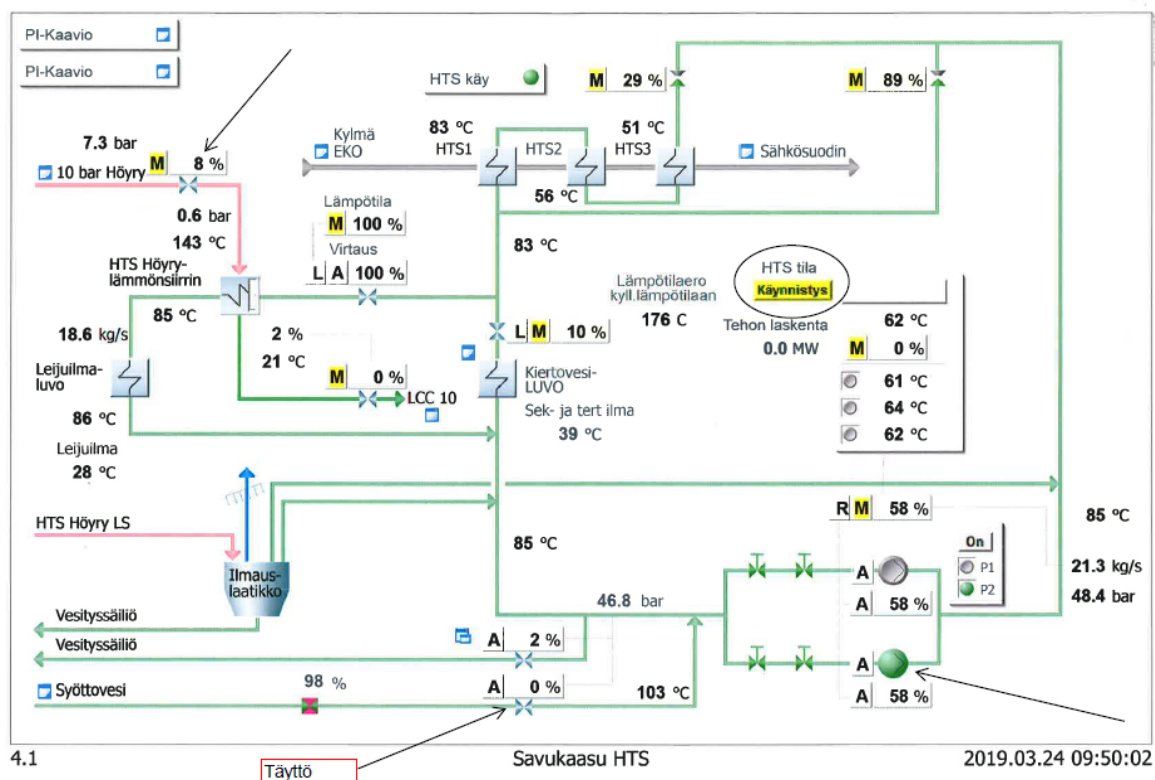
<a href="#">Alkuvalmisteluja</a> .....	24
<a href="#">Tyhjän teko, tiivistehöyryt ja LDM lauht.puhd.</a> .....	26
<a href="#">Tuuletus ja tulet</a> .....	27
<a href="#">Kattilan paineennosto</a> .....	28
<a href="#">KL-reduktio</a> .....	29
<a href="#">Apuhöyryreduktio</a> .....	30
<a href="#">Kiinteä polttoaine</a> .....	31
<a href="#">Turbiinin käynnistys</a> .....	32
<a href="#">UHX käyttöönotto</a> .....	33
<a href="#">Lopputoimet</a> .....	33

## 12 Alkuvalmisteluja

- Varmista öljysäiliön pinta
  - Valmius ottaa polttoainetta siloihin
  - Turvetilauksen tekeminen
  - Tulipesän/ arinan tarkastus ennen hiekan syöttöä
  - Petihiekka tilanne, 1 kuorma + kärry suoraan kattilaan. Leijutus aloitetaan heti kun hiekkaa syötetään. Hiekan leviämistä seurataan arinaluukulta, kivet luukuun vasta ennen öljytulia.
  - Vesilaitoksen kemikaalien tilanne
  - Vesikemia Jari Ruuskan ohjeen mukaan
  - Tuuletuksen ja polttimien testaus ennen virallista käynnistystä
- 
- Sähkösuodattimen lämmitykset päälle
  - Sivujäähdytys- ja välijäähdytys jäähdytysjärjestelmien tarkastus sekä käyttöönotto
  - Dynasand käyttöönotto
  - Kemikaalisäiliöiden täyttö
  - Raakavesijärjestelmän, vesilaitoksen, lisävesijärjestelmän ja kemikaalien annostelujärjestelmien tarkastus sekä käyttöönotto. Lisävesisäiliö täynnä vettä ja sarjat elvytettyinä ja toimintavalmiina. Sarjojen porrastus (elvytykset eri aikaan)
  - Paineilmajärjestelmän tarkastus, 3 ja 4 kompressorit käyttöön, jäähdytys PGB:stä
  - Öljyjärjestelmän tarkastus, sytytyskaasupullojen tilanne. Poltinhuolto. Öljyn lämpötila n.40 astetta. Sääto linjasäätoventtiilillä (saattolämmitys)
  - Polttoainelinjojen tarkastus, rasvareiden toiminnan tarkastus, kuljettimien koepörytys.
  - Kattilan vesihöyrypiirin ilmaukset ja vesitykset auki, kattilan pohjatyhjennykset kiinni.
  - RAI 2 käynnistys, apuhöyryjärjestelmän tarkastus ja paineistus, vesityksien ohitukset auki käynnistyksessä.
  - Syve-linjojen tarkastus, tyhjennykset kiinni ja ilmaukset auki.
  - Syve-säiliön huuhtelu ja täyttö (Ruuskan ohjeen mukaan)
  - Ammoniakkia ja hydratsiinia syötetään (pumput n. 30%) aina syve-säiliöön kun sinne ajetaan lisävettä, **pH tavoitealue 9,3–9,5**.
  - Syve-linjojen täyttö ja ilmaus, ruiskutusvesilinjojen tarkastus
  - Pesurin täyttö, kierto päälle ja vaihtimet ohitukselle, pesuri ylikaadolle
  - KP-esilämmittimien ja lauhdejärjestelmän tarkastus (lauhteet hylkyyn)
  - KL-järjestelmän, KL-sivukiertojärjestelmän ja paineenpitojärjestelmän tarkastus
  - KL-sivukierron käynnistys, tarvittaessa KL-pumppujen pyöräytys (kuuma patti)

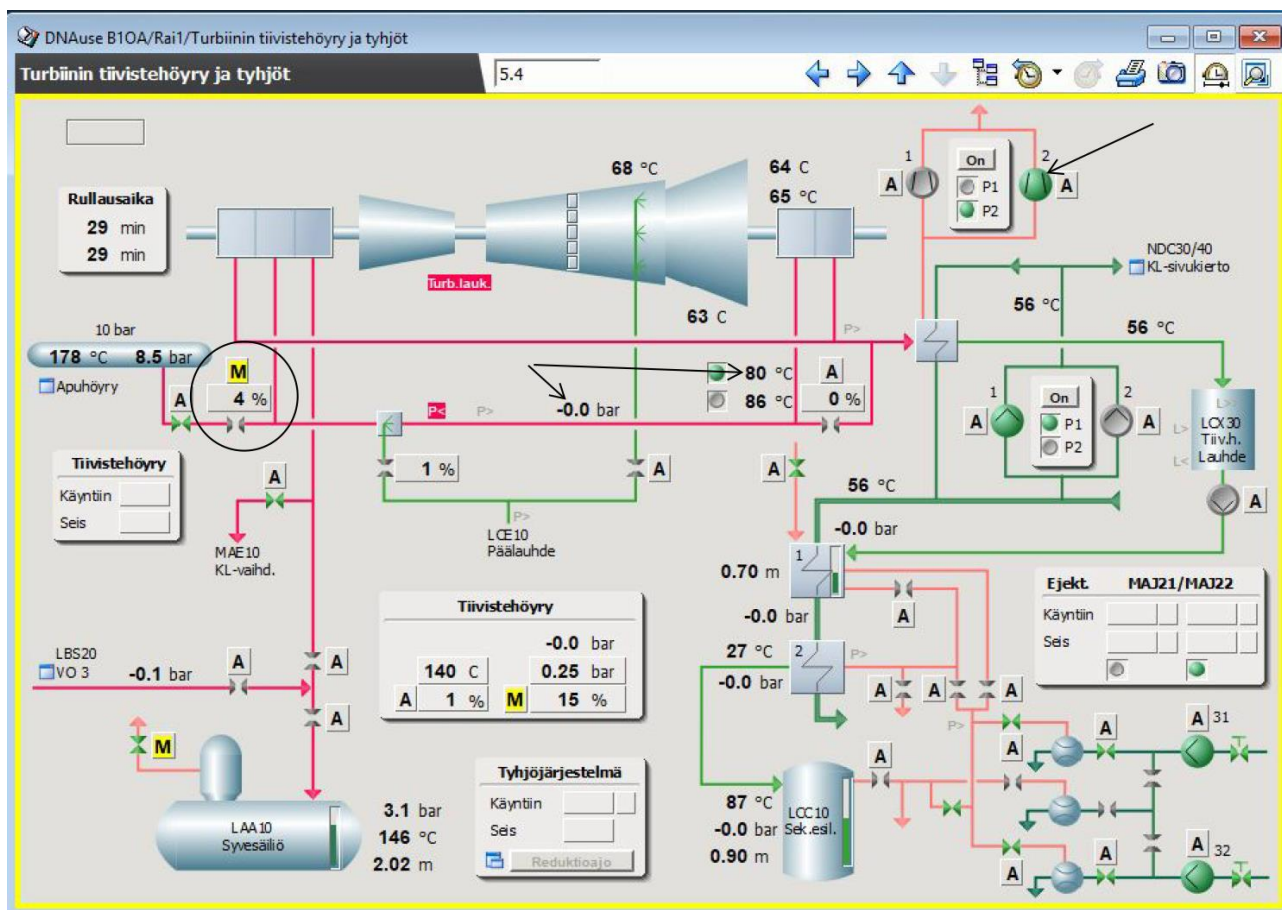


- HTS huuhtelu ja täyttö: Täytössä syve pumpppu päällä, kun linja on täynnä, otetaan HTS höyrylämmönsiirtimeen höyryä ja HTS kiertopumppu käyntiin. HTS tila painike "käynnistys" asennossa. Täytössä HTS:n täytöntöventtiilin jälkeinen kuristuslaippa ohitetaan → käsiventtiili auki. Tarkasta pinnansäädön asetusarvo n. 20%
- Kattilan täyttö syve-pumpulla
- KL-vaihtimiin ja sekoitusesilämmittimeen pinnat. Lauhdepumppujen pyörytys ja vaihtoautomaatiikan testaus
- KL-reduktio valmiuteen
- Tarkasta kattilahuoneen ilmanvaihto.
- Tuhkapallot päälle. Pidetään mahdollisuuksien mukaan koko ajan (revisio) päällä
- Sähkösuodattimen kolistajien tarkastus paikan päältä.
- Sulkusyöttimet käyntiin
- Savukaasupuhaltimet, pääilmapuhaltimet, leijuilmapuhaltimet, jäähdytysilmapuhaltimet, heittoilmapuhaltimet ja sähkösuodatin päälle, kiertokaasupuhallin automaatile.
- Kattilaveden vaihtoa, pedin lämmitystä HTS:llä (tarkasta että hiekat leviää)
- Hiekansyöttöjärjestelmän tarkastus.
- Polttimien tarkastus
- Tuuletuksen ja polttimien testaus.
- Ketjukorisuodatin automaatile
- Pää- ja KL-lauhdepumput päälle
- Munters seis ja turbiinilta säilöntälaipat kiinni
- Turbiinin voiteluöljy, säätö-öljy ja nosto-öljypumppu käyntiin, hätävoiteluöljypumput valmiuteen, paaksi päälle.
- Varmista että pesuri on ylikaadolla ennen öljypoltinten käynnistystä, pesurin lietteen ohjaus poteroon tai imuautoon



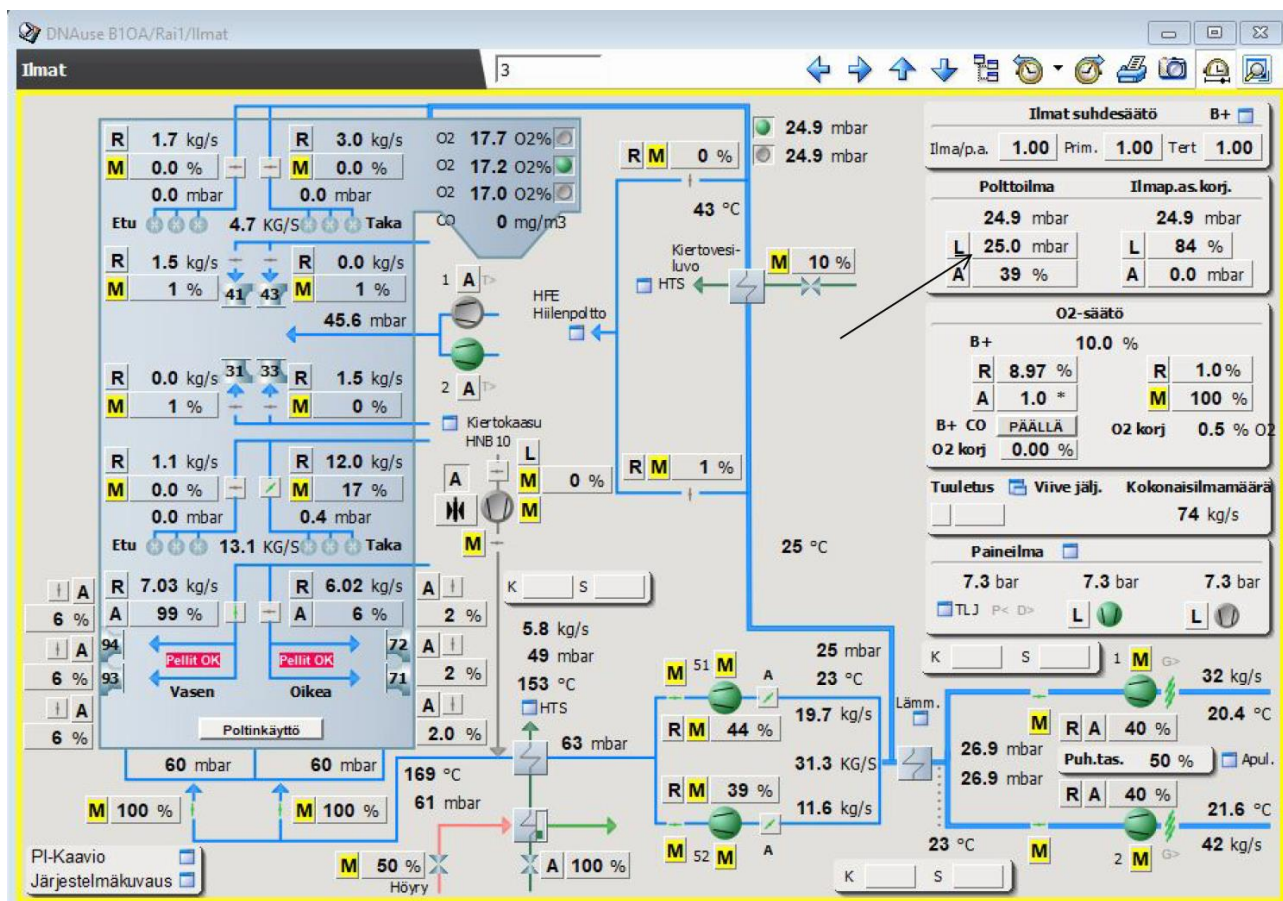
## 13 Tyhjön teko, tiivistehöyryt ja LDM lauht.puhd.

- tiivistehöyryn lauhdutin ja lauhdepumppu käyttökunnossa
- turbiinin vuotohöyryn imupuhallin on päällä
- molempien ejektoreiden MAJ21 ja MAJ22 käynnistys sekvenssillä
- tarkasta että 10 bar tukilta tiivistehöyryn käsiventtiili on auki
- tiivistehöyrylinjan lämmitys ja paineistus paineensäätöventtiilillä käsin (seuraa lämpötilaa ja painetta) (vesityksen ohitukset kiinni)
- LDM lauhteenpuhdistuslaitoksen käyttöönotto: jäähdytysvesijärjestelmän paineenkorotuspumppu PCB40AP001 käyntiin ja venttiilit auki, patruunasuodattimet päälle, lauhteenpuhdistus pumppu päälle, säätimet automaatille, ioninvaihto päälle (ks. Ruuskan ohje virtaus ja johtokyky rajoista)



## 14 Tuuletus ja tulet

- kattilasuojan tarkastus
- tuuletus käyntiin sekvenssillä, kun tuuletus mennyt läpi odota vedon tasaantumista ennen poltinten käynnistystä, tarkasta ilmapeltien asennot
- polttoöljyjärjestelmän ja poltinten tarkastus
- palamisilman paine Local 25 mbar
- sähkösuodatin pois päältä
- 1. poltin päälle, lämpötilannosto max 50°C/h, jos on tehty muurauksia, kuivatus erillisen ohjeen mukaan
- Hiekan syöttösekvenssi kattilaan päälle 10min välein, lukumäärä 20 ja heti perään sekvenssi uudestaan käyntiin
- syvepumpun painepuolen iso venttiili auki

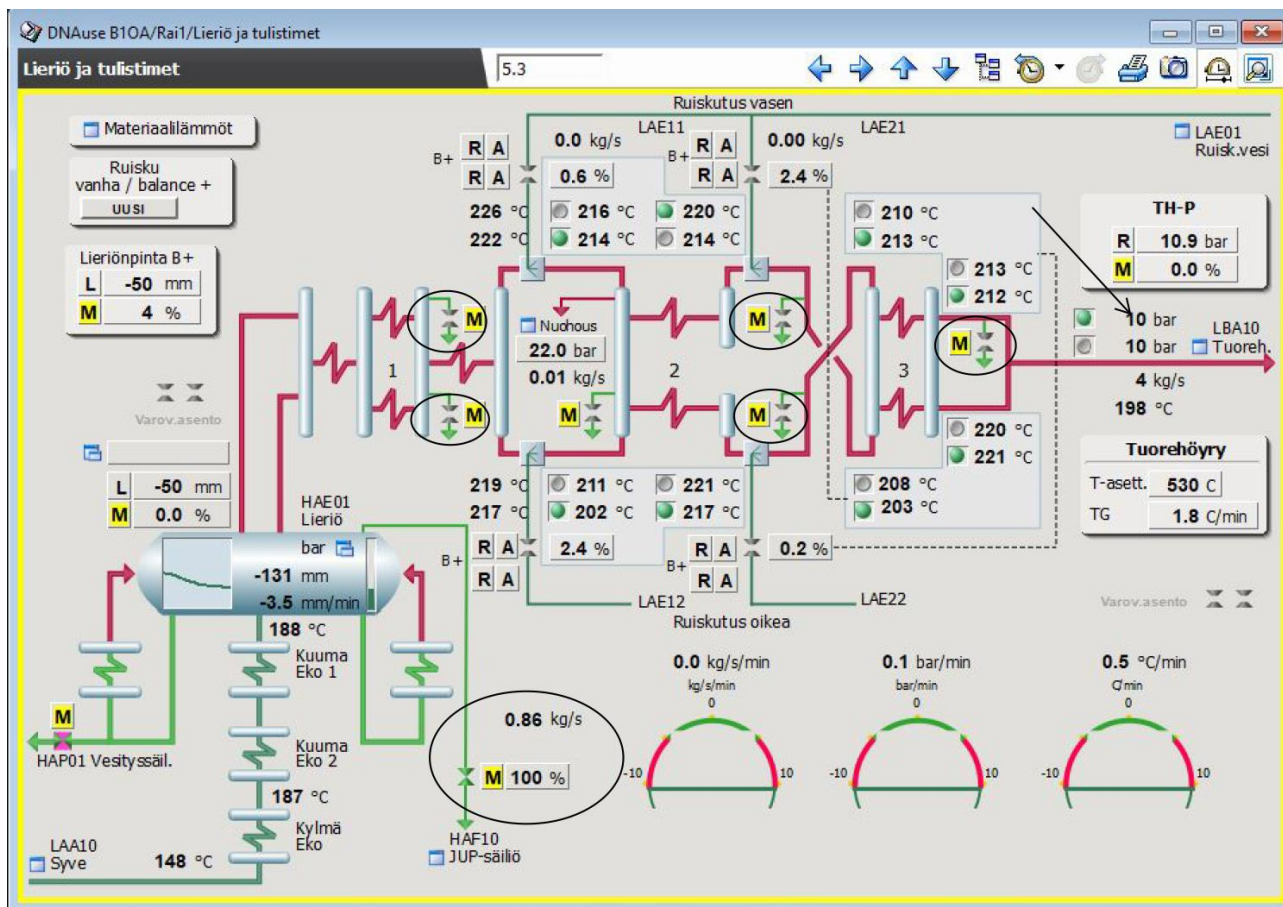


- lieriön ulospuhallus mahdollisimman levällään n. 1,50kg/s, max 2.30kg/s
- kattilan pohjaventtiileillä pidetään lieriön pinta, yksi tyhjennys koko ajan auki järjestystä muuttaen → pidetään virtaus lieriöön ettei eko keitä
- syve-säiliön pinnansäätö lisävedellä, lisäveden syöttö suoraan syve-säiliöön
- kattilaveden pH alueella **8,8-9,8** fosfaattipumppu 100%, kun kattilaan otetaan lopullinen käynnistysvesi, vesilaitokselta syötetään väkevä fosfaattipanos. (Kts. Ruuskan ohje)
- Pesurin pH- seuranta, lipeän syöttö automaattille

## 15 Kattilan paineennosto

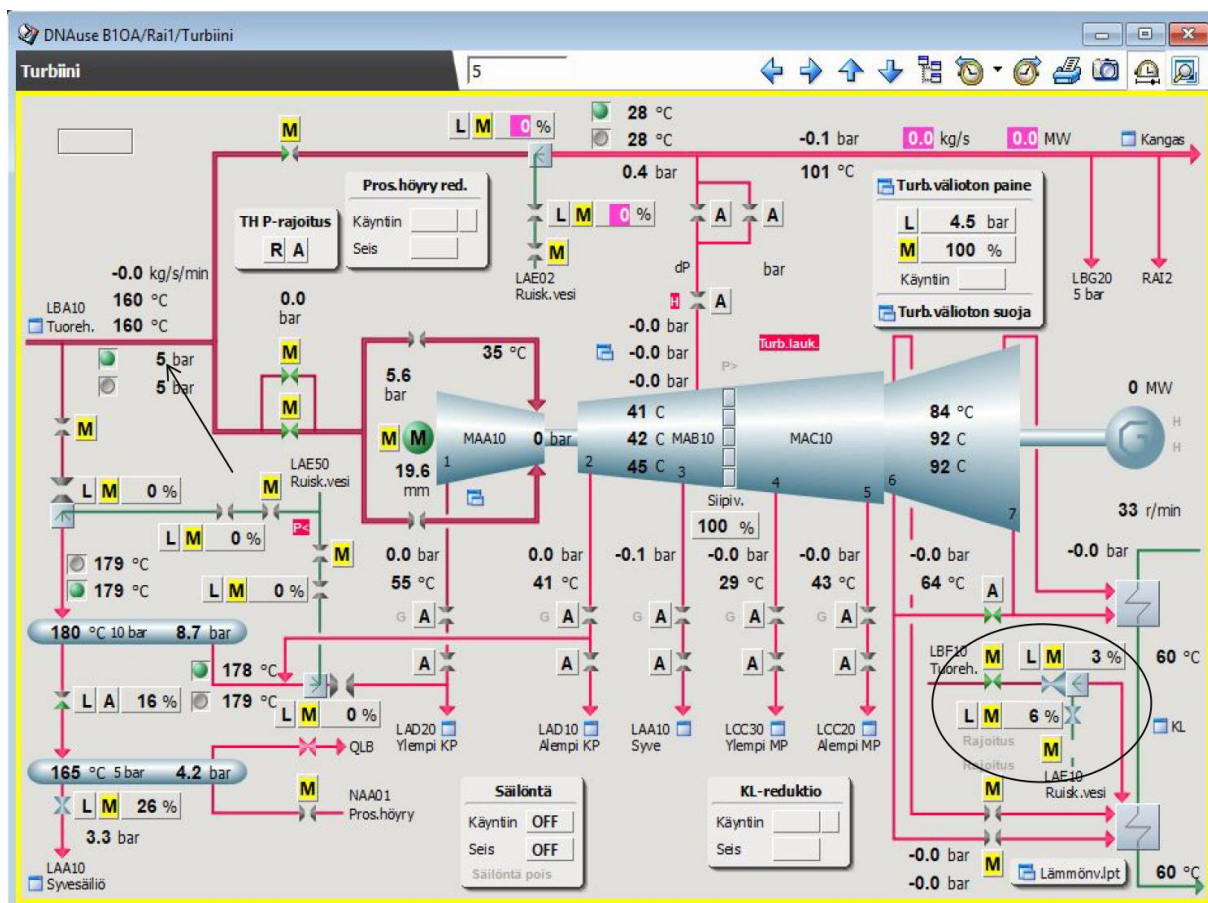
- tuorehöyrynpaine noin 2 bar, kattilan ilmaukset kiinni krs. 4, varmista että pähöyryventtiili on auki
- tuorehöyryn vesityksien ohitukset kiinni, kun paine n. 10 bar (turb. 2 krs. vesityskilla)
- tulistimien vesitykset kiinni yksitellen, kun paine noin 5-10 bar, vesitysten pöhäytys yksitellen, kun paine n. 10-15 bar, lopuksi käsiventtiilit kiinni

- HTS:n säätöventtiileiden seuranta ja operointi niin, että savukaasun lämpötila on ennen sähkösuodatinta n. 150 astetta (kuva 4.1)



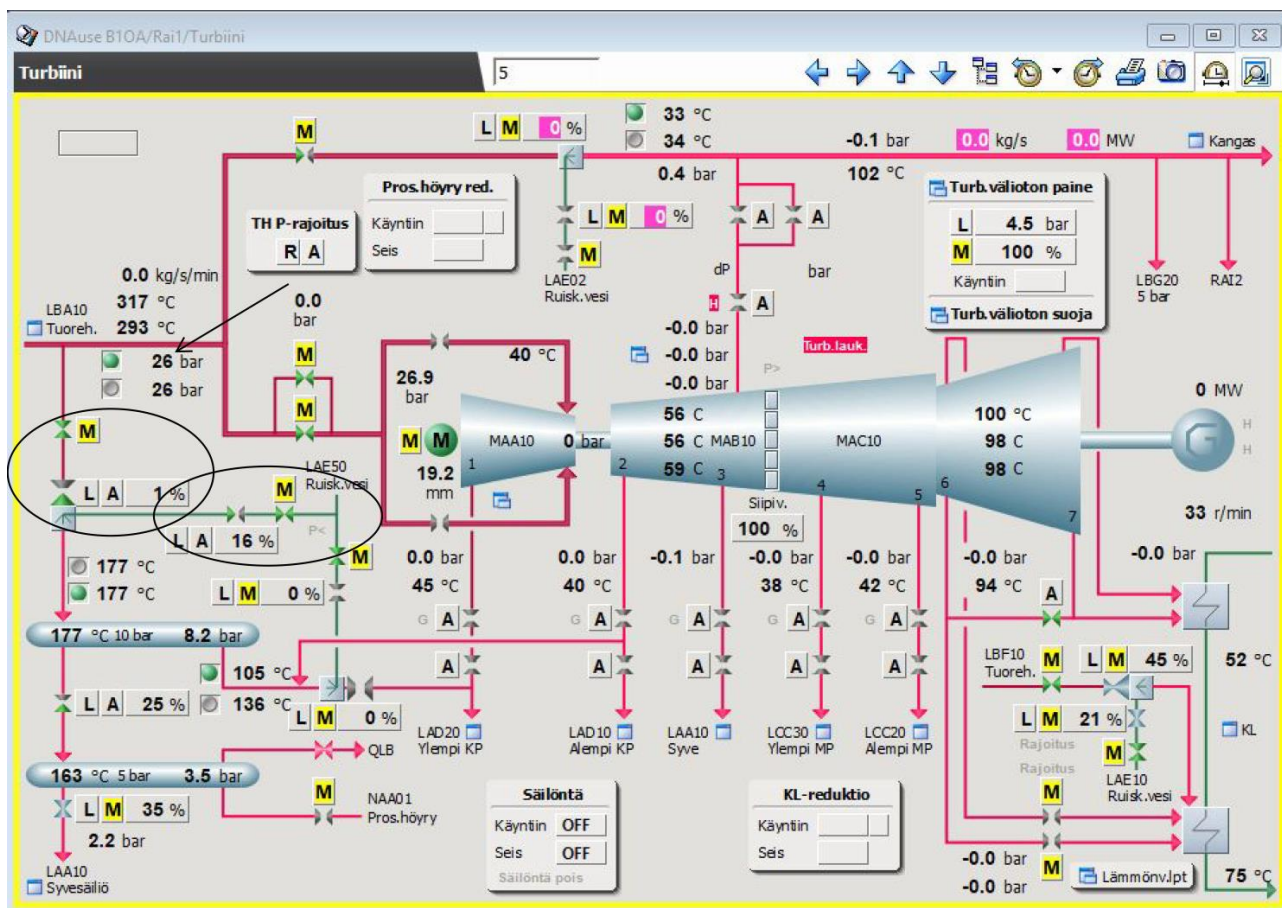
## 16 KL-reduktio

- KL-pumppu käyntiin ja kierto päälle
- tuorehöyrynpaine n. 10 bar KL-reduktio käyttöön
- KL-reduktioventtiilin ja ruiskun ohjaus manuaalilla (seuraa MAE20 lämpötilaa, pakko ohjaa reduktion kiinni <200°C)
- KL-lähtevän lämpötilan seuraaminen ja KL-pumpun ohjaus sen mukaan
- kemikaalin syöttö lauhteeseen (ammoniakki, hydratsiini)
- hydratsiinin syöttö KL-linjaan (Ks. Ruuskan ohje)



## 17 Apuhöyryreduktio

- apuhöyryreduktion käyttöönotto kun höyrynpaine n. 15 bar
- tarkasta apuhöyryreduktion ja ruiskun käsiventtiilit
- apuhöyryreduktio käyttöön
- reduktio ja ruisku säädölle, kun apuhöyryreduktio riittää pitämään apuhöyryjen paineen, RAI 2 voi pysäyttää.
- kattilaveden laadun tarkastus millipore suodoksella ennen kuin höyrynpainetta nostetaan yli 20 bar
- ylätason polttimia päälle tarvittaessa
- alkutilanne, leijukaasunpaine n. 40 mbar, leijuilman virtaus n. 30-35 kg/s, hiekan syöttöä kattilaan ylösajon aikana, leijukaasunpaine tavoite yli 70mbar
- pedin pöhäytykset käyttämällä leijuilmoja 40-45 kg/s (peti lämpenee paremmin)
- päälauhteet talteen (Ks. Ruuskan ohje)

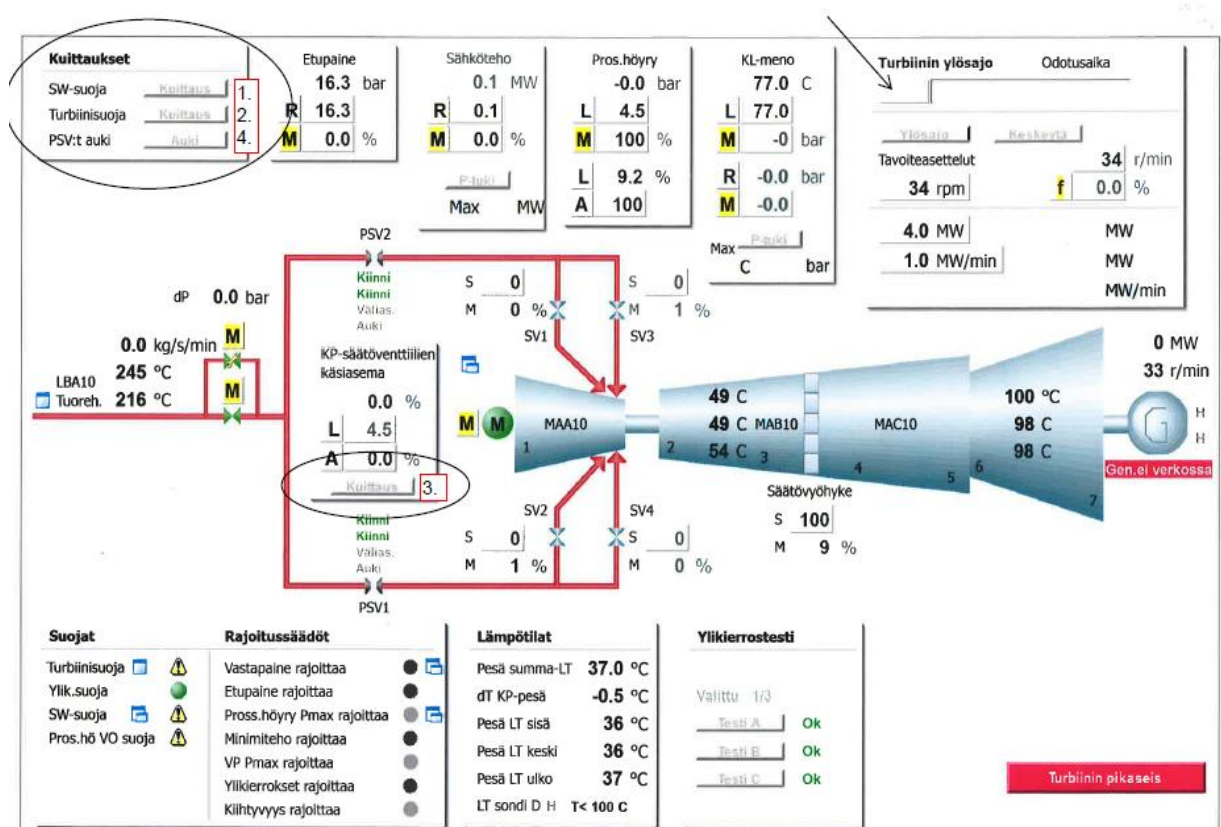


## 18 Kiinteä polttoaine

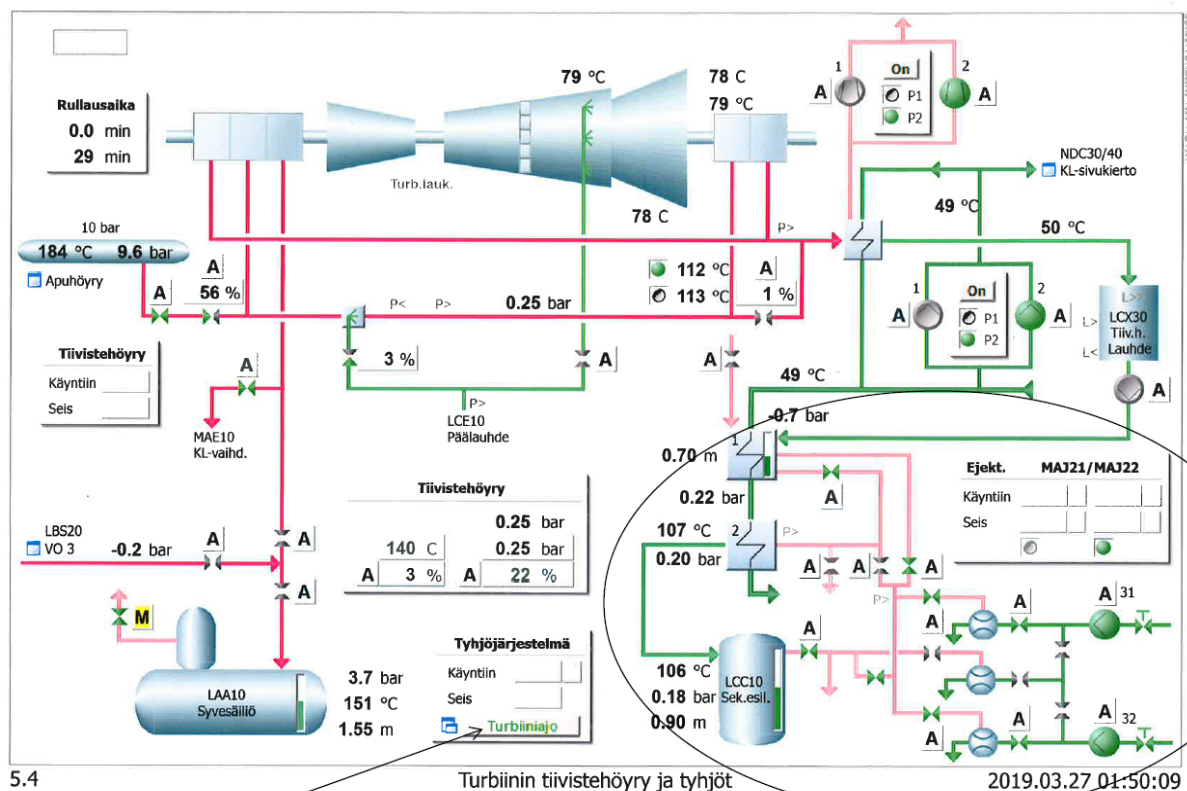
- vapautus kiinteälle kun 7 petilämpötilamittauksen keskiarvo > 300C ja öljynvirtaus > 0,4 kg/s tai 6/9 mittauksesta > 300C (Ks. kattilasuoja)
- sähkösuodatin päälle
- syöttöruuvit ja kattilan kuljettimet käyntiin ja kiinteän ripottelua M-tilassa kattilaan, seuraa näkölaseista, että polttoaine syttyy pedissä
- syöttövesi säädölle (höyryn paine n. 60 bar, virtaus n. 20 kg/s)
- KPA:n syöttö säädölle (höyryn paine n. 85 bar, virtaus n. 25 kg/s, kattilateho n. 65 MW)
- pohjatuhkanpoistojärjestelmä käyntiin
- kun petipolttimet pysäytetään, palamisilman paine takaisin normaaliarvoon ja säädin remotelle

## 19 Turbiinin käynnisty

- generaattorin jäähdytysvesijärjestelmä käyttöön (kuva 5.6)
- turbiinin ylösajo sekvenssi käyntiin kun höyryn paine n. 100 bar ja virtaus n. 25 kg/s (kuva 5.7)
- varmistus sekvenssin edetessä että turbiinin kuittaus painikkeet muuttuvat vihreiksi (kuva 5.7)
- magnetointi ja generaattorin tahdistus mosaiikki taulusta, muista painaa vapautus kytkintä taulua operoidessa. HUOM, palauta erottimen ohjaus kytkin asentoon ei tahdistuksen jälkeen (nro. 1).
- seuraa turbiinin käynnistyessä, että tyhjojärjestelmä menee turbiiniajo moodille ja sekvenssi menee läpi (kuva 5.4)
- KL-lauhteiden puhdistusajoa n. 10 MW sähköteholla, jotta lauhteet mahtuvat läpi hylkäyslinjasta.
- KL-lauhteet talteen (Ks. Ruuskan ohje)
- lisäveden syöttö LCC10
- KL-reduktio pois käytöstä
- MAE 20 lukkoventtiilit auki, lukkoventtiileille vapautus, kun KL-reduktion ohjaus < 2%
- prosessihöyryn väliotto käyttöön







## 20 UHX käyttöönotto

- kemikaalisäiliöiden täyttö
- savukaasupesurin, saostussäiliön, pesuvesisäiliön, selkeyttimen ja dynasandin täyttö raakavedellä
- pesurin kierto päälle ja lämmönvaihtimen täyttö
- lietepumppujen tarkastus ettei ole tukossa
- lauhteen käsittelyn laitteet automaatile

## 21 Lopputoimet

- käy kaikki säätimet ja ajokuvat läpi. tarkasta että säätimet ovat oikeassa tilassa R, L, A jne.
- nuohous
- kokonaisvaltainen kierros laitosalueella