



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Zhibin Diao

HRSG-yksikön märkäsäilönnän tehos- taminen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto

Insinöörityö

13.8.2020

Tekijä Otsikko	Zhibin Diao HRSG-yksikön märkäsäilönnän tehostaminen
Sivumäärä Aika	37 sivua 13.8.2020
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	Voimalaitoskemian asiantuntija Jere Espo Lehtori Kai Virta
<p>Tämä insinöörityö toteutettiin Caverion Industria Oy:n pyynnöstä kehitysehdotuksena Fortum Power and Heat Oy:lle. Työn tarkoitus oli parantaa nykyisen automaation ohjausta ja tehostaa märkäsäilöntäprosessia. Taustalla oli halu saada myös veden kierrätysprosessia automaattiseksi.</p> <p>Työssä tutkittiin Suomenojan voimalaitoksen kombivoimalaitoksen nykyinen tilanne ja tulevaisuuden tarpeet. Lisättiin sekvenssejä, jotka ohjaavat vesitysprosessia. Lisättiin yksi ajokuva, joka käytetään vesitysprosessin aikana. Muutettiin yksi käsiventtiili säätöventtiiliksi. Työn loppuvaiheessa pidettiin koulutusta käyttäjille.</p> <p>Opinnäytetyön tuloksena saatiin vesiprozessi ylös- ja alasajo automaattiseksi sekvenssien avulla. Prosessin ajoaika on pienentynyt merkittävästi.</p>	
Avainsanat	märkäsäilöntä

Author Title	Zhibin Diao Enhancing the Wet Storage of a HRSG Unit
Number of Pages Date	37 pages 13 August 2020
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Technology
Instructors	Jere Espo, Power Plant Chemistry Specialist Kai Virta, Senior lecturer
<p>This thesis work was carried out on request of Caverion Industria Oy as a development proposal for Fortum Power and Heat Oy. The purpose of the work was to improve the control of the current automation and to make the wet preservation process more efficient. The company wanted to also make the dewatering process automatic.</p> <p>The work examined the current situation and future needs of the Suomenoja power plant's Combined Power Plant. Sequences were added to guide the dewatering process. One run image to be used during the dewatering process was also added. The single hand valve was converted to a control valve. At the end of the work, users were given training.</p> <p>As result of the thesis work, with the added sequences the water process startup and shut-down were made automatic. The running time of the process was significantly reduced.</p>	
Keywords	wet storage

Sisälllys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Suomenojan voimalaitos	1
2.1	Suomenojan voimalaitos	1
2.2	Kombivoimalaitos	3
3	Säilönnät	5
3.1	Korroosio	5
3.2	Kuivasäilönnän periaatteet	8
3.3	Märkäsäilönnän periaatteet	9
4	Järjestelmän muutos	10
4.1	Tausta	10
4.2	Prosessin muutos	13
4.2.1	Laitteiston muutos	14
4.2.2	Ajokuvan muutos	14
4.2.3	Kuvaluettelon muutos	17
4.2.4	Sekvenssin muutos	19
4.2.5	Ohjelman tarkistus	29
4.2.6	Käyttäjän toimenpiteen muutos	31
5	Käyttöönotto	31
6	Yhteenveto	35
	Lähteet	37

Lyhenteet

Metso DNA Metso Dynamic Network of Applications. Automaatiojärjestelmä

CHP Combined Heat and Power.

KL Kaukolämpö.

JUP Jatkuva ulospuhallussäiliö.

KP Korkeapaine.

MP Matalapaine.

Hönkähöyry Lauhteesta höyrystynyttä höyryä.

Syvesäiliö Syöttövesisäiliö.

seqCAD Sekvenssi-suunnitteluohjelma.

LogViewer tapahtumahistoria.

EAS Enterprise Application Server.

1 Johdanto

Tämän insinööriyön tavoitteena oli tehostaa Suomenojan Kombivoimalaitoksen (So2) märkäsäilönnän toteutusta. So2:ta käytetään olosuhteen ja tarpeen mukaan, jolla saa olla monta eripituista seisokkia vuodessa. Märkäsäilönnän prosessia käytetään lyhytaikaisessa seisokissa. Se vähentää korroosiota ja nopeuttaa laitoksen ylösajoa. Märkäsäilönnän prosessi vaatii paljon henkilöstöresurssia. Työssä tehtiin ajokuvaa ja sekvenssiä Metso DNA:n järjestelmään, mikä voi nopeuttaa ja helpottaa esimerkiksi valvomon ohjausta. Sekvenssi automatisoi myös valvomon toimintaa märkäsäilönnän prosessin ohjauksessa. Työn alussa selvitetään ensin kombivoimalaitoksen ja sen märkäsäilönnän prosessia. Sekvenssitekemisen vaiheessa selvitetään valvomon toimenpiteitä, kun ajetaan märkäsäilöntä. Kun ajokuva ja sekvenssi ovat valmiita, testaus ja käyttöönotto suoritetaan voimalaitoksessa.

2 Suomenojan voimalaitos

2.1 Suomenojan voimalaitos

Espoossa sijaitseva Suomenojan voimalaitos (kuva 1) on tuotantomuodoltaan yhdistetty lämmön- ja sähköntuotantolaitos, eli niin kutsuttu CHP-laitos. Voimalaitokseen kuuluu rikinpoistolaitoksen lisäksi kuusi laitosyksikköä, joissa tuotetaan yhteensä noin 350 MW sähköä ja 600 MW lämpöä. Suomenojan voimalaitoksen omistaa energiayhtiö Fortum Oyj, ja sen käynnissä- sekä kunnossapidosta on vastannut Maintpartner Oy vuoden 2016 syyskuusta lähtien. Caverionin Maintpartner-kaupan jälkeen Caverion Industry Oy vastaa vuoden 2019 joulukuusta lähtien. [1.]

Suomenojan voimalaitoksen vanhin, vuonna 1977 valmistunut laitosyksikkö So1, on perinteinen vastapainevoimalaitos, joka koostuu pölypolttokattilasta, höyryturbiinista ja generaattorista. Laitosyksikön pääpolttoaineena käytetään kivihiiltä ja varapolttoaineena maakaasua. So1:llä saadaan tuotettua 80 MW sähköä ja 160 MW lämpöä. Voimalaitosyksiköistä ainoastaan So1:n savukaasut johdetaan rikinpoistolaitokselle rikinpoistoprosessiin. [1.]

Sähkö- ja lämpöteholtaan suurin laitosesikö, So2, valmistui vuonna 2009. Laitosesikö on niin kutsuttu kombivoimalaitos, joka sisältää kaasuturbiinin, lämmöntalteenotto-kattilan ja höyryturbiinin. Kaasuturbiini käyttää polttoaineenaan maakaasua ja pyörittää generaattoria. Muodostuneet savukaasut johdetaan lämmöntalteenottokattilaan, josta höyry otetaan talteen lämpönä tai johdetaan höyryturbiinille. Höyryturbiinilla saadaan tuotettua vielä lisää sähköä ja lämpöä. Kokonaisuudessaan So2:lla saadaan tuotettua 234 MW sähköä ja 214 MW lämpöä. [1.]

So3 on vuonna 1986 valmistunut kiertoleijupetikattila. Sen pääpolttoaineena käytetään kivihiiltä ja varapolttaineena maakaasua. Laitosesikö tuottaa ainoastaan lämpöä ja on teholtaan 70 MW. [1.] So3 lopetettiin tuotannosta 3.5.2020 lähtien.

Uusin laitosesikö on vuonna 2014 rakennettu lämpöpumppulaitos So4. Se hyödyntää voimalaitoksen naapurin, HSY:n Suomenojan jätevedenpuhdistamon, puhdistetun jäteveden sisältämää lämpöä. Jätevedestä lämpö otetaan talteen kahdella lämpö-pumppuyksiköllä, jolloin saadaan 40 MW lämpötehoa kaukolämmitykseen. Hukka-lämmön hyödyntäminen vähentää Suomenojan lämmöntuotannon hiilidioksidipäästöjä jopa 15 %. [1.]

Kaasuturbiinilaitos So6 valmistui vuonna 1989. Se koostuu maakaasua käyttävästä kaasuturbiinista ja savukaasun lämmöntalteenottokattilasta. Kaasuturbiinin sähköteho on 45 MW ja kattilan lämpöteho 110 MW. Lämmöntalteenottokattilassa on maakaasun lisäpoltton mahdollisuus. [1.]

Pieni, apukattilana toimiva So7, valmistui So1:n rinnalle vuonna 1977. Sitä käytetään pääasiassa tuottamaan apuhöyryä So1:n käynnistämiseen, sekä injektiohöyryä alentamaan So6:n typpipäästöjä. So7:ssä käytetään polttoaineena maakaasua ja lämpötehoa siitä saadaan 17 MW. Tarvittaessa apukattilan tuottama höyry saadaan hyödynnettyä myös kaukolämmityksessä. [1.]

Näiden kuuden voimalaitosesikön lisäksi Suomenojalta löytyy kaukolämpöakku, johon voidaan varastoida jopa 800 MWh lämpöenergiaa. Akkuun mahtuu 20 000 m³ kaukolämpöä, ja sitä täytetään sekä puretaan yli 800 kilometrin pituiseen kaukolämpöverkkoon tarpeen mukaan. Kaukolämpöakku otettiin käyttöön vuonna 2015. [1.]



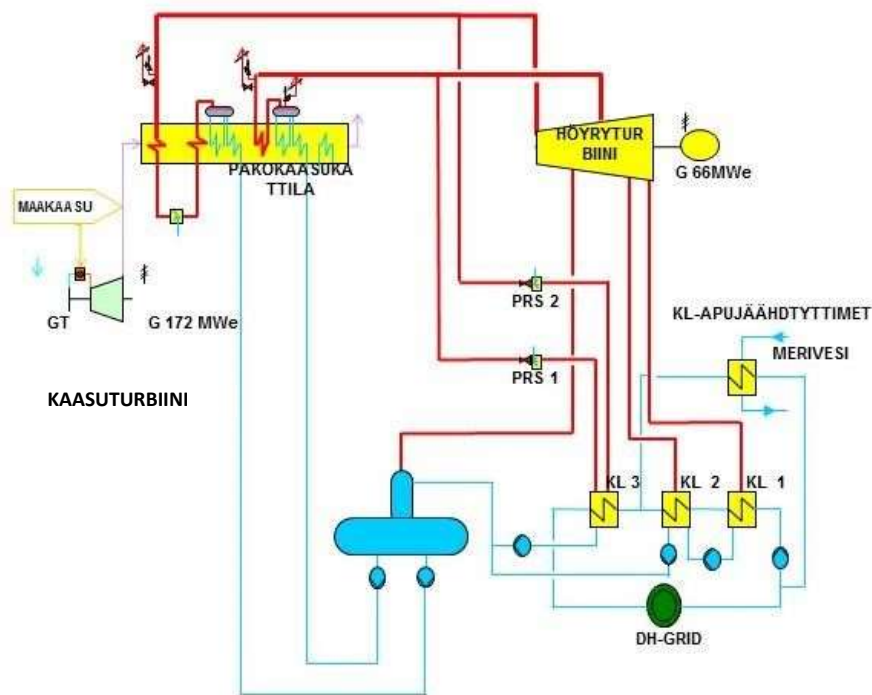
Kuva 1. Suomenojan voimalaitos. [2.]

2.2 Kombivoimalaitos

Suomenojan uusin yksikkö So2 koostuu kaasuturbiinista, savukaasujen lämmöntalteenottokattilasta ja höyryturbiinista. Yksikkö on käytössä tyypillisesti marraskuusta huhtikuuhun, kun yksikön So1 teho ei riitä tuottamaan riittävästi kaukolämpöä. Maakaasun hinta on tullut alemmaksi, joten So2 saattaa korvata So1:n käytön kokonaan toistaiseksi. Polttoaineena toimiva maakaasu syötetään kaasuturbiinin polttoainekammioihin, joissa se palaa paineistetulla ilmalla. Yksikön kaasuturbiinissa on käytössä permispolttimet, jotka

sekoittavat maakaasun ja palamisilman ennen polttoa typenoksidipäästöjen (NO_x) vähentämiseksi. Kuumat savukaasut pyörittävät paisuessaan kaasuturbiinia, joka pyörittää kompressoria ja sähköä tuottavaa generaattoria. [3.]

Turbiinille höyryä tuottavassa pakokaasukattilassa eli lämmöntalteenottokattilassa käytetään kahta painetasoa, jolloin saadaan korkeampi kokonaishyötysuhde kombiprosessista. Lämmöntalteenottokattilan savukaasut höyrystyttävät syöttövedtä, joka pyörittää höyryturbiinia ja samalle akselille liitettyä generaattoria. Höyryturbiinin höyryä johdetaan kaukolämmönvaihtimille kaukolämpöveden lämmittämiseen. Viimeinen piiri on KL-ekopiiri, jolla savukaasun loppulämpötilaa voidaan tarvittaessa pudottaa ja siirtää kaukolämmöksi. KL-eko on märkäsäilötty kalvonmuodostajayhdisteellä, ja piiriä kierrätetään säännöllisesti. [3.]



Kuva 2. Kombivoimalaitoksen toimintakuva. [3.]



Kuva 3. Kombivoimalaitoksen höyryturbiini.

3 Säilönnät

3.1 Korroosio

SFS-EN ISO 8044 -standardi määrittelee korroosion seuraavasti:

”Korroosio on fysikaaliskemiallinen reaktio metallin ja sen ympäristön kanssa, joka aiheuttaa muutoksia metallin ominaisuuksiin ja joka voi johtaa metallin, sen ympäristön tai teknisen järjestelmän, johon ne kuuluvat, toiminnan merkittävään heikentymiseen”. [4.]

Kattilalaitosten ongelma on ollut aina korroosiosuojaus käytön ja seisakkien aikana. Kattila voi olla vuoden yhtäjaksoisessa käytössä, jolloin on oltava varmoja sen toimivuudesta ja materiaalien kestävydestä. Käytönaikainen korroosiosuojaus on lähes kokonaan voitettu muun muassa vedenkäsittelytekniikan ja paremman kattilarakennustekniikan ansiosta. [4.]

Kattilalaitoksilla käytetty teräs ei sellaisenaan kestä veden ja höyryn syövyttävää vaikutusta, vaan teräksen pinnalle muodostetaan suojaava kalvo. Käytön aikana putkistojen sisäpinnalle muodostettava musta kalvo on nimeltään magnetiittikalvo, jonka kemiallinen koostumus on Fe_3O_4 . Tämä kalvo on paras tunnetuin korroosiosuoja. Kalvon ylläpitäminen ja sen liiallinen kasvaminen ovat vedenkäsittelyyn liittyvien toimenpiteiden päämäärä. [7.]

Alhaisissa lämpötiloissa syntyvä rautaferrohydroksidi on väriltään valkoista ja lämpötilan noustessa yli $60\text{ }^\circ\text{C}$:n alkaa rautahydroksidi hajota magnetiitiksi. Reaktio kiihtyy lämpötilan noustessa yli $200\text{ }^\circ\text{C}$:n, ja se tapahtuu silmänräpäyksessä. Alle $570\text{ }^\circ\text{C}$:n lämpötilassa muodostuva magnetiitti on tavoiteltu, ja se on keskeinen raudan reaktio höyrytekniikassa. Yli $570\text{ }^\circ\text{C}$:n lämpötilassa muodostuva rautaoksidi ei ole toivottu, sillä sen hilarakenne on magnetiittia heikompi. [4.]

Säilönnässä pyritään aina minimoimaan materiaalien korroosio. Yleisesti hyväksytty korroosion raja on $0,03\text{ g/m}^2\text{h}$. Materiaalin kuluminen on tällä arvolla hyvin kohtuullinen ja edellyttää 30 vuoden säilöntää, jotta materiaalista olisi syöpynyt 1 mm ainesta. Kattilasäilönnässä on kyse aina happikorroosiosta, jolloin anodilla tapahtuu raudan liukenemista. Säilönnässä on kiinnitettävä huomiota paikalliseen pistekorroosioon, näin ollen yllä mainittu yleinen korroosioraja on epäkäytännöllinen mitattaessa säilönnän onnistuneisuutta. [4.]



Kuva 4. Kuva happikorroosiokuopista. [5.]

Kattilaa suojaavan magnetiittikalvon ominaisuudet ovat otolliset vain tasaisissa olosuhteissa. Magnetiitti muodostuu 250–550 °C:n lämpötilassa, ja kattilat säilötään normaalisti alle 100 °C:ssa ja kuivasäilönnässä tätäkin alemmaksi. Hiiliteräksestä valmistettujen putkien ja magnetiitin lämpölaajenemiskertoimet ovat erilaiset. Lämpötilan muuttuessa magnetiittikalvo rikkoutuu eikä suojaa täydellisesti putkien pintaa. Toiseksi, magnetiittikalvon mekaanisten rasitusten kestävyys on huono. Kalvo ei kestä värähtelyjä, suuria virtausnopeuksia eikä pyörteitä. Kolmanneksi kalvo ei kestä liian suuria tai matalia pH:n arvoja. Kalvon liukoisuus on minimissään 10–11 pH:n alueella. [4.]

Kattilalaitoksen vesihöyrykierrossa yleisesti esiintyviä korroosimuotoja ovat seuraavat:

1. Yleinen syöpyminen, eli metallin pinta syöpyy tasaisella nopeudella kokopinta-alaltaan anodisten ja katodisten alueiden vaihtaessa koko ajan sijaintiaan.
2. Pistekorrosio, jolloin metalli syöpyy pieneltä alueelta piste- tai kuoppamaisesti; syöpymä etenee harvoin massiivisten rakenteiden läpi ja yleensä pysähtyy saavutettuaan tietyn syvyyden.
3. Rako- eli piilokorroosio, eli rakenteissa on rakoja tai kerrostumia, joista vesi ei pääse kiertämään samalla tavoin kuin muissa metallipinnan alueilla; rakoihin kertyy happea ja muita epäpuhtauksia, jotka kiihdyttävät korroosiota.
4. Galvaaninen eli kontaktikorrosio; mikäli jalompi metalli on kosketuksissa epäjalomman metallin kanssa happipitoisessa sähköä johtavassa vesiliuoksessa, epäjalompi metalli syöpyy.
5. Alkalikorrosio liuottaa kattilaputkia suojaavaa magnetiittikalvoa ja altistaa paljaan metallin korroosiolle.
6. Vetyhaurastuminen, eli magnetiitin liuotessa muodostuu vetyä, joka tunkeutuu teräskiteiden välisiin huokosiin ja aiheuttaa haurastumista.
7. Eroosikorrosio, eli fluidin virtausnopeuden kasvaessa liian suureksi se pystyy irrottamaan metallia suojaavaa oksidikalvoa ja paljastamaan puhtaan metallin korroosiolle.
8. Kavitaatiokorroosio, eli virtaukseen syntyneet kaasukuplat luhistuvat ja aiheuttavat suuria paineiskuja metallin pintaan.
9. Hiertymäkorrosio, eli kaksi toisiaan vastaan puristettua pintaa pääsevät värähtelyn johdosta liikkumaan hieman toistensa suhteen.
10. Raerajakorroosio, eli metallin raerajoille muodostuu korroosiokestävyyttä heikentäviä yhdisteitä.
11. Jännityskorroosio, eli metallin pinnalle muodostuu säröjä sähkökemiallisen korroosion ja pinnassa vaikuttavan vetojännityksen vaikutuksesta.
12. Korroosioväsyminen, eli metalli altistuu värähtelyille, vaihtosuuntaisille kuormille tai termisille vaihteluille.
13. Valikoiva liukeneminen, eli metallin pinnalle muodostuu huokoinen kerros, josta jokin metallin seosaine on liuenut pois. [4.]

3.2 Kuivasäilönnän periaatteet

Kuivauksen kohteena oleva prosessiosa tyhjenetään mahdollisimman kuumana ja mahdollisimman nopeasti. Tyhjennykseen käytettävät venttiilit avataan täysin auki niin pian kuin mahdollista.

Kuivauksen kohteena olevaan prosessiosaan kytketään kuivailmapuhallin heti, kun kohde on jäähtynyt tarpeeksi. Kuivailmapuhaltimien oikea toiminta varmistetaan vähintään kerran viikossa tai harvemmin, mikäli käyttökokemukset niin osoittavat.

JUP-paisuntasäiliö sekä siihen liittyvä putkisto tyhjenetään heti, kun kattilan ulospuhallus on kiinni.

Kylmässä prosessiosassa oleva vesi poistetaan vain käynnistämällä kyseinen prosessiosa ja lämmittämällä prosessiputkisto käyttölämpötilaan. Kylmällä vedellä suoritettavat painekokeet suoritetaan lähellä käynnistystä.

Tulistimet puhalletaan kuiviksi alasajoissa laitossyksikkökohtaisilla ohjeilla, kun lieriöpainetta on vielä jonkin verran jäljellä.

Tulistimiin saa kiertoa poistamalla esimerkiksi sopivan tyhjennysventtiilin sisuskalut huoltojakson ajaksi. Syntyvästä aukosta saadaan ilmaa poistettua.

Syöttövesisäiliöistä avataan sekä ylä- että alaluukut. Paineilmaa käytetään vain hengitysilman riittävän happipitoisuuden varmistamiseksi ennen säiliön sisällä menoa.

Kuivauksen kohteena olevan prosessiosan poistoilman suhteellinen kosteus mitataan sopivasta kohtaa vähintään kerran viikossa tai harvemmin, mikäli käyttökokemukset niin osoittavat. Suhteellisen kosteuden pitää olla alle 30 %.

U-putket pumpataan tyhjiksi mahdollisuuksien mukaan. Lattian alle menevien U-putkien ulkopuolinen vesi pitää myös poistaa.

Lämmönvaihtimien pientä kaukolämpökiertoa voidaan käyttää tehostamaan kuivausta kohteissa, jossa se on mahdollista.

Prosessiputkien sisäpinnoilla ei saa olla tyhjennyksen jälkeen hygroskooppisia, eli vettä itseensä sitovia suoloja. Tämä koskee pääasiassa höyrystinosaa sekä höyryturpiinin siivistöä.

Kalvonmuodostajakemikaali muodostaa joksikin aikaa oikein annosteltuna prosessiputkien sisäpinnoille vettähylykivän kerroksen tyhjennyksen jälkeen. [6.]

3.3 Märkäsäilönnän periaatteet

Kattilaa ei saa täyttää tulistimia myöten, mikäli fosfaattia tai lipeää ei ole huuhdeltu pois kattilavedestä.

Kierrossa olevan veden pitää olla aina kaasuvapaata. Kattilassa ei pidetä vettä vuorokautta kauempaa kattilan ilmausten ollessa auki. Lämmönvaihtimissa ei pidetä vettä vuorokautta kauempaa prosessiosan ollessa pois käytöstä.

Vettä täynnä oleva prosessiosa pidetään paineen puolella. Tähän käytetään puhtausasteeltaan vähintään 99,5 % typpikaasua tai höyryä. Kattila voidaan käynnistää hetkellisesti paineenkorotusajoa varten. Koeponnistuspumppu soveltuu maksimissaan viikon mittaiseen paineenpitojaksoon.

Vettä täynnä olevan prosessiosan kierrätystä suoritetaan sopivasta kohtaa prosessia vähintään kerran viikossa tai harvemmin, mikäli käyttökokemukset niin osoittavat. Kierrätysvirtauksen pitää olla riittävän suuri, jotta vesi kiertää kaikkialla kohteessa.

Syöttövesi- ja kattilaosien osalta voidaan kierrätys hoitaa ajamalla höyryä hetkellisesti kattilan starttiventtiilien kautta, mikäli reduktio- ja turpiiniosaa ei käynnistetä.

Syöttövesisäiliön vettä voidaan kierrättää poistamalla vettä säiliön pohjalta tai syöttövesilinjasta ja ottamalla säiliöön kaasuvapaata vettä.

JUP-paisuntasäiliötä ja siihen liittyvää linjastoa ei käytetä osana märkäsäilöntäkierrätystä. Lieriöstä poistetaan vesi pohjatyhjennyksen avulla. Lieriön pinnansäädön asetusarvoa nostetaan reilusti.

U-putket, joita ei voi tyhjentää jätetään täyteen puhdasta lauhdetta / syöttövettä ja pumpukaivot säilötään ammoniakkiveden avulla. Kaasujen liukeneminen veteen estetään sulkemalla sopivat venttiilit.

Prosessiosien kierrätysten aikana kemikaaliannostelua, vedenvaihtoa sekä kaasunpoistoa valvotaan jatkuvatoimisen näyttötoimiston avulla. Kaikki edellä mainitut toimenpiteet suoritetaan kuten käytön aikana.

Savukaasupuolen metallien pintalämpötilat pidetään tarvittaessa kierrätyksen avulla 20 °C tulipesän kaasujen kastepisteen yläpuolella.

AVT(O)-kemialla, kuten esimerkiksi ammoniakkia käyttävä laitosesiintö märkäsäilötään AVT(O)-kemialla. Vastaavasti AVT(R)-kemialla, kuten hydratsiini, märkäsäilöntä suoritetaan AVT(R)-kemialla.

Tiivis kalvonmuodostajakemikaalikerros estää metallin ja veden sisältämän hapen reaktiot. [6.]

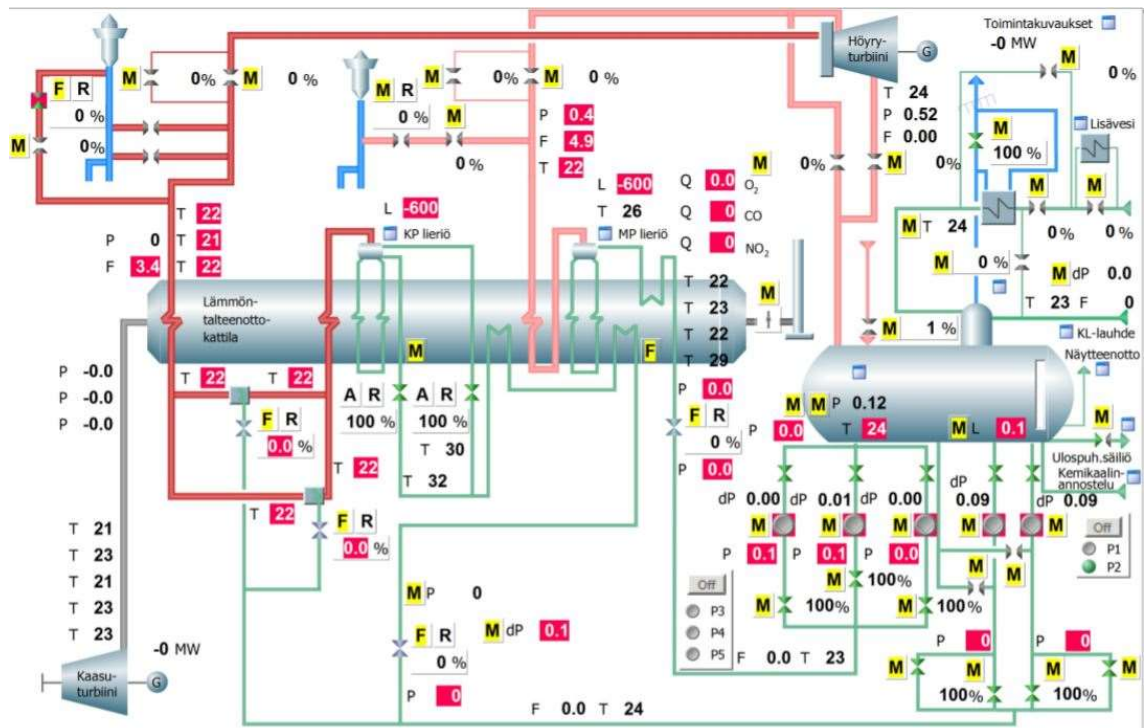
4 Järjestelmän muutos

4.1 Tausta

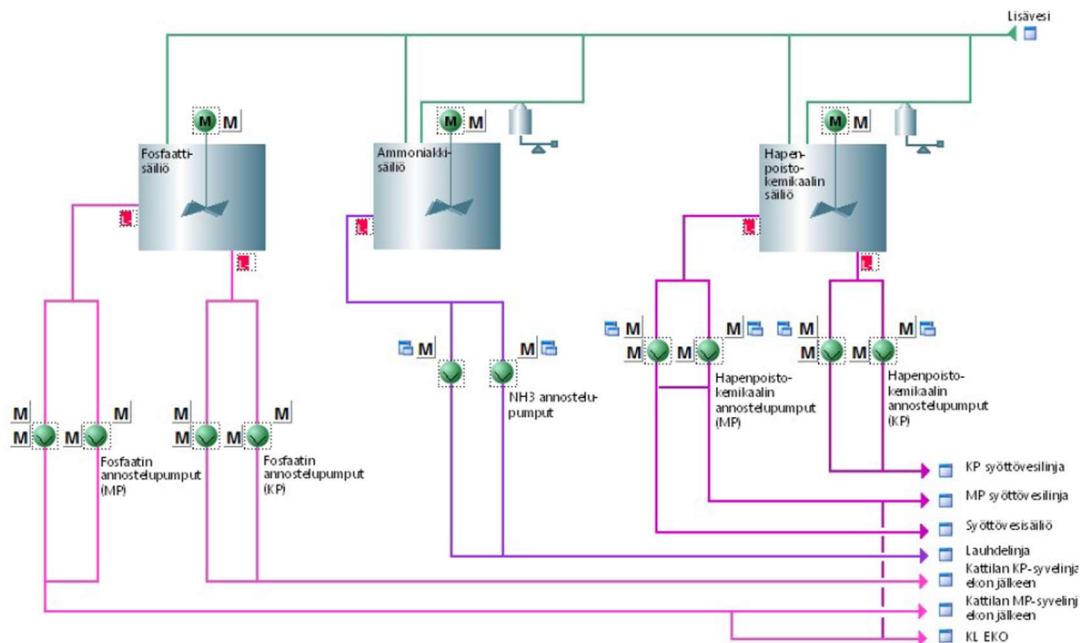
Kombivoimalaitos oli suunniteltu pitkää ja jatkuvaa käyttöä varten. Sen takia kuiva- ja märkäsäilöntää varten tarvittavia osia ei ole rakennettu, eikä siihen liittyvää KP- ja MP-höyrystimien kierrätyspumppuja, vaan ne hankittiin jälkikäteen yhdessä KP- ja MP-lieriöiden höyry- ja typpiyhteiden kanssa. Kuivailmapuhaltimien lisääminen lämmönvaihtimien ja lieriöiden kuivasäilöntään hankittiin myös jälkikäteen. Käynnistys ja alasajo tapahtuu Fortumin tuotannon optimoinnin toiveiden mukaan. Päätökset riippuvat sähkön

tai lämmön kysynnästä. Märkäsäilöntään ajetaan siksi, että jos Fortum haluaa käynnistää laitoksen lähiaikoina. Märkäsäilönnässä ajetaan myös vesitysprosessia, joka kierättää vettä putkiston läpi. Tämä prosessi ajetaan kerran päivässä. Koko prosessi vaatii yleensä 2 tuntia ohjausta valvomosta. Esimerkiksi hönkahöyry-säätöventtiili oli jostain syystä asennettu vinokäsiventtiin tilalle, ja sitä oli ohjattu manuaalisesti yli 10 vuotta. Tarpeen mukaan henkilökunta joutuu operoimaan venttiiliä.

Suurin osa prosessin laitteista on säädettäviä ja ohjattavia. Mutta ohjattavien laitteiden lukumäärä on suuri ja niiden käyttö vaatii paljon käyttökokemusta. Sen takia on syytä automatisoida koko prosessi alusta loppuun asti. Ennen muutosta käyttäjät joutuvat käynnistämään kaikkia laitteita manuaalisesti.



Kuva 5. SO₂-kattilan ajokuva.



Kuva 8. SO₂-kemikaalien annostelujärjestelmän ajokuva.

4.2 Prosessin muutos

Koko projektin muutostyö on jaettu neljään osaan: laitteiden parannukseen tai automaatioon, ajokuvan muutokseen, sekvenssin lisäämiseen ja käyttäjän toimipiteen muutokseen. Valvomon ja käyttäjän haastelussa mainittiin, että suurin osa on kunnossa, paitsi muutamat käsiventtiilit, jotka saa vaihtaa moottoritoimiseksi säätöventtiiliksi. Ajokuva on luotu laitoksen valmistuksen aikoihin. Sen takia siihen ei ole vesityksen prosessia piirretty. Ajokuva ja sekvenssi tehtiin käyttäjän toivomuksen mukaan. Lopuksi järjestelmään tulee yhden sivun uusi ajokuva, joka keskittyy vain vesitysprosessiin. Ajokuvassa lisättiin 4 sekvenssin käynnistyspainiketta. Käyttäjän toimenpiteet vähenevät projektin jälkeen. Tavoitteen mukaan käyttöhenkilökunta valvomossa painaa vain käynnistystä tai pysähdystä.

4.2.1 Laitteiston muutos

Arvioinnin jälkeen päätimme, että automatisoidaan Hönkähöyry-säätöventtiili, joka on tärkeä prosessissa. Muut tarvittavat venttiilit päivitetään myöhemmin. Hönkähöyry-säätöventtiili sijaitsee syvesäiliön yläpuolella hankalassa tilassa. Toimilaitte venttiilille on tilattu ennen asennusta, mutta lopuksi ei ole asennettu säätöventtiiliä vaan vinokäsiventtiili. Toimilaitteen asennuksen suoritti toimilaitteen valmistaja AUMA. Asentajan mukaan syy, miksi ei ole asennettu toimilaitetta venttiilille, on venttiilin sijainti liian lähellä kattoa, jolloin toimilaitte ei mahdu venttiilin ollessa normaaliasennossa. Asentaja hitsasi adapteeria venttiiliin ja käänsi toimilaitteen, joten toimilaitte venttiiliin saadaan asennettua. Työhön meni muutama tunti, ja sen jälkeen venttiiliä saatiin ohjattua valvomosta.

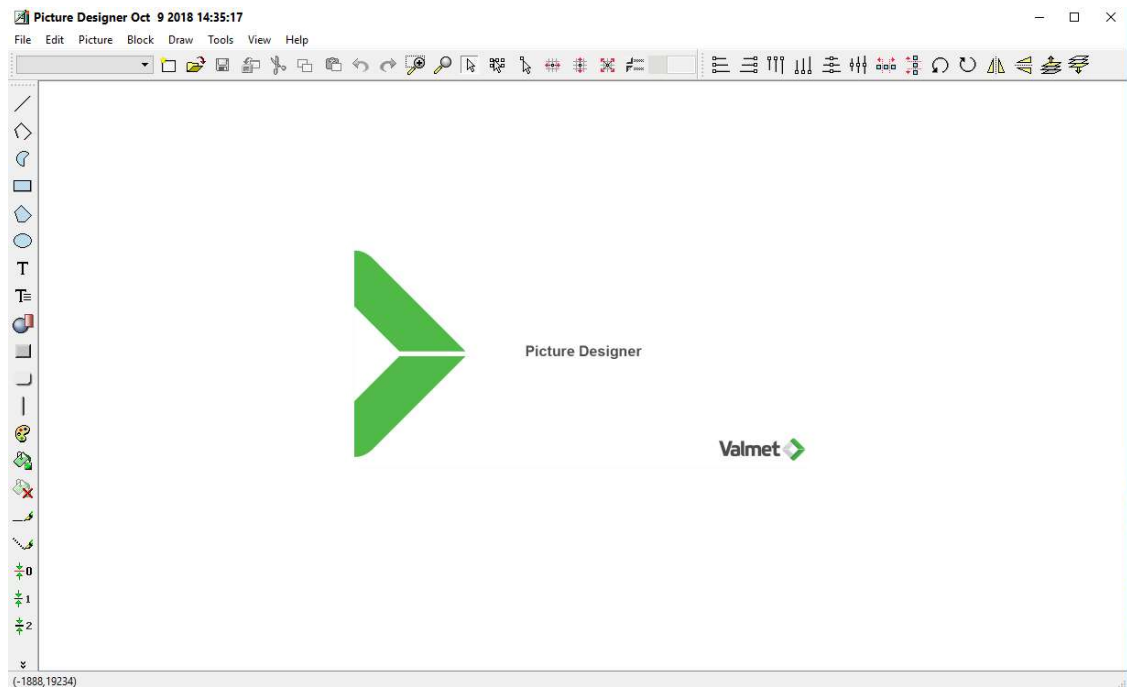


Kuva 9. Hönkähöyryn-säätöventtiili.

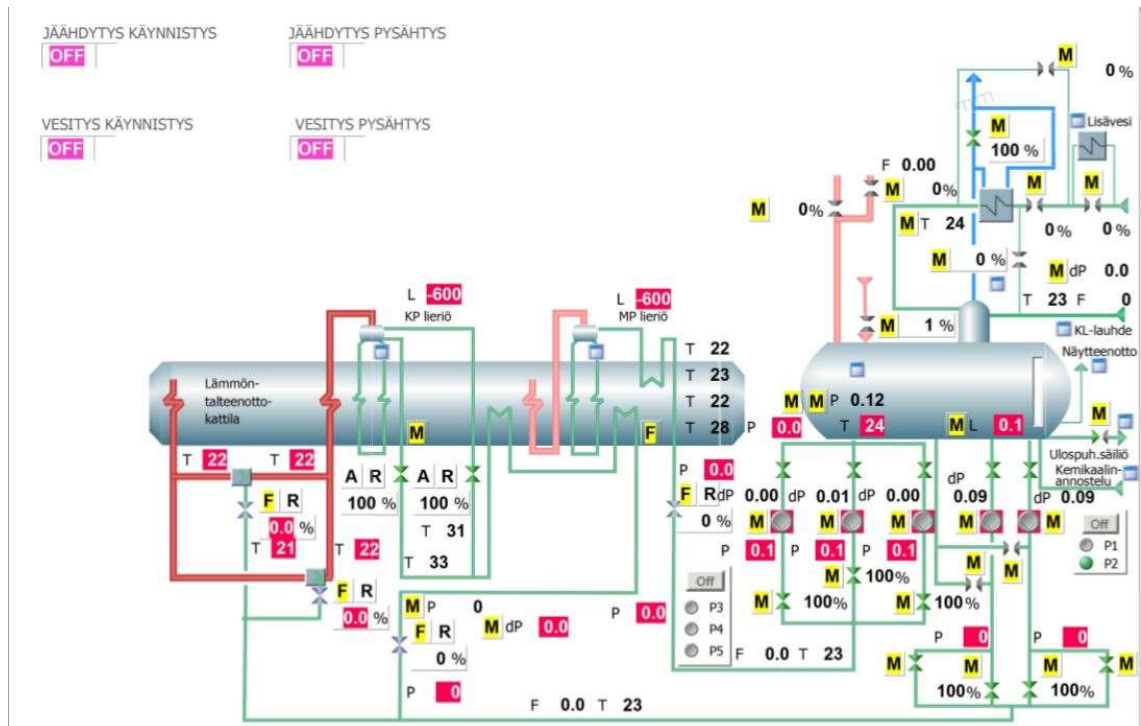
4.2.2 Ajokuvan muutos

Ajokuva tuotetaan DNA Explorer -ohjelmassa olevan Picture Designer -ohjelman avulla. Käyttäjän toivomuksen mukaan uudessa kuvassa tarvitaan vain lämmöntalteenottokatti-

lan piiri ja syvesäiliön piiri sekä sekvenssin ohjausikkuna. Kuva on kopioitu muista kuvista ja siitä on poistettu ylimääräisiä asioita, joista ei ole hyötyä vesitykseen. Kuvaan on lisätty kaikki sekvenssin ohjausikkunat ja muutama mittausta ja ohjaus.



Kuva 10. Valmet Pictures Designer -ohjelma.



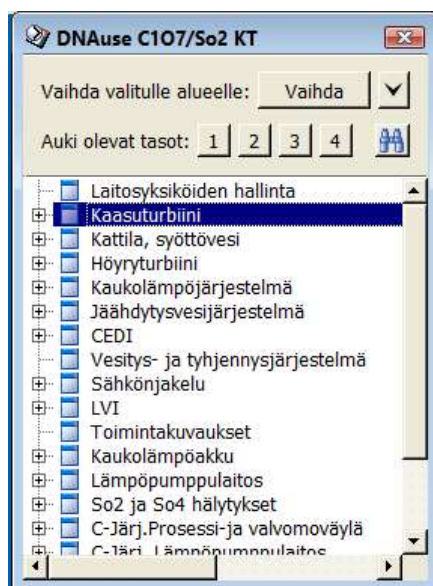
Kuva 11. Vesitysprosessin ajokuva.

Kuvassa 11 on kaikki tarvittavat osat, joista valvomo voi seurata sekvenssiä ja prosessin tilaa. Käyttäjät pystyvät myös reagoimaan heti vikatilanteessa. Samassa ikkunassa he pystyvät suorittamaan ja valvomaan sekä säätämään koko vesityksen prosessin.

Kuvan vasemmassa yläkulmassa on neljä painiketta koko prosessin ohjaamiseen, eli jäähdytyksen ja vesityksen käynnistys ja pysähdytys. Sekvenssi käynnistyy painamalla ON-painiketta ja sisäikkunassa näkyy kenttälaitteiden tilatiedot ja sekvenssien käyttövaiheet. Vikatilanteessa hälytetään punaisella vilkulla laitteen nimen kohdalla ja äänellä. Valvomo pystyy heti reagoimaan ja tarkentamaan vikatyyppejä.

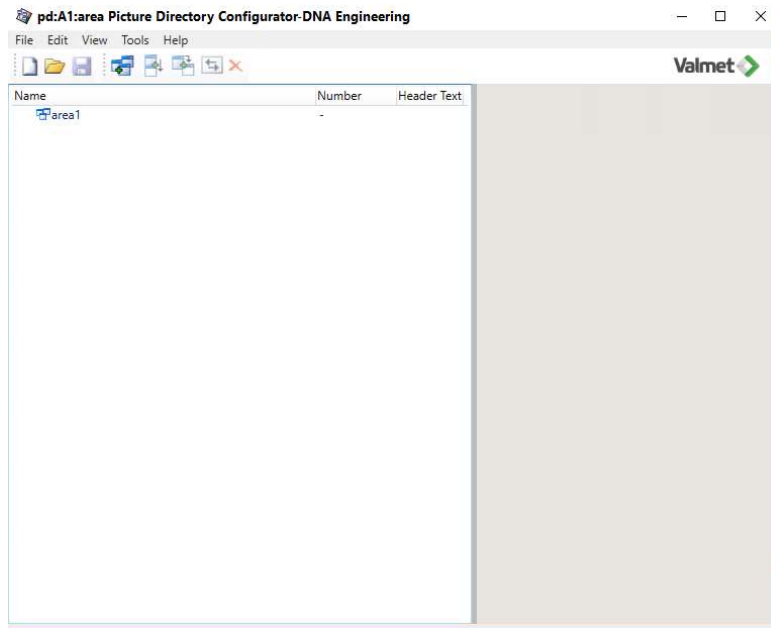
4.2.3 Kuvaluettelon muutos

Vaikka ajokuva on piirretty ja määritelty oikein Metso DNA -ympäristössä, se ei heti näy oikein DNA Operate Client -ohjelmassa. Sen jälkeen on muutettava myös kuvaluettelo.

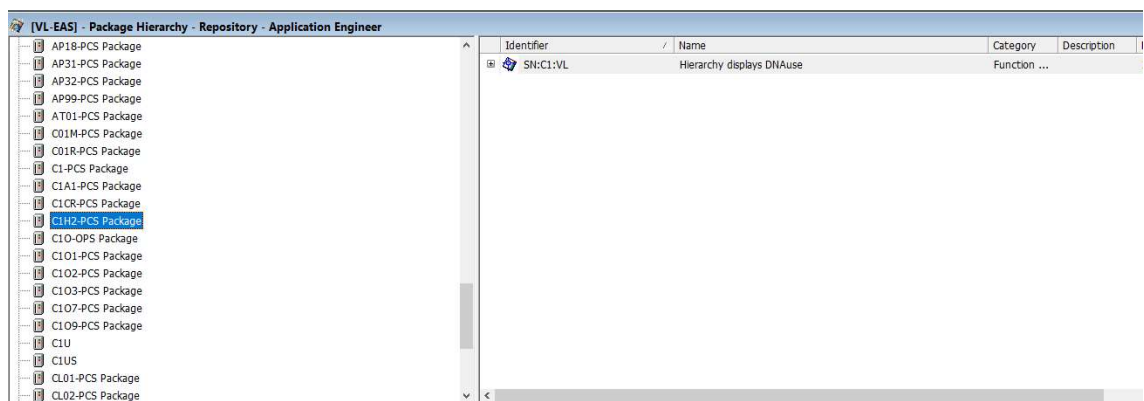


Kuva 12. Ajokuvaluettelo.

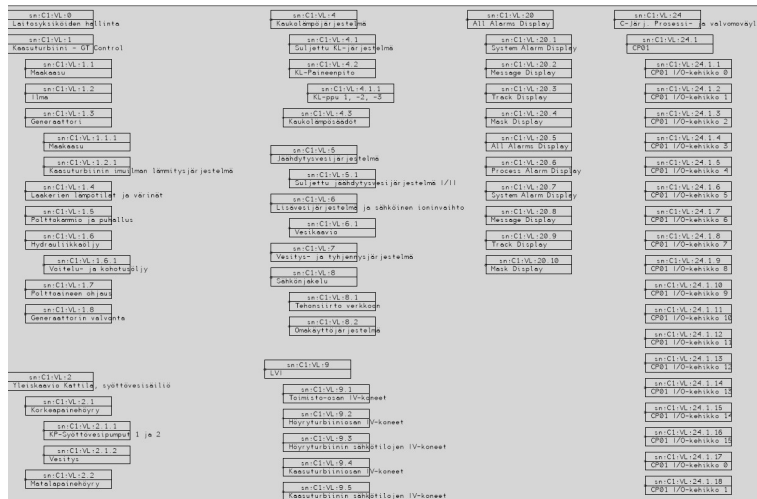
Kuvaluettelo tehdään kahdella tavalla. Vanhalla tavalla tehdään ohjelma, eli samaan tapaan kuin tehdään logiikkaohjelmaa. Uudella tavalla tehdään "pictree" ohjelmalla. Mutta tälle laitokselle se oli luotu vanhalla tavalla alustavasti. Siksi tälle projektille on myös kuva luotu sen mukaan. Ohjelma on DNA Explorer -ohjelmassa oleva C1H2-PCS-asemalla. Vesityksen ajokuva on lisätty käyttäjän toivomuksen mukaan kolmannelle tasolle, joka on sivu 2.1.2.



Kuva 13. Uuden ajokuvaluettelon muokkaustyökalu.



Kuva 14. Vanha ajokuvaluettelon muokkaustyökalu.



Kuva 15. Vanha ajokuvaluettelon muokkaustyökalu.

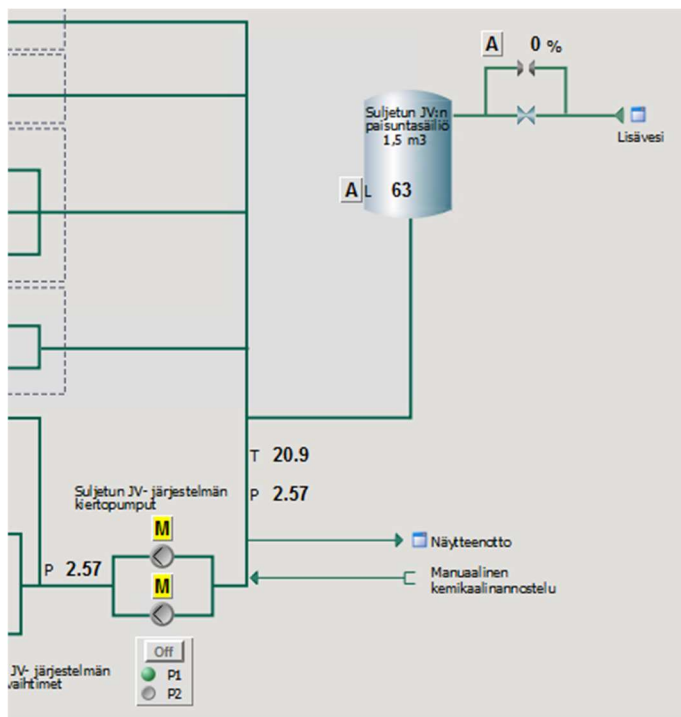
4.2.4 Sekvenssin muutos

Käyttäjän toivomuksen mukaan on luotu yhteensä 4 sekvenssiä, joiden nimet ovat vesityskäynnistys, vesityspysähdytys, jäähdytyskäynnistys ja jäähdytyspysähdytys. Ne voi käynnistää tilanteen mukaan. Koska jäähdytys on oltava päällä ennen kuin käynnistää vesitysprosessia, mutta välillä jäähdytys voi olla päällä ja välillä ei. Siksi käyttäjä haluaa, että jäähdytyksellä on oma sekvenssinsä. Vesitysprosessin kesto-aika vaihtelee tilanteen mukaan. Siksi myös käynnistyksellä ja pysähdytyksellä on oma sekvenssinsä.

Sekvenssin luominen suoritetaan seqCAD:n työkalulla. Valmetin ohjeen mukaan sekvenssi on tehty 1 askel per sivu. Sivun vasemmalla ovat ehdot, jotka on täytettävä ennen kuin sekvenssi jatkaa. Sivun oikealla ovat käskyt, jotka ohjaavat esimerkiksi venttiiliä tai säätöä.

Vesityskäynnistyssekvenssissä on yhteensä 8 askelta, jotka ovat Jäähdytys Ok, Käynnistys, Pumppu start, Pumput 2, KP MP, KP MP 2, Tuki ON ja Loppu.

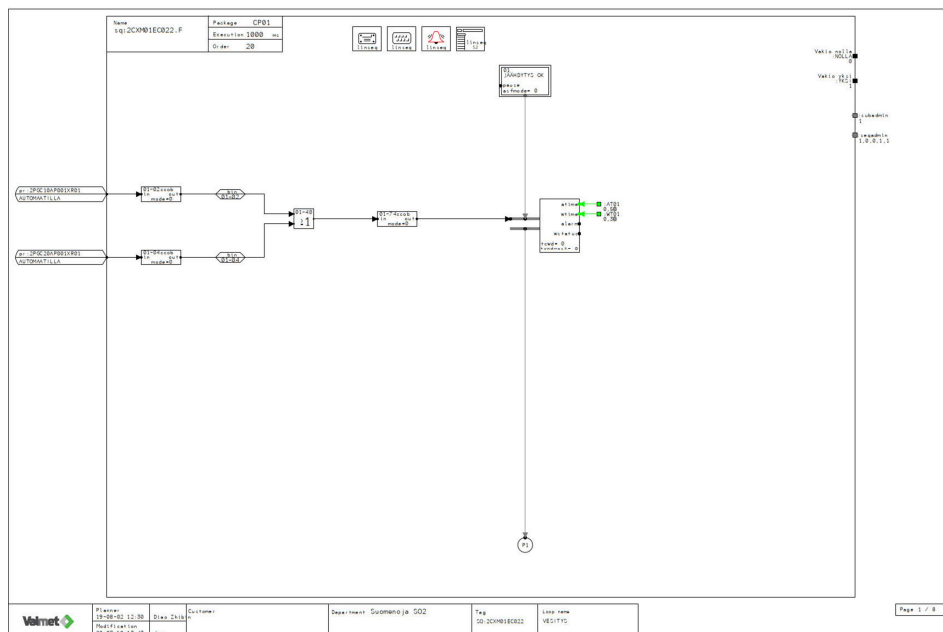
Askel 1 varmistaa, että jäähdytys on päällä. Kun sekvenssi ”jäähdytyskäynnistys” on ajettu loppuun, niin jäähdytysprosessi on päällä ja automaattilla, mutta varmuuden vuoksi kannattaa lisätä myös sekvenssiin askel 1:een ehto, että jäähdytys on päällä.



Kuva 16. Jäähdytysjärjestelmäosa ajokuvassa.



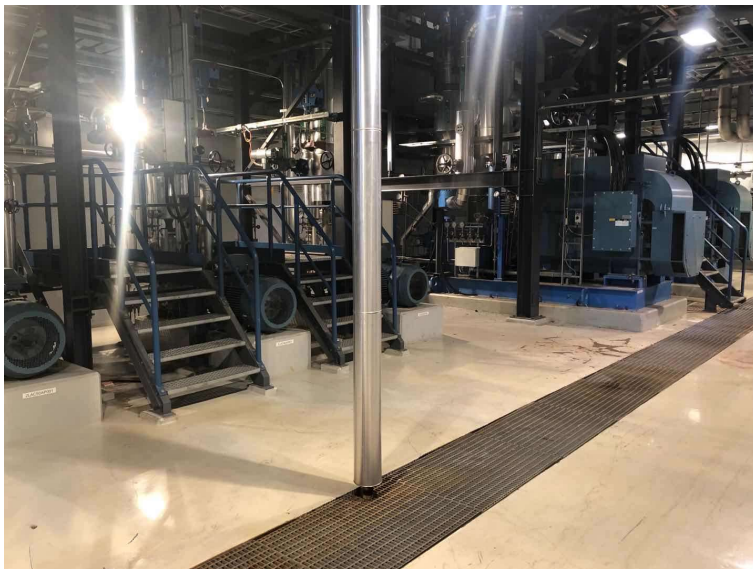
Kuva 17. Jäähdytyspumput.



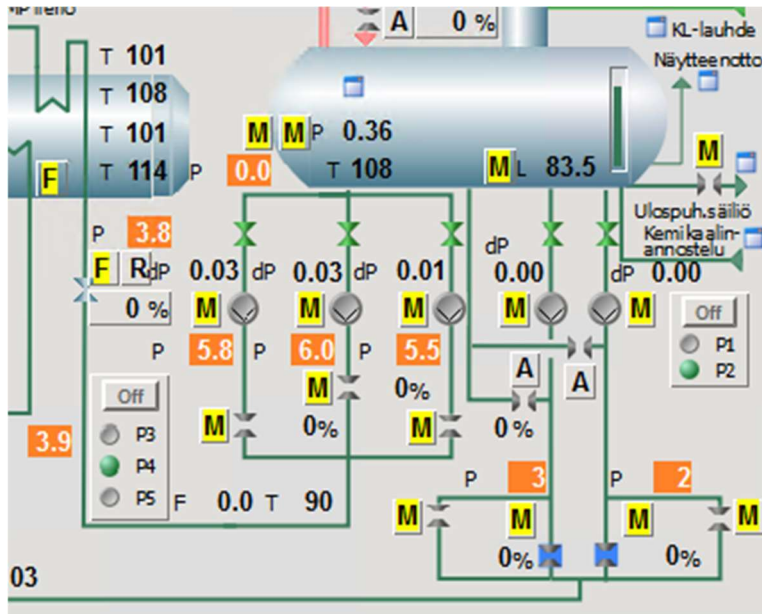
Kuva 18. Vesityskäynnistyssekvenssin askel 1.

Askel 2 käynnistää syvesäiliön pinnan ja virtauksen sekä niihin liittyvät säädöt ja pumput. Syvesäiliössä säilytetään kaikki tarvittava vesi, mikä osallistuu vesityksen prosessiin. Säiliön on oltava pysyvästi täynnä ja lämmin. Koko syvesäiliön säädöt ovat jo valmiita ja tässä askeleessa muutetaan tietty asetusarvo sopivaksi ja säätö automaattiseksi.

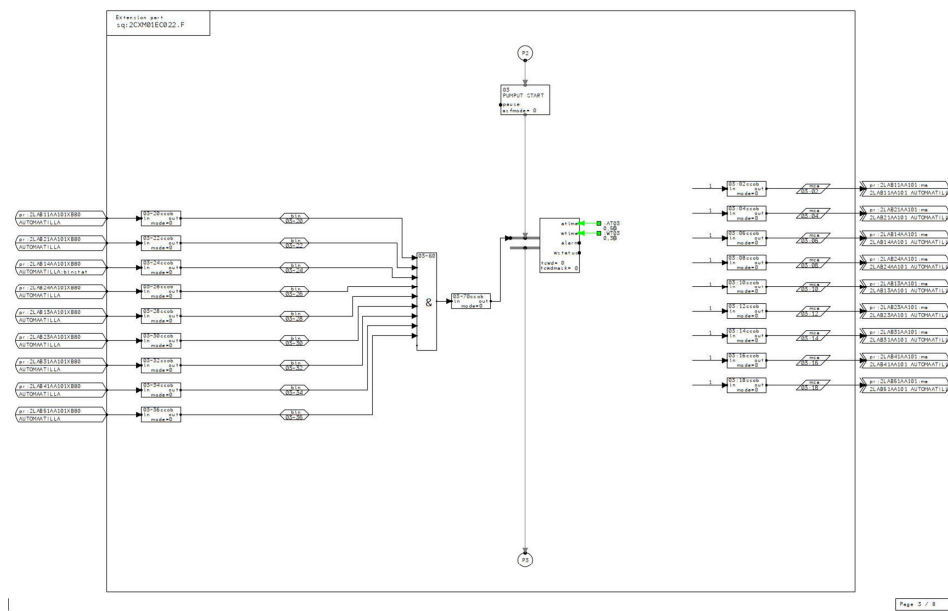
Askel 3 ja 4 käynnistää pumppuja ja muuttaa myös pumppujen ohjaustapaa automaattiseksi. Tässä vaiheessa aloitetaan pumppaamaan vettä MP- ja KP-lieriöön. Pumppuja on yhteensä 5. Pumpuista 3 on tarkoitettu MP-lieriöön ja 2 on tarkoitettu KP-lieriöön. Pääsääntöisesti ajetaan vain yhtä pumppua yhteen lieriöön. Mutta tarvittaessa voi myös ajaa enemmän. Pumpulle on myös tehty vaihtologiikkaa, eli se voi käynnistää toista pumppua automaattisesti, jos pääpumppu on pysähtynyt.



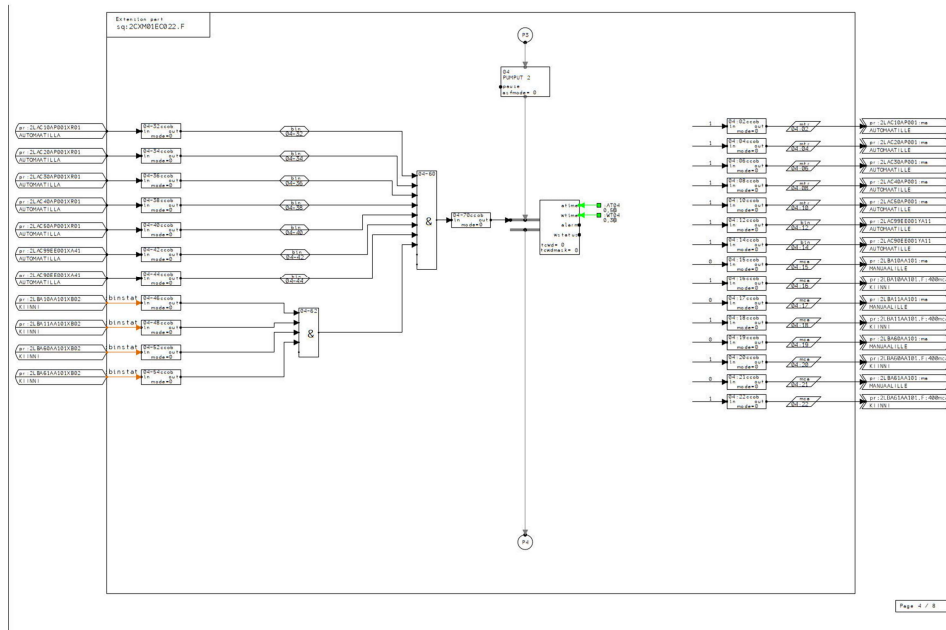
Kuva 21. KP- ja MP-syöttövesipumput.



Kuva 22. KP- ja MP-syöttövesipumput ajokuvassa.

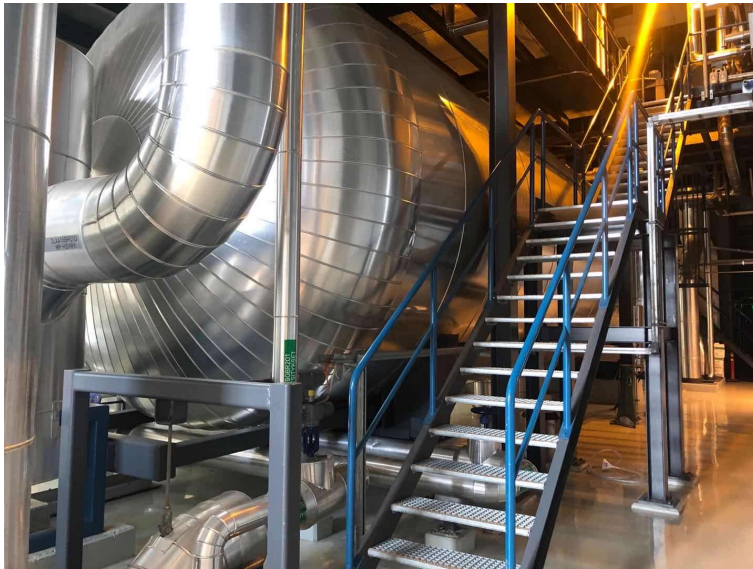


Kuva 23. Vesityskäynnistyssekvenssin askel 3.

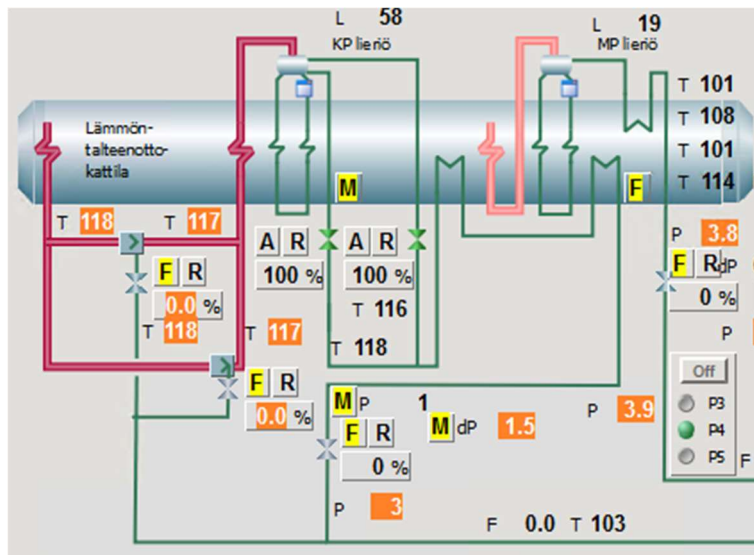


Kuva 24. Vesityskynnistyssekvenssin askel 4.

Askel 5 ja 6 avaa korkeapaineen ja matalapaineen lieriön venttiiliä ja muuttaa sen automaattiseksi. KP- ja MP-lieriön pinnan säädöt ovat jo olemassa, ja pinnat pysyvät asetusarvon mukaisena.

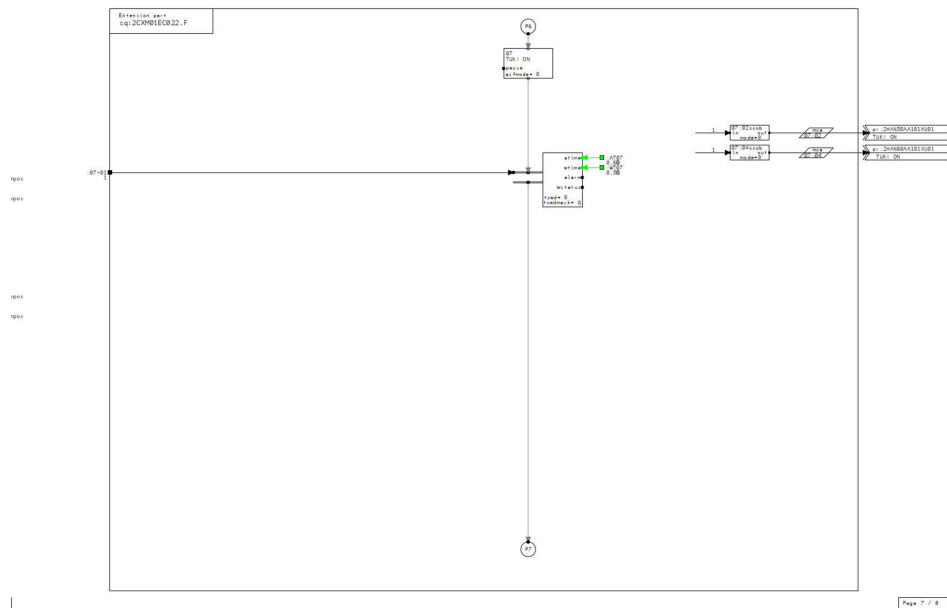


Kuva 25. MP-lieriö.

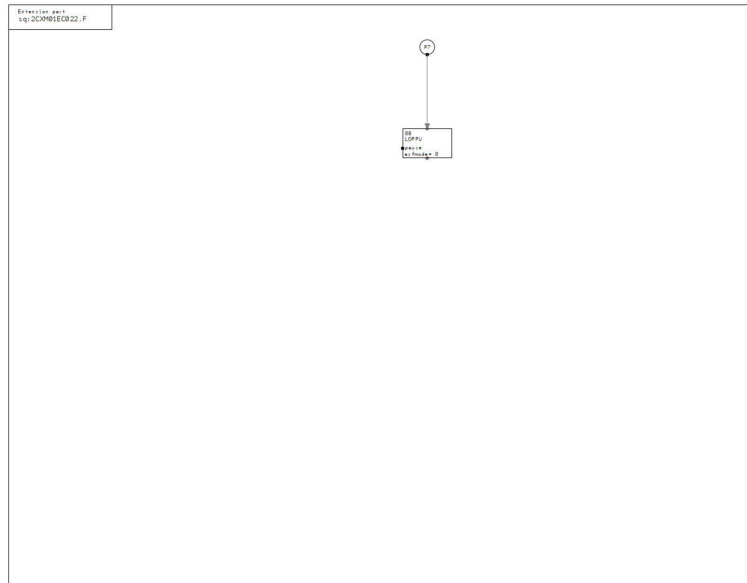


Kuva 26. Talteenottokattila ja siihen liittyväpiiri ajokuvassa.

Askel 7 käynnistää KP- ja MP-lieriön pinnan säädöt automaattiseksi, kun voimalaitoksen ylösajo vaatii runsaasti lämmintä vettä. Märkäsäilönnässä on pinnan säädöt yleensä muutettu jo valmiiksi automaattiseksi, mutta tässä vaiheessa varmuuden vuoksi ohjataan ne myös automaattiseksi.



Kuva 29. Vesityskäynnistyssekvenssin askel 7.



Kuva 30. Vesityskäynnistyssekvenssin askel 8.

4.2.5 Ohjelman tarkistus

Ohjelman latauksen jälkeen on suoritettava ohjelman tarkistusta. Ohjelman tarkistustyökalu löytyy myös Metso DNA -ympäristössä. Tarkistuksen jälkeen Log Viewerissä tulostetaan virheitä. Kaikki virheet ovat korjattavaa ennen kuin ohjelmaa käynnistetään. Kuva 31 on vesityskäynnistyssekvenssin ensimmäisen tarkistus ohjelman latauksen jälkeen. Virheitä oli yhteensä yli 300. Lopuksi saatiin kaikki korjattua.

Date	Classi...	Message	Source	User	Applicati...	Host	Id	pid
2020-07-10 13:52:18	Info	----- Log cleared -----		dna		VL-EAS	0	10084
2020-07-10 13:52:25	Info	started checking for dependencies		dna	check	VL-EAS	1	10084
2020-07-10 13:52:25	Info	checking for dependencies finished		dna	check	VL-EAS	2	10084
2020-07-10 13:52:25	Info	started external check of autoinfo function SQ:2C\M01EC022	SQ:2C\M01EC022	dna	check	VL-EAS	3	10084
2020-07-10 13:52:27	Info	finished external check of autoinfo function SQ:2C\M01EC022	SQ:2C\M01EC022	dna	check	VL-EAS	4	10084

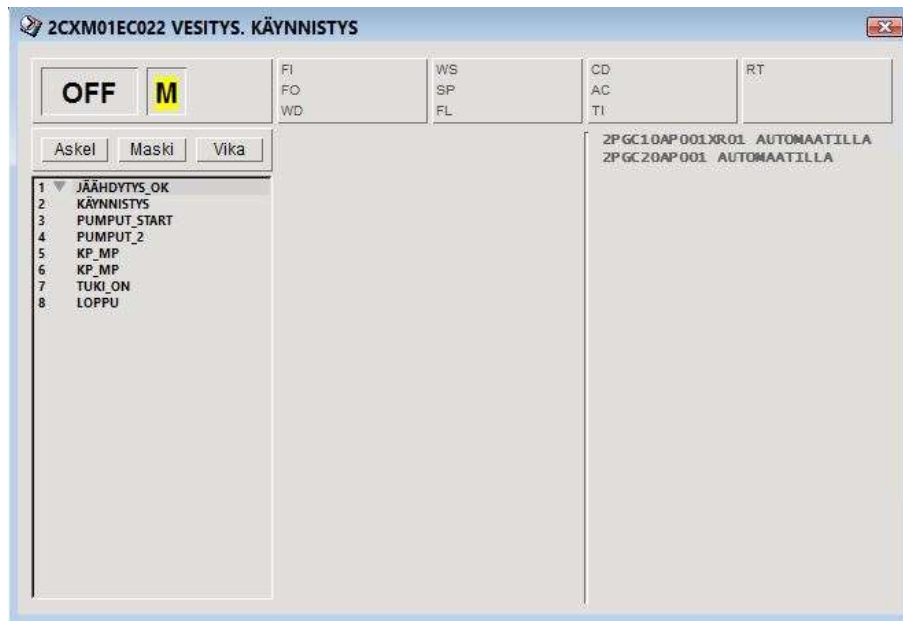
Kuva 32. Tulos ohjelman tarkistuksesta.

4.2.6 Käyttäjän toimenpiteen muutos

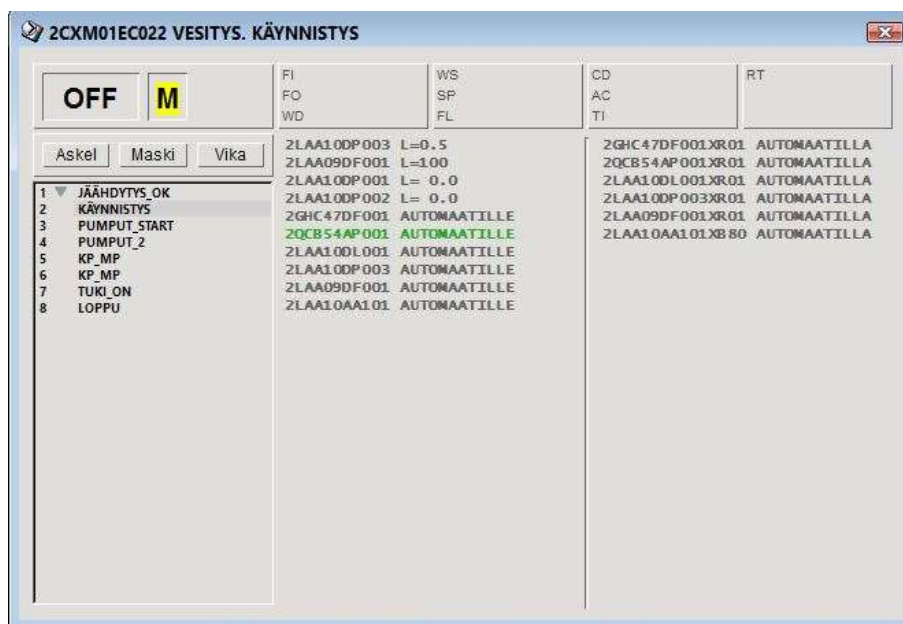
Tämän projektin jälkeen käyttäjien ei tarvitse enää käynnistää jokaista laitetta tai säätöä manuaalisesti, vaan yhdellä painikkeella käynnistetään koko sekvenssi. Vikatilanteessa sekvenssi hälyttää ja näyttää punaisella värillä vikakohtetta, jolloin käyttäjät pääsevät tekemään jatkotoimenpiteitä nopeammin kuin ennen. Myös sekvenssin askel voidaan pysäyttää tai ohittaa. Se myös joustaa vesitysprosessissa.

5 Käyttöönotto

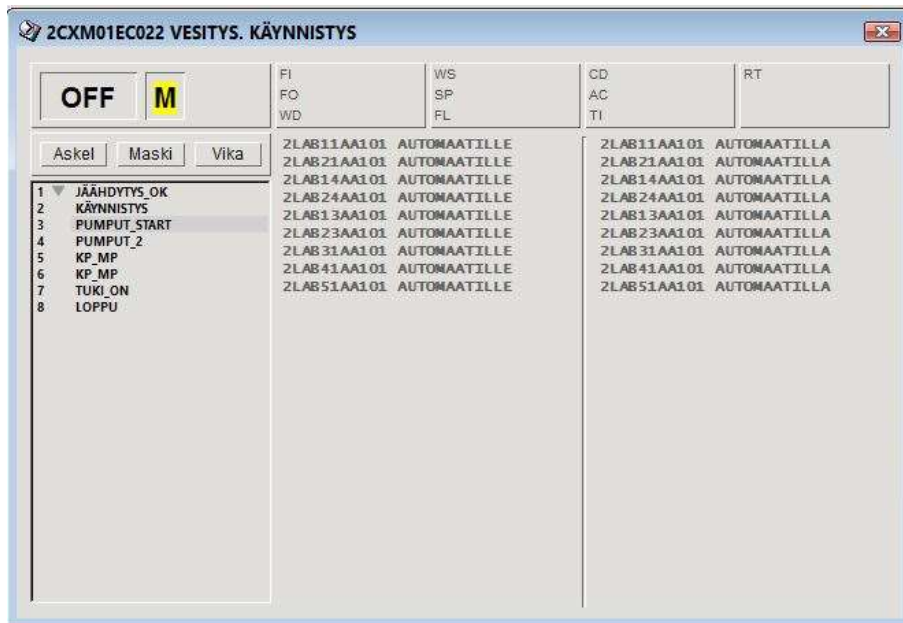
Projektin käyttöönotto suoritettiin valvomossa. Sekvenssit ja ajokuvat on tarkistettu ohjelmalla ja tallennettu EASiin. Kenttälaitteen muutoksen jälkeen on suoritettu oma käyttöönotto. Esimerkiksi hönkähöyryventtiilin muutos on työn jälkeen testattu toimivaksi. Koko prosessi on testattu askelittain ja samalla valvottu mittauksen muutosta ja vertailtu käsinohjauksella prosessin arvoa. Lopputulos on onnistunut. Sen jälkeen pidettiin koulutusta käyttäjille. Samalla kerrottiin myös ratkaisu vika- tai ongelmatilanteessa. Käyttäjät oppivat nopeasti, kuinka uusi prosessi on suhteellisesti yksinkertaisempi ja käyttäjiltä tarvitaan vähemmän toimenpiteitä.



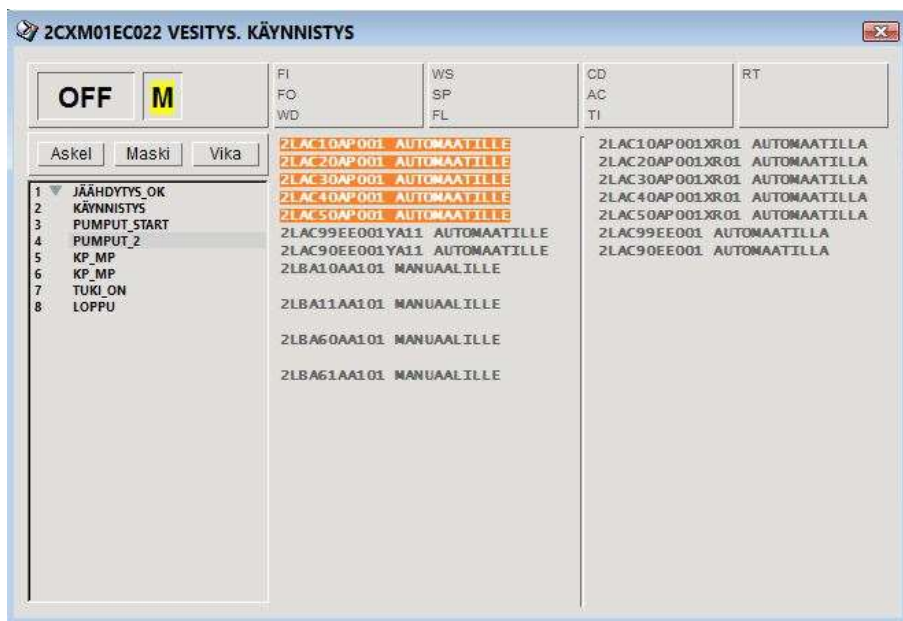
Kuva 33. Sekvenssivesityskäynnistys askel 1 käynnistysikkuna ajokuvassa.



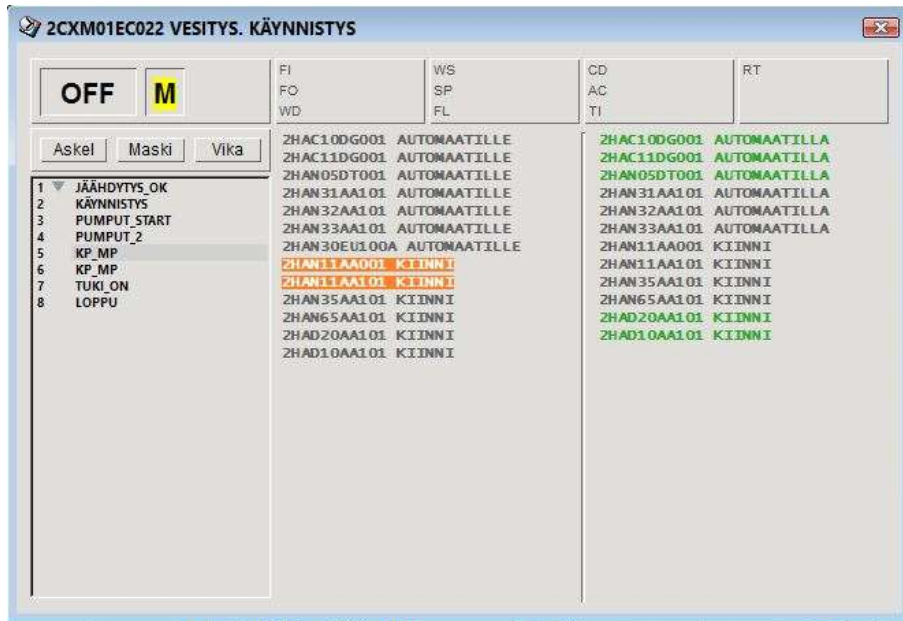
Kuva 34. Sekvenssivesityskäynnistys askel 2 käynnistysikkuna ajokuvassa.



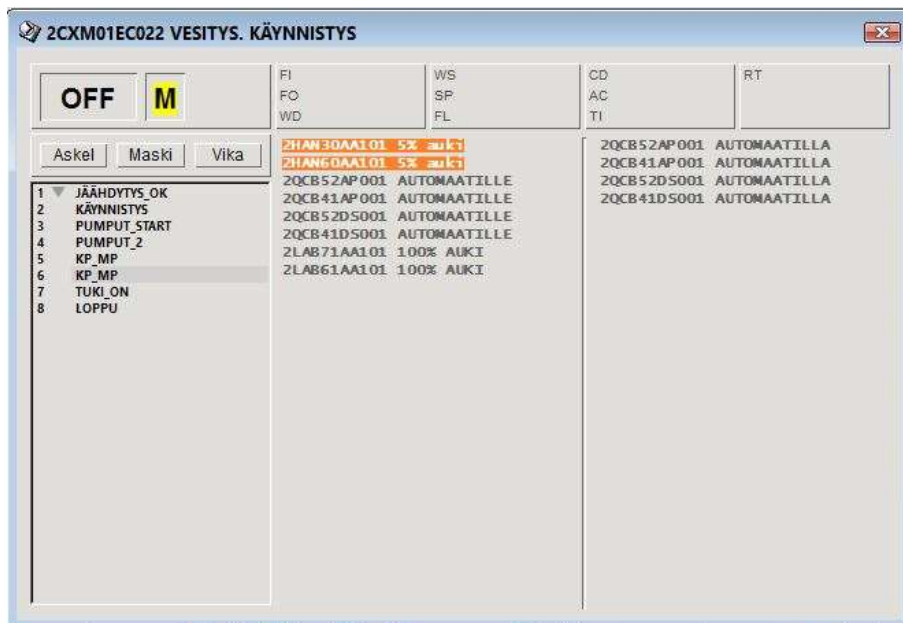
Kuva 35. Sekvenssivesityskäynnistys askel 3 käynnistysikkuna ajokuvassa.



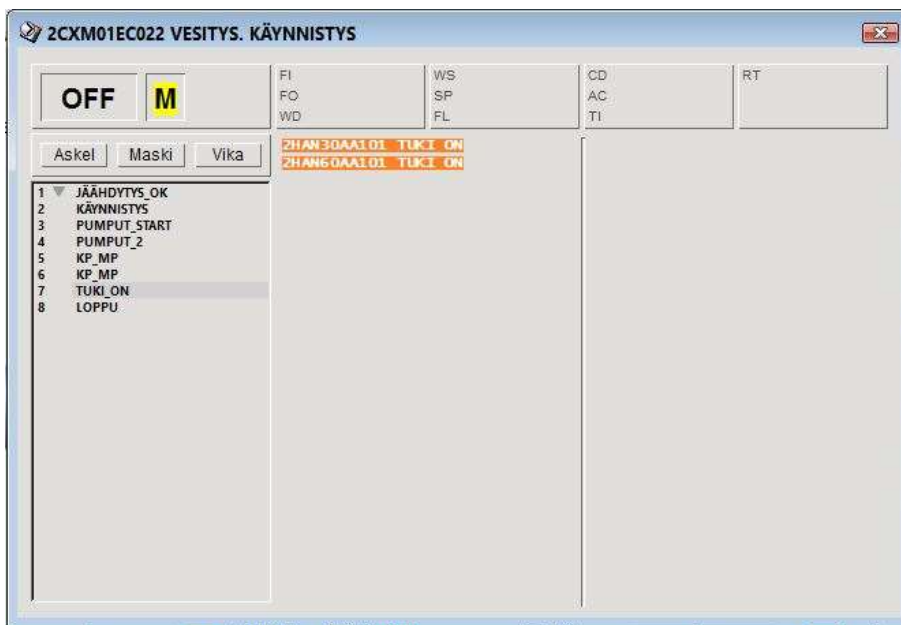
Kuva 36. Sekvenssivesityskäynnistys askel 4 käynnistysikkuna ajokuvassa.



Kuva 37. Sekvenssivesityskäynnistys askel 5 käynnistysikkuna ajokuvassa.



Kuva 38. Sekvenssivesityskäynnistys askel 6 käynnistysikkuna ajokuvassa.



Kuva 39. Sekvenssivesityskäynnistys askel 7 käynnistysikkuna ajokuvassa.

Projektiin sisältyy 4 sekvenssiä, jotka ovat jäähdytyksen käynnistys, pysäytys ja vesityksen käynnistys, pysäytys. Niiden käynnistysmenetelmä aloittaa ensin jäähdytyskäynnistyssekvenssiä. Kun pumppujen jäähdytykset ovat päällä, sen jälkeen käynnistetään vesityskäynnistyssekvenssiä. Kun vesitysprosessi on valmis, käynnistetään vesityspysähdyssekvenssi ja sen jälkeen tehdään jäähdytyspysähdys. Tämä toimenpide on käyttäjille tuttua, koska se on samanlainen prosessiajo kuin aikaisemminkin.

6 Yhteenveto

Työn alussa tutkittiin kombivoimalaitoksen vesitysprosessin ohjaustilannetta. Samalla haastateltiin monta käyttäjäryhmää ja kunnossapitäjää. Kiirettä aiheutui liikaa manuaalisista toimenpiteistä, ja erityisesti niistä laitoksen ylösajon aikana. Prosessin automatisointi vapauttaa aikaa muihin töihin.

Ongelmia insinööriä tehtessä oli paljon. Esimerkiksi kustannukset venttiilimuutoksesta on joutunut selvittämään monelle henkilölle laitoksen organisaatiossa. Ohjelman käytöstä ja sekvenssin tekemisestä sekä vianetsinnästä ei aina löytynyt apua työpaikalla, mikä hankaloitti insinööriä tekemistä. Vesitysprosessin osalta osaaja ei aina ollut töissä.

Työ on kuitenkin onnistunut ja valmis käyttöön. Prosessia käytetään jatkossa Fortumin ohjeen mukaan ja sitä parannetaan jatkuvasti käyttäjien toiveiden mukaan. Jatkuva automatisointi voidaan laajentaa esimerkiksi märkäsäilönnän tai kuivasäilönnän ylös- ja alasajoon.

Lähteet

- 1 Lepistö, Henna. 2018. Kalkkilietaisuuttimien kunnonvalvonta kontaktimikrofonien avulla. Insinööriyö. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 2 Laipio, Harri. 2019. Ilmakuva Suomenojan voimalaitoksesta.
- 3 Roshana, Mahdmood.2018. Suomenojan voimalaitosalueen vesitase. Insinööriyö. Lahden Ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 4 Latvala, Arto. 2015. Kattila 3:n säilöntä. Insinööriyö. Oulun ammattikorkeakoulu. Theseus-tietokanta.
- 5 Espo Jere. 2020. Kuva happikorroosiokuopista.
- 6 Espo Jere. 2020. Märkä- ja kuivasäilönnän periaatteet.
- 7 Espo, Jere. 2020. Sähköpostikeskustelu 24.8.2020.