

Lauri Valtteri Ruotsalainen

# Hyötyvoimalaitoksen lentotuhkan käsitte- lyn toimintakuvaukset, toiminta ja analysointi

Opinnäytetyö  
Sähkö- ja automaatiotekniikka

2020



**Kaakkois-Suomen  
ammattikorkeakoulu**

<b>Tekijä/Tekijät</b>	<b>Tutkintonimike</b>	<b>Aika</b>
Lauri Valtteri Ruotsalainen	Insinööri (AMK)	Maaliskuu 2020
<b>Opinnäytetyön nimi</b>		
Hyötyvoimalaitoksen lentotuhkan käsittelyn toimintakuvaukset, toiminta ja analysointi		36 sivua 3 liitesivua
<b>Toimeksiantaja</b>		
Kotkan Energia Oy		
<b>Ohjaaja</b>		
Juha Korpijärvi (Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu) Veli-Matti Arola (Kotkan Energia Oy)		
<b>Tiivistelmä</b>		
<p>Voimalaitoksissa voi esiintyä jopa tuhansia eri piirejä, joiden kaikkien tuntemus on haastavaa ja joissain tapauksia jopa mahdotonta. Kotkan Energian Hyötyvoimalaitoksen järjestelmässä on yhteensä noin 2000 piiriä, joiden ohjauksesta ja operoinnista vastaa pääasiassa kaksi henkilöä. Toimintakuvaukset ovat luotu operaattoreiden sekä kunnossapidon tueksi jokapäiväisessä työnteossa. Toimintakuvaukset sisältävät paljon piireihin liittyviä tietoja, kuten piiriin hälytykset, lukitukset, toiminnan ja vaikutukset muihin piireihin.</p> <p>Opinnäytetyössä esitellään Hyötyvoimalaitoksen toimintaa ja syvennyttään lentotuhkaan ja sen käsittelyyn sekä käydään läpi työn aikana käytetyt sovellukset ja niiden operointi. Työn aikana käytettyihin sovelluksiin kuuluvat koko prosessia ohjaava ja ylläpitävä Honeywell Experion PKS -automaatiojärjestelmä ja sen sovellukset sekä PMD Builder -sovellus, jonka kautta päästiin lähemmäksi automaatiojärjestelmän toimintaa. Itse toimintakuvaukset laadittiin HTML-dokumenteiksi käyttämällä KompoZer-sovellusta.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli analysoida Hyötyvoimalaitoksen lentotuhkan käsittelyä ja laatia sitä koskeville piireille piirikohtaiset toimintakuvaukset. Piirikohtaisien toimintakuvauksien laatimisessa apuna käytettiin pääasiassa PMD Builder- ja Honeywell Experion PKS -sovellusta sekä lentotuhkan käsittelyyn kuuluvia dokumentteja.</p> <p>Lentotuhkan käsittelyprosessiin kuului 68 eri piiriä, joista neljä oli sekvenssiohjauspiiriä. Kaikkien piirien toimintakuvaukset siirrettiin lopulta Hyötyvoimalaitoksen palvelimelle, jossa niitä voidaan hyödyntää jokapäiväisessä työnteossa sekä uusien operaattoreiden avustamisessa ja perehdyttämisessä.</p>		
<b>Asiasanat</b>		
Automaatio, toiminta, lentotuhka, kuvaus, voimalaitos		

Author (authors)	Degree	Time
Lauri Valtteri Ruotsalainen	Bachelor of Engineering	March 2020
<b>Thesis title</b> The use of the functional descriptions of the fly ashes, operation and analysis <span style="float: right;">36 pages 3 pages of appendices</span>		
<b>Commissioned by</b> Kotkan Energia Oy		
<b>Supervisor</b> Juha Korpijärvi (South-Eastern Finland University of Applied Sciences) Veli-Matti Arola (Kotkan Energia Oy)		
<b>Abstract</b> <p>Power plants can have thousands of different automation loops and knowing all of them is challenging and in some cases almost impossible. Kotkan Energia waste-to-energy power plant contains about 2000 loops, which are controlled and operated mainly by just two people. The main purpose of this thesis was to analyze the fly ash process in waste-to-energy power plant and to create functional descriptions for its every automation loop. PMD Builder, Honeywell Experion PKS and fly ash processing documents were used to help while creating functional descriptions.</p> <p>This thesis introduces the operation of a Kotkan Energia waste-to-energy power plant and goes into more detail on fly ash and its processing. Applications used during this thesis consist of Honeywell Experion PKS automation system, which controls and maintains the entire process and its applications, together with PMD Builder application that enables you to get closer to the automation controls itself. The functional descriptions were created as HTML-documents using KompoZer application.</p> <p>The fly ash processing process involved 68 different automation loops and four of them were sequence control loops. All functional descriptions were eventually transferred to power plants own server, where they can be utilized in everyday work and they also provide help when orientating new operators.</p>		
<b>Keywords</b> Automation, function, fly ash, description, power, plant		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	HYÖTYVOIMALAITOS.....	6
2.1	Hyötyvoimalaitoksen toiminta.....	7
2.2	KKS-tunnusjärjestelmä.....	11
3	LENTOTUHKA.....	12
3.1	Lentotuhkan käsittely.....	14
3.2	Sekvenssiohjaus.....	17
4	HONEYWELL EXPERION PKS -AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ.....	17
4.1	Operointi.....	18
5	PMD BUILDER.....	20
6	KOMPOZER.....	23
7	TOIMINTAKUVAUKSET.....	25
7.1	Toimintakuvaukset Hyötyvoimalaitoksella.....	26
8	TYÖN TOTEUTUS.....	29
8.1	Toimintakuvauksien laadinta.....	30
8.2	Kohdatut ongelmat.....	31
8.3	Kehitysideat.....	34
9	YHTEENVETO.....	34
	LÄHTEET.....	37

## LIITTEET

Liite 1. Lentotuhkan käsittelyn PI-kaaviot

Liite 2. Sekvenssiohjauksen toimintakuvaus

## 1 JOHDANTO

Kotkan Energia Oy:n Hyötyvoimalaitos käyttää Honeywell Experion PKS -automaatio-sovellusta koko laitoksen toiminnan ylläpitämiseen. Sovellus ohjaa jatkuvia prosesseja ja eräprosesseja, koneita sekä sähkökäyttöjä tuotantolaitoksessa. Tämä kuitenkin vaatii, että laitoksen valvomossa on oltava aina vähintään kaksi operaattoria paikalla. Operaattorit vastaavat laitoksen käytöstä ja pitävät laitosta yllä mahdollisten vikatilanteiden aikana.

Hyötyvoimalaitoksen järjestelmä sisältää noin 2000 piiriä, ja jokaisen piirin toiminnan muistaminen voi koitua hankalaksi. Tämän takia jokaisella piirillä tulisi olla oma piirikohtainen toimintakuvaus, josta operaattorit voivat tarkastaa piirientoiminnot. Toimintakuvaukset ovat siis erittäin tärkeitä ja tukevat operaattoreiden lisäksi myös kunnossapitoa.

Toimintakuvaukset ovat pääasiallisesti luotu auttamaan ajureita jokapäiväisissä haasteissa. Toimintakuvaukset ovat HTM-dokumentteja, jotka ovat sijoitettu Honeywell Experion PKS -automaatiojärjestelmän prosessikaavionäyttöjen piiri-ikkunoille ja avautuvat internetselaimessa. Toimintakuvaukset voivat olla tekstimuodossa tai graafisessa muodossa.

Opinnäytetyön tarkoituksena on analysoida lentotuhkan käsittelyprosessia ja laatia 68 piirikohtaista toimintakuvausta, joista neljä on sekvenssiohjauspiirejä. Laitoksen automaation alkuperäinen toimitus ei sisältänyt tekstimuodossa olevia toimintakuvauksia, ja piirien toiminta oli kuvattu toimituksessa erilaisilla graafisilla kaavoilla.

Kotkan Energia Oy on Kotkan kaupungin omistama energiakonserni, jonka päätuotteisiin kuuluvat kaukolämpö, prosessihöyry, sähkö ja jätteidenhyötykäyttöpalvelu [3].

## 2 HYÖTYVOIMALAITOS

Hyötyvoimalaitos on Kotkan Energia Oy:n jätteitä polttava laitos, joka sijaitsee Korkeakoskella (kuva 1). Hyötyvoimalaitoksen rankennustyöt alkoivat syksyllä 2006, ja se valmistui lopulta kaupalliseen käyttöön huhtikuussa 2009. Hyötyvoimalaitoksen pääpolttoaineena käytetään syntypaikkalajiteltua jätettä, jota kerätään Kymenlaakson, Itä-Uudenmaan, Päijät-Hämeen ja Mikkelin alueilta. Laitoksella jätettä käsitellään vuosittain jopa 100 000 tonnia, josta saadaan energiaa noin 260 000 MWh. Jätteitä polttava kattila on lähes aina 100 % teholla, jotta kaikki alueiden jätteet pystytään käsittelemään. [1.]

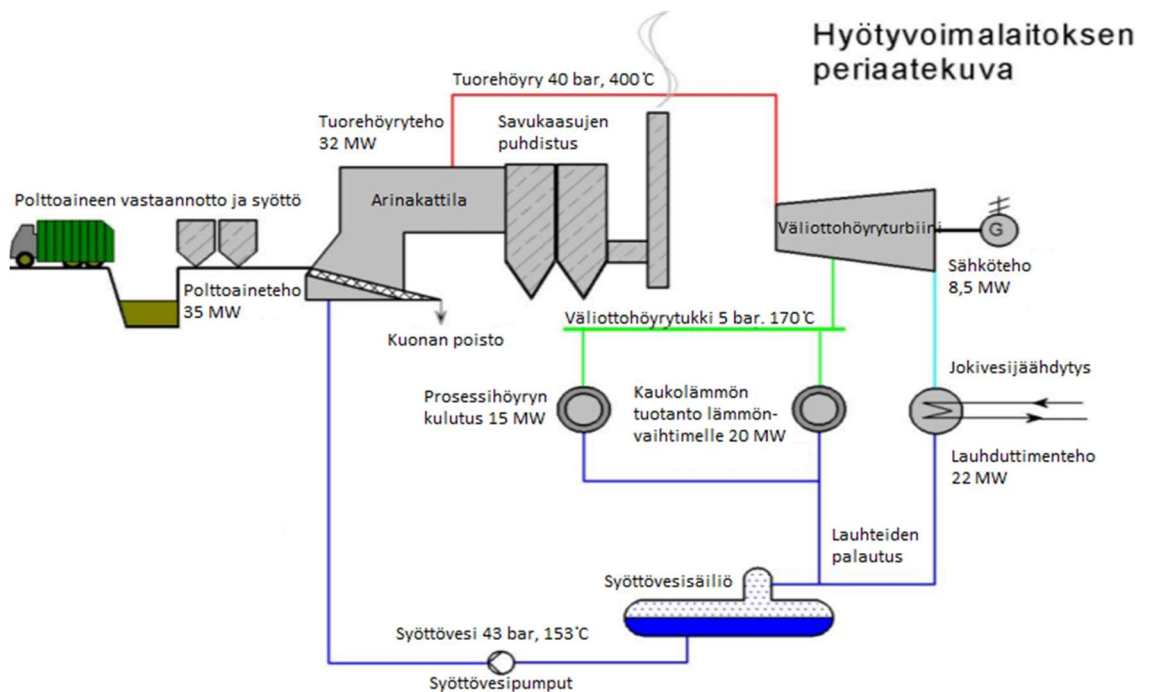


Kuva 1. Kotkan Energia Oy. Hyötyvoimalaitos

Hyötyvoimalaitoksen päätuotteet ovat kaukolämpö, prosessihöyry ja sähkö. Laitos tuottaa vuodessa noin 50 GWh kaukolämpöä, 50 GWh sähköä sekä 100 GWh prosessihöyryä. Laitoksen vieressä sijaitseva Sonoco-Alcore Oy:n kartonkitehdas toimii Hyötyvoimalaitoksen pääasiakkaana ja käyttää yksin noin puolet laitoksella tuotetusta energiasta prosessihöyrynä. [1; 2, s. 3.]

## 2.1 Hyötyvoimalaitoksen toiminta

Hyötyvoimalaitokselle jäte kuljetetaan rekkojen avulla. Ennen laitokselle sisään pääsyä rekka ajetaan vaa'an päälle punnittavaksi. Punnituksen jälkeen rekka pääsee ajamaan laitosalueelle ja peruuttaa kuormansa kanssa polttoaineet vastaanottohalliin. Vastaanottohallissa rekan kuorma puretaan jätebunkkerin vastaanottotaskuun, josta jätekahmari pystyy siirtämään jätteitä varastopuolelle. [1.]



Kuva 2. Hyötyvoimalaitoksen periaatekuva [2]

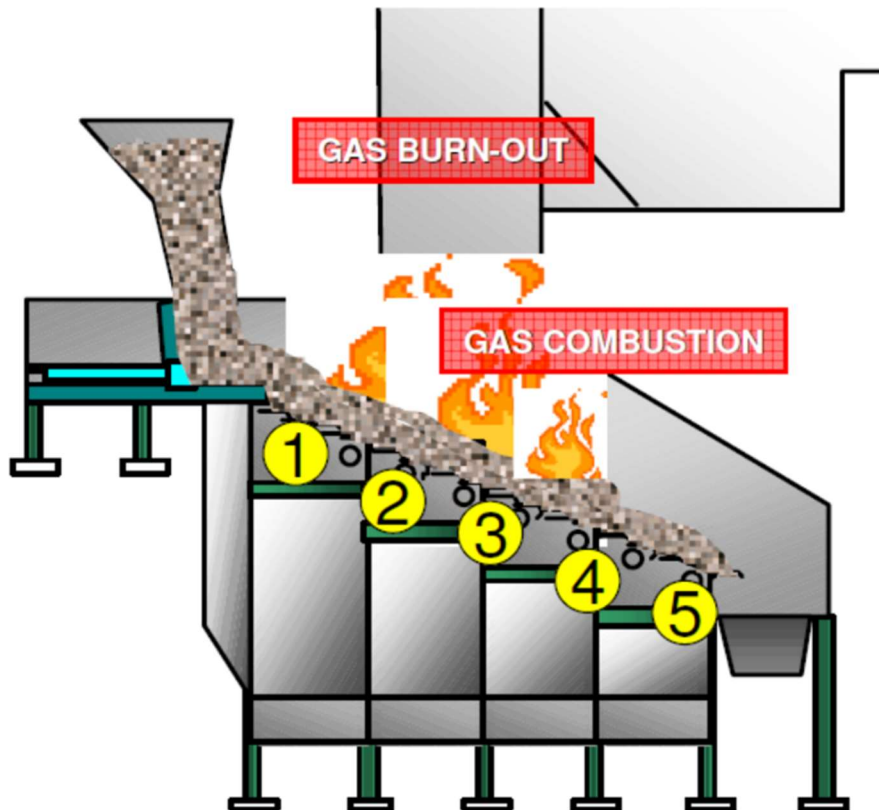
Jätekahmari on täysin itsenäinen ja hoitaa jätteiden vastaanoton, sekoittamisen sekä jätteiden syöttämisen kattilaan vievälle syöttösuppilolle. Vastaanottotasku ja varastobunkkeri on erotettu väliseinällä jätebunkkerissa (kuva 3). Hajuhaitat ehkäistään alipaineella, joka toteutetaan imemällä palamisilma suoraan bunkkerista kattilaan. Varastopuolella kahmari sekoittaa jätteet mahdollisimman tasalaatuisiksi, jonka jälkeen kahmari vie jätteet syöttösuppiloon. Vuorokaudessa jätettä käytetään noin 300 tonnia, mikä saavutetaan 100–150 kahmarillisella jätellä. Jäte siirtyy syöttösuppilosta painovoiman vaikutuksella hydrauliselle vinoarinalle, jossa jätteiden palaminen tapahtuu. [1; 3.]



Kuva 3. Jätebunkkeri ja kahmari

Jätteen palamiseen voidaan vaikuttaa säätämällä arinan syöttöpöydän nopeutta ja ilmanjakoa. Valvomoon on myös asennettu monitori, josta jätteen palamista voidaan seurata visuaalisesti. Jätteen poltto arinalla sisältää viisi eri vaihetta, jotka ovat esitetty kuvassa 4. Ensimmäisessä vaiheessa jäte kuivataan (1). Kuivatuksen jälkeen jäte sytytetään palamaan (2), jonka jälkeen seuraa palamisvaihe (3). Neljännessä vaiheessa jäte poltetaan loppuun (4) ja viimeiseksi palamaton jäte eli kuona jäähdytetään (5). Jäähdytetty palamisjäte viedään kuonakuljettimelle, josta se kuljetetaan veden ympäröimänä kuonahalliin. Arinan alle on myös rakennettu seulakuljetin tiilien välistä putoavalle jakeelle. [1.]





Kuva 4. Arinan periaatekuva [1]

Jätteenpoltossa on käytettävä korkea lämpötilaa. Lämpötilan tulee olla vähintään 850 °C, mutta tulipesän lämpötilat voivat korkeimmillaan nousta jopa 1000 °C. Mikäli tulipesän lämpötila laskee vähimmäislämpötilan alle, kattilan maakaasupolttimet käynnistyvät ja auttavat sallitun lämpötilan saavuttamisessa. Arina pysähtyy automaattisesti, eli jätteen syöttö loppuu kattilalle, jos kattilan lämpötila ei pysty nousemaan sallituille arvoille kahden sekunnin aikana. [1; 2, s. 5.]

Hyötyvoimalaitoksen kattilan on valmistanut Keppel Seghers, ja sen polttoaineteho on 36 MW. Kattila on luonnonkiertokattila eli vesi kulkeutuu painovoiman avulla putkistoja pitkin. Kattilassa on kolme tulistinta, kaksi höyrystintä, kolme veden esilämmitintä, primääri-ilman esilämmitin, viisi primääri-ilmanpuhallinta ja kaksi sekundääri-ilmanpuhallinta. [3.]

Kattilaan syötettävä vesi kulkee veden esilämmittimien kautta höyrylieriöön, jonka jälkeen vesi höyrystyy ja höyry etenee tulistimille. Tulistimissa höyryyn lisätään lämpöenergiaa nostamalla sen höyrystymislämpötilaa. Tulistusvaiheiden jälkeen höyryn lämpötila on kohonnut 400 °C asteeseen ja paine on kasvanut 40 baariin. Tässä tilassa olevaa höyryä kutsutaan tuorehöyryksi. [1.]

Tuorehöyry johdetaan Turbomach:n toimittamalle väliottoturbiinille, jonka malli on MAN MARC2-C10 ja nimellissähköteho on 8,5 MW. Ensiksi tuorehöyry ajetaan korkeapaineosan läpi, joka muuttaa höyryn mekaaniseksi energiaksi akselin kautta. Akseli on yhdistetty generaattoriin, josta mekaaninen energia muutetaan sähköenergiaksi. Ennen turbiinin matalapaineosaa on väliotto, jonka kautta höyry ajetaan lämmönvaihtimelle ja prosessihöyryksi. Turbiinin matalapaineosaa käytetään lauhdesähkön tuottamiseen, jos prosessi sen sallii. [1; 3.]

Kaukolämpöä tuotetaan ottamalla turbiinin väliotosta matalapainehöyryä, joka ajetaan lämmönvaihtimelle. Lämmönvaihtimessa höyry lämmittää kaukolämpövettä, jota välitetään ympäri kaupunkia. Lämmönvaihdin on mitoitusvoimallaan 22 MW, ja sen on valmistanut Högfors / Sento Oy. Prosessihöyry otetaan väliottohöyrytöiden kautta, joka on lämmönvaihtimen kanssa samassa linjassa ja johdetaan asiakkaille ja omiin prosesseihin. [1.]

Hyötyvoimalaitoksen jäähdytys-, prosessi- ja käyttövesi otetaan laitoksen vieressä virtaavasta Kymijosta. Joesta otetaan laitoksen käyttöön noin 9,36 milj. m<sup>3</sup> vettä vuodessa. Laitoksella käytetty lämminvesi johdetaan lopulta takaisin Kymijokeen. Takaisin palaavan veden lämpötilaa mitataan jatkuvasti. [2, s.8.]

Lauhde lopulta palautetaan syöttövesisäiliöön, joka toimii syöttöveden esilämmittimenä. Syöttövesisäiliölle tulevassa linjassa sekoittuu turbiinilta ja kaukolämpövaihtimelta tulevat virtaukset. Syöttövesisäiliön kylläinen vesi viedään lopulta takaisin kattilaan syöttövesipumppujen avustuksella. [1.]

## 2.2 KKS-tunnusjärjestelmä

KKS-tunnusjärjestelmä on suunniteltu Saksassa ja tulee sanoista (Kraftwerk-Kennzeichensystem), joka tarkoittaa suomeksi voimalaitoksen merkintäjärjestelmää. Tämä tunnusjärjestelmä on erityisesti soveltuva voimalaitoskäyttöön. Tunnusmerkintäjärjestelmän avulla voidaan määrittää voimalaitoksen komponenteille tunnusmerkinnät, joissa tulee ilmi niiden tehtävät, tyypit ja sijainnin perusteet. [5.]

Tunnusmerkintäjärjestelmällä pyritään helpottamaan voimalaitosprojektin eri vaiheita sekä valmistuneen voimalaitoksen käyttöä ja kunnossapitoa luomalla yksinkertaiset tunnusmerkinnät eri laitososille, järjestelmille, laitteistoille ja laitteille. Tunnusmerkintöjen laadinnassa tulee pyrkiä yksikäsitteiseen ja yhdenmukaiseen esitystapaan. [5.]

KKS-tunnusjärjestelmä koostuu neljästä järjestysasteesta, jotka ovat numeroitu nolasta kolmeen. Ensimmäinen järjestysaste 0 määrittää suurimman laitteistokokonaisuuden (laitososan) ja seuraava järjestysaste 1 määrittää järjestelmätunnuksen. Järjestysaste 2 jakaa järjestelmät eri laitteistoihin ja järjestysaste 3 määrittää pienimmän laitteiston osan (laitteen). Kukin järjestysaste muodostuu yhdestä tai useammasta kirjain- ja numeroyhdistelmästä.

KKS-järjestelmätunnukset kirjoitetaan aina yhteen ilman välilyöntejä. Esimerkiksi oikean vedon pyörintävahdin KKS-tunnus on 10ETG10CS001. Hyötyvoimalalla ei ole käytössä laitteistotunnuksen tunnusosaa eikä laitetunnusta.

Tunnuksen ensimmäinen numero (1) on laitostunnus. **Laitososatunnuksella** on usein tarkoituksena jakaa laitoskokonaisuus selvästi eroteltavissa oleviin osakokonaisuuksiin, joista saa selville mihin laitoskokonaisuuteen tunnus kuuluu. Laitososa voidaan merkitä kirjaimella tai numerolla. Hyötyvoimalaitoksella ei ole käytössä laitteistotunnusta vaan laitteistotunnuksena käytetään numeroa 1. [5.]

Tunnuksen seuraava numero (0) on järjestelmätunnuksen tunnusosa ja (ETG10) on järjestelmätunnus. **Järjestelmätunnuksella** laitososat jaetaan

pienempiin osakokonaisuuksiin eli järjestelmiin. Tunnus muodostuu tunnusjärjestelmän kirjainyhdistelmästä ja tarkentavista numeroista. Näitä järjestelmiä ovat esimerkiksi lauhdejärjestelmä, kytkinlaitos, jäähdytysvesijärjestelmä tai säätökaapit. Järjestelmätunnusta ennen voi olla myös tunnusosa, joka erottaa saman tunnusosan sisältävien järjestelmät. Hyötyvoimalaitoksella tunnusosa on käytössä, mutta se on jätetty numeroksi 0. [5.]

**Laitteistotunnuksessa** jaetaan järjestelmän osat eri laitteistoihin, joiden merkitystapa ja merkitys on riippuvainen järjestelmän sovellutuskohteesta. Laitteistotunnuksessa on kirjainosa ja numerotunnus, jolla ilmaistaan laitteiston tyyppi. Esimerkissä CS kirjaintunnus viittaa, että kyseessä on pyörintävahti. Laitteistotunnusta voidaan vielä tarkentaa sisällyttämällä tunnusosa. [5.]

Kirjaintunnuksen perässä oleva numero 001 on juokseva numero. Numeroinnin kasvusuunta määräytyy yleisesti prosessin virtaus-, syöttö- tai signaalin etenemissuunnasta. [5.]

**Laitetunnuksella** voidaan vielä lopuksi ilmaista tietyn laitteen tyyppi KKS-standardin mukaisesti. Laitetunnus koostuu kahdesta kirjaimesta ja kahdesta numerosta. Hyötyvoimalaitoksella ei ole laitetunnusta käytössä, joka huomataan esimerkistä. [5.]

### 3 LENTOTUHKA

Energiatuotannon polttoaineiden palamisesta syntyvät savukaasut sisältävät lentotuhkaa. Lentotuhka on rakenteeltaan hyvin pienihiukkaista ja koostuu erilaisista mineraaleista, joihin kuuluu [12]:

- Kvartsi ( $\text{SiO}_2$ ), 45–55 %
- Korundi ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), 20–30 %
- Hematiitti ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), 8–11 %
- Kalsiumoksidi ( $\text{CaO}$ ), 4–7 %
- Magnesiumoksidi ( $\text{MgO}$ ), 3–5 %
- Kaliumoksidi ( $\text{K}_2\text{O}$ ), 1–2 %
- Natriumoksidi ( $\text{Na}_2\text{O}$ ), 0–2 %

Lentotuhkaa kerätään Hyötyvoimalassa kahdessa eri sijainnissa ja kerätty lentotuhka kuljetetaan ketjukuljettimilla tuhkan keräyssiiloon. Tuhkasiilossa tuhka pidetään mahdollisimman kuivana ja varastoidaan siihen asti, kunnes se puretaan kuljetusvälineeseen hyötykäyttöä varten.



Kuva 5. Ketjukuljettimen sisällä kuljetettava lentotuhka

### 3.1 Lentotuhkan käsittely

Lentotuhkaa esiintyy savukaasussa noin 20–25 prosenttia. Osa lentotuhkasta poistetaan kattilassa, koska tuhkaa kerääntyy lämpimille pinnoille ja loput tuhkat poistetaan uudestaan kattilan puhdistusjärjestelmän avulla. [4.]

Kattilan alla oleviin säiliöihin kerätyt lentotuhkat siirretään tuhkan varastointisii-  
loon ketjukuljettimien ja sulkusyöttimien avulla. Kattilatuhkia kerätään kahteen  
eri sijaintiin. [4.]

Ensimmäinen sijainti on säteilevän osan alla. Säteilevän osan alla on suunnit-  
teltu pakottamaan savukaasu tekemään 180 asteen käännöksen, jonka ansi-  
osta suurin osa kattilatuhkasta putoaa kahdelle ensimmäiselle sulkusyötti-  
melle (10ETG10AB001 ja 10ETG10AB002). [4.]

Lentotuhkan keräyksen seuraava sijainti on konvektiivisen osan alla, jossa  
kattilatuhka kerätään seitsemästä peräkkäisestä suppilosta, kattilan puhdistin-  
järjestelmän avulla. Jokaisen säiliön alle on asennettu sulkusyötin  
(10ETG10AB003 – 009), jolla minimoidaan kuljetusjärjestelmän ja kattilan vä-  
lille muodostuvat ilmavuodot (kuva 6). [4.]



Kuva 6. Konvektiivisen osan sulkusyöttimet ja ketjukuljetin

Jokainen sulkusyötin on varustettu pyörintävahdeilla, jotka varmistavat sulkusyöttimien toimivuuden. Sulkusyöttimien yläpuolella on manuaalinen erotusventtiili ja tarkastusreikä, joiden tarkoitus on mahdollistaa sulkusyöttimelle kohdistuvat huoltotyöt. [4.]

Kaikkien sulkusyöttimien ja ketjukuljettimien moottoreita voidaan ohjata paikallisesti käyttöpaneeleista. Paikallisohjauksen tehtävänä on mahdollistaa moottorin pyörittäminen eteen- ja taaksepäin, sillä moottorit pyörivät vain eteenpäin valvomosta ohjattaessa. Paikallisohjaus mahdollistaa joustavamman ratkaisun tukkeutumisongelmien ratkaisemiseen vikatilanteissa. [4.]

Sulkusyöttimien alle on rakennettu ketjukuljettimet (10ETG10AF001, 10ETG10AF002 ja 10ETG10AF003), jotka kuljettavat kerätyt tuhkat yhteisille kuljettimille (10ETG20AF001 ja 10ETG20AF002). Yhteiset kuljettimet kuljettavat tuhkat lopulta kuonahallin katolla sijaitsevaan varastosiiloon. [4.]

Säteilevän osan sulkusyöttimiltä tuhka siirtyy kahdelle rinnakkaiselle kuljettimelle (kuva 7), jotka kuljettavat tuhkan ensimmäiselle yhteiselle kuljetusjärjestelmän ketjukuljettimelle [4].



Kuva 7. Säteilevän osan oikea ja vasen ketjukuljetin sekä ensimmäinen yhteinen kuljetin

Kuljettimet ovat lämpösuojuja, jotta mahdollisilta henkilöstön loukkaantumisista vältyttäisiin. Sisätiloissa olevat kuljettimet eivät ole kuitenkaan eristettyjä, joten kattilasta tullut tuhka voi jäähtyä ympäristössä vallitsevaan lämpötilaan kuljetuksen yhteydessä. [4.]

Yhteisen kuljetusjärjestelmän viimeinen kuljetin (10ETG20AF002) sijaitsee pääosin ulkotilassa ja on mahdollisesti alttiina pakkasolosuhteille, jonka takia se on eristetty tuhkan tiivistymisen ja jäätyksen ehkäisemiseksi [4].

Yhteisen kuljetusjärjestelmän viimeinen kuljetin vie kerätyt tuhkat lopulta tuhkasiilolle, jossa tuhkaa säilytetään. Tuhkasiilon tulee olla sisältä täysin kuiva, sillä jos kosteutta pääsee tuhkan sekaan, niin se kovettuu. Tuhkasiilossa oleva tuhka puretaan aina tietyin ajoin ajoneuvon kyytiin lastauspaljeen avulla (Kuva 8).



Kuva 8. Tuhkansiilon alla oleva purkaustaso



### 3.2 Sekvenssiohjaus

Laitteita, jotka toiminnalliselta kannalta kuuluvat tiettyyn ryhmään, ohjataan aina sekvenssin avulla. Ensimmäinen ryhmä koostuu kattilatuhkan konvektiiviseen osaan kuuluvista sulkusyöttimistä ja ketjukuljettimista. Toinen ryhmä muodostuu säteilevän osan oikean ja vasemman puoleisista sulkusyöttimistä ja ketjukuljettimista. Kolmanteen ryhmään kuuluu kattilan tuhkansiiro-osan yhteiset kuljettimet. [4.]

Sekvenssejä käytettäessä on huomioitava, että jokainen pysäytetty sekvenssi lukitsee samanaikaisesti ylempänä olevat sekvenssit, esim. kattilan tuhkansiiro-osan yhteisten kuljettimien sekvenssi on oltava käynnissä tai muuten kaikki muut ylempänä olevat sekvenssit lukitaan. Myös jokainen pysäytetty kuljetin tai sulkusyötin lukitsee sekvenssin, johon se kuuluu, lukuun ottamatta konvektiivisen osan alla olevia sulkusyöttimiä (10ETG10AB003 – 009). [4.]

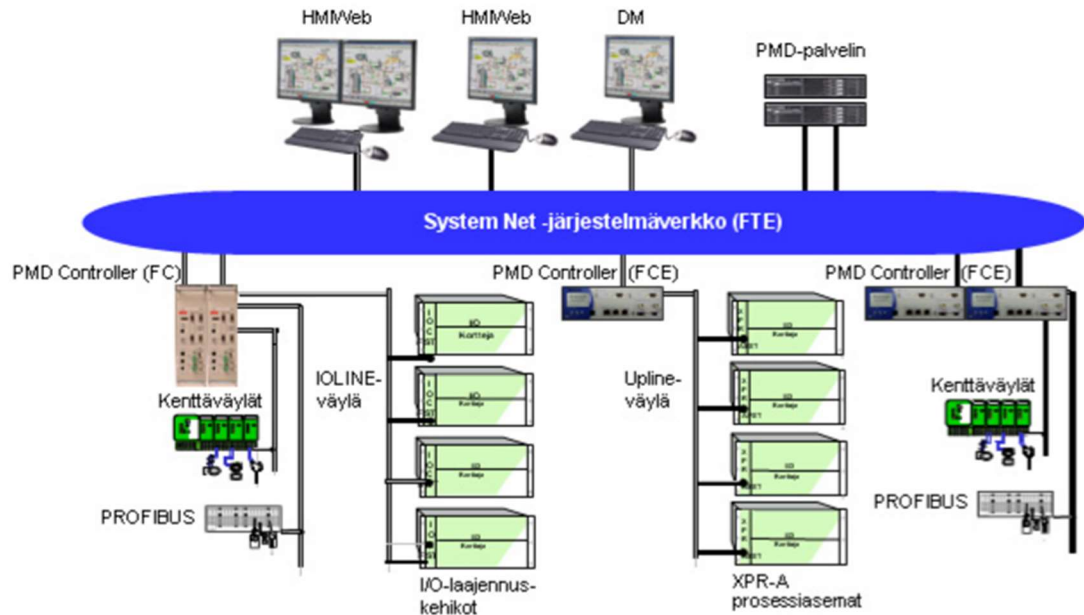
## 4 HONEYWELL EXPERION PKS -AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Experion PKS -automaatiojärjestelmä perustuu Honeywell PMD eli **P**rocess, **M**achinery, **D**rives -teknologiaan, jossa yksi järjestelmä ohjaa jatkuvia prosesseja ja eräprosesseja, koneita sekä sähkökäyttöjä tuotantolaitoksessa. Ohjauksien toteutus onnistuu tehokkaalla PMD Controller -kenttäohjaimella. Ohjaimen korkeaa suorituskykyä hyödynnetään tuotantolaitoksen kaikilla ohjaustasoilla kehittyneiden säätöjen toteutuksissa ja nopeissa ohjauksissa sekä prosessisäädöissä. [10.]

Process, Machinery, Drives -teknologiassa hyödynnetään Windows XP -pohjaista käyttöliittymäteknikkaa, Ethernet-verkkotekniikkaa sekä avointa Windows 2003 -pohjaista palvelintekniikkaa. Nämä edellä mainitut tekniikat mahdollistavat joustavan standardin mukaisen liitännän järjestelmän asemien välillä. [10.]

System Net -järjestelmäverkko on Ethernet-pohjainen TCP/IP-verkosto, jonka ympärille Experion PKS -automaatiojärjestelmän arkkitehtuuri on rakennettu (kuva 9). HMIWeb-käyttöliittymä, PMD-palvelimet, sovellusasemat (DM) sekä

PMD Controller -ohjaimet ovat liitetty suoraan Ethernet-verkkoon, mikä varmistaa avoimen ja luotettavan tiedonsiirron järjestelmässä. Tämän arkkitehtuurin ansiosta esimerkiksi palvelimen toimintakatkos ei katkaise yhteyttä järjestelmän ja käyttöliittymän väliltä eikä estä prosessinohjausta. [10.]



Kuva 9. System Net -järjestelmäverkko [10]

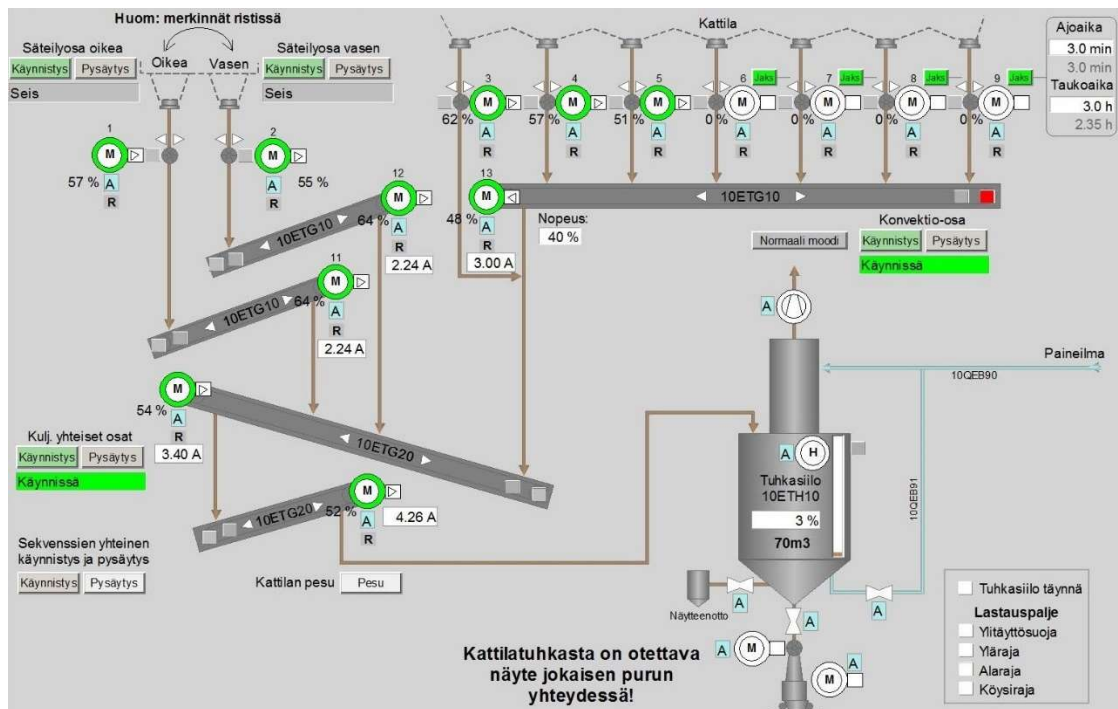
#### 4.1 Operointi

Käyttöliittymässä olevaa sovellusta operoidaan Station-ikkunan kautta, ja kuvaruudulle voidaan avata useampia ikkunoita yhtä aikaa operoitavaksi. Käytettävissä ovat näyttöihin ja tarkenne kuviin määritellyt toiminnot, kuten piirikuviin sisältämät toiminnot. [6.]

Experion PKS -järjestelmä sisältää prosessikaavionäyttöjä ja järjestelmänäyttöjä. Prosessikaavionäytöt ovat automaatiojärjestelmään laadittuja projektikohtaisia näyttöjä, joita käytetään pääasiassa prosessin valvomiseen ja ohjaamiseen. [6.]

Järjestelmänäytöt esittävät järjestelmän tietoja lomake- ja listamuodossa ja ovat käyttöliittymään kuuluvia näyttöjä. Järjestelmänäyttöjä käytetään esimerkiksi hälytyksien, tapahtumien, raporttien ja ilmoitustaulun lukemiseen. [6.]

Prosessikaavionäytöissä on yleensä valvottavan prosessin virtausta esittävä kaavio (kuva 10). Prosessinäytöissä on esillä prosessikomponenttien toimintatila- ja muut statustiedot sekä mittausarvot ja säätimien moodit ja hälytystiedot. Prosessikaavionäytöt koostuvat peruskuvasta ja siihen määritellyistä elävistä kohdista, joita kutsutaan objekteiksi. Objekteilla näytöille tuodaan esimerkiksi mittausarvot lukuarvoina ja graafisesti, moottori- ja venttiilisymbolit, erilaiset tietojen syöttökentät, joista tarkennekuvat ja piirikuvat saadaan esille. [6.]



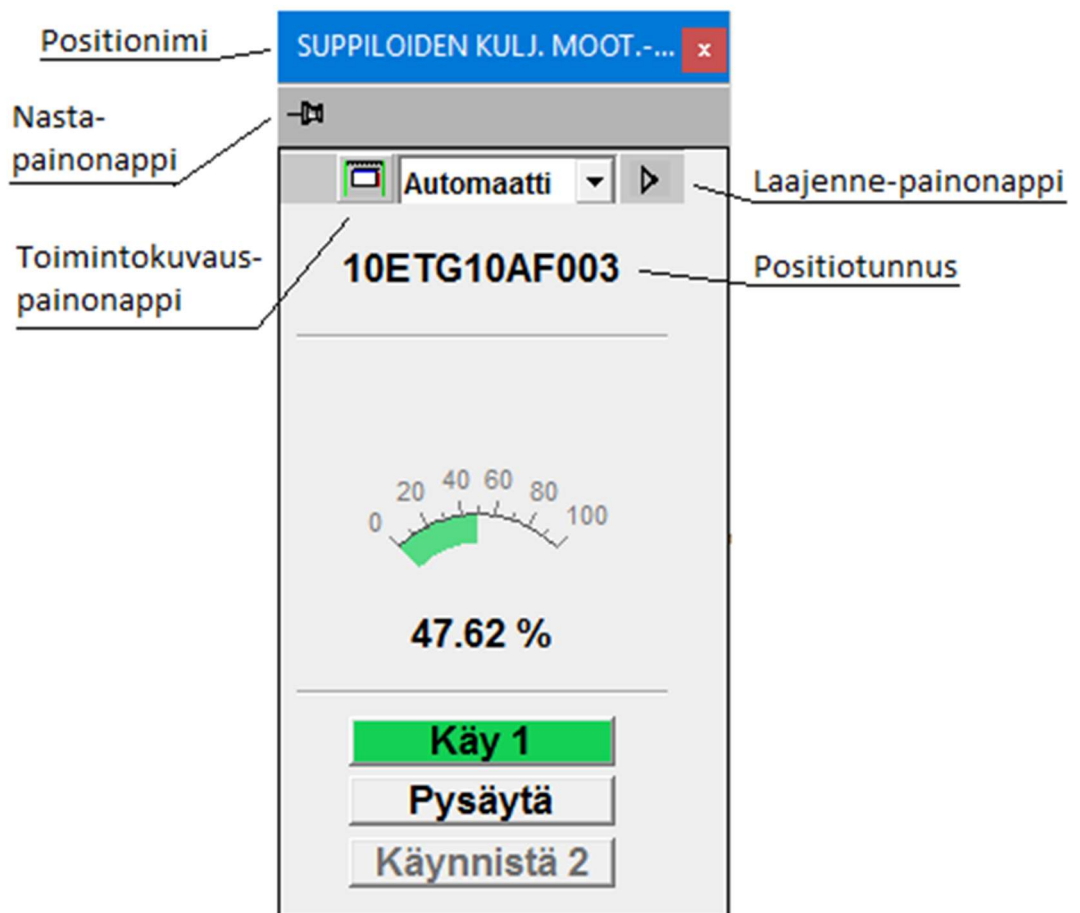
Kuva 10. Lentotuhkan käsittelyn prosessinäyttö

Prosessien perustoimintojen tarkempaa seurausta varten on määritelty piirikuvia. Piirikuvilla pystytään suorittamaan mittauksen, säätöjen, moottoreiden ja venttiilien virittämistä ja ohjaamista (kuva 11). [6.]

Piirikuvan otsikkopalkissa näkyy positionimi, mikäli se on määritelty sovellussuunnittelussa. Positionimen alla on nasta-painonappi, jolla piirikuva voidaan kiinnittää Station-ikkunaan. Toimintokuvaus-painonappia painamalla on mahdollista päästä internetselaimen kautta piiriä kuvaavalle HTM-dokumentille. Dokumentissa kerrotaan, kuinka piiri toimii sekä sieltä löytyy myös muita piiri-kohtaisia tietoja, kuten hälytykset, lukitukset, sijainti ja tiedot muihin piireihin.

Samalla rivillä oikealle osoittava kolmio on laajenne-painonappi, joka suurentaa piiri-ikkunan ja tarjoaa enemmän tietoa piiristä. Laajenteesta löytyy seuraavat tiedot: lukituksen aiheuttajat, lukituksen kohteet, parametrit, info ja mahdolliset linkit.

Tietyistä piireistä, kuten mittauksista, voidaan myös löytää trendi-painonappi, joka avaa piirikuvatrendin, josta voidaan tarkastella aiemmin saatuja tuloksia. Trendi-painonappi on yleensä löydettävissä toimintokuvauksen vierestä. [6.]



Kuva 11. Piirikuva suppiloiden kuljetinmoottorista

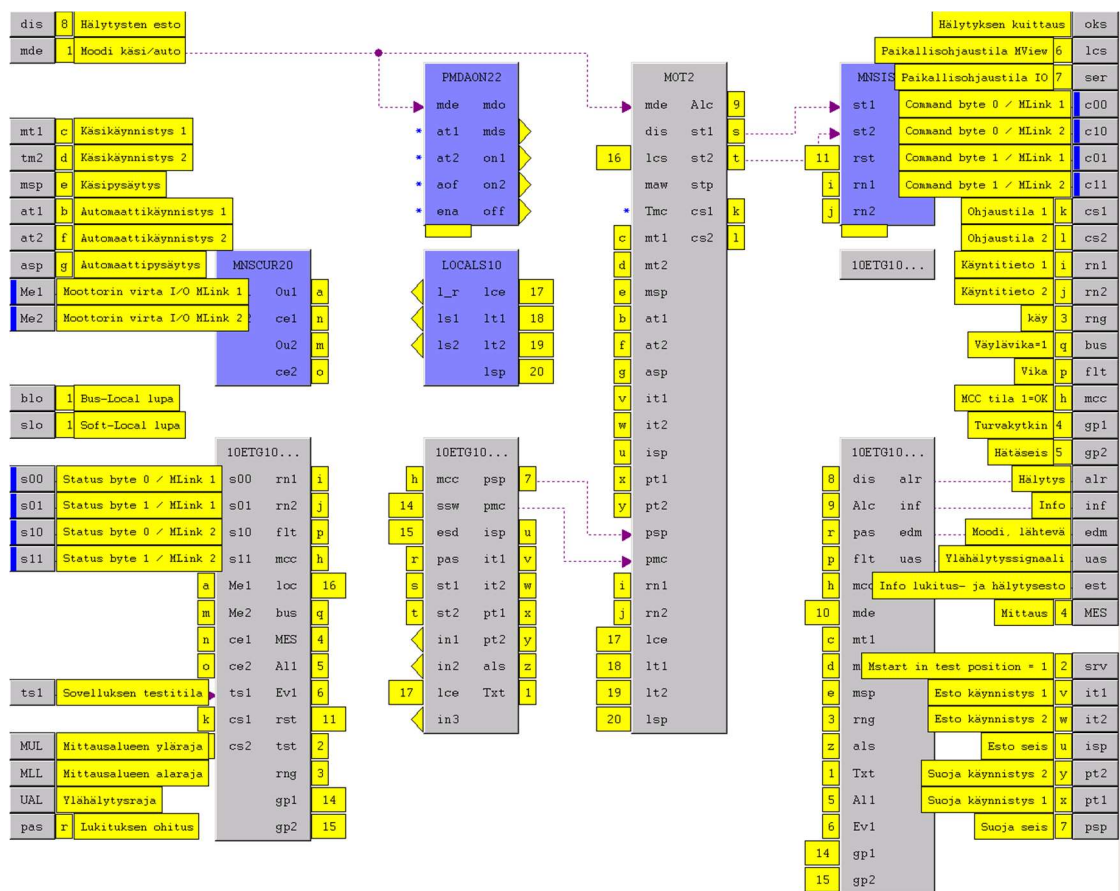
## 5 PMD BUILDER

PMD Builder -sovelluksella luodaan ja ylläpidetään automaatiojärjestelmän tietoja, joilla järjestelmä saadaan toimimaan käyttökohteessa tarvittavalla tavalla. Sovelluksella voidaan vaikuttaa järjestelmän rakenteeseen, prosessiohjauk-

siin, -säättöihin, logiikkoihin, hälytyksiin, prosessikaavionäyttöihin sekä prosessitietojen tallennuksiin ja raportointiin. PMD Builder -sovellus tarjoaa sovellustyökalut kaikkien edellä mainittujen kohteiden tekemiseen ja testaamiseen, luokun ottamatta prosessin ohjaamista. [7.]

Opinnäytetyössä PMD Builder -sovellusta käytettiin ainoastaan Blocks-työkaluohjelmalla, jolla määritellään Experion PKS with PMD Controller -automaatiojärjestelmän kaikki mittaukset, säädöt, venttiili- ja moottoriohjukset, logiikat, sekvenssit sekä laskennat. [7.]

Piirejä avatessa PMD Builder -sovelluksella näkyviin tulee erilaisia lohkoja ja piirin tulot sekä lähdöt. Näitä analysoimalla pystytään ymmärtämään, kuinka laite tai sekvenssi toimii. PMD Builder -sovelluksen avulla toimintakuvauksien tekeminen oli mahdollista (kuva 12).

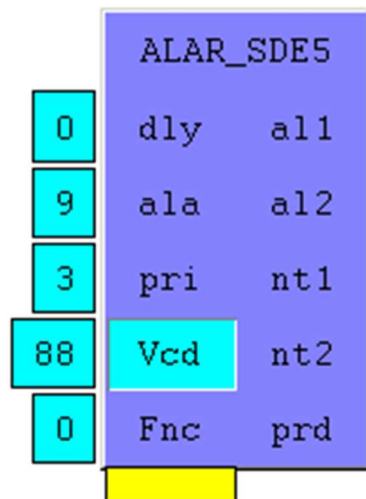


Kuva 12. Sulkusyöttimen näkymä PMD Builder -sovelluksessa

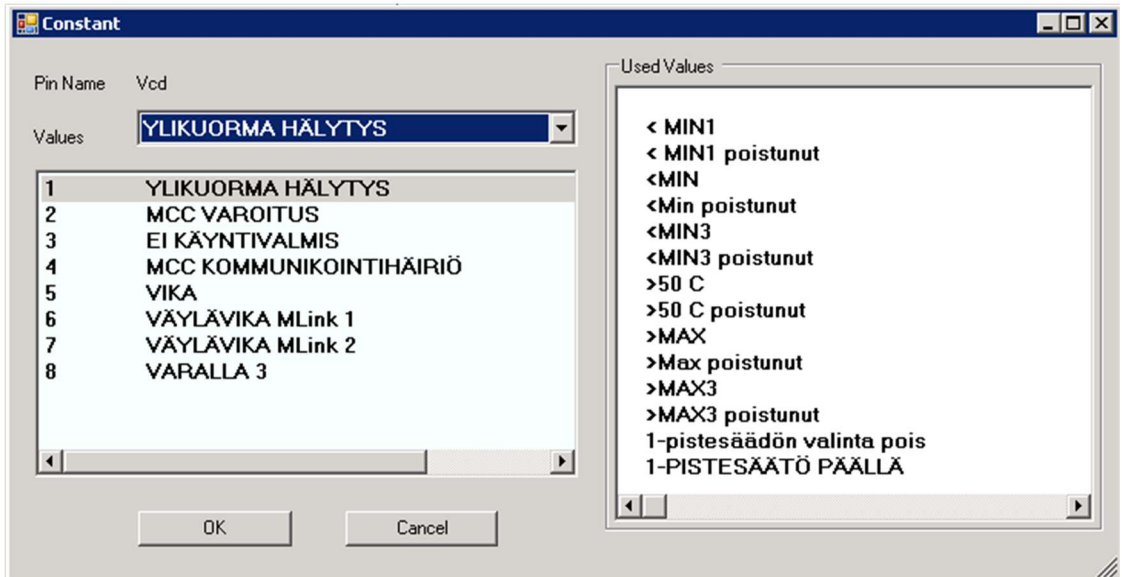
PMD Builder -sovelluksen lohkoeditori sisältää perus- ja tyyppilohkoja. Tyyppi-  
lohkot sisältävät Pascal-kieltä ja ovat väriltään sinisiä. Peruslohkot ovat val-  
miita lohkoja, joita käytetään useasti monissa eri piireissä. Peruslohkot ovat  
väriltään harmaita. [7.]

Lohkot olivat useasti helposti nimetty, kuten PMDON-lohko sisälsi moottorin  
automaattisen ohjauksen ja LOCALS-lohko sisälsi paikallisohjauksen. Yleisim-  
mät vastaan tulleet peruslohkot olivat (AND, OR, RESET, SET, DELAY, IN-  
VER, PULSE, TDELAY, TPULSE) ja logiikkapaketit löytyivät moottorien ja  
venttiilien ohjauksista (MOT2 ja MVALV).

Toimintokuvauksia tehdessä oli tärkeä käydä tarkistamassa jokaisen piirin hä-  
lytykset, mitkä löytyivät tietyn lohkon alta. Tämä lohko oli yleensä löydettä-  
vissä positiotunnuksen jälkeen lisätystä A kirjaimesta. Hälytykset oli mahdol-  
lista lukea ALAR\_ hälytyslohkon "Vcd"-tekstiä painamalla, joka avasi hälytys-  
listan sisältävän ikkunan. [7.]



Kuva 13. ALAR\_SDE5-lohko ja Vcd-painike

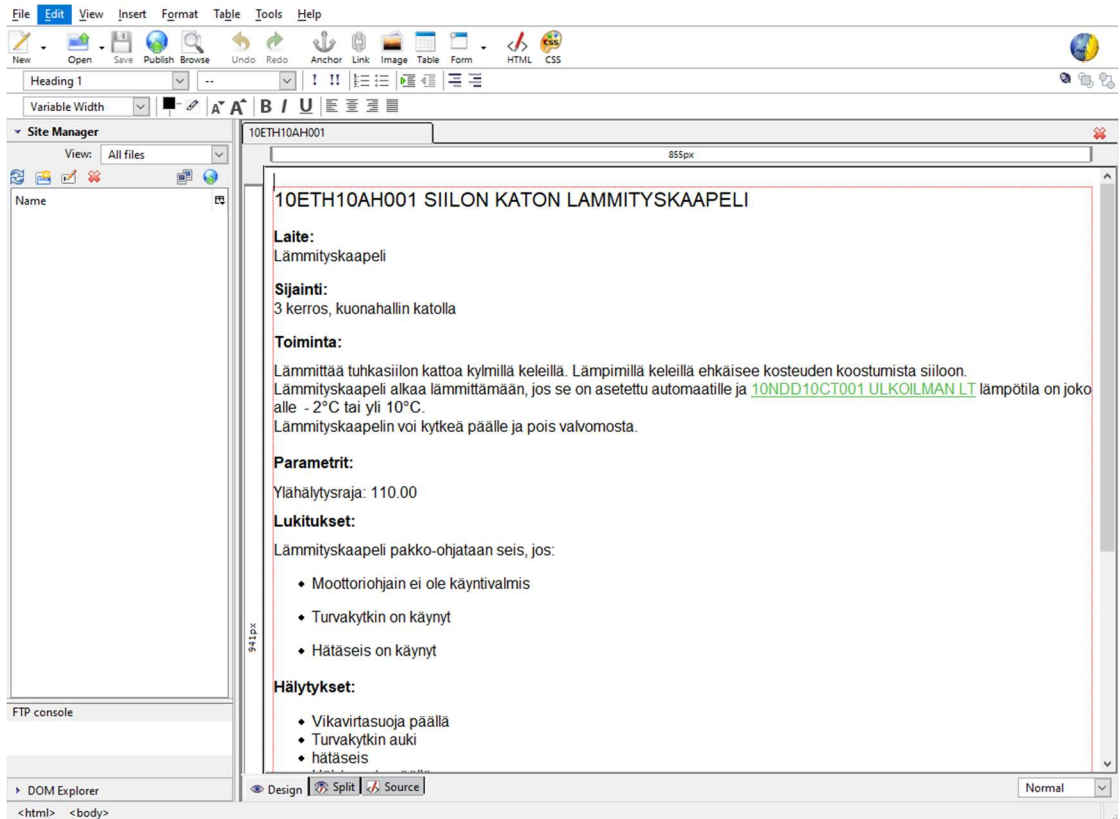


Kuva 14. Painikkeesta avautuva hälytyslista

## 6 KOMPOZER

Toimintakuvaukset ovat HTM-dokumentteja, joiden tekoon käytettiin KompoZer-sovellusta. KompoZer on yksinkertainen verkkosivustojen luontiohjelma, jossa yhdistyy verkkosivujen luonti ja web-tiedostojen hallinta. [8, s.3.]

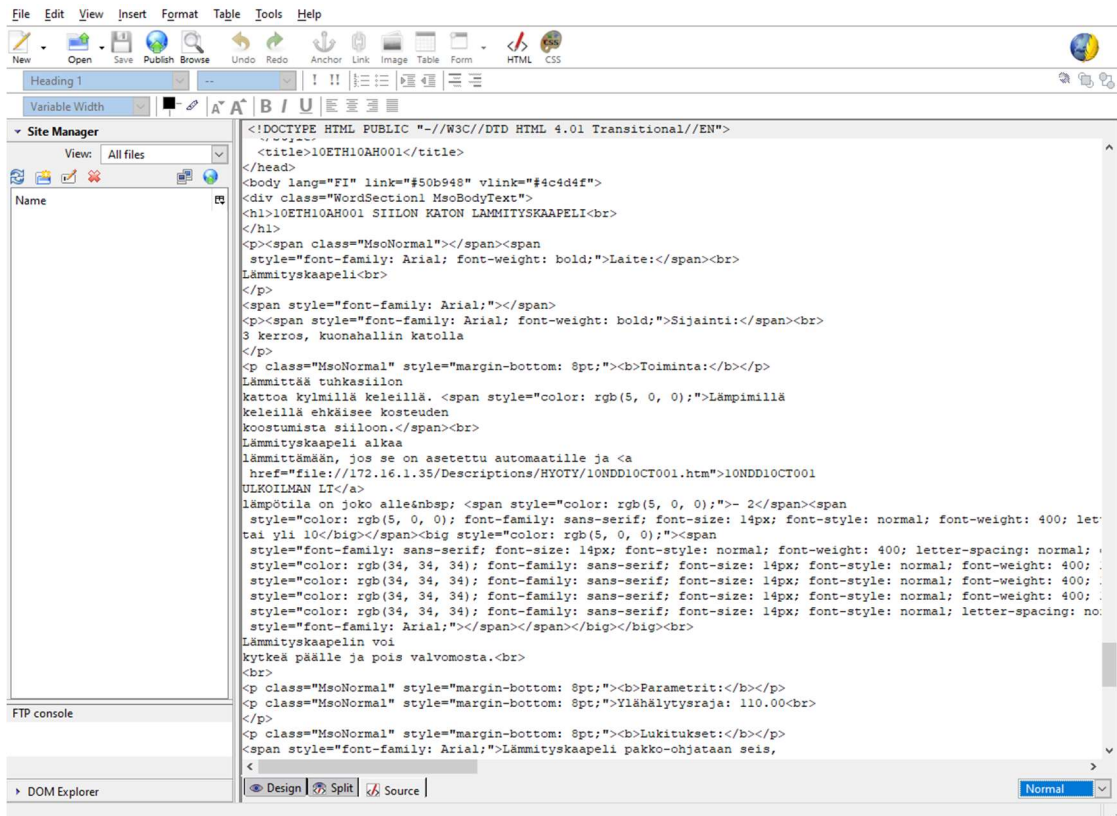
KompoZer toimii ”näet mitä saat” (WYSIWYG = What You See Is What You Get) käyttöliittymällä (kuva 15). KompoZerin avulla HTML-dokumenttien muokkaus onnistuu opettelematta HTML-kieltä ja dokumenttien luonti vastaa normaalia tekstienkäsittelyohjelman ulkoasua. HTML-dokumentit muunnettiin HTM-muotoon ennen palvelimelle vientiä. [8, s.3.]



Kuva 15. KompoZer design-tilassa

KompoZerilla dokumenttien luominen ja muokkaaminen ei rajoitu vain tyypilliseen tekstitiedostoon, vaan sillä pääsee jopa yksityiskohtaiselle kooditasolle asti, mikä oli välillä tarpeellista opinnäytetyötä tehdessä (kuva 16) [8, s.3].





Kuva 16. KompoZer Source-tilassa

## 7 TOIMINTAKUVAUKSET

Piirikohtaiset toimintakuvaukset ovat otettu käyttöön automaatioprojektien osana 90-luvun loppupuolella. Toimintakuvauksia aletaan yleensä laatimaan jo automaatiojärjestelmän suunnitteluvaiheessa. Niiden ajotavat sekä muut piirikohtaiset tiedot lisääntyvät palaverien yhteydessä laitoksen käyttöönottoon asti. Tämän jälkeen valmiita toimintakuvauksia voidaan hyödyntää operaattoreiden ja kunnossapidon tukena. [14, s.3.]

Vaativat säätösovellukset ovat yleensä yksilöllisesti räätälöityjä, eikä niiden toimintakuvauksien osalta laatimiskäytäntö ole vielä vakiintunut. Viime vuosien aikana piirikohtaisten toimintakuvauksien toimitus automaatiojärjestelmän ohella on vähentynyt, ja tämän takia niiden laatiminen jälkikäteen yleistynyt. Yleisin syy tähän liittyy laitosten käyttöorganisaatioiden supistumiseen, minkä takia hiljaisen tiedon kulkeutuminen saattaa katketa. [14, s.3.]

Toimintakuvaus on sanallinen kuvaus laitteiston tai piirin toiminnasta, jonka avulla suunnitteluvaiheessa oleva asiantuntemus kyetään siirtämään kyseisen

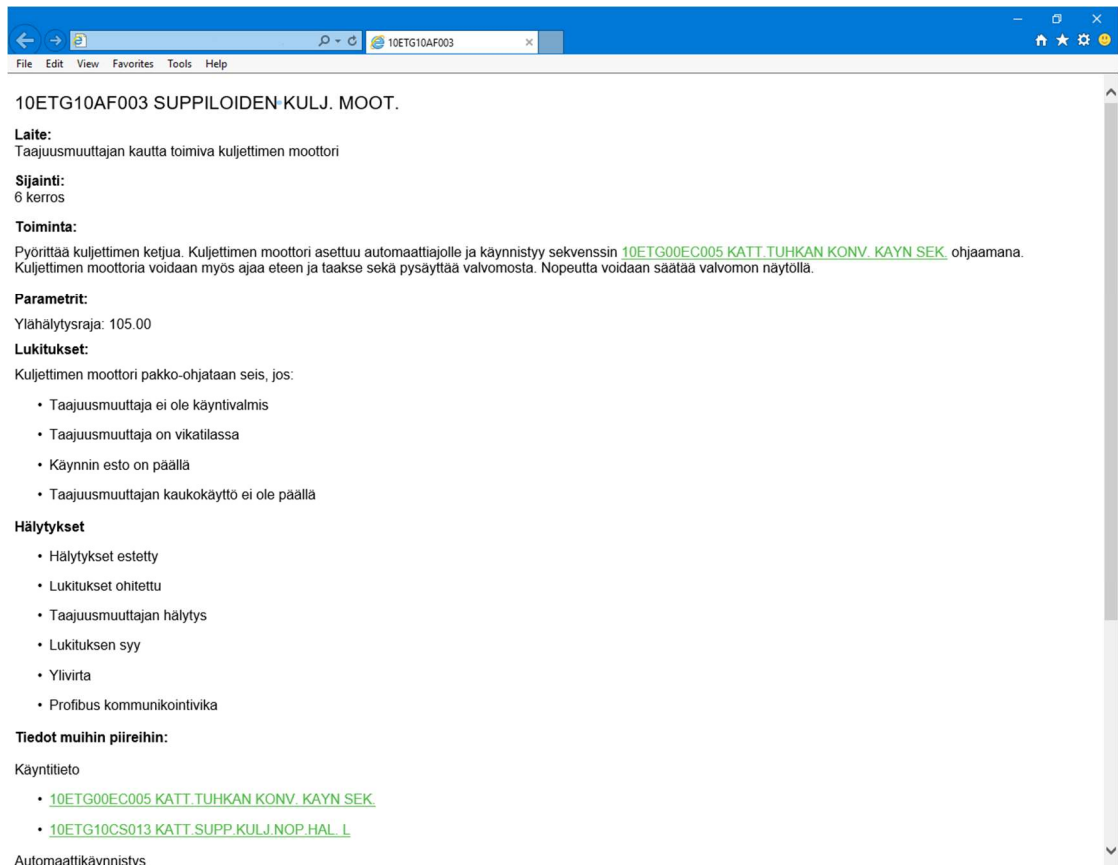
laitoksen operaattoreille ja kunnossapidonhenkilöstölle. Voimalaitoksissa toimintakuvausten käyttö kohdistuu yleisesti poikkeustilanteisiin, ajojen suunnitteluun ja tietämyksen hallintaan. Toimintakuvaukset tukevat sertifiointin mukaista toimintaa operaattoreiden, uusien työntekijöiden ja henkilökunnan opastuksessa sekä perehdytyksessä. [15, s.30; 16.]

Piirikohtaisten toimintakuvauksien tärkeys korostuu etenkin hälytyksien jälkeisissä vika- sekä poikkeustilanteiden tunnistamisessa ja selvittämisessä. Ongelmatilanteissa toimintakuvaukset myös helpottavat prosessin hallintaa ja säästävät huomattavasti aikaa. [15, s.30.]

Toimintakuvaukset eivät aina ole laite- tai piirikohtaisia, vaan niitä voidaan tehdä kuvaamaan myös säätö-, lukitus- ja sekvenssiohjauspiirejä. Opinnäyte-työ sisältää neljä sekvenssiohjauspiiriä, joiden toimintakuvauksien laatiminen koostuu suurimmaksi osaksi sekvenssin askeleiden käskyistä ja etenemisehdoista.

## **7.1 Toimintakuvaukset Hyötyvoimalaitoksella**

Hyötyvoimalaitoksen toimintakuvaukset ovat sijoitettu Honeywell PKS -sovellukseen, josta ne löytyvät laitteen tai sekvenssiohjauksen kohdalta. Toimintakuvaukset ovat tallennettu palvelimelle, josta niitä voidaan hakea luettavaksi kaikille eri käyttöliittymille. Avattaessa toimintakuvausta käyttöliittymästä aukeaa internetiselain, johon kuvaus tulostuu (kuva 17). [6.]



Kuva 17. Toimintakuvaus internetselaimessa

Toimintakuvauksilla välitetään käyttäjälle yksityiskohtaisia tietoja ja käyttöohjeita piirien ja sekvenssien toiminnoista. Toimintakuvaukset ovat HTM-dokumentteja ja sisältävät joko pelkästään tekstiä tai tekstiä ja kuvia. Toimintakuvauksen sisällöstä löytyy laitepositio, nimi, sijainti, toiminta, häilytykset, lukitukset ja tiedot muihin piireihin. [6.]

Laitepositio on tehty Hyötyvoimalaitoksella käytetyn KKS-järjestelmän mukaisesti. Seuraavaksi laitteelle tai sekvenssille on annettu kuvaava nimi, koska positiotunnuksen perässä oleva nimitys on joskus lyhennetty, eikä uusi käyttäjä välttämättä saa siitä tarpeeksi tietoa.

Sijainti kertoo, missä kerroksessa laite on, ja sen perässä voi olla vielä tarkennettu kuvaus, jotta laite voidaan löytää helpommin. Tämä nopeuttaa laitteen paikantamista ja säästää aikaa kiireisissä tilanteissa.

Jos laitteen tai sekvenssin toiminnasta on epävarmuutta tai se on käyttäjälle uusi, niin toimintakuvauksen toiminta otsikon alta voidaan saada selville, kuinka laite toimii ja mitkä muut piirit vaikuttavat siihen.

Hyötyvoimalaitoksen valvomossa on yksi kokonainen näyttö omistettu hälytyslistalle, johon kaikkien laitteiden hälytykset ilmestyvät. Näytölle tulevat hälytykset kertovat, mikä hälytys on kyseessä ja mistä laitteesta tai sekvenssissä hälytys on peräisin. Toimintakuvauksesta voi katsoa, mitä hälytyksiä laitteesta voi tulla ja mikä niiden mahdollinen aiheuttaja on ollut.

Lukitukset ovat tärkeä osa järjestelmän turvallisuutta, ja ne on tehty estämään vaarallisten toimintojen aiheutumista. Yksinkertainen esimerkki lukituksesta on fyysisen hätäseis-kytkimen painaminen. Sekvensseissä lukituksista tulee olla erityisen tarkkana, sillä sekvenssi ei käynnisty, jos edes yksi monista lukituksista on aktiivinen ja yhden sekvenssin lukitus voi vaikuttaa monien eri sekvenssien toimintaan. [9, s.15.]

Tiedot muihin piireihin -osiossa on nähtävissä, mitä piirin tietoja, kuten käynti-, käynnistys- ja pysäytystietoja, käytetään muissa piireissä. Tiedot on lajiteltu, ja niitä käyttävät piirit on lueteltu selvästi sekä linkitetty helppokäyttöisyyttä mielessä pitäen.

Pin	Block.SubBlock.Order.Pin	[Connection type]
rn1	10ETG10AB001B.MNSRNG10.5.rn1	(wire connection)
rn2	10ETG10AB001B.MNSRNG10.5.rn2	(wire connection)
rng	10ETG00EC001+++++46.co2	(name connection)
rng	10ETG00EC001B.in1	(name connection)
rng	10ETG00EC001+++++2S.co1	(name connection)
rng	10ETG10CS001.PUT.4.in	(name connection)
rng	10ETG10AB001B.MNSRNG10.5.rng	(wire connection)
s00	10ETG10AB001BA.MNSPSEL1.1.s00	(wire connection)
s00	10ETG10AB001BA.MUPLX.4.in2	(wire connection)
s01	10ETG10AB001BA.MUPLX.6.in2	(wire connection)
s10	10ETG10AB001BA.MNSPSEL1.1.s10	(wire connection)
s10	10ETG10AB001BA.MUPLX.4.in3	(wire connection)
s11	10ETG10AB001BA.MUPLX.6.in3	(wire connection)
s10	10ETG10AB001B.OR.6.i3	(name connection)
srv	10ETG10AB001BA.FORK.7.ou6	(wire connection)
tm2	10ETG10AB001A.ALAR_MBE1.8.on2	(wire connection)
ts1	10ETG10AB001B.MNSRNG10.5.ts1	(wire connection)
ts1	10ETG10AB001BA.OR.10.in2	(wire connection)
ts1	10ETG10AB001BA.OR.8.in2	(wire connection)

Kuva 18. Tiedot muihin piireihin näkymä PMD Builder -sovelluksessa

Toimintakuvauksen alla on vielä alue kommenteille ja lista muutoshistoriasta. Kommenttien alle voi kirjoittaa piirin kuuluvista asioista, kuten muutoksista tai muista huomautuksista. Muutoshistoriassa tulee olla dokumentin luojan ja mahdollisten muokkausten tekijän nimikirjaimet ja päivämäärä.

Toimintakuvauksissa on paljon vihreällä alleviivattuja tekstejä. Nämä ovat linkkejä eri piirien toimintakuvauksiin. Linkit helpottavat käyttäjää huomattavasti ja tiedon hankkiminen helpottuu. Ilman linkkejä käyttäjän tulisi kirjoittaa kokonainen KKS-positiotunnus hakukenttään tai etsiä laite monien samannäköisten laitteiden seasta.

## **8 TYÖN TOTEUTUS**

Opinnäytetyön tehtävänä oli analysoida lentotuhkan käsittelyprosessia ja laatia jokaiselle piirille toimintakuvaukset. Ennen työn aloittamista sain työhön liittyviä materiaaleja käyttööni, kuten lentotuhkan käsittelyn PI-kaavion, kuvan prosessi näytöstä, Keppel Seghersin rakennusdokumentit PDF-tiedostoina sekä esimerkkejä aikaisemmin tehdyistä toimintakuvauksista HTM-dokumentti muodossa.

Opinnäytetyöhön tutustumisen aikana sain pikaisen koulutuksen Kotkan Energia Oy:n SST-päälliköltä. Kävimme hänen kanssaan opinnäytetyön aikana tarvitsemäni sovellukset läpi ja opettelin samalla sovelluksien käyttöä. Ensimmäinen sovellus oli Honeywell Experion PKS, jossa keskityimme pääasiassa prosessinäyttöjen toimintaan ja niiden ominaisuuksiin. Kun prosessinäytöt olivat tulleet tutuiksi, siirryimme PMD Builder -sovellukseen.

Käydessämme PMD Builderin -sovelluksen perustoimintoja läpi opettelin eri piirien hakemista KKS-tunnuksen avulla. Kävimme myös lohkojen toimintaa lävitse ja opettelin eri lohkojen välillä siirtymistä sekä vaativimpien lohkojen toimintaa. Tämän koulutuksen jälkeen sain pari päivää aikaa tutustua sovellukseen ja kirjata ylös kaikki vastaan tulleet haasteet, ongelmat ja kysymykset, jotka tultaisiin käymään läpi syvemässä koulutuksessa Pöyryn Finland Oy:n projekti-insinöörin kanssa.

Koulutuspäivänä kävimme sovelluksia läpi tarkasti ja sain vastaukset omiin kysymyksiini. Koulutuksen aikana sain todella hyvän käsityksen sovelluksista, jonka jälkeen piirien analysointi alkoi sujumaan itsenäisesti ja pystyin aloittamaan opinnäytetyöni tekoa.

## 8.1 Toimintakuvauksien laadinta

Toimintakuvauksien laadinta aloitettiin ensiksi tutustumalla prosessiin PI-kaavioon (liite 1). PI-kaavio on lyhenne Putki- ja Instrumenttikaaviosta, joka sisältää kaikki prosessiin kuuluvat automaatiopiirit, laitteet sekä putkilinjat. PI-kaaviossa on annettu jokaiselle instrumentille yksilöidyt positiotunnukset, jotka koostuvat KKS-tunnuksen laitteistotunnusosasta sekä SFS-IO 14617-6 standardin mukaisesta kirjainyhdistelmästä. PI-kaavion piirrosmerkit ovat eurooppalaisten ja kansainvälisten standardin PSK 3601 mukaisesta symbolikirjastosta. [13.]

Prosessin toiminnan tulkitsemisen apuna olivat myös prosessinäytöt, jotka auttoivat saamaan prosessista vielä selvemmän kuvan. Kun prosessi oli tullut tutuksi, siirryin PMD Builder -sovelluksen käyttöön, minkä avulla pystyin aloittamaan piirien toimintakuvauksia.

Suurin osa toimintakuvauksien tiedoista saatiin PMD Builder -sovelluksella. Sovelluksen avulla päästiin tarkastamaan piirin toimintaa, hälytykset, lukitukset ja tiedot muihin piireihin. Honeywell Experion PKS HMIWeb -sovelluksesta oli myös apua prosessinäyttöjen painikkeiden toiminnan toteamisessa. Prosessinäytön painonappeja tarkastelemalla sai selville, minne niiden tulot veivät PMD Builder -sovelluksessa sekä niiden todellisen toiminnan.

Toimintakuvauksia tehtäessä oli huomioitava, että laatimani toimintakuvaukset olivat rakenteeltaan hyvin samantyyllisiä kuin aikaisemmin tehdyt, jotta ne olisivat mahdollisimman yhtenäisiä ja helppolukuisia käyttäjille. Piirien toimintakuvauksia tehdessä helpotti myös se, että monet rinnakkaiset sulkusyöttimet ja muut piirit toimivat melko samalla periaatteella. Niitä laatiessa piti kuitenkin olla erityisen tarkkana, sillä joissain piireissä saattoikin esiintyä jotakin ainutlaatuisia muihin piireihin verrattaessa.

Ohjelman tultua tutuksi laitteiden ja sekvenssien piirit olivat yleensä melko selkeitä, mutta osa niistä olivat vaikeita, jolloin hyödyksi tuli PMD Builder -sovelluksessa oleva monitorointi sekä simulointi. Monitorointia käytettiin todella usein työn aikana, ja siitä oli erityisen paljon apua, koska sekvensseissä olevat ehdot olivat monesti huolimattomasti nimetty. Simuloinnin avulla piiriä ja sen blokkeja pystyi manipuloimaan ja tarkastamaan niiden toimintaa vaikuttamatta prosessiin. Simulointia tuli käytettyä vain silloin, kun piirin toiminta vaikutti erittäin hankalalta analysoida.

Lohkojen sisällä olevat toiminnot olivat usein tehty blokeilla, jolloin se oli helposti ymmärrettävä. Toiset taas olivat Pascal-kieltä, jonka ymmärtäminen oli tyydyttävää, mutta kuitenkin sain aina kerättyä tarvitsemäni tiedot. Joskus haasteita aiheuttivat tyyppilohkot, joiden sisältö oli salattu.

## **8.2 Kohdatut ongelmat**

Toimintakuvauksia tehdessä huomattiin, että monissa piireissä esiintyi virheitä. Ensimmäiset huomatu virheet olivat kahdessa sulkusyöttimien paikallishjauksen piireissä, joissa hätäseis-kytkin ei ollut liitettynä lähtöön eikä myöskään hälytysblokkiin.

Piirien toimintaa tarkastellessani huomasin myös, että eräs lukitus oli väärin nimetty prosessinäytön piiri-ikkunassa. Piiri-ikkunan laajenteeseen oli kirjoitettu, että "Pesu"-lukitus olisi tullut moottorilta, vaikka oikeasti lukitus tuli sekvenssiohjauksesta. Tämän virheen korjaus onnistui helposti laajenteen tekstiä muokkaamalla ja tiedoston uudelleen latauksella.

Toimintakuvauksia tehdessäni kohtasin yhden erittäin vaikea piiri, josta ei millään saanut selkoa, miten sen pitäisi toimia, ja kaikki loogisesti ajatellut toimintatavat eivät auttaneet selvittämään piirin suunniteltua toimintatapaa. Kyseessä oli tuhkasiilon tyhjennysventtiili, jonka tehtävänä oli avata yhteys tuhkasiilolta näytteenottoon.

Tyhjennysventtiili toimii aukeamalla 20 sekunnin kuluttua tuhkasiilon sulkusyöttimen käynnistyksen jälkeen, mutta piiriin oli myös suunniteltu, että venttiili

aukeaisi vain joka neljäs purku. Piiri oli luotu erittäin hankalalla tavalla, ja sen toiminnan toteaminen oli tämän takia haastavaa. Aina kun toiminnan analysoiminen alkoi vaikuttaa järkevältä, eteen ilmestyi NOT-blokki tai AND-blokki, joka sekoitti toiminnan kokonaan, eikä piiri voinut näiden blokkien takia toimia suunnitellulla tavalla.

Monitorointi sekä simulointi lopulta paljasti, että piiriä ei ollut laadittu kunnolla, sillä niidenkään avulla piiri ei toiminut, eikä venttiili ikinä avautunut. Työn loppuvaiheilla tutkimme vielä venttiilin piiriä SST-päällikön kanssa ja tulimme samaan tulokseen, että piiri ei ole ikinä toiminut sen suunnitellulla tavalla vaan se oli auennut joka purun aikana. Varmistimme vielä käytönjohtajalta asian. Lopulta tyhjennysventtiilin KKS-järjestelmätunnus otettiin ylös, piiri otettiin työn alle, ja se tullaan muokkaamaan kunnolliseksi tulevaisuudessa.

Sekvenssiohjauksien toimintakuvauksia tehdessä tulojen ja lukituksien kuvaukset olivat usein huonoja tai puuttuivat kokonaan. Ilman kuvaavaa tekstiä olevia tuloja ja lukituksia joutui etsimään useiden piirien kautta. Jotkut piirit osoittautuivat vielä erityisen hankaliksi, koska sekvenssin askeleiden tulot saattoivat olla useassa kohdassa samannimisiä, mutta ne olivatkin invertoitu suoraan tuloblokissa.

Huonot tulojen kuvaukset kohdistuivat usein etenemisluvan etenemisehtoihin. Esimerkkinä näistä tilanteista on liite 2, jossa sulkusyöttimen ja ketjukuljetin etenemisehtoihin kuuluivat tiettyjen laitteiden pysähtymistiedot.

Liitteen 2 askeleessa 100: OIKEA VETO SULKUSYÖTIN SEIS, käsketään pysäyttämään sulkusyötin ja askeleen etenemisehtoihin kuuluu, että ketjukuljetin pysyy käynnissä ja sulkusyötin on pysähtynyt. Loogisesti tämä on aivan oikean ja helppo ymmärtää, mutta PMD Builder -sovelluksessa molemmat käynti- ja pysähtymistiedot ovat samalla kuvauksella varustettu ”Hopper stopped” (sulkusyötin pysähtynyt) ja ”Conveyer stopped” (ketjukuljetin pysähtynyt).

Ensisilmäyksellä askeleen etenemisehdot vaikuttavat erittäin oudoilta, koska askeleessa ei käsketä ketjukuljetinta pysähtymään vaan pelkästään sulkusyö-



tin käsketään pysähtymään. Tilannetta vielä hankaloitti se, että molemmat pysähtymistiedot olivat invertoitu, mikä tarkoittaisi sitä, että molemmat sulkusyötin sekä ketjukuljetin saisivat olla samanaikaisesti käynnissä, jotta etenemislupa täytyisi.

Ongelman selvittäminen alkoi käymällä sulkusyöttimen ja ketjukuljettimen piirejä lävitse ja etsimällä niiden käyntitiedot, jotka olivat viety sekvenssiohjauskelle. Tämä aiheutti vielä enemmän kysymyksiä, koska molempien käyntitiedot olivat viety samalla tavalla sekvenssille. Tässä sekaannuksessa oli luotettava omaan loogiseen ajattelukykyyn ja laadittava toimintakuvaus sen mukaisesti. Saamieni tuloksien kanssa päätin odottaa työn loppuvaiheilla suoritettavaan tarkastukseen asti.

Kaikkien toimintakuvauksien ollessa valmiita, tarkastimme ne SST-päällikön kanssa ja toin esille löytämäni ongelmat. Kävimme yhdessä läpi sekvenssiohjauksen toiminnan ja tulimme siihen lopputulokseen, että looginen ajattelukyky oli tuottanut tulosta ja kaikki piirit olivat oikein kuvattu.

Käyntitietojen ero löytyi lopulta tuloblokkeja avattaessa, joista selvisi, että toinen käyntitieto oli invertoitu vielä kerran itse blokissa ja kuvausteksti oli jätetty muokkaamatta. Sekvenssiohjauspiirit olivat todennäköisesti tehty nopeasti, eikä niiden laatija ollut ottanut huomioon tulojen kuvauksia ja täten jättänyt nämä erittäin sekavaksi. Etenemisehtoihin olisi tullut kirjoittaa ”Hopper stopped” ja ”Conveyer running”, jotta toiminnan analysointi olisi ollut helpompaa.

Toimintakuvauksien paikkansapitävyys ja muut tarkastukset suoritettiin työn loppuvaiheilla SST-päällikön kanssa. Tarkastukset keskittyivät SST-päällikön omaan tietoisuuteen, ja hankalammat piirit tarkastettiin yhdessä käyttämällä PMD Builder -sovellusta.

Piirien tarkastelussa huomioitiin myös, että invertointia käytettiin piireissä erittäin paljon ja myöskin jopa turhaan. Piirin tuloja saatettiin invertoida itse tuloblokissa, tuloblokin liitännässä sekä seuraavan blokin liitännässä. Tällainen ylimääräinen invertointi oli erittäin hämmentävää ja välillä jopa huvittavaa katseltavaa, mutta se aiheutti myös välillä ongelmia piiriä analysoidessa.

### 8.3 Kehitysideat

Piirikohtaiset toimintakuvaukset sisältävät yksinkertaisen ja kattavan kuvauksen piirin toiminnasta HTM-dokumentti muodossa. Kuvien lisääminen piireihin helpottaisi uusia operaattoreita ja kunnossapitoa laitteiden tunnistamisessa, mutta niiden laadun ja tiedostokoon optimointi asettaa vaikeuksia.

Toisinaan GIF-tiedoston lisääminen toimintakuvaukseen tai kokonaan uuden linkin luominen piiri-ikkunaan olisi minun mielestäni paljon hyödyllisempää. GIF-tiedostoista käyttäjä saisi enemmän informaatiota, ja niistä voitaisiin tunnistaa laite, sen sijainti sekä nähdä yksinkertainen animaatio laitteen toiminnasta prosessissa.

GIF-tiedostojen käyttäminen toimintakuvauksien ohessa olisi järkevämpää kuin videoiden tai kuvien, koska GIF-tiedostojen koko on paljon pienempi. Pienien tiedostojen takia niiden laadun ja tiedostokoon optimointi toimintakuvauksiin onnistuisi helpommin kuin videoiden tai kuvien.

Sekvenssiohjaus piireissä GIF-tiedostot voisivat auttaa huomattavasti, koska sekvenssiohjausten toimintakuvauksien lukeminen on työläämpää jo pelkästään askelmäärien takia. Sekvenssiohjausten toimintakuvauksen ohella oleva animaatio voisi auttaa uusia käyttäjiä ymmärtämään sekvenssiohjausta sekä sen käsky- ja etenemisjärjestystä paremmin.

## 9 YHTEENVETO

Opinnäytetyön tavoitteena oli analysoida Kotkan Energia Oy:n Hyötyvoimalaitoksen lentotuhkan käsittelyä ja laatia kaikkien siihen kuuluvien piirien toimintakuvaukset HTM-dokumentteina KompoZer-sovellusta käyttäen. Piirikohtaisia toimintakuvauksia laadittiin yhteensä 68 kappaletta, joista neljä oli sekvenssiohjaus piirejä. Sekvenssiohjauspiirit ohjasivat eri ryhmiin jaoteltuja piirejä, ja niiden laatiminen oli paljon työläämpää kuin muiden piirien.

Opinnäytetyön aikana tutustuttiin moneen eri sovellukseen ja niiden operointiin. Kaikki työssä käytetyt sovellukset olivat työtä aloittaessa uusia ja tunteuttomia minulle, tämän takia sain koulutukset jokaisen ohjelman käyttöön opinnäytetyön alkuvaiheessa. Ohjelmiin syvempi perehtyminen onnistui itsenäisesti eri asiakirjoihin tutustumalla, joita sain Hyötyvoimalaitokselta lainaksi opinnäytetyön tekemisen ajaksi.

Toimintakuvauksien laatiminen oli aluksi hieman haastavaa, koska käytetyt sovellukset eivät olleet ennestään tuttuja, ja niiden käyttäminen sekä kaikkien ominaisuuksien aktivoivien painikkeiden muistaminen ovat välillä hankalaa. Sovellukset kuitenkin tulivat tutuiksi minulle melko nopeasti, ja niiden operointi ja analysointi helpottuivat, mikä vaikutti huomattavasti työn etenemiseen. Jätin työn vaikeimmat sekvenssiohjauspiirit opinnäytetyön loppuvaiheille, jotta sovellukset olisivat siihen mennessä tulleet minulle jo tutuiksi ja sekvenssiohjauspiirien analysointi olisi täten mahdollisimman helppoa ja sujuvaa.

Opinnäytetyön tekeminen onnistui hyvin ja suurin osin mutkitta. Työn valmistamisen jälkeen olin erittäin tyytyväinen saamiini tuloksiin ja opin työtä tehdessäni erittäin paljon Hyötyvoimalaitoksen prosesseista, käytetyistä sovelluksista sekä laitoksen rakenteesta. Opinnäytetyön aikana kohtasin myös monia haasteita tiettyjen piirien ja etenkin sekvenssiohjauksien kanssa. Näissä tilanteissa oma looginen ajattelukyky auttoi huomattavasti ja virheitäkään piirien analysoimisessa ei havaittu.

Opinnäytetyöni aikana sain myös esittelyn prosessin fyysisestä alueesta valvomon henkilökunnan opastuksella. Tarvitsin myös työni aikana apua valvomossa työskenteleviltä operaattoreilta erityisesti siilonkaton lämmityksen toiminnan analysoimisessa, sillä en osannut yhdistää, miksi siilonkattoa lämmitettäisiin yli 10-asteisena. Sain lopulta vastauksen ongelmaani, ja lämmityksen syynä oli kosteuden minimoiminen lämpimillä keleillä.

Opinnäytetyössä laadittujen toimintakuvauksien todellinen hyöty tulee esille vasta pidemmän ajan kuluttua tai silloin, kun uusia operaattoreita koulutetaan Hyötyvoimalaitokselle. Toimintakuvaukset ovat kuitenkin nyt palvelimella val-

miina auttamaan valvomon työntekijöitä sekä kunnossapitoa. Hyötyvoimallaisella toimintakuvauksella on tekemättä vielä todella monta, joista opiskelijat voivat saada hyviä opinnäytetöitä itselleen.

## LÄHTEET

1. Kotkan Energia Oy. Hyötyvoimalaitos. 2020. Sisäiset esittelykalvot.
2. Kotkan Energia Oy. Hyötyvoimalan tarkkailusuunnitelman tiivistelmä. PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://www.kotkanenergia.fi/sites/default/files/hyotyvoimalan\\_tarkkailusuunnitelman\\_tiivistelma\\_0.pdf](http://www.kotkanenergia.fi/sites/default/files/hyotyvoimalan_tarkkailusuunnitelman_tiivistelma_0.pdf) [viitattu 3.3.2020].
3. Kotkan Energia Oy. Yhtiön internetsivut. WWW-dokumentti. Saatavissa: <http://www.kotkanenergia.fi/> [viitattu 3.3.2020].
4. Keppel Seghers. Boiler ash transport. 2008. Sisäiset esittelykalvot.
5. Kotkan Energia Oy. KKS-sovellutusohje. 2020. Sisäinen asiakirja.
6. Honeywell Oy. Experion PKS. Käyttöliittimän käyttöohje. 2008. Sisäinen asiakirja.
7. Honeywell Oy. Experion PKS. Sovellussuunnittelun käsikirja osa 1/2. 2007. Sisäinen kirja.
8. Cooke, C. KompoZer and Nvu User Guide. PDF-dokumentti. Saatavissa: <http://www.chromakinetics.com/Kompozer/KompoZer%20User%20Guide.pdf> [viitattu 5.3.2020].
9. Tukes opas. Turva-automaatio prosessiteollisuudessa. PDF-dokumentti. Saatavissa: <https://tukes.fi/documents/5470659/6409383/Turva-automaatio+prosessiturvallisuudessa/e159a62f-a1c2-4de9-a063-7050349d5081/Turva-automaatio+prosessiturvallisuudessa.pdf?version=1.0> [viitattu 10.3.2020].
10. Honeywell Oy. Experion PKS Laitteistokäsikirja. Automaatiojärjestelmä 2010. Sisäinen asiakirja.
11. Rudus Oy. Lentotuhkaohje. Käyttöohje rakentamiseen ja suunnitteluun. 2008. PDF-dokumentti. Saatavissa: <file:///C:/Users/valtt/Downloads/Lentotuhka-ohje.pdf> [viitattu 20.3.2020].
12. ASH-POWER. Yhtiön internetsivut WWW-dokumentti. Saatavissa: <https://www.ashpower.fi/#tietoa> [viitattu 20.3.2020].
13. PSK 3603. 2012. Prosessikaaviot ja merkinnät. PI-kaavion esitystapa ja merkitsemisohje.
14. Mäkelä, M. Mitä vaativalta prosessiautomaatiolta on lupa odottaa? PDF-dokumentti. Saatavissa: [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/vaativa\\_prosessiautomaatio\\_mmakela.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/vaativa_prosessiautomaatio_mmakela.pdf) [viitattu 26.3.2020].

15. Seppälä, J. Kattilalaitoksen piirikohtaisen toimintakuvasten generointi. Diplomityö, Tampereen Teknillinen Yliopisto. 2010. Saatavissa: <https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/123456789/6740/seppala.pdf?sequence=3&isAllowed=y> [viitattu 26.3.2020]
16. Arola, V.-M. SST-päällikkö. Sähköpostiviesti 27.3.2020. Kotkan Energia Oy.



**10ETG00EC001 KATT. TUHKAN SAT. OIKEA****Toiminta:**

Sekvenssi ohjaa sulkusyötintä ja kuljetinta.  
 Sekvenssi käynnistetään napista "Käynnistys"

**Häiriöohjeet:**

Jos sekvenssi ei käynnisty valvonta-aikahälytys

**ALOITUSEHDOT:**

- ♦ [10ETG00EC001 KATT. TUHKAN SAT. OIKEA](#) Lukitukset on ok
- ♦ [10ETG00EC002 KATT.TUHKAN YHTEINEN KAYN SEK.](#) on käynnissä
- ♦ [10ETG10AF001 OIK.VETO KULJ. MOOT.](#) on automaattilla
- ♦ [10ETG10AF001 OIK.VETO KULJ. MOOT.](#) ei ole vikatilassa
- ♦ [10ETG10AB001 OIK.VETO SULKUSYOTIN MOOT.](#) on automaattilla
- ♦ [10ETG10AB001 OIK.VETO SULKUSYOTIN MOOT.](#) ei ole vikatilassa
- ♦ [10ETG10AF001A OIK. VETO KULJ. KETJU KIREALLA](#) on ok
- ♦ [10ETG10CE001 OIK. VETO KULJ. VIRTÄ](#) yläraja lukitus ei ole päällä (4.50A)

**ASKEL 5: OIKEA VETO KULJ.MOOTTORI KÄY**

- ♦ Valvonta-aika: 10 s                      Odotusaika: 2 s
- ♦ Käskyt:
  - ◊ [10ETG10AF001 OIK.VETO KULJ. MOOT.](#) käynnistyy
- ♦ Etenemisehdot:
  - ◊ -
- ♦ Siirrytään askeleeseen 10 tai valvonta-aika ylittyy, annetaan hälytys sekvenssi ei etene ja jäädään odottamaan käyttäjän toimenpiteitä.

**ASKEL 10: OIKEA VETO SULKUSYÖTIN KÄY**

- ♦ Valvonta-aika: 10 s                      Odotusaika: 2 s
- ♦ Käskyt:
  - ◊ [10ETG10AB001 OIK.VETO SULKUSYOTIN MOOT.](#) käynnistyy
- ♦ Etenemisehdot:
  - ◊ -
- ♦ Siirrytään askeleeseen 95 tai valvonta-aika ylittyy, annetaan hälytys sekvenssi ei etene ja jäädään odottamaan käyttäjän toimenpiteitä.

**ASKEL 95: RYHMÄ KÄYNNISSÄ**

- ♦ Valvonta-aika: - s                      Odotusaika: 1 s
- ♦ Pysytään askeleessa 95, kunnes sekvenssin pysäytys aloitetaan, jonka jälkeen siirrytään askeleeseen 100.

**ASKEL 100: OIKEA VETO SULKUSYÖTIN SEIS**

- ♦ Valvonta-aika: - s                      Odotusaika: 2 s
- ♦ Käskyt:
  - ◊ [10ETG10AB001 OIK.VETO SULKUSYOTIN MOOT.](#) pysähtyy
- ♦ Etenemisehdot:
  - ◊ [10ETG10AF001 OIK.VETO KULJ. MOOT.](#) on käynnissä
  - ◊ [10ETG10AB001 OIK.VETO SULKUSYOTIN MOOT.](#) pysähtynyt



- Siirrytään askeleeseen 105 tai valvonta-aika ylittyy, annetaan hälytys sekvenssi ei etene ja jäädään odottamaan käyttäjän toimenpiteitä

#### ASKEL 105: OIKEA VETO KULJ.MOOTTORI SEIS

- Valvonta-aika: 10 s                      Odotusaika: 2 s
- Käskyt:
  - [10ETG10AF001 OIK.VETO KULJ. MOOT.](#) pysähtyy
- Etenemisehdot:
  - [10ETG10AF001 OIK.VETO KULJ. MOOT.](#) pysähtynyt
- Siirrytään askeleeseen 0 tai valvonta-aika ylittyy, annetaan hälytys sekvenssi ei etene ja jäädään odottamaan käyttäjän toimenpiteitä.

#### ASKEL 150: LUKITUSASKEL 1

- Valvonta-aika: 10 s                      Odotusaika: 2 s
- Käskyt:
  - [10ETG10AF001 OIK.VETO KULJ. MOOT.](#) pysähtyy
  - [10ETG10AB001 OIK.VETO SULKUSYOTIN MOOT.](#) pysähtyy
- Etenemisehdot:
  - [10ETG10AF001 OIK.VETO KULJ. MOOT.](#) pysähtynyt
  - [10ETG10AB001 OIK.VETO SULKUSYOTIN MOOT.](#) pysähtynyt
- Siirrytään askeleeseen 0 tai valvonta-aika ylittyy, annetaan hälytys sekvenssi ei etene ja jäädään odottamaan käyttäjän toimenpiteitä.

#### Lukitukset:

Sekvenssiä ei voi käynnistää, jos:

- [10ETG10AB001 OIK.VETO SULKUSYOTIN MOOT.](#) on käynnissä
- [10ETG10AF001 OIK.VETO KULJ. MOOT.](#) on käynnissä
- [10ETG00EC002 KATT.TUHKAN YHTEINEN KAYN SEK.](#) ei ole käynnissä

#### Hälytykset:

- Valvonta-aika hälytys

#### Tiedot muihin piireihin:

Käyntitieto

- [10ETG00EC002 KATT.TUHKAN YHTEINEN KAYN SEK.](#)
- [10ETG00EC000 KATT.TUHKAN YHTEISKÄYNNISTYS](#)

Käynnistys

- [10ETG00EC000 KATT.TUHKAN YHTEISKÄYNNISTYS](#)

Pysäytys

- [10ETG00EC000 KATT.TUHKAN YHTEISKÄYNNISTYS](#)

#### Kommentit:

#### Muutoshistoria:

03.02.2020 Dokumentti luotu (VR)