

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikan koulutusohjelma / Automaatio- ja prosessitekniikka

Janne Saarela

VOIMALAITOKSEN VALVOMOKÄYTTÖLIITTYMÄN KEHITTÄMINEN

Opinnäytetyö 2012

## TIIVISTELMÄ

### KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

#### Energiatekniikan koulutusohjelma

SAARELA, JANNE

Opinnäytetyö

Työn ohjaajat

Toimeksiantaja

Maaliskuu 2012

Avainsanat

Voimalaitoksen valvomokäyttöliittymän kehittäminen

44 sivua + 11 liitesivua

Yliopettaja Merja Mäkelä

Käyttöpäällikkö Juha Gäsman, Hovinsaaren voimalaitos

Kotka Energia Oy

Näyttökaaviokuva, MetsoDNA, Gd-CAD

Prosessinäytöt ovat operaattorille ikkuna prosessiin. Ilman toimivia ja ajan tasalla olevia prosessinäyttöjä prosessin kokonaistilaa on mahdotonta hahmottaa nykyaikaisissa digitaalisissa valvomoissa. Tämän työn tarkoituksena oli päivittää ja uudistaa Hovinsaaren voimalaitoksen MetsoDNA-prosessinäytöt sekä selvittää suurkuvanäytön hankinta valvomoon osana käyttöliittymän kehittämistä. Nykyisissä näyttökuvissa ongelmana oli osittain vanhentunut informaatio sekä aktiivisessa käytössä olevien kuvien suuri määrä.

Työn suorittaminen koostui nykyisten prosessinäyttöjen analysoinnista, uusien näyttöjen suunnittelusta sekä piirtämisestä. Uusien näyttökuvien suunnittelussa päätavoitteena oli saada vähennettyä normaaliajossa käytettävien prosessikuvien määrää kiinnittämällä huomio siihen, että toistuvat operoinnit voitaisiin kussakin osaprosessissa suorittaa yhdestä näyttökuvasta. Suunnittelu toteutettiin yhteistyössä operaattoreiden kanssa, jolloin he saivat ehdottaa parannuksia näyttöihin.

Työn tuloksena aktiivisessa käytössä olevien näyttökuvien määrää pystyttiin vähentämään osin pienilläkin muutoksilla. Selvitettiin suurkuvanäytön hankinta ja sen vaikutukset prosessin kokonais kuvan hahmottamiseen. Näyttökuviin lisättiin myös entistä enemmän trendinäyttöjä, jolloin prosessin muutossuunnan pystyy hahmottamaan entistä paremmin. Tehtyjen muutosten jälkeen Hovinsaaren voimalaitoksen prosessi on kokonaisuudessaan helpommin hahmotettavissa.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

SAARELA, JANNE

Bachelor's Thesis

Supervisors

Commissioned by

March 2012

Keywords

Development of control room user interface in power plant

44 pages + 11 pages of appendices

Merja Mäkelä, Principal lecturer

Juha Gåsman, Operation Manager

Kotka Energia Oy

process display, MetsoDNA, Gd-CAD

Process displays are the operator's window into the process. Without effective and up-to-date process displays it is impossible to understand the state of the process in modern digital control rooms. The purpose of this thesis work was to update and renew MetsoDNA process displays in Hovinsaari power plant and to study the acquisition of a large screen monitor as part of the development of the control room user interface. There was partially out-of-date information in the current process display images as well as too large a number of process display images in active use.

This work was carried out by analyzing current process displays and by designing and drawing new displays. The main goal was to reduce the number of process display images in active use by paying attention to the fact that repeated controls in each process section could be operated from one process display image. The designing of the process displays was implemented in collaboration with the operators, on which occasion they had an opportunity to propose improvements to the displays.

As a result of this thesis work, it was possible to reduce the number of displays in active use partially with small changes. The acquisition of a large screen monitor and its impact on the overall perception of the process were studied. The number of trend based displays was increased. All in all, as a result of user interface development the whole process is now easier to perceive.

## ALKULAUSE

Tein tämän opinnäytetyöni Kotka Energia Oy:n Hovinsaaren voimalaitokselle. Haluan kiittää Hovinsaaren voimalaitoksen henkilökuntaa työni tukemisesta. Erityisesti haluan esittää kiitokset voimalaitoksen käyttötiimille yhteistyöstä ja ideoiden esittämisestä, joiden avulla työtä hiottiin paremmaksi. Kiitokset myös voimalaitoksen Sähkö- ja automaatio-osastolle työni tukemisesta.

Käyttöpäällikkö Juha Gåsmanille haluan esittää kiitokset työn ohjaamisesta sekä mielenkiintoisesta työn aiheesta, joka sopi erityisen hyvin yhteen suuntautumisopintojeni kanssa. Haluan kiittää myös koulun puolen ohjaajaani yliopettaja Merja Mäkelää asiantuntevasta työn ohjauksesta.

Kiitokset myös Neste Jacobs Oy:n automaatio-suunnittelija Anna-Maija Kankareelle hyvistä neuvoista ja ohjeista, jotka mahdollistivat omalta osaltaan työn onnistumisen.

Suurimmat kiitokset haluan esittää perheelleni opintojeni tukemisesta.

Kotkassa 20.3.2012

Janne Saarela

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

## ALKULAUSE

1. JOHDANTO .....	8
2. KOTKA ENERGIA OY:N TUOTANTO.....	9
2.1 Korkeakosken Hyötyvoimalaitos.....	10
2.2 Hovinsaaren voimalaitos.....	11
2.2.1 Biokattilalaitos .....	12
2.2.2 Kombivoimalaitos.....	14
3. PÄÄAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ .....	15
3.1 Suunnittelu- ja ylläpitotoimintojen ympäristö (EA) .....	17
3.1.1 Autoinfo-tietokanta .....	17
3.1.2 Toimintoselain (Function Explorer).....	19
3.2 Suunnitteluohjelmat .....	19
3.2.1 FbCAD .....	19
3.2.2 GdCAD .....	20
3.2.3 SeqCAD .....	21
4. VALVOMO-OPEROINTI.....	21
4.1 Valvomonäytöt.....	21
4.1.1 Prosessikaavionäytöt.....	22
4.1.2 Piirinäytöt.....	23
4.1.3 Trendinäytöt .....	23
4.1.4 Reseptinäytöt.....	23
4.1.5 Sekvenssinäytöt.....	24
4.1.6 Hälytys- ja tapahtumanäytöt .....	24

4.1.7 Piirikohtaiset toimintakuvaukset.....	24
5. KÄYTTÖLIITTYMÄN SUUNNITTELU .....	24
5.1 Vaatimukset prosessikaavionäytöille .....	25
5.1.1 Selkeys ja hahmotettavuus .....	25
5.1.2 Tunnistettavuus, erottuvuus ja yhtenäisyys .....	26
5.1.3 Tarkoituksenmukaisten tietojen esittäminen ja luettavuus .....	27
5.1.4 Käyttäjän kieli .....	27
5.1.5 Tehokas ja turvallinen vuorovaikutus .....	28
5.2 Hälytyskäsitteily osana käyttöliittymää .....	28
5.3 Valvomotila osana toimivaa käyttöliittymää .....	29
5.3.1 Valvomotilan viihtyisyys ja olosuhteet.....	30
5.3.2 Valvomotilan toimivuus ja ergonomia.....	30
5.4 Suurkuvanäytöt nykyaikaisissa valvomoissa .....	30
6. KÄYTTÖLIITTYMÄN KEHITTÄMINEN.....	32
6.1 Alkutilanne.....	32
6.2 Kehitystoimenpiteet .....	33
6.2.1 Näyttökaaviokuvien päivitys ja uudistus .....	34
6.2.2 Hälytyskäsitteilyn kehittäminen.....	36
6.2.3 Suurkuvanäytön hankinta osana käyttöliittymän kehittämistä.....	36
6.2.4 Valvomotilan kehittäminen.....	40
7. YHTEENVETO .....	41
7.1 Päätelmät työn tuloksista .....	41
LÄHTEET.....	43

## LIITTEET

Liite 1. Hovinsaaren voimalaitoksen valvomon layout

Liite 2. Käyttöliittymän muutokset

Liite 3. Esimerkit tärkeimmistä uudistuksen kohteina olleista näyttökaaviokuvista

## KÄSITTEITÄ

METSODNA	Metson automaatiojärjestelmän tuotenimi, Dynamic Network of Applications
DCS	distributed control system, hajautettu automaatiojärjestelmä
CHP	combined heat and power, yhdistetty lämmön- ja sähkön- tuotanto
REF 1	recycled fuel 1, kierrätyspolttoainelaatu
POK	kevyt polttoöljy
LTO	lämmöntalteenotto
BFB	bubbling fluidized bed, leijukerroskattila
EKO	ekonomaiseri, syöttöveden esilämmitin
OPS	operointiasema
PCS	prosessiasema
ALP	hälytysasema
DIA	diagnostiikkasema
BU	varmennusasema
EA	suunnittelu- ja ylläpitoasema
FBCAD	function block computer aided design, piirikaavioiden suunnittelutyökalu
GDCAD	graphic display computer aided design, kaavionäyttöjen suunnittelutyökalu
SEQCAD	sequence computer aided design, sekvenssipiirien suunnit- telutyökalu
IO	tuloliitännät ja lähtöliitännät
LCD	liquid crystal display, nestekidenäyttö

## 1. JOHDANTO

Voimalaitoksen valvomo on laitoksen hermokeskus. Nykyaikaisissa voimalaitoksissa kaikki prosessiin liittyvät ohjaukset ja operoinnit suoritetaan muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta valvomosta käsin. Käyttöliittymänä toimii automaatiojärjestelmä ja sen prosessinäytöt. Käyttöliittymää tukevat toimiva hälytysten käsittely, suurkuvanäytöt sekä valvomotila. On tärkeää, että operaattori pystyy näyttökaavioiden avulla helposti ja nopeasti hahmottamaan prosessin kokonaistilan. Prosessikaavionäyttöjen tulee olla selkeitä ja helposti operoitavia. Lisäksi näytöt tulee olla loogisessa hierarkkisessa järjestyksessä ja näyttöjen välillä on oltava toimivat linkitykset, jolloin siirtyminen näyttösivulta toiselle on vaivatonta ja sujuvaa. Myös voimalaitoksen turvallisen ja tehokkaan käytön kannalta on tärkeää, että voimalaitoskäyttäjä pystyy nopeasti ja vaivattomasti löytämään tarvittavan näyttökuvan ja että kuva on ajan tasalla.

Työn tarkoituksena oli päivittää MetsoDNA- prosessinäytöt ja suunnitella näyttöihin muutoksia siten, että laitoksen normaaliajossa aktiivisesti käytettävien näyttökuvien määrää voidaan vähentää. Tavoitteena oli myös selvittää suurkuvanäytön hankinta ja valvomotilan kehitys sekä lisätä trendien käyttöä ja päivittää hälytyskäsittelyä.

Työ sai alkunsa siitä, että osa operaattoreista koki hankalaksi, että joidenkin osaprosessien ohjaukseen tarvittiin jopa kolmea eri näyttökuvaa. Tämän takia operaattorin työasemalla jouduttiin käyttämään yhdessä kuvaruudussa neljää prosessinäyttöä samanaikaisesti, jolloin on vaarana, että tärkeä tieto prosessista hukkuu informaatio tulvaan. Vaihtoehtona oli pitää yhtä näyttökuvaa monitorilla ja selata näyttöjä aktiivisesti. Tätä pidettiin työläänä eikä juuri kukaan operaattoreista käyttänyt tätä toimintatapaa.

Uusia kuvia ja kuvien päivityksiä suunniteltiin yhteistyössä voimalaitoskäyttäjien kanssa. Kuvien suunnittelussa pääpainona oli osaprosessikohtaisten operointien ohjaus yhdestä kyseiseen prosessialueeseen liittyvästä näyttökuvasta. Työkaluina käytettiin MetsoDNA:n EA-ympäristön Gd-CAD piirtotyökalua sekä FbCAD piirtosuunnittelu-työkalua.



## 2. KOTKA ENERGIA OY:N TUOTANTO

Kotka Energia Oy on kokonaan Kotkan kaupungin omistama energiayhtiö. Yhtiön liiketoiminta jakautuu energian tuotantoon ja kaukolämpöpalveluihin. Energia tuotetaan uusiutuvia energiavaroja ja jätteitä hyödyntäen. Päätuotteita ovat kaukolämpö, prosessihöyry ja sähkö. Kotka Energia on ennen kaikkea lämpöyhtiö. Yhtiön toiminnallisen rungon muodostavat tiimit, joita ovat Johtotiimi, Tuotantopalvelut, Yrityspalvelut ja Kaukolämpöpalvelut. Nämä jakautuvat vielä tarkemmin alatiimeiksi. [1]

Kotka Energia Oy:n keskeisiä arvoja energian tuotannossa ovat ympäristöystävällisyys ja tehokkuus. Yhtiö tuottaa energiaa bio- ja tuulivoimalla sekä hyödyntää kierrätyspolttoaineita. Tukipolttoaineena käytetään maakaasua ja kevyttä polttoöljyä. [1]

Kotka Energialla on kaksi voimalaitosta, Hovinsaaren voimalaitos ja Korkeakosken hyötyvoimalaitos sekä kaksi 1MW:n tuulivoimalaa Mussalossa. Lisäksi yhtiöllä on yksi biokaasulaitos Aittakorvessa, joka hyödyntää Heinsuon kaatopaikalla syntyvät metaanikaasut. Lämpökeskuksia yhtiöllä on neljä. Niitä käytetään kaukokäytöllä Hovinsaaren voimalaitoksen valvomosta. Lisäksi yhtiö rakentaa uuden biolämpökeskuksen Karhulan kaupunginosaan. Lämpökeskus otetaan käyttöön loppuvuodesta 2012. Alla olevassa taulukossa on esitetty yhtiön tuotantomäärät vuonna 2010 [1]

Taulukko 1: Kotka energian tuotantomäärä vuonna 2010 [3]

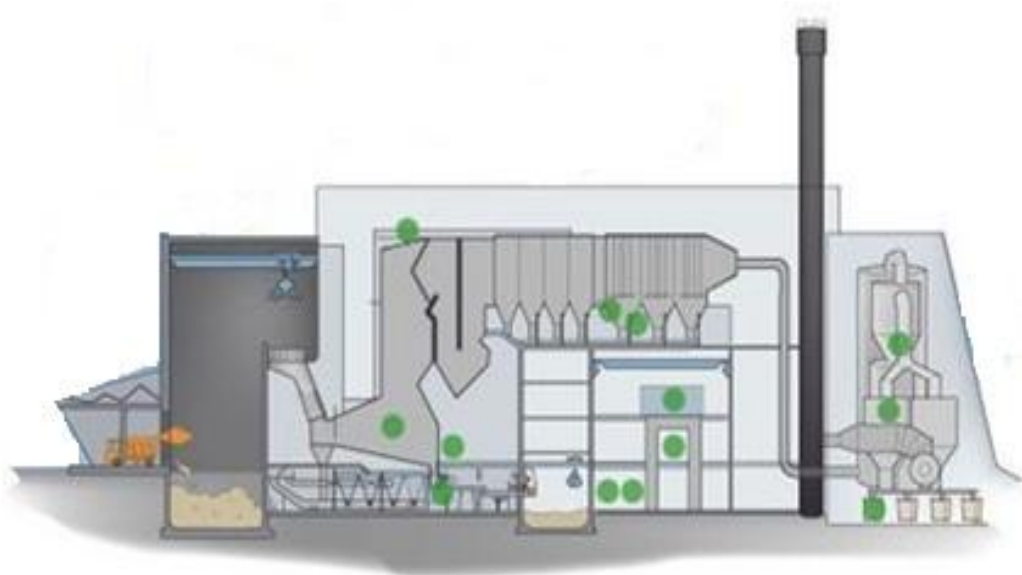
TUOTTEET	TUOTANTOMÄÄRÄ
Sähkö	196 GWh
Kaukolämpö	441 GWh
Prosessihöyry	203 GWh
Jätteiden hyötykäyttö	91 000 t

## 2.1 Korkeakosken Hyötyvoimalaitos

Hyötyvoimalaitos on CHP-voimalaitos (combined heat and power) eli yhdistetty lämmön ja sähköntuotantolaitos. Laitos otettiin käyttöön vuonna 2009. Laitoksen polttoaineteho on 34 MW ja se käyttää polttoaineenaan 90 % syntypaikkalajiteltua yhdyskuntajätettä sekä 10 % teollisuuden jätettä ja tuottaa näistä sähköä, prosessihöyryä ja kaukolämpöä. Prosessihöyry tuotetaan läheiselle Sonoco-Alcoren kartonkitehtaalle ja kaukolämpöä Karhulan alueelle. [1]

Hyötyvoimalaitos on suunniteltu käymään aina 100 % teholla ja sen vuotuinen käyntiaika on yli 11 kuukautta ja suunniteltu käyttöikä yli 20 vuotta. Polttoainetta käytetään vuosittain noin 90 000 tonnia, joka vastaa energiasisällöltään noin 270 000 MWh:ta. [1]

Polttoprosessissa syntyvät savukaasut puhdistetaan tehokkaasti nykyaikaisilla menetelmillä ja lasketaan puhdistettuna taivaalle. Palamisessa syntyvä palamaton kuona ja lentotuhka pyritään hyödyntämään tehokkaasti esimerkiksi kaatopaikkojen katemateriaalina. Hyötyvoimalaitoksen kattila on kotitalousjätteen polttoon soveltuva viistoarinakattila. Alla on esitettyä Hyötyvoimalaitoksen tuotantoprosessi. [1]



Kuva 2: Hyötyvoimalaitoksen periaatekaavio [2]

## 2.2 Hovinsaaren voimalaitos

Hovinsaaren voimalaitos on Kotka Energia Oy:n päätuotantolaitos. Se perustuu CHP-tekniikkaan eli laitos on yhdistetty lämmön ja sähköntuotantolaitos. Hovinsaaren voimalaitos on nykyaikainen ja ympäristöystävällinen voimalaitos, jossa on kiinnitetty erityistä huomiota savukaasujen puhdistukseen. Hovinsaaren voimalaitoksessa tuotetaan suurin osa Kotkassa käytettävästä kaukolämmöstä. Lisäksi tuotetaan prosessihöyryä Danisco Sweeteners Oy:n tehtaalle ja sähköä valtakunnan verkkoon. Alla olevasta taulukosta näkyy Hovinsaaren voimalaitoksen vuotuinen tuotanto. [1]

Taulukko 2: Hovinsaaren voimalaitoksen vuotuinen tuotantomäärä [3]

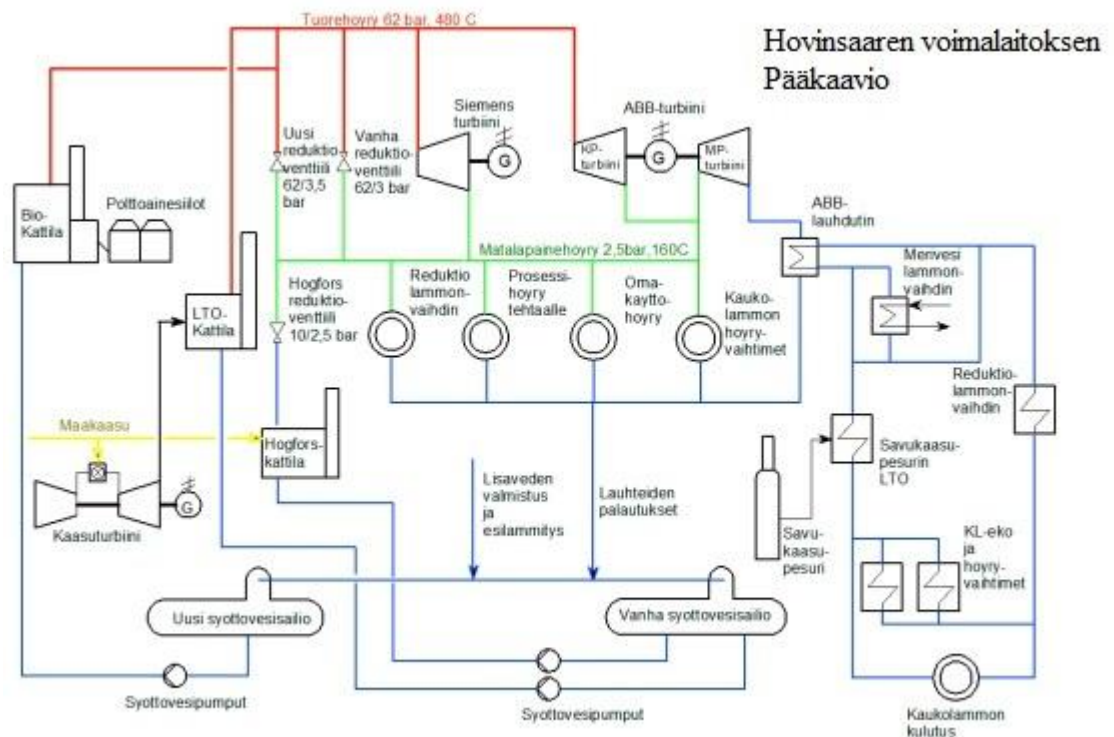
TUOTE	TUOTANTOMÄÄRÄ
Sähkö	150 - 250 GWh
Kaukolämpö	300 - 350 GWh
Prosessihöyry	140 GWh

Hovinsaaren voimalaitos käyttää polttoaineena maakaasua, metsähaketta, kuorta, metsäteollisuuden sivutuotteita, jyrshinturvetta, ruokohelpeä ja kierrätyspolttoaineita, jotka kuuluvat kierrätyspolttoaineluokkaan Recycled Fuel 1 (REF1). Vara- ja tukipolttoaineena käytetään maakaasua. Lisäksi on myös mahdollisuus käyttää kevyttä polttoöljyä (POK) varapolttoaineena. [1]

Hovinsaaren voimalaitos koostuu biokattilalaitoksesta (66 MW) sekä kombivoimalaitoksesta, joka käsittää kaasuturbiinin (27 MW sähkö) ja lämmön talteenottokattilan (60 MW). Apukattilana toimii maakaasukäyttöinen matalapainehöyrykattila (25 MW). Höyryturbiineita laitoksella on kaksi. Vanhempi Siemens-höyryturbiini on sähköteholtaan 5 MW sekä kaksivaiheinen ABB Stal VAX –höyryturbiini sähköteholtaan 17 MW. [1]

Talvisin biokattilaa ja kombivoimalaitosta ajetaan rinnan, jolloin molemmat kattilat syöttävät korkeapainehöyryä kahdelle höyryturbiinille. Korkeapainehöyryyn arvot ovat 61 bar ja 480 °C. Biokattilan kaukolämpöpiirissä kaukolämpövesi lämmitetään kolmi-

vaiheisesti savukaasupesurin lämmöntalteenottovaihtimilla, turbiinin kaukolämpö-lauhduttimella sekä matalapainehöyrykäyttöisellä reduktiolämmönvaihtimella. Kombivoimalaitoksen kaukolämpöpiiriä ajetaan rinnakkain biokattilan kaukolämpöpiirin kanssa. Matalapainehöyryä tuottavaa apukattilaa käytetään tarvittaessa lisäämään kaukolämmöntuotantoa tai tuottamaan prosessihöyryä Daniscon tehtaalle biokattilan seisokkien ajan. Alla olevassa kuvassa on hahmoteltu Hovinsaaren voimalaitoksen pääkaavio.



Kuva 2: Hovinsaaren voimalaitoksen pääkaavio. [2]

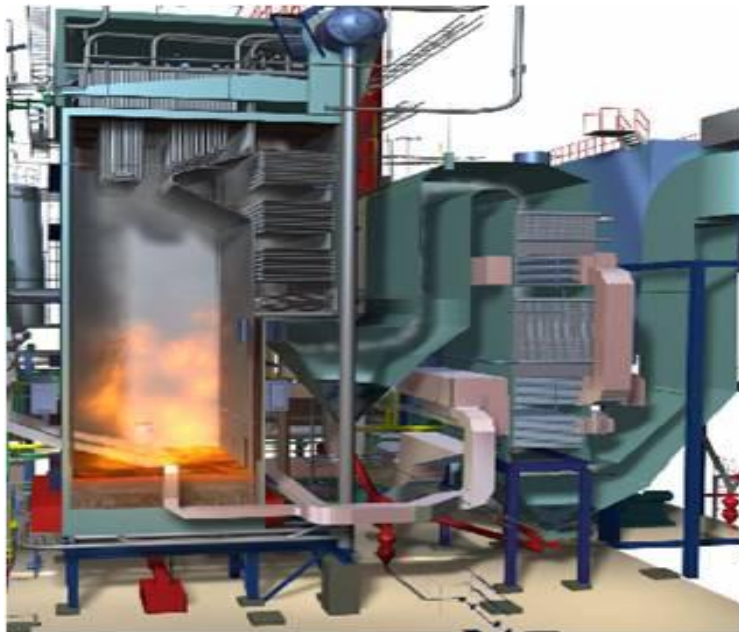
### 2.2.1 Biokattilalaitos

Biokattila on toiminnaltaan kupliva leijukerroskattila ( Bubbling Fluidized Bed, BFB), joka on Fortum Engineering Oy:n toimittama. Biokattilalaitos valmistui vuonna 2003. Leijukerroskattila sopii erinomaisesti kosteiden polttoaineiden polttoon. Kattila käyttää polttoaineena teollisuuden sivutuotteita, metsäperäisiä polttoaineita, kierrätyspolttoaineita sekä tarpeen mukaan turvetta. Ylös- ja alasajo- sekä vikatilanteiden varalta kattila on varustettu kahdella kuormapolttimella sekä kahdella starttipolttimella. Polt-

timet ovat maakaasukäyttöisiä. Lisäksi starttipolttimia on mahdollista käyttää myös kevyellä polttoöljyllä. [1]

Biokattilan tuottamat savukaasut puhdistetaan tehokkaasti. Lentotuhka poistetaan sähkösuodattimella ja tämän lisäksi savukaasujen loppupuhdistus tapahtuu märkäpesutekniikkaan perustuvalla savukaasujen lauhdutuspesurilla. Savukaasupesurin avulla voidaan siirtää savukaasuista talteen otettua hukkaenergiaa kaukolämpöveeten 18 MW, mikä lisää laitoksen kokonaishyötysuhdetta. [1]

Leijukerroskattilassa kiinteäpolttoaine poltetaan leijutettavan hiekan seassa. Noin 50 cm:n paksuista ja 850 - 890-asteista hiekkaa leijutetaan arinan alta puhallettavalla palamisilmalla, jolloin hiekkakerros fluidisoituu. Kuplivassa leijukerrospoltoissa hiekkaa leijutetaan alhaisella leijutusnopeudella, jolloin hiekka ei karkaa petistä lentotuhkan mukana. Leijukerroskattilan polttotilalla on korkea lämpökapasiteetti leijutettavan petihiekan ansiosta, jolloin se sopii erinomaisesti kosteiden ja lämpöarvoltaan vaihtelevien polttoaineiden polttoon.[4] Alla olevassa kuvassa on esitettyä periaatekuva leijukerroskattilasta.

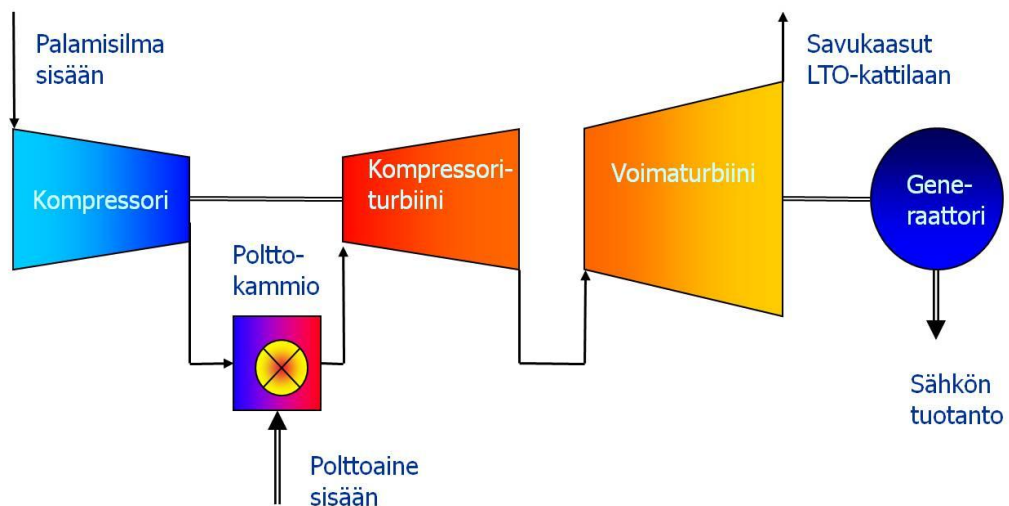


Kuva 3: Periaatekuva leijukerroskattilasta [2]

## 2.2.2 Kombivoimalaitos

Kombivoimalaitos koostuu ABB Stal GT10 -kaasuturbiinista sekä Foster Wheeler Energia Oy:n toimittamasta lämmöntalteenottokattilasta. Laitos valmistui vuonna 1997 ja käyttää polttoaineena maakaasua. Kaasuturbiinia on myös mahdollisuus käyttää kevyellä polttoöljyllä. Kombiprosessissa kaasuturbiiniin kuumat savukaasut (yli 500 °C) johdetaan lämmöntalteenottokattilaan, jossa savukaasujen lämmön avulla höyrytetään ja tulistetaan vettä. Tuotettu tuorehöyry johdetaan höyryturbiinille. [1]

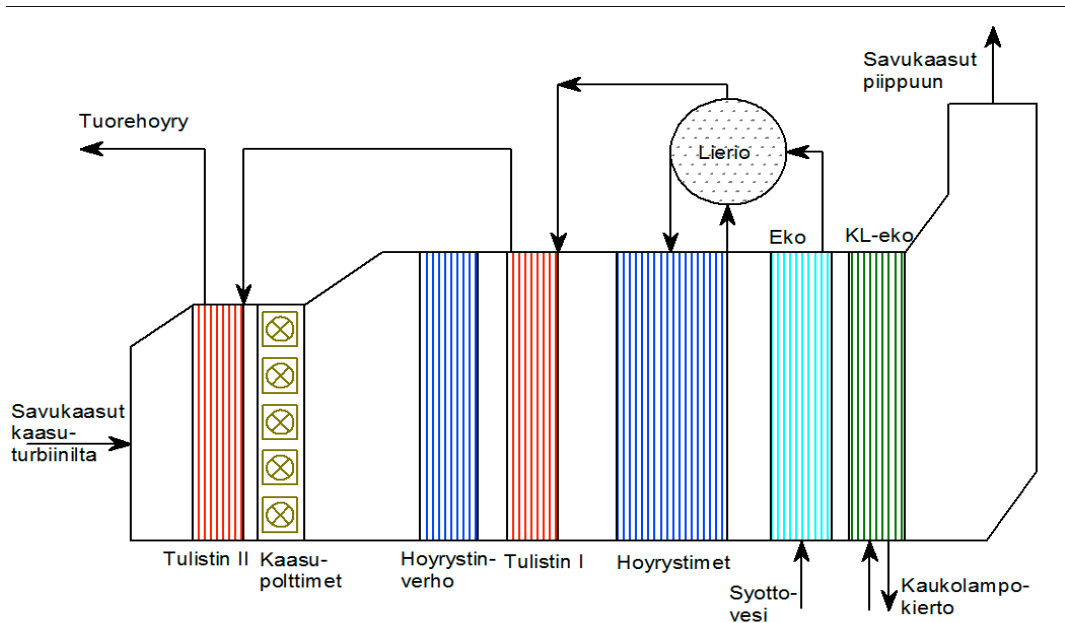
Kaasuturbiini koostuu neljästä pääosasta: kompressorista, polttokammioista, turbiiniosasta sekä generaattorista. Turbiiniosan ja generaattorin kanssa samalla akselilla oleva kompressorin ahtaa palamisilman korkeapaineiseksi polttokammioon, missä maakaasu poltetaan. Muodostuneet kuumat ja korkeapaineiset palamiskaasut paisuvat turbiiniosassa ja pyörittävät turbiinia. Akselin ja alennusvaihteen avulla saadaan turbiinin pyörimisenergia muutettua sähköenergiaksi generaattorissa. Alla on esitettynä periaatekuva kaasuturbiinista. [4]



Kuva 4: Kaasuturbiinin toimintaperiaate [2]

Hovinsaaren voimalaitoksen lämmöntalteenottokattila (LTO-kattila) on makaava yhden painetasen LTO-kattila. Kaasuturbiinin savukaasujen lämpöenergia siirretään höyryn kehittämiseen. Hyötysuhteen parantamiseksi kattila on varustettu myös kauko-

lämpöekonomaisella (KL-eko), jolla saadaan talteen savukaasujen sisältämä loppuenergia. Kattilassa on myös maakaasukäyttöiset lisäpolttimet (30MW) höyryntuotannon lisäämiseksi. Alla olevassa kuvassa on esitettyä periaatekuvaa LTO-kattilasta.



Kuva 5: Lämmöntalteenottokattila [2]

### 3. PÄÄAUTOMAATIOJÄRJESTELMÄ

Hovinsaaren voimalaitoksen pääautomaatiojärjestelmänä on vuonna 2003 käyttöön otettu MetsoDNA-automaatiojärjestelmä. Nykyinen järjestelmä käyttää hyväksi aikaisemman Valmet Damatic-järjestelmän komponentteja.

MetsoDNA (Dynamic Network of Applications) eli dynaaminen sovellusverkko on hajautettu mikroprosessoripohjainen automaatiojärjestelmä (Distributed control system, DCS), jota käytetään teollisuusprosessien ohjaukseen ja valvontaan.

MetsoDNA perustuu tietämyksen ja informaation vapaaseen verkottamiseen, ohjausautomaatiikkaan ja sulautettuihin kenttäohjauksiin. Järjestelmästä voidaan erottaa tietämyksenhallinnan, valvomotoimintojen ja kenttälaitteiden tasot [5]

MetsoDNA:n ydin on eri toiminnot (aktiviteetit) yhdistävä verkko. Toiminnot ovat seuraavat:

- tietämyksenhallinta





**Prosessiasema (PCS)** mittaa, ohjaa, säätää ja generoi hälytyksiä. Prosessiasema on liitetty järjestelmään järjestelmäväylän avulla. Kenttälaiteviestit kytketään prosessiliityntäryhmien tulo- ja lähtökorttien (IO-kortit) kanaviin. [9]

**Hälytysasema (ALP)** Kerää tiedot prosessin hälytyksistä sekä tapahtumista ja välittää ne valvomoon, jossa hälytykset ja tapahtumat esitetään omilla näytöillään. [9]

**Diagnostiikka-asema (DIA)** on järjestelmässä sovellusten testausta, vianetsintää ja järjestelmähuoltoa varten. Asemaan voidaan liittää debuggeripäätte. [9]

**Varmennusasema eli Backup-asema (BU)** Aseman levymuisti sisältää jokaisen järjestelmäväylään liitetyn aseman konfiguraation. Varmennusaseman kautta ladataan järjestelmän eri asemille kaikki sovellukset ja niiden muutokset. Vikatilanteiden, kuten esimerkiksi sähkökatkojen, jälkeen automaattinen varmennustoiminto lataa konfiguraatiot asemille automaattisesti uudelleen. [9]

**Suunnittelu- ja ylläpitoasema (EA)** Engineering and Maintenance Activity Server. Sisältää Autoinfotietokannan ja suunnittelutyökalut. [9]

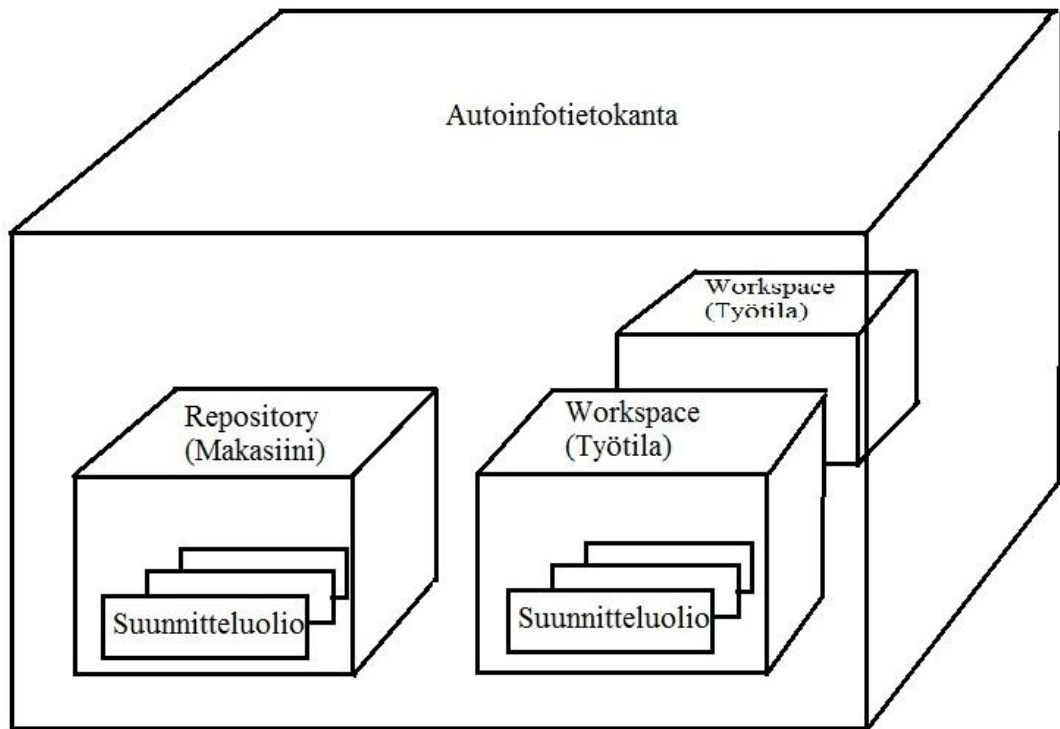
### 3.1 Suunnittelu- ja ylläpitotoimintojen ympäristö (EA)

Suunnittelu- ja ylläpitotoimintojen ympäristö on ympäristö, jossa tapahtuu sovellussuunnittelu ja ylläpito. EA-ympäristö muodostuu Engineering and Maintenance Activity Server -palvelimesta (EAS) ja tarvittaessa yhdestä tai useammasta Engineering and Maintenance Activity Client -työasemasta (EAC) ja näitä yhdistävästä verkosta. Näitä käytetään tavallisilla PC-tietokoneilla. Koneisiin on asennettuna työkalut, joilla suunnittelija voi käyttää suunnitteluohjelmia. [5]

#### 3.1.1 Autoinfo-tietokanta

Autoinfo-tietokanta on suunnittelujärjestelmän sovellusten yhteinen suunnittelutietokanta, joka huolehtii autoinfo-mallinnuksen tuloksena syntyvän mallin tallennuksesta pysyvästi. Autoinfo-tietokanta koostuu useista erillisistä tietovarastoista, yhdestä ma-

kasiinista ja useista työtiloista. Autoinfo-malli ryhmitellään ja paketoidaan suunnitteluolioiksi ja ne tallennetaan pysyvästi autoinfo-tietokannan tietovarastoihin. Alla on esitettyä periaatekaavio autoinfo-tietokannasta. [6]



Kuva 8: Periaatekuva autoinfo-tietokannasta. [6]

**Makasiini (Repository).** Makasiini toimii yhteisenä tietovarastona sekä sisältää suunnitteluoliot. Periaatteena voidaan pitää, että vain makasiinista voidaan ladata sovellusohjelmat sekä niiden muutokset järjestelmään. Autoinfo-tietokannassa voi olla vain yksi makasiini. [6]

**Työtila (Workspace).** Autoinfo-tietokannassa voi olla yksi tai useampia työtiloja. Suunnittelija voi itse luoda uusia työtiloja, joille hän itse antaa nimet. Työtiloissa eivät kaikki makasiinissa käytettävät toiminnot ole mahdollisia. [6]

**Tietovarastot.** Tietovarastoihin tallennetaan kaikki suunnitteluoliot, joista autoinfo-malli koostuu. Tietovarastoilla ryhmitellään autoinfo-tietokannan sisältö suunnittelu-työn eri vaiheissa sopiviin kokonaisuuksiin. Makasiini ja työtilat ovat tietovarastoja. [6]

### 3.1.2 Toimintoselain (Function Explorer)

Toimintoselain on tarkoitettu autoinfotietokannan suunnitteluolioiden käsittelyyn ja hallinnoitiin, joko suoraan tai toimintoselaimella käynnistettävien suunnitteluohjelmien avulla, kuten GdCad ja FbCAD. Toimintoselaimen käyttö perustuu toimintoselaimen pääikkunassa käytävien erityyppisten jäsentelijöiden käyttöön. Jäsentelijöiden avulla voidaan luoda laitoksen prosessialueet ja paketit sekä jäsenellä autoinfotoinnot prosessialueille ja paketteihin. Jäsentelijöitä on kolme:

- prosessialuejäsentelijä
- pakettijäsentelijä
- listajäsentelijä. [5]

## 3.2 Suunnitteluohjelmat

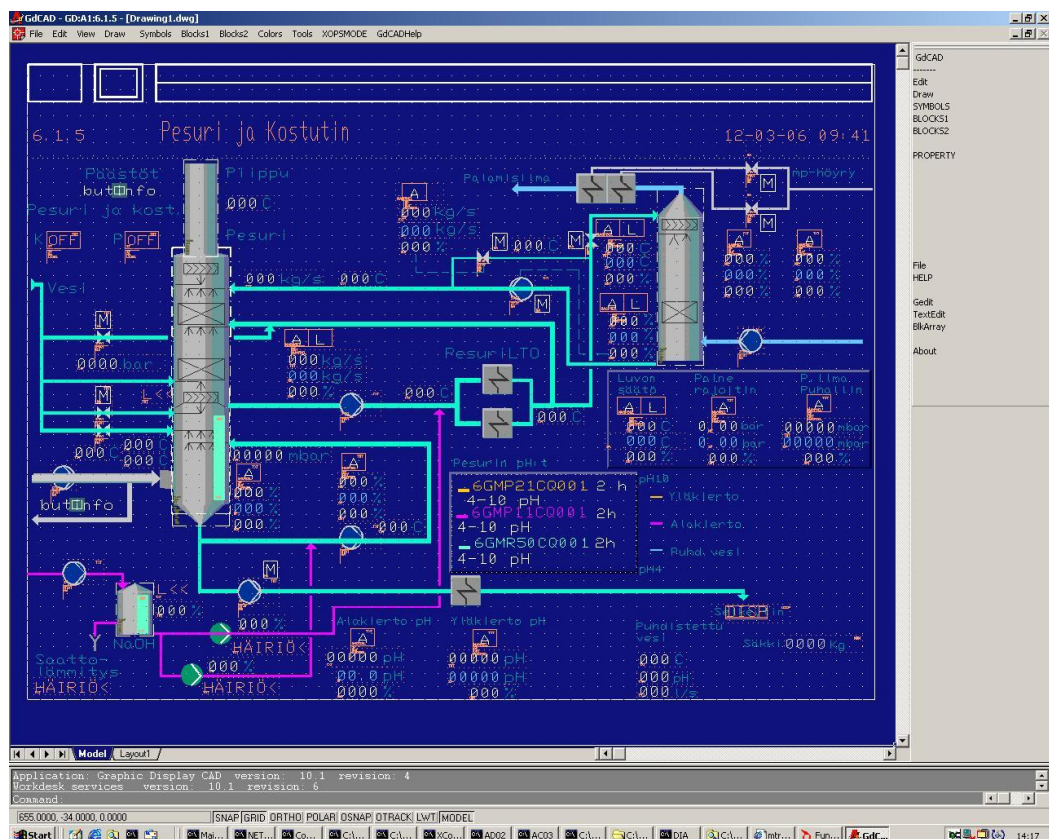
MetsoDNA- järjestelmän tärkeimmät suunnitteluohjelmat ovat AutoCAD-pohjaisia graafisia suunnittelutyökaluja. Nämä suunnittelutyökalut eivät varaa toimintoja eli käytössä olevaa sovellusta voi muokata. Tallennus tietokantaan tapahtuu ”Save as”-tyyppisesti. Tärkeimmät suunnitteluohjelmat ovat FbCAD, SeqCAD ja GdCAD. [5]

### 3.2.1 FbCAD

Function Block CAD eli toimilohko-CAD-ohjelmaa käytetään toimilohkokaavioiden eli piirien suunnitteluun. FbCAD:llä luodaan piiristä graafinen kuva eli automaatiomoduli. Automaatiomoduli koostuu esiohjelmoiduista toimilohko- ja moduulisymboleista. Ohjelmasta löytyy useita toimilohkoja erilaisille toiminnoille, kuten säätimille, mittauksille, moottoreille ja erilaisille venttiileille. Tulo- ja lähtömoduuleita (input-output-moduulit) käytetään määriteltäessä viestiyhteyksiä IO-kortteihin. Toimilohkot ja IO-moduulit kytketään yhteen kytkentäviivoilla. Moduuleihin ja toimilohkoihin syötetään parametritiedot. FbCAD-ohjelmalla tehty toimilohkokaavio on samalla sekä järjestelmään ladattava sovellus että sen graafinen dokumentointi. Tällä varmistetaan se, että sovelluksen dokumentaatio pysyy muutoksia tehdessä aina ajan tasalla. [8]

### 3.2.2 GdCAD

Graphic Display CAD eli kaavionäyttö-CAD-ohjelmalla luodaan ja editoidaan kaavio- ja reseptinäyttöjä. Kaavionäyttö näkyy suunnittelijan työasemalla samassa muodossa kuin se tulee näkymään MetsoDNA-monitorinäytössä. Ohjelmalla voi luoda sekä staattisia kuvapohjia että määritellä päivittyvien tietojen sijainti näytössä. Päivittyvät tiedot määritetään toimilohkoilla. Ohjelman kirjastossa on valmiina toimilohkoja moottoreille, venttiileille, mittauksille ja säätimille. Lisäksi kirjastossa on valmiita staattisia laitekuvia. Valikoiden avulla voidaan kaaviokuvaan piirtää erilaisia grafiikkaprimitiivejä, kuten viivoja, pisteitä, kaaria ja monikulmioita. Toimilohkoihin on määriteltävä oikeat parametrit. Kuvien editointiin on erilaisia toimintoja, kuten kopiointi, skaalaus, pyyhkiminen ja peilaus. Kaaviokuva tallennetaan konfigurointieineen autoinfo-tietokantaan. Myös GdCAD-ohjelmalla luotu kaavionäyttö on samalla sekä järjestelmään ladattava sovellus että sen graafinen dokumentointi. Alla olevassa kuvassa on näkymä kaavionäyttöjen suunnittelutilasta. [7]



Kuva 9: Näkymä GdCAD-suunnitteluohjelmasta

### 3.2.3 SeqCAD

SeqCAD-ohjelmalla luodaan sekvenssiohjelmaa. Automaatiomodulin keskellä kulkee sekvenssin askelrakenne ylhäältä alaspäin. Askelrakenteen oikealla puolella ovat askeleeseen liittyvät toimenpidetoimilohkot ja vastaavasti vasemmalla puolella ovat ehto-toimilohkot. [5]

## 4. VALVOMO-OPEROINTI

Hovinsaaren voimalaitoksen valvomo koostuu tavallisista PC-tietokoneista, jotka on liitetty järjestelmään valvomoväylän avulla. Operointivälineinä on hiiri ja näppäimistö sekä erikokoisia näyttömonitoreita, jotka muodostavat yhtenäisen työpöydän. [5]

### 4.1 Valvomonäytöt

Valvomonäytöillä esitetään informaatiota prosessista graafisilla symboleilla, numeroilla, teksteillä, käyrillä ja väreillä. Näytöt sisältävät sekä staattista tietoa, kuten putkilinjoja, säiliöitä ja nimityksiä, että muuttuvaa tietoa esimerkiksi mittauksista. Näyttöjen muuttuvat tiedot päivittyvät jatkuvasti, noin sekunnin päivitysvälillä. Näyttöjen kautta ohjataan prosessia. Ohjaaminen tapahtuu osoita ja napsauta -periaatteella. Näytöt muodostavat näyttösivujen valintaa ohjaavan hierarkkisen näyttöjärjestelmän. Näyttöjärjestelmän tarkoituksena on looginen ja käyttäjän odotusten mukainen näyttöjärjestys, jolloin yksittäisen näytön löytäminen on helppoa. [5],[10]



Kuva 9: Näyttökaaviokuvia Hovinsaaren voimalaitoksen valvomossa

MetsoDNA- järjestelmän valvomossa käytetään seuraavia näyttöjä:

- prosessikaavionäytöt
- piirinäytöt
- trendinäytöt
- reseptinäytöt
- sekvenssinäytöt
- hälytys- ja tapahtumanäytöt
- piirikohtaiset toimintakuvaukset.

#### 4.1.1 Prosessikaavionäytöt

Prosessikaavio esittää valvottavan prosessin kaaviomuodossa. Peruseriaate on, että kaavionäytöt piirretään prosessin PI-kaavion pohjalta. Kaavionäytöt ovat tärkein näyttötyyppi. Ne ovat operaattorin ikkuna prosessiin, joilla toteutetaan keskeiset valvontaja operointitoiminnot. Prosessikaavionäytöillä esitetään ainakin seuraavat tiedot: [8]

- PI-kaavion pohjalta piirretty prosessin virtauskaavio
- prosessikomponenttien toimintatilatiedot

- mittausarvot ja säätimien moodit eli ajotavat
- hälytystiedot.

#### 4.1.2 Piirinäytöt

Valvomo-operointi tapahtuu suurimmaksi osaksi piirinäyttöjen avulla. Piirinäytöt ovat vakiomuotoisia kullekin piirille. Piirinäytön saa esille prosessikaavionäytöstä tai suoraan hakemalla piiriä positiotunnuksen avulla. MetsoDNA-järjestelmä sisältää seuraavat vakiomuotoiset piirinäytöt:

- mittauspiiri
- säätöpiiri
- auki - kiinni-venttiilipiiri
- aseteltava ohjauspiiri, venttiili tai taajuusmuuttaja
- moottoripiiri
- sekvenssiapiiri.

#### 4.1.3 Trendinäytöt

Trendinäytöt esittävät yhden tai useamman suureen historian käyränä. Trendinäyttöjen avulla nähdään havainnollisesti kuinka suureet ovat muuttuneet ja voidaan ennakoida kuinka niiden kehitys jatkuu tulevaisuudessa. Voidaan helposti havaita prosessin muutossuunta. Trendejä voidaan esittää joko kiinteästi prosessikaavionäytöissä tai jokaisesta piiristä omaan ikkunaan aukeavilla trendi-ikkunoilla. Järjestelmään voidaan myös määritellä niin sanottuja viritystrendejä, joita käytetään esimerkiksi kattilan säätöjen viritykseen. Viritystrendit ovat tyypiltään moni muuttuja -trendejä.

#### 4.1.4 Reseptinäytöt

Reseptinäyttöihin voidaan kirjata esimerkiksi turbiinin ylösajoon vaadittavat toimenpiteet ja muita vastaavia tietoja.

#### 4.1.5 Sekvenssinäytöt

Sekvenssinäyttö näyttää sekvenssiohjelman tilat ja askeleet. Näytön kautta on mahdollisuus ohjata ja seurata sekvenssiohjelman etenemistä. Häiriötilanteissa antaa tietoa, minkä askeleen siirtymäehdon puuttuminen aiheutti sekvenssin pysähtymisen.

#### 4.1.6 Hälytys- ja tapahtumanäytöt

Hälytysnäyttö sisältää hälytyksiä tekstiriveinä, joilla esitetään hälytyksen tuloaika, tila ja tyyppi. Hälytysnäyttö pitää operaattorin ajan tasalla toimenpiteitä vaativista tapahtumista sekä niiden tiloista. Hälytysnäyttö on aina esillä yhteisellä suurkuvamonitorilla.

Tapahtumanäyttö sisältää tekstiriveinä kaikki tapahtumat, kuten toimilaitteiden tilan muutokset sekä käyttäjien toimenpiteet. Häiriötilanteissa tapahtumanäyttö auttaa jäljittämään tapahtuman syyn.

#### 4.1.7 Piirikohtaiset toimintakuvaukset

Piirikohtaiset toimintakuvaukset pyritään tekemään jokaiselle piirille. Toimintakuvaukset ovat vakiomuotoisia ja sisältävät käyttäjälle oleelliset tiedot piirin tarkoituksesta, toimintasuunnasta, lukituksista, hälytyksistä ja vaikutuksista muihin piireihin. Käyttäjä pystyy helposti ja nopeasti tarkastamaan piirin toiminnan toimintakuvauksista.

### 5. KÄYTTÖLIITTYMÄN SUUNNITTELU

Käyttöliittymän suunnittelukohteita ovat näyttöjärjestelmä, näyttösivut, hälytykset sekä suurkuvanäytöt. Suunnittelun lähtökohtana olevaan käyttöliittymäkonseptiin määritellään seuraavat asiat:

- suunnittelun lähtökohdat
- näyttösivutyypit
- tietojen esitystavat näyttösivuilla
- laskentojen määrittely



- hälytyskonseptin määrittely
- suurkuvanäytöt.

Tässä työssä käyttöliittymää kehitettiin, jolloin osa käyttöliittymäkonseptin asioista oli valmiiksi määritelty, esimerkiksi tiedon esitystapa näyttösivulla, jolloin päivitetty ja uudistetut kuvat piirrettiin käytössä olleen vakiintuneen esitystavan mukaan. Seuraavassa on eriteltynä tarkempia vaatimuksia prosessikaavionäytöille.

## 5.1 Vaatimukset prosessikaavionäytöille

Vaatimukset ja suositukset prosessikaavionäytöille ovat monesti ristiriitaisia. Selkeys ja helppo hahmotettavuus puoltavat näyttökuvan yksinkertaisuutta, mutta toisaalta, jos näyttökuvat halutaan pitää mahdollisimman yksinkertaisena, lisää se näyttökuvien määrää, jolloin käyttäjä joutuu selaamaan kuvia aktiivisesti. Se, kuinka paljon informaatiota yhden näyttökuvan halutaan sisältävän, vaihtelee laitos- ja käyttäjäkohtaisesti. Lisäksi on muistettava, että vaikka ulkopuolisen silmin näyttökuva näyttäisi täyteen ahdetulta ja vaikealta hahmottaa, näkee käyttäjä kuvan eritavalla. Tästä syystä näyttökuvien käyttäjät eli operaattorit pitää ottaa mukaan kuvien suunnitteluprosessiin, jolloin he saavat esittää ideoita ja vaikuttaa siihen millaisiksi kuvat lopulta muodostuvat. Käyttäjillä on toisenlainen näkökulma näyttökuvissa esitettäviin tietoihin ja eri tietojen tarpeellisuuteen kuin suunnittelijoilla. Seuraavassa on esiteltynä pääperiaatteita, jotka tulisi ottaa huomioon näyttökuvia suunniteltaessa. [10]

### 5.1.1 Selkeys ja hahmotettavuus

Näyttösivun tulee olla selkeä ja helposti hahmotettavissa. Selkeys muodostuu siitä, miten hyvin aivot pystyvät hahmottamaan näyttösivun. Käyttäjän katseen kulkusuunta noudattaa tekstin lukusuuntaa eli länsimaalaisilla ihmisillä vasemmalta ylhäältä oikealle alas. Näin ollen yleistieto ja keskeinen informaatio tulisi sijoittaa näyttökuvan vasempaan ylänurkkaan tai keskelle, jos vain mahdollista. Katseen kulun tulee olla vaivatonta. Näytöissä putkilinjat tulee sijoittaa siten että ne muodostavat silmää ohjaavia vaak- ja pystysuoria linjoja. Periaate on, että virtausuunta on vasemmalta oikealle ja

ylhäältä alas. Myös muut elementit, kuten pumput, venttiilit ja lukuarvot tulisi järjestää samaan linjaa muiden kanssa. [10]

Standardin SFS 3701 mukaan putkistoissa virtaavat eri aineet ovat erotettava tietyllä värillä alla olevan taulukon mukaisesti.

Taulukko 2: Virtaavien aineiden tunnusvärit. [11]

VIRTAAVA AINE	PUTKILINJAN TUNNUSVÄRI
Vesihöyry	Harmaa
Ilma	Vaaleansininen
Muut kaasut	Ruskeankeltainen
Vesi nestemäisessä muodossa	Vihreä
Öljyt	Ruskea
Maakaasu	Keltainen
Hapot, emäkset sekä kemikaalit	Violetti

### 5.1.2 Tunnistettavuus, erottuvuus ja yhtenäisyys

Käyttäjän pitää pystyä tunnistamaan ja ymmärtämään näyttösivulla esitetyt tiedot. Esimerkiksi symboleina esitetyt prosessilaitteet tunnistetaan muodon, värin, koon ja keskinäisen sijainnin perusteella. Tiedot ja samaa prosessilaitetta esittävät symbolit on syytä esittää mahdollisimman samanlaisena kaikissa yhteyksissä, joissa ne esiintyy. Tämä koskee esimerkiksi graafisia hahmoja, värejä, termejä ja operointiperiaatteita. Yhtenäisyys tekee käyttöliittymästä helpommin opittavan. Yhtenäisyyden avulla käyttöliittymä luo käyttäjälle selkeät säännöt. Toisaalta erilaisia sääntöjä tulisi olla mahdollisimman vähän. Operointiperiaatteiden tulisi olla samanlaisia jokaisessa näyttösivussa. Näyttökuvissa esiintyvän tiedon yhtenäisyys ja operointiperiaatteiden samankaltaisuus läpi käyttöliittymän tekee operoinnista tehokasta ja miellyttävää. Näyttösivun suunnittelussa tulee ottaa seuraavat asiat huomioon, jotta yhtenäisyys ja erottuvuus toteutuvat:

- Samaa tarkoittavat prosessilaitteet pitää esittää aina samalla tavalla.
- Prosessinosien väliset yhteydet pitää esittää aina samalla tavalla.

- Samalla periaatteella toimivat päivittyvät tiedot ja säätimet pitää esittää aina samalla tavalla ja niitä pitää voida operoida aina samalla periaatteella.
- Näyttösivujen pitää olla yhdenmukaiset todellisuuden kanssa.
- Tärkeän tiedon pitää erottua vähemmän tärkeästä tiedosta.
- Näyttösivujen tulee esittää prosessin tila siten, että poikkeava tila erottuu selkeästi normaalista tilasta.
- Muuttuvan symboli- ja tekstitiedon pitää erottua kiinteästä tiedosta.
- Operoitavissa olevan tiedon pitää erottua muusta tiedosta. [10]

### 5.1.3 Tarkoituksenmukaisten tietojen esittäminen ja luettavuus

Käyttäjälle pitää tarjota kaikki työn kannalta oleelliset tiedot ja mahdollistaa toimenpiteet, jotka tarvitaan tehtävän suorittamiseen. Käyttäjälle ei kuitenkaan saa tyrkyttää tilanteeseen sopimatonta ja turhaa tietoa. Käyttäjältä ei saa vaatia ylimääräisiä toimenpiteitä. Tarkoituksenmukaiseen tietojen esittämiseen päästään, kun näyttösivujen informaatio sisältö pohjautuu käyttäjien tehtäviin ja prosessin toiminnalliseen rakenteeseen, kuten osaprosessikeskeiseen operointiin. [10]

Näyttöissä esitettävän tiedon tulee olla vaivattomasti luettavissa ja tunnistettavissa. Luettavuuden saavat aikaan tiedon riittävä koko, selkeä muoto, oikea värien valinta ja riittävä kontrasti taustaa nähden. Jos näyttökuvien tausta on tumma, aiheuttaa se ongelmia tekstikenttien ja taustan välisen kontrastin suhteen. Uudet automaatiojärjestelmät, kuten päivitetty DNA CR tehdään nykyisin vaalealle pohjalle, jolloin kontrasti ongelmaa ei synny. [10]

### 5.1.4 Käyttäjän kieli

Työhön liittyvä sanasto ja symboliikka pitää esittää käyttäjälle sellaisena kuin käyttäjän tuntee. Käyttöliittymän on puhuttava käyttäjän kieltä ja käytetyn kielen pitäisi vastata käyttäjän odotuksia. Suunniteltaessa prosessikaavionäyttöjä joudutaan usein miettimään, mitkä piirteet tekevät prosessilaitteista tunnistettavia. Ominaispiirteitä korostava karikatyyrinen piirtotapa on usein parempi vaihtoehto kuin valokuvamainen esitys, joka sisältää paljon yksityiskohtia. Toisaalta tarkka prosessilaitteiden kuvaaminen

helpottaa laitteiden tunnistamista näyttökuvista ja sitoo kuvat paremmin todellisiin laitteisiin. Tekstitieto tulee esittää siten, että käyttäjä ymmärtää sen kokonaisuudessaan. Jos tekstitietoja lyhennellään liikaa, on vaarana, että tiedolta katoaa nopea ymmärrettävyys. [10] Liiallinen tekstitietojen lyhentäminen koskee usein erityisesti hälytystietoja. Esimerkiksi seuraava keskeinen Hovinsaaren voimalaitoksella käytössä oleva hälytystieto "KL-VE LÄ S. TRB VP-S EROS > YLÄRAJA" ei anna totuttomalle käyttäjälle nopeasti selkeää tietoa tulleesta hälytyksestä.

### 5.1.5 Tehokas ja turvallinen vuorovaikutus

Käyttäjä on jatkuvassa vuorovaikutuksessa automaatiojärjestelmän ja prosessin kanssa. Käyttäjä suorittaa toimenpiteen ja saa siihen vasteen. Vasteen pitää tulla aina välittömästi toimenpiteen jälkeen, jotta käyttäjä tietää, että komento on otettu vastaan. Esimerkiksi näyttösivulla olevan painikkeen on "painuttava" heti, kun sitä napsautetaan. Sujuvalle operoinnille on tärkeää, että järjestelmä esittää käyttäjälle selkeästi kussakin vaiheessa käytettävissä olevat operointimahdollisuudet sekä pitää käyttäjän ajan tasalla operoinnin edistymisestä ja tilasta. Vuorovaikutus prosessinohjaustilanteissa voi alkaa joko käyttäjän tai järjestelmän aloitteesta. Käyttäjän aloittamat tilanteet ovat useimmiten ennalta suunniteltuja toimenpiteitä. Järjestelmän aloittamat tilanteet ovat tyypillisesti poikkeustilanteita, jotka ilmenevät käyttäjälle esimerkiksi hälytyksinä. Molemmissa tilanteissa on tärkeää, että käyttäjä hallitsee tilannetta. Käyttäjän aloittamassa vuorovaikutustilanteessa järjestelmän tehtävänä on suorittaa annetut operointikomennot sekä antaa käyttökelpoinen vaste. Järjestelmän aloittamassa vuorovaikutustilanteessa on edellisten lisäksi tärkeää, että käyttäjä saa herätteen eli hälytyksen reagointitarpeesta ja että käyttäjä pääsee nopeasti tilanteen tasalle. [10]

### 5.2 Hälytyskäsitteily osana käyttöliittymää

Hälytysjärjestelmän tarkoitus on havahduttaa käyttäjä prosessin poikkeavasta tilasta tai epänormaaleista tapahtumista, jolloin käyttäjältä vaaditaan vähintäänkin huomiota ja tilannearviota, usein myös nopeaa toimintaa. Yksittäiselle hälytykselle tulee aina löytyä suunnitteluperuste. Yleisiä vaatimuksia hälytyksille ovat:

- Hälytyksiä saa tulla vain toimenpiteitä vaativista tehtävistä.
- Hälytetään vain primäärisestä syystä, ei seurannaistapahtumista.
- Varmistetaan, että kriittiset hälytykset erottuvat muista hälytyksistä.
- Varmistetaan, että käyttäjä pääsee hälytyslistalta suoraan häiriössä olevaan osaprosessinäyttöön. [10]

Yllä olevista vaatimuksista tärkein on se, että hälytetään vain toimenpiteitä vaativista hälytyksistä. Käyttäjän mielikuvaa hälytyksien tärkeydestä ei saisi hämärtää esimerkiksi sekoittamalla normaalitilanteeseen kuuluvia ilmoitusluonteisia tapahtumia hälytyksiin. On myös tärkeää, että turhat hälytykset karsitaan pois. Turhia hälytyksiä ovat hälytykset, joihin käyttäjä ei pysty toiminnallaan vaikuttamaan. Jos turhia hälytyksiä tulee paljon, on vaarana että käyttäjä alkaa tuntea itsensä kuittausautomaatiksi, jolloin reagointi tärkeisiin ja toimenpiteitä vaativiin hälytyksiin voi huonontua. [10]

Käyttäjä haluaa tietää aina, mikä oli se syy, joka sai aikaan tapahtumaketjun. Tästä syystä on tärkeää, että pyritään hälyttämään vain primäärisestä syystä. Usein tämä on vaikea toteuttaa, joten vähimmäisvaatimuksena on, että tapahtumaketjun laukaiseva tekijä on hälytyslistalla aikaleimausjärjestyksessä ensimmäisenä. [10]

### 5.3 Valvomotila osana toimivaa käyttöliittymää

Nykyaikaisissa digitaalisissa valvomoissa valvomotila ja käyttöliittymä täydentävät toisiaan. Hyvä valvomotila tarjoaa viihtyisän ja tarkoituksen mukaisen työympäristön, joka tukee käyttöliittymän ominaisuuksia. Suurkuvanäytöt ovat olleet ensimmäinen askel kohti valvomojen rakenteiden ja modernien käyttöliittymien yhdentymistä. Suureenosaan nykyaikaisista digitaalisista valvomoista kuuluu, joko yksi tai useampi suurkuvanäyttö. Suurkuvanäyttöjen ominaisuuksia käsitellään tarkemmin luvussa 5.4. Seuraavassa on esitetty hyvän valvomotilan vaatimuksia. [10]

### 5.3.1 Valvomotilan viihtyisyys ja olosuhteet

Usein hyvinkin monimutkaisten prosessien valvonta ja ohjaus vaatii normaalitilanteissakin jatkuvaa tarkkaavaisuutta. Etenkin ylös- ja alasajot vaativat erityistä huolellisuutta ja keskittymistä. Valvomoympäristön on oltava rauhallinen. Siellä ei saa olla häiritsevää taustamelua ja ylimääräisten henkilöiden aikaansaama liikenne ja puheensorina tulisi minimoida, jolloin varmistetaan käyttäjille rauhallinen työympäristö. Toisaalta täytyy muistaa, että valvomo on myös sosiaalinen tila, jossa esimerkiksi käytönjohto pohtii yhdessä käyttäjien kanssa prosessin vikatilanteita. Olisikin tärkeää, että valvomon läheisyydessä olisi tukitiloja, joissa voitaisiin keskustella ilman, että se häiritسی käyttäjiä. [10]

### 5.3.2 Valvomotilan toimivuus ja ergonomia

On tärkeää, että monitorit ja muut näyttölaitteet ovat sijoitettu siten, että käyttäjä voi nähdä niissä esitettävän informaation esteettömästi. On varmistettava, että katseluetäisyydet ja -kulmat ovat oikeat. Monitorit tulee sijoittaa mahdollisimman kohtisuoraan käyttäjän ohjauspaikan suhteen. Monitoreja ei tulisi sijoittaa siten, että se aiheuttaa käyttäjälle tarpeetonta pään kääntelyä, joka voi aiheuttaa niskakipuja etenkin pitkien vuorojen aikana. Ergonomian kannalta on myös tärkeää kiinnittää huomiota valaistukseen. Valaistus tulee suunnitella siten, että se ei aiheuta heijastumia näyttömonitoreissa. Toisaalta valvomossa tulee olla riittävän suuri valaistus ohjeiden ja muiden dokumenttien lukemista varten. [10]

## 5.4 Suurkuvanäytöt nykyaikaisissa valvomoissa

Suurkuvanäytöt ovat nykyisin suhteellisen edullisia toteuttaa ja niiden käyttö on yleistyntynyt prosessiteollisuuden valvomoissa viimeisten kymmenen vuoden aikana. Suurkuvanäyttöjen lähtökohtana on tarjota käyttäjille kokonaistilannekuva prosessista. Suurkuvanäyttöjen tyypillisiä sovelluskohteita ovat yleisvalvonta, tilannetietoisuuden tukeminen ja tärkeän tiedon jatkuva esillä pitäminen, kuten esimerkiksi hälytysnäytöt. Suurkuvanäytöt voivat vähentää työasemanäyttöihin liittyvää tunneliefektiä, jossa tarkkaavaisuus kohdistuu vain pieneen osaan prosessia kerrallaan. Suurkuvanäytöt

auttavat käyttäjiä pitämään yllä prosessin kokonaiskuvaa paremmin kuin pienillä työasemanäyttöillä. Pitää kuitenkin kiinnittää erityistä huomiota, millaisia näyttökuvia suurkuvanäyttöillä esitetään. Jos suurkuvanäytöllä esitetään vain työaseman näyttökuvia suuremmassa muodossa, informaatio ei lisäännä. Toisaalta on tärkeää, että näyttöikkunoiden siirtäminen suurkuvanäytölle on helppoa ja operointi tapahtuu samalla periaatteella kuin tavallisissakin työasemanäyttöissä. Jos suurkuvanäyttöistä halutaan saada maksimaalinen hyöty, tulisi suurkuvanäyttöille suunnitella omat näyttökaaviokuvat, jotka tukevat kokonaistilannetietoisuutta. [12]

Parhaimmillaan suurkuvanäytöt tukevat tiimityötä. Suurkuvanäytöt voivat olla eräänlainen käyttäjien keskustelun ja vuorovaikutuksen polttopiste. Suurkuvanäytöt antavat tilannetietoa prosessin tilasta myös muulle henkilökunnalle, kuten esimerkiksi käytönjohdolle, käyttäjiä häiritsemättä. Alla on esitettyä vaatimuksia tiimityötä tukevalle suurkuvanäytölle. [12]

- Näytön pitäisi tukea tiimityötä juuri sellaisissa tilanteissa, joissa käyttäjien on työskenneltävä yhdessä. Näitä tilanteita ovat esimerkiksi vuoronvaihto tai yhdessä suoritettavat ohjaustoimenpiteet.
- Suurkuvanäyttöjen tulee välittää prosessista yleiskuva, joka tukee kokonaistilannetietoisuutta.
- Suurkuvanäyttöjen tulisi auttaa käyttäjää hahmottamaan, mitä muut käyttäjät ovat tekemässä. Tämä korostuu etenkin valvomossa, jossa työskentelee samanaikaisesti monta käyttäjää
- Kun käyttäjien on työskenneltävä saman tehtävän parissa, tulisi suurkuvanäytön tarjota yhteistoimintaa palveleva työtila
- On varmistettava, että kaksi tai useampi käyttäjä ei voi samanaikaisesti yrittää käyttää samaa kursoria
- Informaation siirtäminen työasemanäyttöiltä suurkuvanäytölle ja takaisin tulee olla riittävän helppoa. [12]

## 6. KÄYTTÖLIITTYMÄN KEHITTÄMINEN

### 6.1 Alkutilanne

Hovinsaaren voimalaitoksella käytössä olevan MetsoDNA-automaatiojärjestelmän näyttöjärjestelmä muodostuu 105 näyttökaaviokuvasta. Vanhemmat näyttökuvista on otettu käyttöön vuonna 1997, kun kombivoimalaitos valmistui. Tällöin käytössä oli Valmetin Damatic - automaatiojärjestelmä. Suurin osa kuvista on tehty vuonna 2003 biokattilalaitoksen valmistuttua. Monet kuvista on piirretty suoraan PI-kaavioiden pohjalta. Kuvat noudattavat suurimmaksi osaksi prosessin toiminnallista jakoa, joka on yleisesti käytetty näyttösivujen jakoperuste. Nykyiset näytöt siis muodostuvat kokonaisuuksista, kuten esimerkiksi Kaukolämpö, Palamisilma, Vesi/höyry, polttoaineen syöttö, jne.

Ongelmana on, että kaikkia vuosien saatossa tehtyjä prosessimuutoksia, esimerkiksi putkilinjojen siirtoja, ei ole päivitetty näyttökuviin. Karkeimpana esimerkkinä voidaan pitää turbopumppua, joka esiintyy näyttökuvissa ohjauksineen, mutta on jo vuosia siten poistettu käytöstä ja fyysisesti purettu kentältä.

Toinen ongelma on laitoksen normaaliajossa käytettävien kuvien suuri määrä. Tämä johtuu osaksi siitä, että laitoksella on paljon ohjattavia laitteistoja; kolme kattilaa, kaksi höyryturbiinia ja kaasuturbiini. Lisäksi laitokselta ajetaan kaukokäyttönä lämpökeskuksia ja pumppaamoita. Osaksi normaalikäytössä olevien kuvien suuri määrä johtuu siitä, että muutamia toistuvasti ohjattavia osaprosesseja joudutaan ajamaan jopa kolmesta eri prosessikaavionäytöstä. Esimerkiksi kaukolämpöä joudutaan talvella ajamaan toistuvain operaatioin kolmesta, osaksi jopa neljästä eri kuvasta. Tällöin käyttäjien työasemanäyttöillä joudutaan käyttämään samanaikaisesti useaa pientä kuvaa.

Yleensä yksi monitori on jaettu neljään pieneen näyttökuvaan. Kun monitorit on jaettu moneen pieneen näyttökuvaan, on vaarana, että tärkeä ja tarpeellinen tieto hukkuu informaatio tulvaan. Toisaalta pitää muistaa, että vaikka neljä pientä ikkunaa yhdellä monitorilla näyttää ulkopuolisen silmin sekavalta, on käyttäjän silmä tottunut suureen informaatiomäärään ja he osaavat katsoa kuvista tärkeimmät tiedot. Kaiken kaikkiaan laitoksen valvonta ja ohjaus on kuitenkin tehokkaampaa, kun yhtä osaprosessia voi-



daan ohjata samasta kuvasta. Heikommasta näöstä kärsiville henkilöille valvonta on mielekkäämpää, kun voidaan käyttää vähemmän kuvia monitoria kohti.

Nykyisin Hovinsaaren valvomossa on vain kaksi suurempaa yhteisnäyttöä. Niillä on vakiinnuttu näyttämään höyrynjako-näyttökaaviota sekä hälytysnäyttöä. Ison osan valvomon seinätilasta vievät vanhat analogiset mittarit, joita ei nykyään kovinkaan moni käytä. Valvomossa ei ole tällä hetkellä käytössä suurkuvanäyttöä, joka mahdollistaisi prosessin kokonaistilan nopean hahmottamisen. Tämä on puute, koska etenkin silloin, kun laitoksen kaikki kattilat ja turbiinit ovat päällä, prosessin kokonaiskuva joudutaan hahmottamaan osaksi pienten työasemanäyttöjen kautta. Lisäksi prosessin muutossuuntaa kuvaavia trendejä ei ole useinkaan esillä, johtuen vähäisestä näyttöpinta-alasta. Nykyisiin näyttökuvuihin ei ole myöskään, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta, sijoitettu kiinteitä trendejä.

Hovinsaaren voimalaitoksen hälytysjärjestelmää järkevöitettiin muutama vuosi sitten Neste Jacobs Oy:n toimesta. Tällöin hälytyksiä saatiin karsittua hyvin paljon eikä hälytyksiä tule läheskään niin paljon kuin ennen tätä järkevöittämistä. Kuitenkin toistuvia hälytyksiä tulee edelleen säännöllisesti. Lisäksi osa hälytyksistä on luonteeltaan sellaisia, joihin käyttäjä ei pysty toimillaan vaikuttamaan. Tällöin hälytykselle ei löydy perusteita. Hälytyksiä pitäisi edelleen järkevöittää ja osa toistuvista hälytyksistä poistuisi helposti hälytysrajoja järkevöittämällä.

## 6.2 Kehitystoimenpiteet

Valvomon käyttöliittymän kehitys jakautui kahteen osioon. Ensimmäisessä osiossa päivitettiin ja uudistettiin valvomossa käytettävät näyttökaaviokuvat. Toisessa osiossa käsitellään suurkuvanäytön hankkimista valvomoon osana käyttöliittymän kehitystä. Kehitystyö aloitettiin näyttökuvien päivityksestä.

### 6.2.1 Näyttökaaviokuvien päivitys ja uudistus

Hovinsaaren voimalaitoksella on käytössä kaikkiaan 105 näyttökaaviokuvaa. Ne ovat jaettuna hierarkkisiin kokonaisuuksiin laitoskohtaisesti alla olevan taulukon mukaisesti.

Taulukko 3: Laitosalueeseen liittyvät näyttökuvasarjat

KUVASARJAN NUMERO	LAITOSALUE
1	Siemens-turbiini
2	Högfors-apukattila
3	Kombivoimalaitos ja ABB-turbiini
4	Yhteiset kuvat mm. Veden käsittely
6	Biokattilalaitos
9-20	Kaukolämpö, lämpökeskukset

Yllä olevat laitoskohtaiset kuvasarjat jakautuvat vielä hierarkkisiksi osaprosessikohtaisiksi alinäytöiksi.

Ensimmäisenä käytiin systemaattisesti läpi kaikki voimalaitoksen näyttökaaviokuvat ja tämän pohjalta tehtiin kuvien päivitykset siten, että ne vastaavat todellisuutta. Vanhat, jo fyysisesti kentältä puretut laitteen ja putkilinjat päivitettiin vastaamaan todellisuutta.

Putkilinjojen väritys virtaavien aineiden suhteen ei ollut kuvissa johdonmukaista. Osassa kuvissa esimerkiksi höyrylinjat oli väriltään vihreät, osassa harmaat. Putkilinjat tulisi olla väritykseltään luvussa 4.2.1 esitetyn standardin SFS 3701 mukaisia. Näyttökuvat päivitettiin siten, että putkilinjojen ja muiden prosessilaitteiden väritykset ovat yhdenmukaiset jokaisessa näyttökaaviokuvassa. Tämä yhdenmukaistaminen selkeytti kuvia ja käyttäjä voi havainnoida helposti, mitä ainetta kussakin putkilinjassa virtaa. Toisaalta voimalaitoksessa tämä erottelu värien perusteella ei ole yhtä tärkeää kuin esimerkiksi kemianteollisuudessa, koska virtaavia aineita on vain vähän.

Ylivoimaisesti tärkein ja suurin uudistus näyttökuvissa oli saada normaalikäytössä olevien näyttökuvien määrää pienennettyä, kuten on jo aikaisemmin todettu. Tämä oli alkuperäinen idea, josta koko opinnäytetyö sai alkunsa. Nykyiset kuvat ovat useimmiten suoraan PI-kaavion pohjalta piirrettyjä eikä niissä ole otettu huomioon riittävästi toistuvia osaprosessien operointeja, jolloin joudutaan käyttämään useaa eri näyttökuvaa yksittäisen osaprosessin ohjaamiseen.

Uudistettavien kuvien suunnittelu lähti liikkeelle selvittämällä eri osaprosesseissa tarvittavien operointien käytettävyys nykyisistä kuvista. Suunnittelua helpotti huomattavasti oma, lähes kahden vuoden, ajokokemus Hovinsaaren voimalaitoksen prosessista, jolloin itselläni oli alustava käsitys ja ideoita tarvittavista uudistuksista. Alusta asti oli myös selvää, että voimalaitoksen käyttäjät otettaisiin mukaan kuvien suunnitteluun. Käyttäjiltä kysyttiin ehdotuksia kuvien uudistamiseen ja ehdotuksia saatiinkin jonkin verran.

Esittelin useasti omia hahmotuksia päivitetyistä näyttökuvista voimalaitoskäyttäjille, jolloin sain heiltä arvokkaita kommentteja, jotka auttoivat kuvien kehittämisessä entistä paremmiksi. Näin myös käyttäjät olivat mukana kehittämässä kuvia koko kehittämisprosessin ajan. Koska kaikilla käyttäjillä oli hieman eri näkemykset siitä, mitä kuvien tulee sisältää, pyrin toteuttamaan päivitykset siten että ne vastasivat parhaiten enemmistön näkemystä.

Tärkeimmät päivitykset ja uudistukset, kohdistuivat toistuvasti ohjattaviin prosesseihin. Näitä olivat biokattilan kaukolämpö, kiinteänpolttoaineen kuljettimet ja siilot, lauhde ja lauhteiden palautus sekä pesuri ja kostutin. Nämä osaprosessit ovat uudistuksen jälkeen operoitavissa kussakin osaprosessissa yhdestä näyttökuvasta. Liitteessä 3 on esitettyä tärkeimmät uudistusten kohteina olleet näyttökuvat. Liitteessä 2 on esitettyä tarkemmin kaikkiin kuviin tehdyt päivitykset yksityiskohtaisesti. Tämä liite toimi myös käyttäjille kirjallisena tiedonantona tehdyistä muutoksista.

Trendien käyttöön kiinnitettiin entistä enemmän huomiota. Osaan kuvista määritettiin kiinteät trendit tärkeistä ja usein seurattavista mittauksista ja säädöistä. Lisäksi näyttökuviin tehtiin linkkejä viritystrendinäytöille, joihin määritettiin haluttaja moni muuttu-

ja trendejä. Näitä olivat esimerkiksi päästömittaukset, jolloin pystytään varmistumaan etteivät mittaukset ole "jäätäneet" näyttämään samaa arvoa. Muutenkin on havainnollisempaa seurata arvojen muutoksia käyrältä, koska ihmisen numeromuisti on rajallinen.

### 6.2.2 Hälytyskäsitteilyn kehittäminen

Koska hälytyksiä tuli toistuvasti vain muutamista eri mittauksista, keskityttiin näiden mittausten hälytysrajoihin. Nämä mittaukset liittyivät kaikki vesikemiaan. Hälytysrajojen ei tarvitse vesikemian osalta olla välttämättä niin jyrkkiä, kuin muissa mittauksissa, koska vesikemiaa seurataan myös pidemmän aikavälin seurannalla vesilaitoksen hoitajan toimesta. Uudistamalla hälytysrajoja sekä lisäämällä hystereesiä ja viivettä voidaan välttyä "turhilta" hälytyksiltä. Esimerkkinä voidaan käyttää mittausta liuenneen hapen määrästä syöttövesisäiliössä. Hälytysraja on 5 µg/l ja usein mittaus vaihtelee molemmin puolin hälytysrajaa. Mittaus hälytti, joka kerta kun se ylitti hälytysrajan. Käyttäjällä ei ole mahdollisuutta vaikuttaa siihen, onko liennut happi 4,9 µg/l tai 5,1 µg/l. Ratkaisuna on lisätä hystereesiä, jolloin hälytys tapahtuu vasta määritetyn sallitun ylityksen jälkeen. Hälytykseen voi lisätä myös viivettä, jolloin hälytys hälyttää määritellyn viiveen jälkeen edellyttäen, että arvo on vielä tällöin hälytysrajan yläpuolella. Lisäksi ehdotan, että kombikattilan ollessa pois käytöstä kesäisin, maskataan kombikattilan vesikemiaan liittyvät hälytykset pois seisokkiajaksi. Tällöin seurattaisiin kyseisen kattilan vesikemiaa pidemmän aikavälin seurannalla.

Ehdotan myös, että järjestelmähälytykset ohjattaisiin vain järjestelmähälytysnäyttöön, eikä käyttäjien käytössä olevaan hälytysnäyttöön. Järjestelmähälytykset kuuluvat automaatio kunnossapidon piiriin, jolloin niitä ei tarvitsisi näyttää käyttäjille, koska he eivät pysty näihin hälytyksiin kuitenkaan vaikuttamaan.

### 6.2.3 Suurkuvanäytön hankinta osana käyttöliittymän kehittämistä

Hovinsaaren voimalaitoksen valvomoon on suunnitteilla suurempi suurkuvanäyttö kahden 40 tuuman näytön lisäksi. Näyttöä on suunniteltu nykyisten analogiamittareiden tilalle. Suunniteltu paikka on paras mahdollinen silmälläpitäen molempien käyttö-

jien katselukulmia ja -etäisyyksiä. Suurkuvanäytön suunniteltu koko on noin 80 tuumaa. Valvomon layout ja suurkuvanäytön suunniteltu paikka näkyvät liitteessä 1.

Suurkuvanäytön hankinnan toteutuksessa on neljä eri toteutusvaihtoehtoa. Pyysimme tarjoukset toteutuksiin kahdelta valvomon näyttöratkaisuihin erikoistuneilta toimittajilta.

**Vaihtoehto 0:** Suurkuvanäytön hankinta jätetään toteuttamatta.

**Vaihtoehto 1:** Suurkuvanäyttö toteutetaan kahden projektorin tekniikalla.

**Vaihtoehto 2:** Suurkuvanäyttö toteutetaan yhden projektorin tekniikalla.

**Vaihtoehto 3:** Suurkuvanäyttö toteutetaan LCD - videoseinäpaneeleista.

Kullakin toteutusvaihtoehdolla on omat etunsa ja haittansa. Seuraavassa ovat eri vaihtoehdot esitelty tarkemmin.

**Vaihtoehto 0:** Kuten jokaisella hankinnalla ja investoinnilla, myös tällä, on vaihtoehtona että hankinnasta luovutaan kokonaan. Lähtökohtaisesti suurkuvanäyttö aiotaan kuitenkin toteuttaa, koska sille on tarvetta ja hankinnalle on olemassa perusteet.

**Vaihtoehto 1:** Suurkuvanäyttö toteutettaisiin kahden projektorin tekniikalla, jolloin projektoreita käytetään ajastinkytkimen avulla vuoronperään 6-8 tunnin sykleissä. Näin projektorit ja lamput saadaan kestävämmän kauemmin. Toimittaja tarjoaa tälle ratkaisulle hankintakustannukseksi 4 829 €. Tarjous pitää sisällään kaksi projektoria, joiden valoteho on 3500 lumenea ja kontrasti 3 000:1. Takuu kahden projektorin käytössä on 18 kuukautta. Lampun kestoiäksi arvioidaan 3 000 tuntia. Tarjous sisältää kehyskankaan sekä kaikki tarvittavat erillistarvikkeet. Lisäksi tarjous sisältää kaksi varalamppua kummallekin projektorille, joille yhteenlaskettu käyttöikä on noin kaksi ja puoli vuotta.

**Vaihtoehto 2:** Vaihtoehdossa kaksi, suurkuvanäyttö toteutettaisiin yhdellä ympärivuorokautiseen käyttöön soveltuvalla kahden lampun projektorilla. Toimittaja tarjoaa tälle ratkaisulle hankintakustannukseksi 5 925 €. Projektorin valoteho on 6 000 lumenea ja kontrasti 2 000:1. Takuu projektorille on 38 kuukautta. Lampun kestoikä on 2

000 - 3 000 tuntia. Tarjous ei sisällä kiinnitystelineitä, kehyskangasta eikä varalamppuja. Näille tarvikkeille arvioidaan erilliskustannuksena noin 1 000 €.

**Vaihtoehto 3:** Vaihtoehdossa kolme, suurkuvanäyttö toteutettaisiin neljällä 46 tuuman LCD - videoseinäpaneelilla, jolloin saadaan yhteenlasketuksi kuvakooksi 92 tuumaa. Näyttöjen väliin jää noin 6 mm kehys. Toimittaja tarjoaa tälle ratkaisulle hankintakustannukseksi 16 215 €. Tarjous sisältää myös kiinnitystelineet. Käyttöäksi videoseinälle luvattiin 70 000 tuntia eli noin kahdeksan vuotta ympärivuorokautisessa käytössä. Kuitenkin takuu on vain kolmen vuoden vaihtotakuu. Kontrasti on 3 000:1.

Valittaessa toteutettava vaihtoehto, on tarkasteltava kunkin vaihtoehdon elinkaarikustannuksia. Suurkuvanäytön odotetuksi käyttöäksi määriteltiin kahdeksan vuotta.

Vaihtoehdossa yksi hankintakustannukset ovat 4 829 € sisältäen kaksi varalamppua kummallekin projektorille, joille käyttöäksi tulee kaksi ja puolivuotta. Toimittaja arvioi lampun kestoäiksi 3 000 tuntia. Vaihtolamppujen kustannus on 300 euroa kappale.

Odotettu käyttöikä.

$$8760 h \cdot 8 = 70\,080 h$$

Käyttöikä toimituksen mukana tulevien varalamppujen kanssa.

$$2.5a \cdot 8760 h = 21\,900 h$$

Jäljelle jäävä vaadittu käyttöaika.

$$70\,080 h - 21\,900 h = 48\,180 h$$

Vaihtolamppujen tarve.

$$\frac{48\,180 h}{3\,000 h} \approx 16 \text{ kpl}$$

Vaihtolamppujen kustannus kahdeksan vuoden ajalta.

$$16 \cdot 300 \text{ €} = 4\,800 \text{ €}$$

Vaihtoehdossa kaksi hankinta kustannukset ovat projektorille 5 925 €. Valkokangas ja telineet mukaan luettuna noin 7 000 €. Toimittaja arvioi lampun käyttöiäksi keskimäärin 2 500 tuntia. Vaihtolamppuparin kustannus on 845 €. Vaadittu käyttöaika on 70 080 tuntia.

Vaihtolamppujen tarve.

$$\frac{67\,580\text{ h}}{2 \cdot 2\,500\text{ h}} = 14\text{ kpl}$$

Vaihtolamppujen kustannukseksi kahdeksanvuoden ajalta saadaan.

$$14 \cdot 845\text{ €} = 11\,830\text{ €}$$

Vaihtoehdossa kolme hankintakustannukset ovat 16 215 €. Jos paneelit saavuttavat niille luvatus maksimi käyttöiän 70 000 tuntia, ei niille muodostu käytönaikaisia kustannuksia.

**Vaihtoehdolle 1** elinkaaren kokonaiskustannus on hankintakustannus 4 829 € lisättyinä käytönaikaisella kustannuksella 4 800 € eli yhteensä **9 629** euroa kahdeksan vuoden ajalta.

**Vaihtoehdolle 2** elinkaaren kokonaiskustannus on hankintakustannus 7 000 € lisättyinä käytönaikaisella kustannuksella 11 830 € eli yhteensä **18 830** euroa kahdeksan vuoden ajalta.

**Vaihtoehdolle 3** elinkaaren kokonaiskustannus on pelkästään hankintakustannus **16 125** €. Käytönaikaisia kustannuksia ei ole.

Kustannustehokkaimmaksi vaihtoehdoksi osoittautui kahden projektorin tekniikalla toteutettava suurkuvanäyttö. Videoseinä oli toiseksi kustannustehokkain vaihtoehto huolimatta korkeasta hankintahinnasta. Yhden projektorin tekniikalla toteutettuna suurkuvanäytön kokonaiskustannukset kohosivat kaikkein suurimmiksi. Projektori-tekniikoilla vaihtolamppukustannukset kohoavat huomattaviksi. Toteutustavan valinnassa on kuitenkin kiinnitettävä huomiota myös käyttömukavuuteen ja tekniikkaan, ei pelkästään kustannuksiin.

Kahden projektorin toteutustapaa puoltaa paitsi yllä mainittu kustannustehokkuus mutta myös helppo asennus. Valvomon rakenteita, kuten vanhoja analogiamittareita ei tarvitsisi välttämättä purkaa, vaan ne voisi peittää valkokankaalla. Toteutustavan haittapuolina ovat usein toistuvat lampunvaihdot sekä videoseinää huonompi kuvanlaatu. Lisäksi vaihtolamppukustannukset ovat verrattain suuret.

Videoseinän toteutustapaa puoltaa hyvä kuvan laatu sekä tarkkuus. Videoseinä on myös huoltovapaa. Asennus vaatii valvomorakenteiden muutosta. Vanhat analogiamittarit on purettava pois. Hankintakustannus on korkea, mutta kuten aikaisemmin osoitettiin käyttöiän elinkaarikustannus on kilpailukykyinen verrattuna muihin vaihtoehtoihin.

Lopullisen päätöksen hankinnasta tekee johto. Yllä oleviin kustannuslaskelmiin ja tekniikkaan perustuen ehdotan suurkuvanäyttöä toteutettavaksi videoseinätekniikalla. Vaikka hankintakustannus on korkea, puoltaa videoseinän hankintaa erityisesti kuvan laatu sekä käytönaikainen huoltovapaus. Lisäksi videoseinä on äänetön. Pidän myös kahdella projektorilla toteuttavaa suurkuvanäyttöä hyvänä vaihtoehtona. Kahden projektorin vaihtoehto on vahvoilla, jos kynnyskysymykseksi nousee hankintakustannus.

#### 6.2.4 Valvomotilan kehittäminen

Hovinsaaren voimalaitoksen valvomo on tilana suhteellisen suuri verrattuna laitoksen muihin tiloihin. Valvomon läheisyydessä oleva voimalaitoskäyttäjien käytössä oleva keittiö on taas pieni ja ahdas. Valvomon läheisyydessä ei ole myöskään tukitiloja. Nykyisin läpikulku valvomosta on aika ajoitin suhteellisen vilkasta. Lisäksi ajoittain valvomo ajaa epävirallisen taukotilan asemaa. Tämä läpikulkuliikenne ja ajoittainen äänestäkin jutustelu valvomossa häiritsee osaa käyttöhenkilökunnasta ja vaikeuttaa keskittymistä prosessin valvonta- ja ohjaustehtäviin etenkin ylös- ja alasajoissa.





Kuva 11: Yleiskuva Hovinsaaren voimalaitoksen valvomosta ennen suurkuvanäytön hankintaa

Ratkaisuna ongelmaan olisi rakentaa suurempi taukotila nykyisen keittiön ja arkistohuoneen tilalle. Lisäksi valvomotilan takaosasta olisi mahdollista antaa neliöitä taukotilalle, jotta taukotilasta saataisiin riittävän suuri. Nykyinen taukotila sijaitsee erillisessä ulkorakennuksessa voimalaitoksen portilla. Uudistuksella olisi valvomotilalle rauhoittava vaikutus.

## 7. YHTEENVETO

### 7.1 Päätelmät työn tuloksista

Tavoitteiksi opinnäytetyölleni asetettiin aktiivisessa käytössä olevien näyttökaaviokuvien vähentäminen ja kuvien päivitys, selvittää suurkuvanäytön hankinta ja valvomotilan kehitys, lisätä trendinäyttöjen käyttöä sekä päivittää hälytyskäsitteilyä useasti hälyttävien suureiden osalta. Pääpaino työn toteutuksessa oli saada vähennettyä aktiivisessa

käytössä olevien kuvien määrää kiinnittämällä huomiota osaprosessikohtaiseen operointiin. Työ saavutti asetetut tavoitteet, etenkin keskeisissä osaprosesseissa.

Osaprosessikeskeisen suunnittelun tuloksena aktiivisessa käytössä tarvittavien näyttökuvien määrä väheni seitsemällä näyttökuvalla keskeisissä osaprosesseissa. Neljä näyttökuvaa voidaan poistaa järjestelmästä tarpeettomana. Opinnäytetyön tuloksena monitoreilla voidaan pitää esillä pienempi määrä näyttökuvia ilman, että kuvien selaaminen lisääntyisi. Osaprosessikohtaiset operoinnit ovat tehokkaammin ja nopeammin operoitavissa. Tämä lisää myös turvallisuutta operoinneissa.

Hälytyskäsitteilyä päivitettiin toistuvien vesikemiaan liittyvien hälytysten osalta. Toistuvien hälytysten odotetaan vähenevän, kun tehdyt muutokset hälytysrajoihin ja hälytysrajojen hystereeseihin otetaan käyttöön toistuvissa vesikemiaan liittyvissä hälytyksissä.

Trendinäyttöjen käyttöä lisättiin ja tuloksena prosessin muutossuunta on helpommin havaittavissa. Suurkuvanäytön käyttöönoton jälkeen trendinäytöille saadaan enemmän näyttöpinta-alaa, jolla odotetaan olevan trendien käyttöä lisäävä vaikutus.

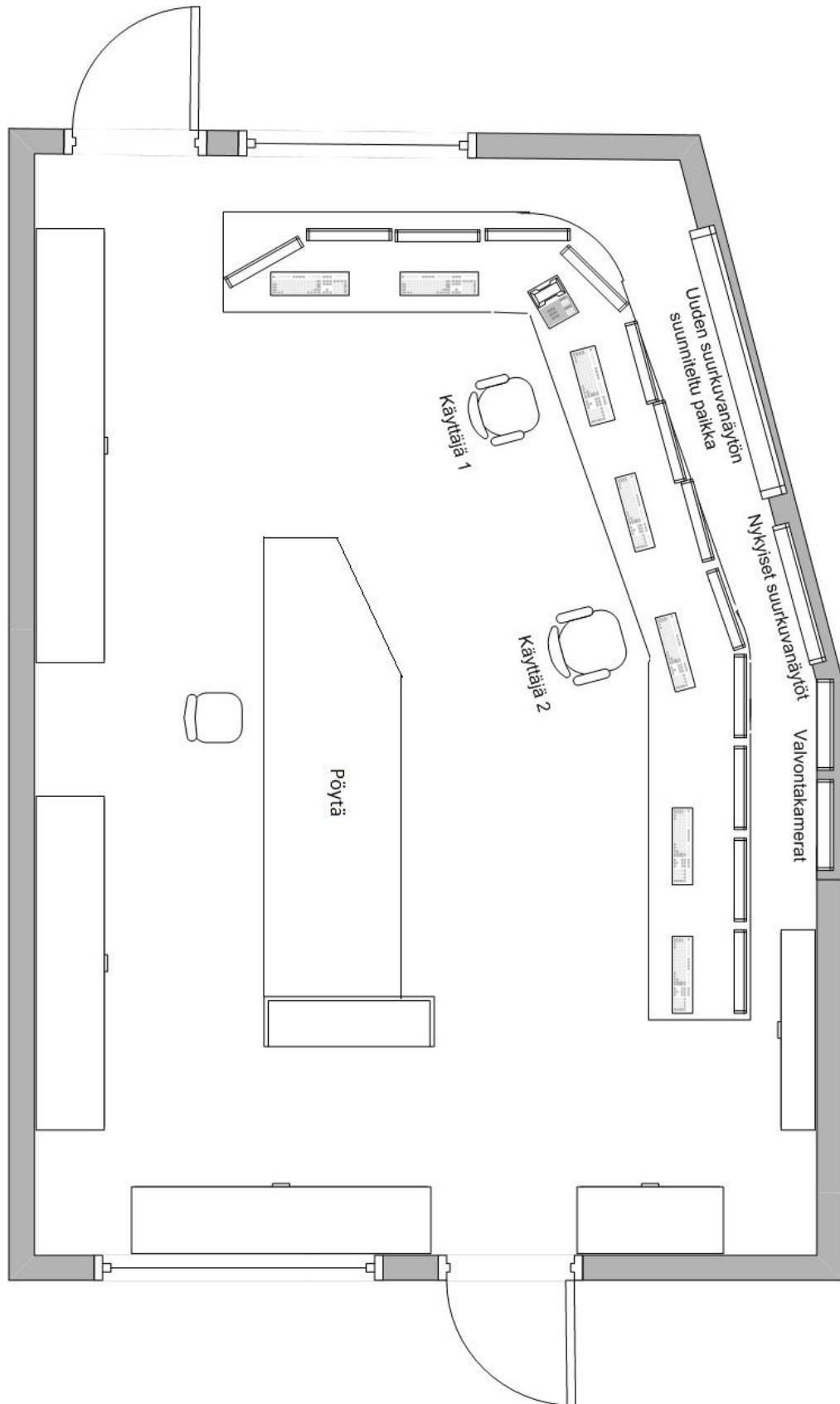
Selvitys suurkuvanäytön hankinnasta antaa hankinnasta päättävälle henkilölle edellytykset valita suurkuvanäytön toteutus kolmella eri periaatteella. Suurkuvanäytön hankinta tulee tukemaan käyttäjien kokonaistilannetietoisuutta prosessista. Valvomotilan läheisyyteen esitetyt parannusehdotukset rauhoittaisivat valvomoympäristöä ja auttaisi käyttäjiä keskittymään työhönsä.

Tässä työssä esitellyt käyttöliittymän kehitystoimenpiteet tulevat helpottamaan käyttäjien työtä valvomossa. Kaiken kaikkiaan Hovinsaaren voimalaitoksen prosessi on kehitystyön jälkeen helpommin ja nopeammin hahmotettavissa sekä operointi on tehokkaampaa ja turvallisempaa. Uudet ja päivitettyt kuvat tullaan ottamaan käyttöön kevään aikana.

## LÄHTEET

1. Kotka Energia Oy: Kotisivut. Saatavissa:  
[http://www.kotkanenergia.fi/kotkan\\_energia/](http://www.kotkanenergia.fi/kotkan_energia/) (Viitattu 7.12.2011)
2. Kotka Energia Oy. 2011. Esittelykalvot
3. Kotka Energia Oy. Vuosikertomus 2010. Saatavissa:  
[http://www.webtools.fi/asiakkaat/32/tiedostot/file/Vuosikertomus%202010%20valmis\(1\).pdf](http://www.webtools.fi/asiakkaat/32/tiedostot/file/Vuosikertomus%202010%20valmis(1).pdf) (Viitattu 10.12.2011)
4. Huhtinen, Korhonen, Pimiä, Urpalainen 2008. Voimalaitostekniikka. Keuruu: Otavan kirjapaino Oy.
5. Metso Automation 2003. Metso DNA tuotemateriaali. Tampere 2003
6. Ylikunnari, Jukka 2003. Oppimateriaali kurssiin Automaatiojärjestelmät. Oulun seudun ammattikorkeakoulu. Viitattu 9.2.2012
7. Metso Automation 2002. Gd-CAD - suunnittelutyökalu. Collection 2002 rev. 3 G002003
8. Metso Automation 2002. Prosessinohjauspalvelimen toimilohkot. Collection 2002 rev. 3 G001403
9. Mäkelä, Merja 2011. Automaatiojärjestelmien perusteet. Opintomateriaali Kymenlaakson ammattikorkeakoulu. Viitattu 9.2.2012
10. Suomen Automaatioseura ry 2010. Valvomo - suunnittelun periaatteet ja käytännöt. Helsinki: Copy-Set Oy. 2. painos.
11. SFS 3701. Putkistojen merkintä virtaavien aineiden tunnuksin. Tunnusvärit ja -kilvet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto, 1995

12. Koskinen, Salo ja Aaltonen toim. 2009. VTT tiedotteita 2495 - Tilannetietoisuutta tukevat näytöt prosessiteollisuuden valvomoissa. VTT 2009



**Kuvasarja 2: Högfors-kattila**

## Kuva 2.1 Högfors-kattila

Kuvaan on lisätty:

- Käynnistyssekvenssin käynnistyskytkin 2HHA10EB001
- Pysäytyssekvenssin käynnistyskytkin 2HHA10EB051
- Käynnistysvapautuksen ilmaiseva tekstitieto 2HHA10EW200K3
- Maakaasun pikasulkuventtiilit 2HHG10AA101 ja 2HHG10AA102
- Maakaasun säätöventtiili 2HHG10DF001
- Sytytyspolttimen maakaasulinjan sulkuventtiilit 2HJG11AA102 ja 2HJG11AA103
- Sytytyspolttimen liekki tieto 2HJG10CR001

Kuvasta on poistettu:

- Vanhojen nuohointen paikkaa ilmaisevat tiedot.

**Kuvasarja 4: Laitoksen yhteiset kuvat**

## Kuva 4.3 Kattiloiden Vesi/höyry

- Kuva on suunniteltu käytettäväksi yleisvalvontakuvana hankittavalla suurkuvanäytöllä.
- Operointi tapahtuu kuten muissakin näytöissä.
- Kuvassa on kaikkien kolmen kattilan vesi/höyrypiirin liittyvät mittaukset ja osa säädöistä

- Kuvaa on alustava tarkoitus käyttää yhdessä päivitetyn kuvan 4.5 Höyrynjako kanssa suurkuvamonitorilla, jolloin ne muodostava kokonaiskuvan korkeapainehöyryverkosta.

Kuva sisältää seuraavat pääprosessilaitteet:

- Biokattilan lieriö 6HAE10
- Kombikattilan lieriö 3HAE10
- Högfors-kattilan lieriö 2HAE10
- Biokattilan ekonomaiserit 1 ja 2
- Biokattilan tulistimet 1,2 ja 3
- Kombikattilan ekonomaiseri
- Kombikattilan tulistimet 1 ja 2
- Högfors-kattilan ekonomaiseri

Kuva 4.4 Syöttövesi

Kuvasta on poistettu:

- Turbopumppu 1LBG35 ja sen mp-höyryn tulopuolen sulkuventtiili 1LBG35AA101 ja mp-höyryn poistopuolen sulkuventtiili 1LBG38AA101
- Turbopumpun ohjausventtiili 1LAC20AA901 monitori-ikkunassa
- Turbopumpun jälkeisen syöttöveden paine 1LAB21CP001
- Turbopumpun putkilinja biokattilalle.
- Ruiskutusvesilinja 59/13 baarin ruiskulle
- Lauhteiden ja lisäveden palautukset syöttövesisäiliöön on selkeytetty.

Kuva 4.5 Höyrynjako

- Kuvaan on lisätty tehdashöyryn virtauksen 1LABG60CF001 kiinteätrendi
- Högfors- kattilan matalapainehöyrylinja 1LBG matalapainetukille on muutettu vastaamaan todellisuutta.
- Höyrylinjojen väritys on yhtenäistetty.

### Kuva 4.7.3 Lauhteiden palautus

- Kuvien 4.7 ja 6.2.1 perusteella rakennettu kokonaan uusi kuva, josta lauhdeprosessia voi valvoa ja ohjata kokonaisuudessaan.

Kuva sisältää seuraavat pääprosessilaitteet:

- Lauhdutin 3MAG10
- Lauhdepumput 3LCB10AP005 ja 3LCB15AP001
- Syöttövesisäiliö 0LAA10
- Syöttövesisäiliö 6LAA10
- Lauhdesäiliö 0LCN20
- Lauhdesäiliön pumput 0LCN20AP001 ja 0LCN10AP001
- Lauhteen kaasunpoistin 0LCN01
- Daniscon lauhdesäiliö 1LCA50
- Lisäveden kaasunpoistin 0GHC85
- Lisäveden esilämmittimet (Höyry, kaukolämpö, hönkälauhdutin ja JUP)
- Lisävesisäiliö 0GHC00
- Lisävesipumput 0GHC10AP001 ja 0GHC20AP001

## **Kuvasarja 6: Biokattilalaitokseen liittyvät näytöt**

### Kuva 6.1.1 Pesuri ja kostutin

- Kuva on uudistettu kokonaisuudessaan kuvien 6.1.1 Pesuri ja 6.1.2 Kostutin pohjalta. Pesuri ja kostutin ovat samassa kuvassa, jolloin niiden operointi helpottuu.
- Kuva sisältää kaikki mittaukset ja säätimet, kuin kuvissa 6.1.1 ja 6.1.2, pois lukien glykolipiirien ja palamisilmapeltien säätimet. Glykolipiirien säädöt löytyvät kuvasta 6.12.1 Palamisilmapeltien säädöt 6HLE02DG001 ja 6HLE02DG001 löytyvät kuvasta 6.1 Palamisilma.
- Kuvaan on lisätty kiinteätrendi yläkierron, alakierron ja puhdistetun veden pH-mittauksista.



Kuva sisältää seuraavat pääprosessilaitteet:

- Pesuri 6HND10
- Yläkiertopumppu 6GMP20AP001
- Alakiertopumppu 6GMP10AP001
- Lauhdepumppu 6GMP50AP001
- Lipeäsäiliö 6QCA30
- Lipeäpumput 6QCA33AP001 ja 6QCA31AP001
- Kostutin 6HTD20
- Kostuttimen paluupumppu 6GMP40AP001
- Kaukolämmön vaihtimet 1 ja 2
- Pesurin ylitteen lämmönvaihdin
- Palamisilman esilämmitin (Höyryluvo)
- Palamisilmapuhallin 6HLC04AN001
- Savukaasupuhallin 6HNA50AN001

Kuva 6.2 Vesi/Höyry

Kuvaan on lisätty:

- Biokattilan syöttövesisäiliön painesäätö 6LAA10DP001 ja lämmityshöyryn säätöventtiili 6LBA31AA001AS ovat siirretty kuvasta 6.2.1
- Infopainike, josta avautuu monitori-ikkuna bion syöttövesipumppu 1:n sähkömoottorin lämpötiloille.

Kuva 6.10 Kiinteän polttoaineen kuljettimet ja siilot

- Kuvaan on lisätty REF-polttoainesiilo 6EAB30 sekä REF-kuljettimet 6EAD30, 6EBA60 ja 6EBA70 säätöineen kuvasta 6.11. Kaikki kuljettimet ja siilot ovat operoitavissa tästä näytöstä.
- Kuljettimen 6EAD10 jakopelti 6EAD10AE001 biosiiloon 6EAB10 on muutettu vastaamaan todellisuutta.

Kuva sisältää seuraavat pääprosessilaitteet

- Biopolttoainesiilo 6EAB10

- Turvepolttoainesiilo 6EAB20
- REF-polttoainesiilo 6EAB30
- Päiväsiilo HFA10
- Kuljetin 6EAD10 Seulomo - Biosiilo
- Kuljetin 6EAD20 Biosiilo - Turvesiilo
- Kuljetin 6EAD30 REF-siiloon
- Kuljetin 6EBA20 Turvesiilo - Biosiilon alakerta
- Kuljetin 6EBA40 Biosiilo - Päiväsiilo
- Kuljetin 6EBA60 REF-siilo - REF-vaakakuljetin
- REF-vaakakuljetin 6EBA70 Syötöntasaustaskuun

#### Kuva 6.12 Kaukolämpö

Kuvaan on lisätty:

- Turbiiniin tehonsäädön asetusarvo 3MAY10E901E04, josta on mahdollista säätää turbiinin tehoa sekä tehonsäädön käytöstä ilmaiseva "säätää" tekstitieto 3MAY10E901P11
- Hörfors-kattilan matalapainehöyryn säätöventtiili 1LBG61DP001 reduktiolämmönvaihtimen mp-höyrylinjaan helpottamaan kaukolämmön ajoa talvisin
- Uudet merivesipumppujen säädöt, virtaussäätö 0PAB35DF001 ja lauhduttimen painesäätö 3MAG10DP002
- Kaukolämmön kokonaisteho 5KLMBCU001
- Lämpökeskusten kaukolämpötehot
  - Aittakorpi 15NDA03CT001
  - Karhuvuori 17NDA10COQ901L
  - Pappila
  - Itäkatu 12NDB10CU901
  - Kotkamills 12NDB10CU010
- Kombikattilan KL-ekon teho 3HAC30CU901
- Kiinteä trendi kaukolämpövirtauksesta 6NDB10CF001

Kuvasta on poistettu:

- Kombikattilan ja vanhojen höyryvaihtimien kaukolämpöpiirit, joiden operointi tapahtuu kuvasta 4.6

Kuva 6.12.1 Glykolipiirit

Kuvaan lisätty:

- Glykolipiirien 1 ja 2 kaukolämpöveden pumppu 6NDB40AP001 on siirretty kuvasta 6.12.
- Putkilinjojen väritys yhtenäistetty

Kaikki kuvat

- Putkistojen väritys on yhtenäistetty kaikissa kuvissa vastaamaan standardia SFS 3701.
- Lisättiin tarpeelliset linkitykset kuvasta toiseen.

Muutokset piireihin

- Kiinteiden trendinäyttöjen käyttöönotosta johtuen seuraaviin piireihin lisättiin Analogiamittauksen historiankeruutoimilohkot (AHS)
  - kaukolämmön virtaus 6NDB10CF001 biokattilan kaukolämpöpiirissä
  - tehdashöyryn virtaus 1LABG60CF001
  - yläkierron pH-mittaus 6GMP21CQ001
  - alakierron pH-mittaus 6GMP11CQ001
  - puhdistetun veden pH-mittaus 6GMR50CQ001

