



Turbiinin instrumentoinnin kar- toitus

Niilo Suviola

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2021

Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus
Automaatiotekniikka

SUVIOLA, NIILO:
Turbiinin instrumentoinnin kartoitus

Opinnäytetyö 56 sivua, joista liitteitä 4 sivua
Toukokuu 2021

Opinnäytetyön tarkoituksena oli perehtyä Kymijärven voimalaitoksen toisen yksikön turbiinin instrumentointiin. Kartoitus nähtiin tarpeelliseksi, koska turbiinin automaatiojärjestelmä on vanhentumassa ja se täytyy päivittää. Tätä päivitystä varten haluttiin kartoittaa turbiinin piirikaaviot, joista voidaan havaita laitoksen instrumenttien kytkeytyminen kentältä I/O-korteille. Samalla haluttiin luoda myös päivitetty instrumenttiluettelo. Nämä dokumentit toimivatkin tulevan automaatiouudistuksen lähtötietoina. Työssä perehdyttiin myös tarkemmin instrumenttien elinkaariin, jotta saatiin tieto, kuinka instrumentteja voidaan uusia.

Kartoitus aloitettiin käymällä läpi piirikaavioiden kytkennät ja kirjaamalla löytyneet virheet. Kun piirikaavioista oli tarkistettu kenttäpääty sekä ristikytkennässä instrumenttien kytkeytyminen I/O-korteille, korjattiin löytyneet virheet joko piirikaavioihin taikka kentälle riippuen virheen laadusta. Jälkikäteen lisätyistä instrumenteista ei ollut luotu piirikaavioita suunnitteluohjelmistoon. Puuttuneet ja virheelliset kytkennät piirrettiinkin puhtaaksi CADS Client -sovelluksen avulla, sekä tarvittaessa tiedot päivitettiin myös CADS DM sovellukseen. Instrumenttiluettelo laadittaessa etsittiin kentältä kyseiset instrumentit ja otettiin kuvat niiden instrumenttikilvistä. Koska laitos oli käynnissä, ei tätä voitu tehdä kaikille laitteille, jolloin käytettiin hyväksi jo olemassa olleita luetteloita. Instrumenttikilpien sekä piirikaavioiden tietojen avulla saatiinkin laadittua instrumenttiluettelo. Elinkaarikartoitus aloitettiin kirjaamalla instrumenttien tiedot taulukkoon aiemmin luodusta instrumenttiluettelosta. Tämän jälkeen taulukkoon etsittiin tiedot laitteen jälleenmyymisestä valmistajien sivustoilta.

Piirikaavioiden sekä instrumenttiluettelon ansiosta saatiin varmistettua hyvät lähtökohdat mahdollisesti tulevaa automaatiouudistusta varten. Instrumenttien elinkaarikartoituksen ansiosta löydettiin kolme laitetta, joiden elinkaaret ovat päättyneet ja joiden valmistaja on julkaissut päivitetyn version laitteesta. Lisäksi tehdyistä dokumenteista saadaan myös paljon hyötyä laitoksen jatkuvissa huoltoissa.

Asiasanat: instrumentointi, turbiini, piirikaavio, elinkaari, instrumenttiluettelo

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Electrical and Automation Engineering
Automation Engineering

SUVIOLA, NIILLO:
Turbine Instrumentation Mapping

Bachelor's thesis 56 pages, appendices 4 pages
May 2021

The purpose of the thesis was to familiarise yourself with the instrumentation of the turbine in the second unit of the Kymijärvi power plant. A survey of the turbine was considered necessary because the turbine automation system was becoming obsolete and needed updating. The aim was to map the circuit diagrams of the turbine, from which the plant's instruments can be detected from the field to the I/O cards. At the same time, there was also a desire to create an updated instrument list. These documents will serve as the starting point for the upcoming automation reform. The work also examined more closely the life cycles of the instruments in order to know how the instruments can be renewed.

Mapping started by examining circuit diagram connections and logging the errors. After checking the circuit diagrams for the field end and the cross-connection of the instruments to the I/O cards, the errors found were corrected, either in the circuit diagrams or in the field, depending on the nature of the error. No circuit diagrams of the subsequently added instruments had been created for the design software. The missing and incorrect connections were drawn clean using the CADS Client application, and when necessary, the data was also updated to the CADS DM application. When drawing up the instrument list, the instruments were searched in the field and pictures of their instrument plates were taken. As the plant was running, this could not be done for all the instruments, in which case existing lists were used. The information on the instrument plates and circuit diagrams was used to draw up instrument list. Life cycle survey started by posting instrument data in a table from an existing instrument list. Then the table was filled by searching for information about reselling the device on manufacturers' websites.

The circuit diagrams and instrument list ensured a good starting point for the possible future automation reform. Due to the lifecycle mapping of the instruments, three devices with expired life cycles were discovered, the manufacturer of which has released an updated version of the device. In addition, the documents made will also benefit the plant's continuous maintenance work.

Key words: instrumentation, turbine, circuit diagram, life cycle, instrument list

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	LAHTI ENERGIA Oy	8
	2.1 Tuotanto	8
3	HÖYRYTURBIININ TOIMINTA	10
	3.1 Toiminta	10
	3.2 Höyryturbiinin suojat.....	12
	3.3 Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä	12
	3.4 Höyryturbiinin automaatiojärjestelmä	15
4	INSTRUMENTOINTI.....	17
	4.1 Instrumentin kytkeytyminen automaatiojärjestelmään	18
	4.2 Instrumentteja	21
	4.3 Instrumentaatioon liittyvä dokumentointi	25
	4.4 Instrumentin elinkaari	29
5	PIIRIKAAVIOIDEN KARTOITUS	30
	5.1 Piirikaavioiden virheiden korjaaminen	31
	5.2 Puuttuvien piirikaavioiden puhtaaksi piirtäminen.....	37
6	INSTRUMENTTIEN KARTOITUS.....	44
	6.1 Instrumenttiluettelon laatiminen.....	44
	6.1.1 Laitteiston kartoitus.....	45
	6.1.2 Luettelon laatiminen	46
	6.2 Instrumenttien elinkaarikartoitus.....	47
7	POHDINTA	49
	LÄHTEET	51
	LIITTEET	53
	Liite 1. Laiteluettelon sivu.....	53
	Liite 2. PI-kaavion osa.....	54
	Liite 3. Laaditun instrumenttiluettelon osa	55
	Liite 4. Laaditun elinkaarikartoituksen osa	56

LYHENTEET JA TERMIT

AKZ	Laitteiden positiointijärjestelmä (Saksa: Anlagekennzeichnungssystem)
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer-aided Design)
CADS	Suomalainen CAD-ohjelmistojen valmistaja
Curtis-pyörä	Säätövyöhykkeen juoksupyörä
DCS	Hajautettu automaatiojärjestelmä (Distributed Control System)
EN 61508	Turvallisuusperusstandardi
ERP	Liiketoiminnanohjaus (Enterprise Resource Planning)
ESD	Hätäsammutus (Emergency shut down)
I/O	Tulo / Lähtö (Input / Output)
Instrumenttikilpi	Antaa tiedot jonkin laitteen valmistajasta, mallista sekä laitteen mahdollisista muista tiedoista, kuten mitta-alueesta.
KKS	Voimalaitoksen laitteiden positiointijärjestelmä (Saksa: Kraftwerk Kennzeichen System)
MCC	Moottorinohjauskeskus (Motor control cabin)
MES	Tuotannonohjaus (Manufacturing Executing Systems)

MW	Megawatti
PAS	Prosessiautomaatiojärjestelmä (Process Automation System)
PI-kaavio	Putkisto- ja instrumentointikaavio
PLC	Ohjelmoitava logiikka (programmable logic controller)
SFS 5098	Prosessi-instrumentoinnin piirustukset ja muut asiakirjat. Laadinta ja luokittelu
SFS-EN ISO 10628	Kaaviot kemian- ja petrokemian teollisuudelle.
SFS-ISO 14617-5	Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit. Osa 5: Mittaus- ja ohjauslaitteet
SFS-ISO 14617-6	Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit. Osa 6: Mittaus- ja ohjaustoiminnot
TCS	Turbiininohjausjärjestelmä (Turbine control system)

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on kartoittaa Lahti Energian Kymijärven voimalaitos 2 turbiinin instrumentointia kentältä I/O-korteille. Työ koostuu kolmesta osasta, jotka ovat piirikaavioiden tarkastus ja puhtaaksi piirtäminen, instrumenttiluettelon laatiminen sekä instrumenttien elinkaarikartoitus. Työ tehdään esiselvityksenä höyryturbiinin automaatio uudistusta varten, mutta työstä on myös hyötyä jatkuvan kunnossapidon toimissa. Tarkoituksena on siis laatia mahdollisimman hyvät lähtökohdat automaatio uudistusta varten.

Automaatio on aika-ajoin uusittava sen vanhenemisen takia. Kymijärven voimalaitos kahden turbiinin automaatio onkin kyseisessä vaiheessa elinkaartaan. Automaatio uudistuksen suunnittelua varten tulee työssä luotavat dokumentit olla kunnossa, jotta uudistuksen toimenpiteet saadaan vietyä nopeasti läpi. Laitoksella oleva höyryturbiini sisältää useita eri antureita ja turvalaitteita, jotka tekevät sen toiminnasta vakaan. Luotavista dokumenteista voidaan helposti tarkistaa, millaisia laitteita kyseinen höyryturbiini sisältää, ja kuinka ne ovat kytkettyinä I/O-korteilta kentälle. Lisäksi elinkaarikartoituksen avulla voidaan tarkastella, kyseisten instrumenttien saatavuutta ja mahdollista käyttöikää vikaantumisen ennaltaehkäisemiseksi.

Työn suorittamisessa käytetään apuna CADs- ja Excel-sovelluksia. CADs-sovellusten avulla voidaan tarkastella ja hallita laitoksen piirikaavioita sekä korjata ne tarvittaessa. Lisäksi tämän avulla piirretään myös puuttuvat piirikaaviot. Excel-sovelluksen avulla puolestaan laaditaan instrumenttiluettelo ja kootaan instrumenttien elinkaarikartoituksen tulokset.

2 LAHTI ENERGIA Oy

Lahti Energia on Lahden kaupungin tytäryhtiö, joka on perustettu vuonna 1990, mutta sen juuret sijoittuvat vuoteen 1907. Sen päätuotteita ovat sähkö ja kaukolämpö. Näitä tuotetaan Lahdessa kahdella eri voimalaitoksella, mutta lämpöä tuotetaan myös pienvoimaloissa, sekä talvisin kaukolämmön huippu- ja varakeskuk-sissa, eri puolilla jakeluverkkoa. Lahti Energia työllistää vakituisesti noin 200 henkilöä. Osakkuusyhtiöiden kautta Lahti Energialla on myös osuudet vesivoimaan, tuulivoimaan ja ydinvoimaan. (Yli satavuotinen historia n.d.)

Lahti-Energia siirsi sähkönmyyntinsä 1.4.2020 Oomi Energialle, joka on valtakun-nallinen sähkönmyyntiyhtiö. Tämän seurauksesta sähköä myydään eripuolille Suomea. Lahti Energian oma sähköverkon pituus on kuitenkin 4801 km, ja se sijaitsee pääsääntöisesti Lahden ja Hollolan alueella, mutta lisäksi osin myös litin ja Asikkalan kunnissa. Kaukolämpöä puolestaan toimitetaan vain oman verkon alueelle Lahdessa, Hollolassa ja Asikkalassa. Kaukolämpöverkon pituus on 710 km. Tuotannossaan Lahti Energia käyttää polttoaineina kierrätyspolttoainetta, puuta, biokaasua ja kovilla pakkasilla myös maakaasua. (Monipuolinen ja vas-tuullinen energia-alan yritys n.d.)

Lahti Energia Oy:n avainluvut vuodelta 2019 ovat seuraavanlaiset: liikevaihto 185,3 m€, liikevoitto 20,5 m€, investoinnit 58,9 m€. Yhtiöllä oli tuolloin sähkön myynnin asiakkaita 81 009, kaukolämmön asiakkaita 8651 ja höyryn asiakkaita 6. (Avain tiedot Lahti Energiasta n.d.)

2.1 Tuotanto

Kymijärven voimalaitos 1 oli yrityksen ensimmäinen laitos, joka otettiin käyttöön vuonna 1975 alkaen. Laitoksen käyttö lakkautettiin kuitenkin kokonaan vuonna 2019. Höyrykattilan sähköteho oli noin 190 MW, kaasuturbiinin noin 45 MW ja kaukolämpöteho oli noin 60 MW. (Kymijärvi 1 n.d.)

Laitos koostui höyrykattilasta, höyryturbiinista sekä pääkattilan yhteyteen kytke-
tyistä kaasutinlaitoksesta ja kaasuturbiinilaitoksesta. Sen pääkattila käytti poltto-
aineenaan kivihiiltä, maakaasua ja tuotekaasua. Tuotekaasu valmistettiin kaasut-
timessa puuperäisestä biomassasta. Kaasuturbiini puolestaan käytti maakaasua.
(Kymijärvi 1 n.d.)

Kymijärven voimalaitos 2 on kaasutusvoimalaitos, joka valmistui vuonna 2012.
Laitos toimii yhdistetyssä prosessissa vastapaineperiaatteella, jonka avulla se
tuottaa sähköä ja kaukolämpöä. Laitoksen sähköteho on 50 MW ja kaukolämpö-
teho noin 90 MW. (Kymijärvi 2 n.d.)

Laitos on iso kokonaisuus, jonka kokonaisprosessiin kuuluvat kierrätyspolttoai-
neen vastaanotto- ja varastosiiilot, kaksi kaasutin- ja tuotekaasupuhdistuslinjaa,
kaasukattila, höyryturbiini, savukaasupuhdistuslaitteisto sekä savupiippu. Poltto-
aineena laitos käyttää materiaalikierrätykseen kelpaamattomia, mutta hyvin pa-
lavia jätteitä, eli puuperäisiä polttoaineita. (Kymijärvi 2 n.d.)

Kymijärven voimalaitos 3 on biolaitos, jolla korvattiin Kymijärven voimalaitos 1.
Laitos tuottaa kaukolämpöä ja se käyttää pääpolttoaineenaan sertifioitua biomas-
saa. Sen kaukolämpöteho on noin 190 MW. (Kymijärvi 3 n.d.)

Laitos on valmistettu korkeapaineisena höyrykattilana, mikä mahdollistaa lisäin-
vestoinnilla laitoksen käyttökelpoiseksi myös sähköntuotantoon. Laitoksessa on
kiertoketjukattila, joka mahdollistaa tarvittaessa myös muiden kiinteiden aineiden
käytön. Lisäksi laitos on varusteltu lämmön talteenotolla, minkä takia sen hyöty-
suhde on korkea. (Kymijärvi 3 n.d.)

3 HÖYRYTURBIININ TOIMINTA

3.1 Toiminta

Höyryturbiini muuttaa höyryn sisältämän energian mekaaniseksi energiaksi paisuttamalla höyryn turbiinin läpi. Tämä tapahtuu yleensä useassa peräkkäisessä siipivyöhykkeessä. Vyöhyketyypit ovat yleisesti joko impulssivyöhyke tai reaktiovyöhyke. (Koskelainen & Majanne 2015, 50.)

Kun höyryturbiini tilataan sen toimitus useimmiten sisältää myös höyryturbiinin säätöjärjestelmän, suojausjärjestelmän, kunnonvalvontajärjestelmän (mittalaitteet, esim. värähtely-, siirtymä- ja lämpötilamittauksia), generaattorin loistehon ja jännitteen säätöjärjestelmän sekä tasavirtakäyttöisen hätäöljypumpun ohjauksen. (Turunen, Uddfolk & Viskari 2015, 205.)

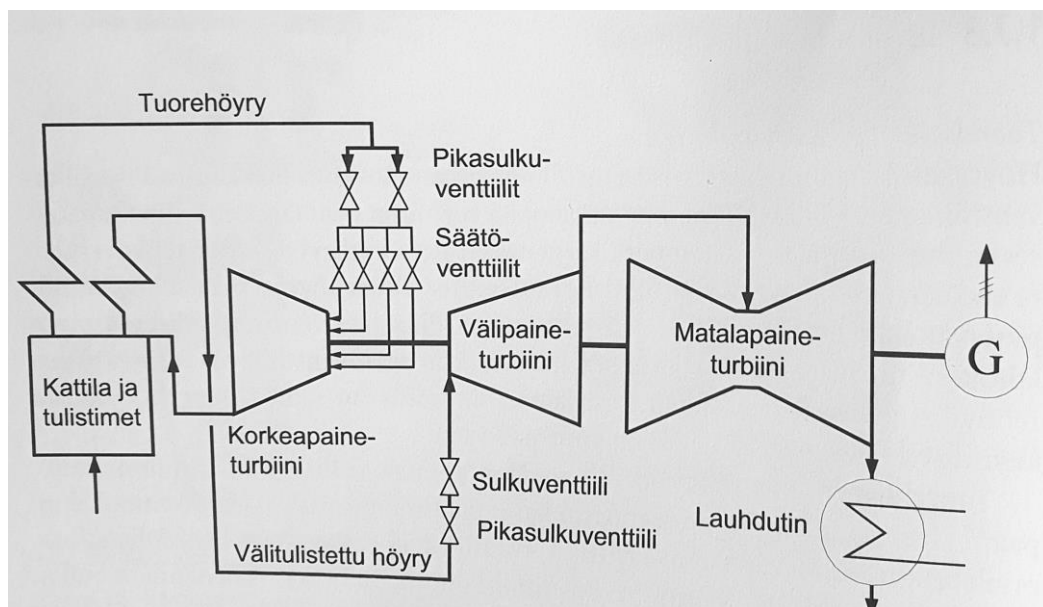
Impulssivyöhyke koostuu kahdesta osasta, paikallaan olevista suuttumista ja pyörivistä siivistä. Näiden ansiosta höyry paisuu suuttimen läpi, jolloin sen nopeus myös kasvaa. Nopeuden lisääntymiseen on kaksi syytä, paineen aleneminen ja ominaistilavuuden kasvaminen. Kun höyry on mennyt suuttimien läpi, se osuu pyöriviin juoksupyörän siipiin, jolloin höyryn liike-energia muuttuu siipiä liikuttavaksi työksi. Tällöin juoksupyörän siivet siis pienentävät höyryn nopeutta. Höyrynpaine laskee impulssiturbiinin suuttimissa, mutta pysyy vakiona juoksupyörän siivissä. (Koskelainen & Majanne 2015, 50.)

Nopeusvyöhyke, joka on toiselta nimeltään Curtis-pyörä, sisältää staattorin suuttimet, jonka jälkeen tulee roottori- ja staattorisiivet. Staattorin suuttimissa tapahtuu merkittävä paineen pudotus, jonka seurauksesta höyryn nopeus kasvaa. Tämän jälkeen roottorisiivet hidastavat höyryn nopeutta, kun osa höyryn liike-energiasta taas muuttuu siipiä pyörittäväksi työksi. (Koskelainen & Majanne 2015, 50.)

Reaktiovyöhykkeessä on tavallaan pyöriviä suuttimia ja staattorin suutin. Staattorin suuttimissa höyry paisuu ja sen nopeus kasvaa. Tämän jälkeen pyörivät

suuttimet paisuttavat höyryä vielä lisää. Höyrynpaine laskee reaktioturbiinin kiinteissä suuttimissa ja roottorin siivistön muodostamissa pyörivissä suuttimissa. Koska höyryn paisuminen reaktioturbiinissa on impulssitoimintaa, onkin reaktiovyöhyke todellisissa turbiineissa yhdistelmä impulssi- ja reaktioperiaatteesta. (Koskelainen & Majanne 2015, 51.)

Turbiinin ohjauslaitteet koostuvat kolmesta kokonaisuudesta, jotka ovat tuorehöyryn pikasulkuventtiilit, tuorehöyryn säätöventtiilit sekä välitulistuksen pikasulku- ja sulkuventtiilit. Näiden sijoittelut voidaan nähdä kuvasta 1, jossa on esiteltynä tyypillinen höyryturbiinin virtauskaavio. (Koskelainen & Majanne 2015, 51–52.)



KUVA 1. Yleinen höyryturbiinin virtauskaavio (Koskelainen & Majanne 2015, 52)

Tuorehöyry virtaa pikasulkuventtiilien kautta turbiinille. Tarkoituksena onkin suojata turbiinia mahdolliselta ryntäämiseltä, mikäli kuorma häviää. Pikasulkuventtiileiltä menee höyry säätöventtiileille, joiden tarkoitus on säätää turbiinille menevää höyryn määrää ja täten säätää myös turbiinin ja generaattorin tehoa. Välitulistuksen pikasulku- ja sulkuventtiilejä tarvitaan, koska välitulistetussa höyryssä on paljon energiaa sen palatessa turbiinille. Venttiilien toiminnat ovat kuitenkin vastaavat kuin pikasulku- ja säätöventtiileillä, mutta toisessa kohdassa. Välitulistuksen pikasulkuventtiili toimii myös varotoimena, mikäli kuorman hävitessä ei tuorehöyryn pikasulkuventtiilit saa virtausta katkaistua. (Koskelainen & Majanne 2015, 51–52.)

3.2 Höyryturbiinin suojat

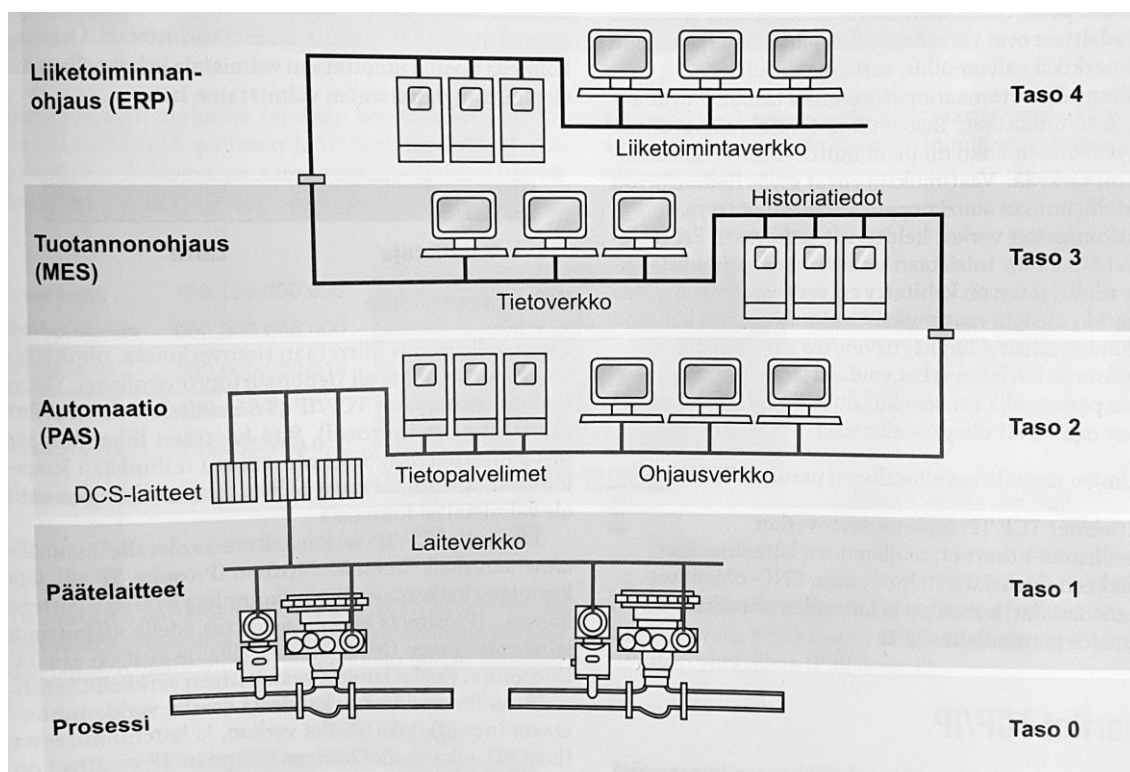
Ylikierrossuoja on elektroninen laitteisto, joka yleensä koostuu kuudesta kierros-
lukuanturista ja niiden vahvistimista. Anturit jakautuvat kahteen kanavaan, joissa
ne muodostavat laukaisun periaatteella kaksi kolmesta anturista, eli kun vähin-
tään kaksi anturia antaa hälytyksen laukeaa suojaus. (Turunen, Uddfolk, & Vis-
kari 2015, 204.)

Höyryturbiinilla on myös olemassa muita suojauksia, kuten vastapainesuoja, voi-
teluöljyn painesuoja, aksiaalisen siirtymän valvonta ja laakerilämpötilojen val-
vonta. Turbiinin suojauksen standardina toimii EN 61508. Yleisesti ylikierrossuoja
ja muu turbiinin suoja toteutetaan erillisinä ja ne yhdistyvät vain hydraulikkaöljyn
solenoidiventtiilien langoitetuissa piireissä. (Turunen, Uddfolk & Viskari 2015,
204.)

Turbiininsuojaus toteutetaan sulkemalla pikasulkuventtiilit suojauksen lauetessa.
Laukaisu itsessään pudottaa pikasulkuventtiilien hydraulikkaöljyn paineen pois
erillisillä solenoidiventtiileillä, jolloin pikasulkuventtiilit sulkeutuvat. Usein sole-
noidiventtiileitä on vähintään kaksi kappaletta. (Turunen, Uddfolk & Viskari 2015,
204.)

3.3 Voimalaitoksen automaatiojärjestelmä

Automaatiojärjestelmä voidaan ajatella koostuvan viidestä tasosta, jotka ovat lii-
ketoiminnanohjaus (ERP), tuotannonohjaus (MES), automaatio (PAS), päälait-
teet ja prosessi. ERP, eli Enterprise Resource Planning käsittelee suuria tietö-
määriä. MES eli Manufacturing Executing Systems tehdään mm. resurssien- ja
valmistusaikataulujen suunnittelua. Automaatio tasolla yhdistetään prosessilta ja
päälaitteilta tuleva tieto koko automaatiojärjestelmän käytettäväksi tiedoksi. Pää-
laitetasolla ohjataan yksittäisiä laitteita esim. ohjelmoitavien logiikoiden avulla.
Prosessin tasolla ohjataan puolestaan antureita ja toimilaitteita. Kuvasta 2 voi-
daan nähdä esimerkki tietoverkon rakenteesta. (Keinänen & Sumujärvi 2019,
277–278.)



KUVA 2. Tietoverkon rakenne (Keinänen & Sumujärvi 2019, 277)

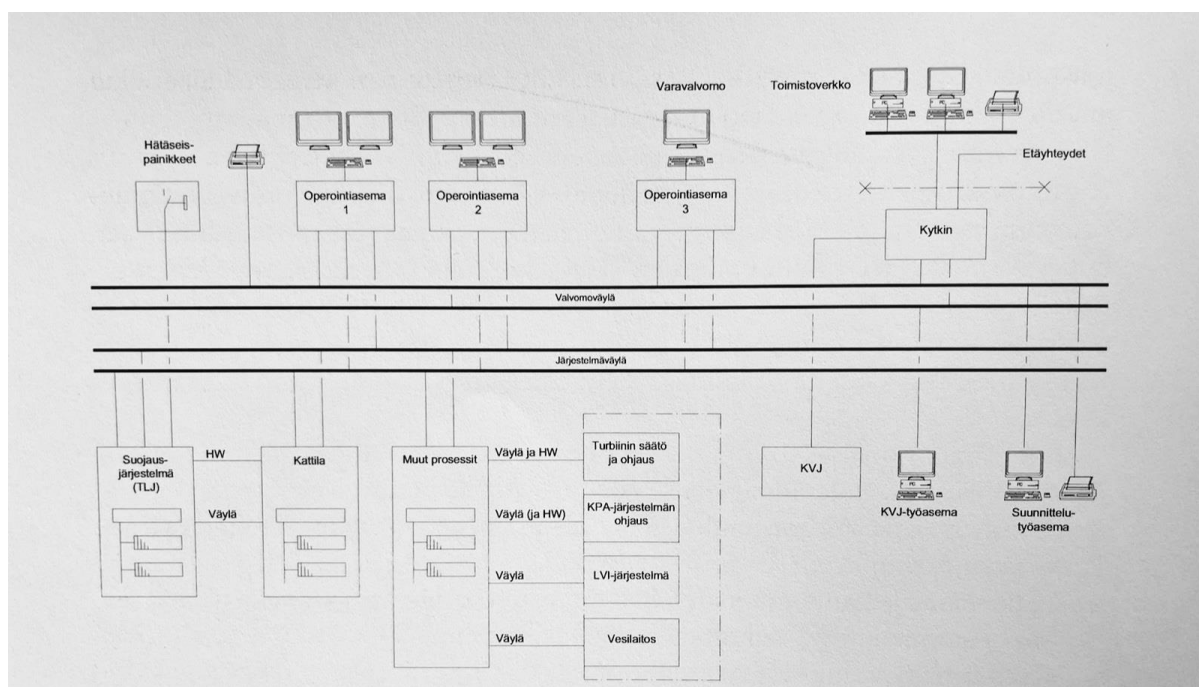
Voimalaitokset luovat monia ominaisia haasteita automaatiojärjestelmille. Nämä haasteet johtuvat muun muassa voimantuotannon varmuusvaatimuksista, järjestelmältä vaadittavasta suorituskyvystä ja korkeasta automaatioasteesta sekä kyvystä hallita voimalaitosprosessin häiriö- ja vaaratilanteet. Pääasiallisesti voimalaitoksilla hyödynnetään samoja automaatiojärjestelmiä kuin prosessiteollisuudessaakin. Kuitenkin näiden järjestelmien toteutuksessa korostuu monilta osin voimalaitosvaatimusten vaikutus. Voimalaitoksen automaatiota ei yleensä toteuteta yhdessä ainoassa järjestelmässä. Kaikista tavallisinta on se, että voimalaitokseen hankitaan yksi pääautomaatiojärjestelmä, jolla toteutetaan suurin osa voimalaitoksen valvonnasta, ohjauksesta ja säädöstä. Tämä pääautomaatiojärjestelmä on tavallisesti niin sanottu digitaalinen hajautettu automaatiojärjestelmä DCS. (Turunen, Uddfolk & Viskari 2015, 184–185.)

Voimalaitoksen pääautomaatiojärjestelmään liitetään ainakin kaikki tavanomaiset pääprosessin mittaukset, ohjaukset ja säädöt. Pääprosessilla tarkoitetaan voimalaitosprosessia aina polttoainevarastosiloista alkaen lauhde-, jäähdytysvesi- ja kaukolämpölaitteisiin saakka. Lisäksi voimalaitosprosessi käsittää myös

erilaisia osaprosesseja sekä laitteistoja, joilla on säännönmukaisesti omat ohjauksjärjestelmänsä. Tämänlaisia ovat esimerkiksi kaasu- ja höyryturbiinit sekä näiden generaattorit. Nämä liitetään yleisesti ottaen pääautomaatiojärjestelmään niin, että niitä pystytään operoimaan ja valvomaan pääautomaatiojärjestelmän operaattorityöasemien kautta suoraan päävalvomosta. Voimalaitoksessa on yleensä myös joitakin sivu- ja apuprosesseja, joiden automaatio on mahdollista toteuttaa joko pääautomaatiojärjestelmässä, erillisellä ohjelmoitavalla logiikalla (PLC) tai jollakin toisella erillisjärjestelmällä. (Turunen, Uddfolk & Viskari 2015, 185–186.)

Näiden osaprosessien ja laitteiden automaation toteuttamisessa erillisjärjestelmissä saattaa puoltaa taloudelliset sekä hankinnalliset syyt, kun taas näiden toteutusta pääautomaatiojärjestelmässä saattaa puoltaa kokonaisuuden hallinta sekä automaation kunnossapito. Kuitenkin, jos erillisjärjestelmiä hankitaan, liitetään nämä pääautomaatiojärjestelmään valvonnan sekä operoinnin vuoksi. Tämä aiheuttaa hankinnoissa kuitenkin tietynlaista päällekkäisyyttä verrattuna siihen, että osaprosessien ohjauksessa käytettäisiinkin suoraan pääautomaatiojärjestelmää. Erillisjärjestelmien määrä sekä laitevalikoiman kirjavuus tulisivat minimoida, jotta voimalaitoksen kunnossapidon helpompi hallinta mahdollistuisi. (Turunen, Uddfolk & Viskari 2015, 186.)

Prosessitietojärjestelmien avulla voimalaitoksessa on mahdollista suorittaa prosessihistorian ja mittautustietojen keruu sekä myös tarvittavat tase- ja käyttötalouselaskennat. Lisäksi nämä mahdollistavat erilaisten raporttien tuottamisen sekä sisäiseen käyttöön että myös eri sidosryhmille. Prosessitietojärjestelmään on mahdollista myös tapaus- ja järjestelmäkohtaisesti tallettaa hälytys- ja tapahtumätietoja pidemmältäkin aikaväliltä, jolloin mahdollisia häiriötilanteita pystytään analysoimaan tehokkaasti myös jälkikäteen. Korkeiden käytettävyyksivaatimusten vuoksi voimalaitoksissa tulee varautua häiriötilanteisiin aina huolella. Lisäksi myös laitoksen alas- ja ylösajo tulee hallita hyvin. Operaattoreita on mahdollista harjaannuttaa hallitsemaan erilaiset ajotilanteet esimerkiksi koulutussimulaattoreita käyttämällä. Kuvasta 3 voidaan nähdä voimalaitoksen automaatiojärjestelmän periaatteellinen kuva, josta voidaan havaita myös turbiinin erillisjärjestelmä. (Turunen, Uddfolk & Viskari 2015, 186–187.)



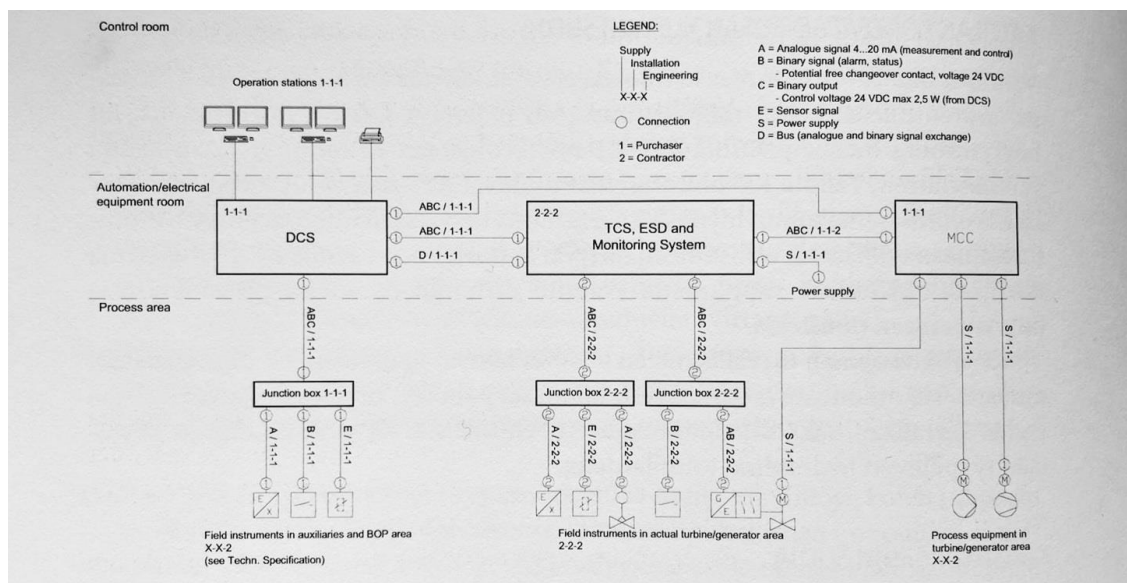
KUVA 3. Voimalaitoksen automaatiojärjestelmän havainnekuva (Turunen, Uddfolk & Viskari 2015, 186)

3.4 Höryturbiinin automaatiojärjestelmä

Höryturbiinin säätö toteutetaan erillisellä järjestelmällä, sillä turbiinisäädöltä vaadittavan nopeuden ja erikoisluonteen takia. Tämä voidaan kuitenkin toteuttaa myös pääautomaatiojärjestelmissä nopeutta vaativien toimintojen erikoissovelluksella. (Turunen, Uddfolk & Viskari 2015, 205.)

Yleisimmin turbiinin säätö tapahtuu nopean sähköhydraulisen muuntimen avulla, jonka asentoa turbiinin säätäjä ohjaa. Säätöjärjestelmä itsessään sisältää yleisesti kaikki turbiinin primääriset säädöt ja rajoitussäädöt. Kattilan ja turbiinin pääsäädöt toimivat yhdessä. Valvomosta pystytään ohjaamaan turbiinin säätöjä. Yleensä kaikki operoinnit tehdään pääautomaatiojärjestelmän kautta ja kaikki kriittiset yhteydet yleensä langoitetaan turbiinin ja pääautomaation välillä. Koska yhteyksiä on usein paljon, on myös väyläyhteys tarpeellinen. (Turunen, Uddfolk & Viskari 2015, 205–206.)

Koska höyryturbiinin generaattorin loistehon ja jännitteen säädöt muodostavat omilla laitteillaan toteutettavan kokonaisuuden, ne liitetään myös automaatiojärjestelmään operointia varten. Usein höyryturbiinin apujärjestelmien mittaukset ja ohjaukset liitetään suoraan pääautomaatiojärjestelmään, josta niitä voidaan valvoa ja operoida. Kuvasta 4 voidaankin nähdä, kuinka turbiinin automaatiojärjestelmä rakentuu. (Turunen, Uddfolk & Viskari 2015, 206.)



KUVA 4. Turbiinin erillinen automaatiojärjestelmä (Turunen, Uddfolk & Viskari 2015, 206)

Kuvassa 4 DCS tarkoittaa hajautettua automaatiojärjestelmää. Kuvassa on myös monia muita lyhenteitä: TCS tarkoittaa turbiininhojausjärjestelmää, ESD tarkoittaa hätäsammutusta, MCC moottorinhojauskeskusta ja Junction box puolestaan kenttäkoteloa. Kuvan johtimien kirjainyhdistelmistä voidaan havaita, millaista signaalia missäkin päin järjestelmää kulkee. Kirjainten merkitykset voidaan nähdä kuvan vasemmasta ylälaidasta.

4 INSTRUMENTOINTI

Kuten aiemmin on todettu, automaatiojärjestelmä koostuu erilaisista fyysisistä automaatiolaitteista esim. antureista, toimilaitteista, ohjaimista, käyttöliittymälaitteista ja tiedonsiirtolaitteista. Nykyisin lähes kaikki näistä ovat tietokoneita, jotka ovat yhdistettynä toisiinsa langallisella tai langattomalla tiedonsiirtoverkolla. (Automaatiosuunnittelun prosessimalli. 2007, 10.)

Instrumentointi tarkoittaa laitteita, joiden avulla voidaan määrittää prosessin tilaa ja käyttäytymistä sekä ohjata, muuttaa ja säätää prosessin käyttäytymistä. Siihen kuuluu mittausanturit, mittauslaitteet, mittamuuntimet, mittalähettimet, prosessi-liitännät ja ohjattavat sekä säädettävät laitteet esim. venttiilit, asennoittimet ja moottori ohjaukset. (Kippo & Tikka 2008, 43.)

Instrumentoinnissa toimitus kuvastaa toimilaitteen muutoksesta johtuvaa muutosta prosessimuuttujassa. Säätimen lähtöviestillä (4–20 mA) ohjataan asennointia. Toimilaitteet tekevät muutokset prosessissa, joita myös ohjataan säätimillä. Toimilaitteita on pneumaattisia, jotka muuttavat säätimen lähtösignaalin pneumaattikan avulla voimaksi, ja hydraulisia, jotka puolestaan käyttävät tähän hydraulikkaa. (Kippo & Tikka 2008, 43.)

Prosessin tilaa seurataankin erilaisten mittausantureiden, lähettimien ja rajakytkimien avulla. Puolestaan prosessin toimintaan voidaan vaikuttaa venttiileillä, pumpuilla sekä lämmitys- ja jäähdytyslaitteilla, joita voidaan ohjata automaatiolaitteilla. Nykyisin laitteet ovat joko digitaalisia, joita suurin osa mittauslähettimistä on, taikka analogisia. Digitaalisten kenttälaitteet liittyvät muuhun automaatioon analogisen 4–20 mA viestin avulla. Digitaalisilla kenttälaitteilla onkin kymmeniä eri parametreja, joita kaksisuuntaisen tiedonsiirron ansiosta voidaan parametreja suoraan työasemalta. (Kippo & Tikka 2008, 59.)

Mittalaite koostuu mittauslähettimestä ja mittausanturista. Mittausanturin tehtävänä on muuttaa prosessisuure sähköiseksi suureksi. Mittauslähettimen tehtävä on muuttaa mittausanturilta tuleva mittaus tieto standardiksi mittausviestiksi ja vä-

littää se edelleen muun automaation käyttöön. Lähettimellä avulla voidaan esimerkiksi linearisoida mittaussignaali, valita sopiva mittausalue sekä poistaa häiriömittaussignaalista. Mittausanturi sekä lähetin ovat usein integroituna yhteen. Tällöin ne ovat saman kotelon sisällä. Tyypillinen esimerkki kuitenkin erillään olevista mittausanturista ja lähettimestä on lämpötilanmittaus termoparin taikka vastusanturin avulla tehtävissä mittauksissa, tällöin anturin sijoituspaikka on liian kuuma lähettimelle, jonka seurauksesta lähetin siirretäänkin riittävän etäälle mitauskohteesta. (Kippo & Tikka 2008, 59, 62.)

Mittausanturi siis muuttaa suureen joksikin muuksi havaittavaksi taikka uudelleen muutettavaksi suureeksi. Päämääränä sähköisissä mittauksissa on muuttaa suure käyttökelpoiseksi sähköiseksi suureeksi, eli jännitteeksi, virraksi taikka taajuudeksi. Muunnosvaiheita voikin siis olla monia mittausanturilla, jolloin sähköiset suureet ovat hyvin heikkoja ja häiriöherkkiä. Tässä vaiheessa jännitteet voivat olla millivolttien luokkaa ja virrat puolestaan ainoastaan mikroampeerin koko luokkaa. Tarkkuutta ja häiriöttömyyttä voidaankin mittauksista parantaa digitaali-tekniikan avulla. (Aalto yliopisto 2015, 4.)

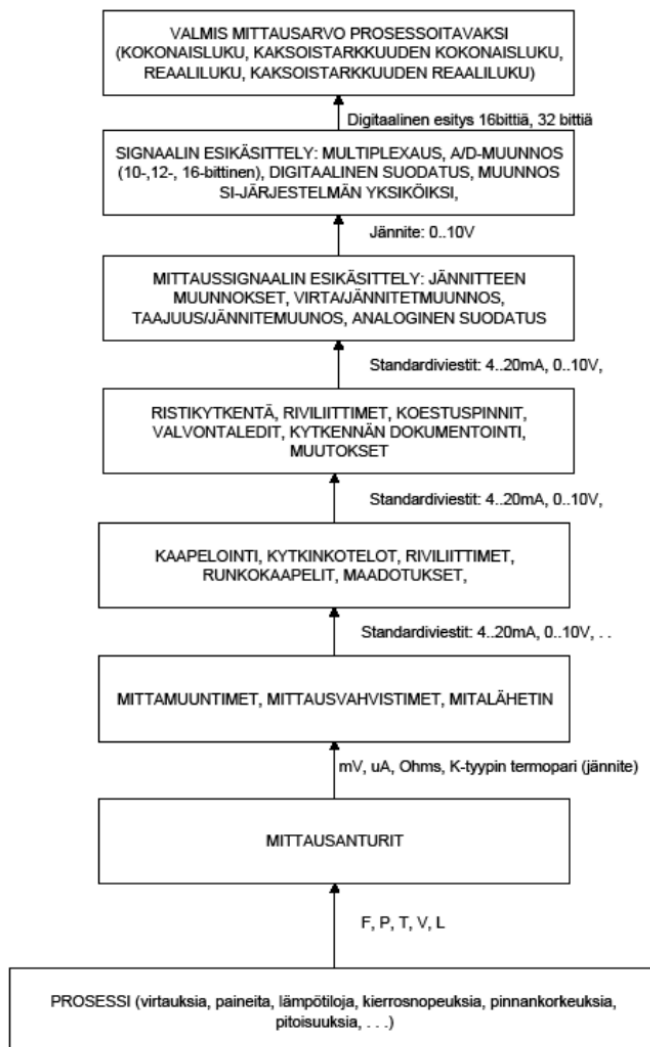
4.1 Instrumentin kytkeytyminen automaatiojärjestelmään

Mittamuunnin taikka lähetin muuttaa mittauksesta saadun signaalin vähemmän häiriöherkäksi sähköiseksi suureeksi, jota kutsutaan myös nimellä standardiviesti. Anturilta signaali tulee mittausmuuntimelle, jossa mittausmuunnin muuntaa signaalin ja lähettää sen mittauskaapeloinnin eteenpäin automaatiojärjestelmälle. Usein mittausmuuntimissa sekä lähettimissä on oma tehonsyöttöliitäntä. 4–20 mA viesti onkin eniten käytetty standardiviesti. Sen etuna on, ettei se tarvitse erillistä jännitteensyöttöä, sillä mittausjärjestelmä sekä mittamuunnin/lähetin saa tehonsa 4–20 mA signaalista. Mittausmuunnin sijaitseekin useimmiten mitta-anturin välittömässä läheisyydessä. Tämä on sen takia, että mittasignaali on heikkoja millivoltin taikka mikroampeerin suuruus luokka ja niihin summautuva pienikin kohina heikentää mittaustulosta. Vaikka 4–20 mA viesti onkin teollisuudessa yleisimmin käytetty signaalityyppi, esiintyy teollisuudessa usein myös 0–20 mA - sekä 0–10 V signaaleja. I/O-korteille mittaussignaali siirretään yleensä kierrettyä ja metallisukalla suojattua parikaapelia pitkin. (Aalto yliopisto 2015, 5–6.)

Kenttäkotelot ovat osa automaatiojärjestelmää. Niihin sijoitetaan osa mittausmuuntimista ja lähettimistä, sillä ne sijaitsevat lähellä prosessia. Kenttäkotelot kuitenkin toimivat myös erillisten mittausten kokoonpanopaikkana. Sinne viedään yksittäiset kaapelit yksittäisiltä mittauksilta. Riviliittimien kautta nämä signaalit johdetaan paksuihin runkokaapeleihin, joissa viestit kulkeutuvat ristikytkentään. Yhdessä runkokaapelissa voi olla jopa 20–30 kierrettyä kaapeliparia. Ristikytkentään runkokaapeli kytkeytyy uudelleen riviliittimiin, joista signaalit viedään eteenpäin ristikytkentäkaapeleilla. Riviliittimiltä signaalit siis viedään johtonipuissa automaatiojärjestelmän tulokorttien tuloihin. Ristikytkenässä voidaan tehdä monia lisätoimia, kuten voidaan mitata kentältä tulevia signaaleja, asentaa erilaisia vahvistimia, muuntimia ja suodattimia sekä muuttaa signaalin kytkentöjä. Ristikytkentöjen toteutus vaihtelee tapauskohtaisesti, eikä sitä aina edes toteuteta. Ristikytkenän suurin syy jättää on se, että se lisää vikaantumisien riskiä ylimääräisten liitosten takia. Näin järjestelmästä tulee yksinkertaisempi ja vikaantumispaikkoja on vähemmän huonoista kontakteista, vääristä kytkennöistä sekä muiden virheiden mahdollisuuksia. Osassa tapauksissa joudutaan mittaus-signaalia skaalaamaan alempaan jännitteeseen taikka, kun on virtasignaali kyseessä, käytetään tarkkuusvastusta, joka muuttaa esimerkiksi 4–20 mA virtasignaalin jännitteeksi alueelle 2–10 V. (Aalto yliopisto 2015, 6.)

Järjestelmän tulokorteilla taikka ristikytkenässä voidaan toteuttaa suodatus, näytteenotto, limitus eli multipleksaus ja vahvistus. Korkeataajuuksia häiriöitä esiintyessä mittaussignaalin voidaan mittaussignaali alipäästösuodattaa ennen näytteenottoa. Signaalin tasoa voidaan myös joutua muuttamaan. Tämä saadaan tehdä esimerkiksi tulokortilla olevaa vahvistinta käyttäen analogia-digitaalimuunnin sopivaksi. Analogiatulokortilla on usein vain yksi analogia-digitaalimuunnin. Tässä tapauksessa tarvitaan multiplekseri, joka ohjaa muuntimella yhden signaalin kerrallaan. Muunnos siis toteutetaan prosessiaseman analogiatulokortilla. Yleensä muuntimet ovat resoluutioltaan 8-, 12- tai 16-bittisiä. Koska elektroniikan hinnat on laskeneet, on siirrytty tarkempiin muuntimiin. Käytännössä 12-bittisen muuntimen 212 resoluutiotasoa, joka on noin 0,02 prosenttia mittausalueesta, on jo paljon pienempi kuin mittausten tarkkuus. Yleensä käytetäänkin 12 ja 16 bitin resoluutiota. (Aalto yliopisto 2015, 6.)

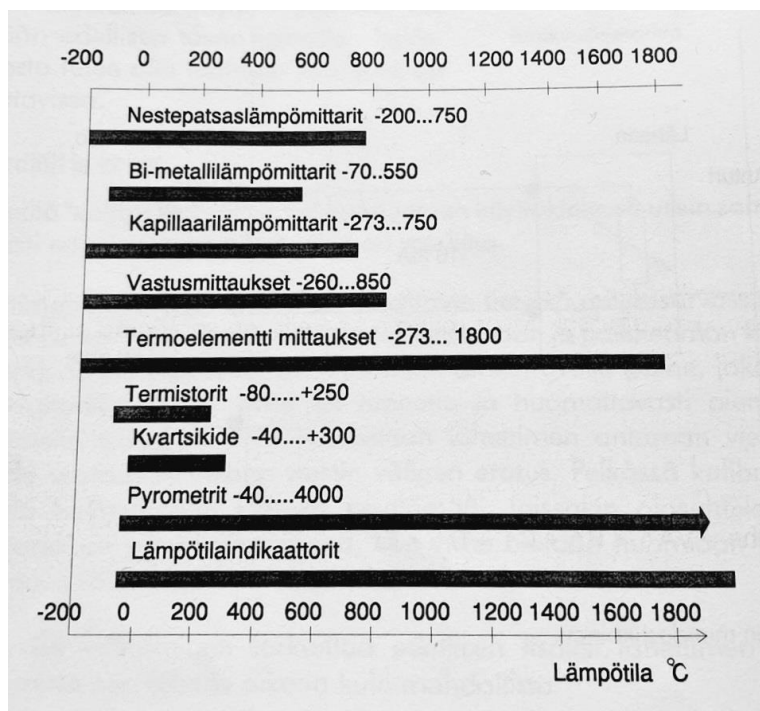
Mittaussignaaleille toteutetaan erilaisia esikäsittelyjä, kuten suodatus ja skaalaus. Tätä tehdään, koska halutaan poistaa taikka vähentää toisinaan signaaleissa esiintyvä vaihtelu, eli kohina, mikä on mittaus signaalista riippumatonta. Tämä voidaan toteuttaa digitaalimuutoksen jälkeen. Tällöin käytetään numeerisia suodatusmenetelmiä. Suodatus voidaan toteuttaa myös ennen A/D muutosta. Esikäsittelyyn kuuluu myös mittauksen skaalaus sekä muunnos insinööriyksiköihin, joita laskennassa ja signaalin esittämisessä käytetään esim. Celsius asteiksi. Mittaussignaali siirretään tämän jälkeen prosessiasemalle ja siitä edelleen muualle automaatiojärjestelmään. Kuvasta 5 voidaan vielä havaita, kuinka mittaussignaali kulkeutuu prosessilta automaatiojärjestelmälle. (Aalto yliopisto 2015, 6.)



KUVA 5. Laitteen kytketyminen automaatioon, sekä tiedon käsittelyvaiheet (Aalto yliopisto 2015, 5)

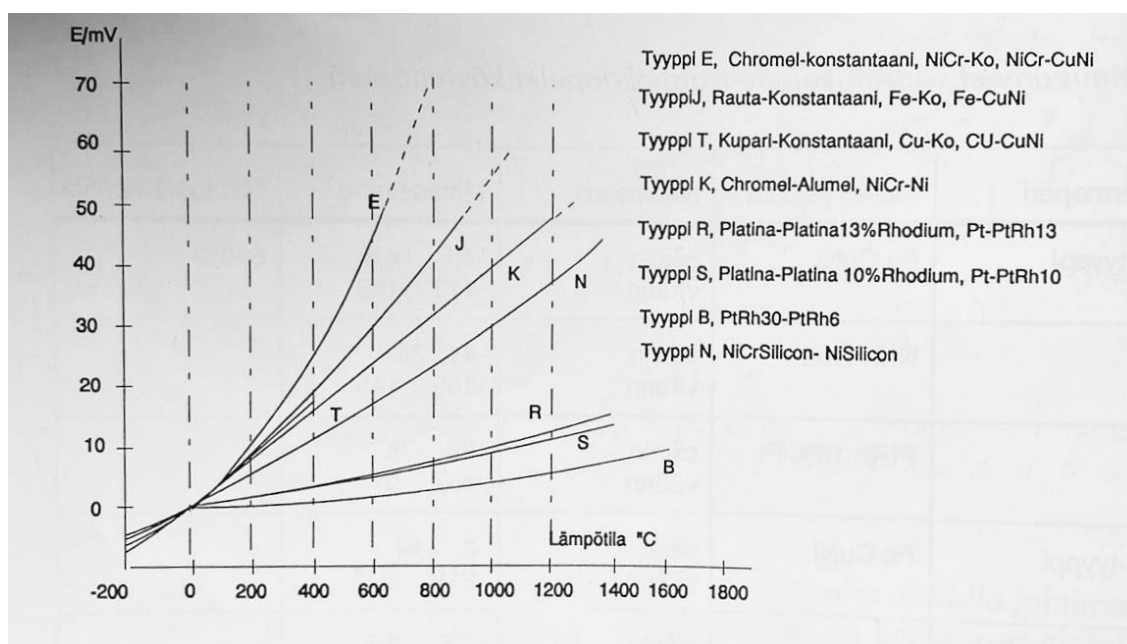
4.2 Instrumentteja

Lämpötilan mittaus on teollisuuden yleisin mittaus. Tämän mittaamiseen käytetään useita eri periaatteita. Yleisimpiä mittaus menetelmiä ovat nestepatsas mittari, Bi- metalli mittari sekä vastus- ja termoelementtilämpötilan mittaus. Teollisuudessa nestepatsasmittareita käytetään paikallisina mittareina, joita hyödynnetään myös kalibroinneissa vertailumittarina. Bi-metallimittareita puolestaan käytetään ainoastaan kytkiminä. Yleisimmät teollisuuden instrumentoinnissa käytettävät mittarit ovat kuitenkin vastus- ja termoelementtilämpötilan mittaukset. Lisäksi lämpötilan mittauksia on myös useita erilaisia. Kuvasta 6 voidaankin havaita osa näistä sekä niiden mittausvälit. (Sivonen 1995, 24.)



KUVA 6. Lämpötilan mittausmenetelmät sekä niiden mittausvälit (Sivonen 1995, 24)

Termoelementin tuntoelin on standardoitu ja niistä käytetään merkintöjä kuten K-tyyppi ja S-tyyppi. Standardi määrittelee kunkin tyypin ilmoittaman mA viestin arvon tietyssä lämpötilassa. Valmistajien kesken anturityyppien aineet voi vaihdella. Kuvasta 7 voidaankin havaita eri anturityypit sekä niitä vastaavat aineyhdistelmät ja ominaiskäyrät. Kuvassa mA-arvot on mitattu siten, että mittauksen kylmää on 0 °C lämpötilassa. (Sivonen 1995, 31.)



KUVA 7. Termoelementtien ominaiskäyrät (Sivonen 1995, 32)

Toiseksi yleisin mittaus, jota teollisuudessa käytetään, on paineenmittaus. Tätä käytetään paljon etenkin prosessiteollisuudessa. Painetta halutaankin tarkkailla, säätää taikka käyttää apuna korjauskertoimien laskentaan, hyödynnetään pinnan korkeuden, virtauksen taikka tiheyden mittaamiseksi. Paine onkin pintaan kohdistuvaa kohtisuoraa voimaa pinta-alayksikköä kohti. Se syntyy kaasumolekyylien ollessa jatkuvasti liikkeessä. Kaasumolekyylit liikkuvat suoraviivaisesti, kunnes ne törmäävät toisiinsa taikka astian seinämään. Paineen suurus riippuu molekyylien massasta, liikenopeudesta, suunnasta ja lukumäärästä tilavuusyksikköä kohden. (Sivonen 1995, 37.)

Paine mitataan yleisesti suhteellisena mittauksena. Tämä tarkoittaa, että kyseisen tilan paine mitataan suhteessa ilmanpaineeseen. Voidaankin siis sanoa paineenmittauksen olevan paine-ero mittaamista, jossa vertailupaine onkin ilmanpaine. Kuitenkin paine voidaan mitata absoluuttisesti, jossa vertailutilassa on tyhjiö. Kolmas tapa, jolla paine voidaan mitata, on verrata sitä johonkin toiseen paineeseen. Tällöin vertailupaine eroaa tyhjiön- ja ilmanpaineesta. Tätä kutsutaankin virallisesti paine-ero mittaukseksi. (Sivonen 1995, 38.)

Usein paine mitataan paikallisesti, jolloin tietoa ei viedä kauemmaksi. Kuitenkin kun tieto halutaan viedä kauemmaksi, tulee paine muuttaa tuntoelimen avulla

muuttaa siten, että siitä saadaan joko sähköinen taikka pneumaattinen standardiviesti. Painemittareita on muun muassa painekaari, U-putkimanometria, induktiivinen taikka kapasitiivinen periaate, venymäliuska-anturi, pietsosähköinen sekä pietsoresistiivinen periaate ja paljeputkea hyväksi käytävä menetelmä. Usein lähettimet ovat kuitenkin sähköisiä. (Sivonen 1995, 39.)

Mittauskohteen mukaan pinnankorkeusmittaus voidaan jakaa kahteen pääryhmään, jotka ovat nesteiden pinnankorkeusmittaus sekä kiintoaineiden pinnankorkeusmittaus. Pinnankorkeudenmittaamiseen käytetään useita eri mittausperiaatteita. Instrumentoinnin kannalta eniten käytetyt periaatteet ovatkin hydrostaattiseen paineeseen perustuva pinnankorkeusmittaus, kuplaputki, ultraäänen perustuva pinnankorkeusmittaus, uimuri, kapasitiivinen- sekä johtokyky-menetelmä, radioaktiivinen menetelmä sekä punnitus. (Sivonen 1995, 46–51.)

Jotta virtausantureita pystyttäisiin ymmärtämään, tulee ymmärtää virtaavan aineen käyttäytymistä putkistossa. Virtaus on laminaarista, kun virtaavassa aineessa kaikki nopeusvektorit ovat yhdensuuntaisia. Silloin kun virtauksessa on myös toiseen suuntaan vaikuttavia nopeuksia, on virtaus turbulenssista. Yleisesti ottaen, kun virtaavan aineen nopeus kasvaa muuttuu virtaus turbulenssiseksi. Teollisuudessa usein virtaukset ovatkin turbulenssisia. Turbulenssista aiheutuu ongelmaa virtausmittaukseen, kun se on laminaarisen ja turbulenssisen virtauksen rajalla. Myös virtaus mittauksia on paljon erilaisia, esimerkiksi on olemassa mekaanisia mittareita, magneettisia, ultraäänen avulla toimivia, Coriolis-voimaan perustuvia, pyörrevanamittauksia sekä paine-ero mittauksia. (Sivonen 1995, 52, 61.)

Asemaa mittaavissa antureissa on käytetty useita hyvinkin erilaisia mittausperiaatteita. Näitä on esimerkiksi potentiometri, resolveri, differentiaalimuuttujat, katkojat, magneettianturit, optiset anturit taikka synkrojat. Suurin osa nykyisistä paikanmittauksista on toteutettu erilaisilla digitaali-antureilla. (Sivonen 1995, 69.)

Kytkeviä antureita tarvitaan paljon analogisten mittausten lisäksi. Mekaaninen kytkin on perinteisimmin käytetty kytkävä anturi. Nimensä mukaisesti näiden toiminnan aiheuttaa jokin mekaaninen voima. Nykyisin suuressa roolissa ovat myös

lähestymiskytkimet, sillä ne ovat mekaanisia kytkimiä kestävämpiä ja toimivat myös näitä nopeammin. Lähestymiskytkimet ovat elektronisia antureita, jotka eroavat mekaanisista antureista siten, että se ei tarvitse fyysistä kosketusta vaan se voi ilmoittaa jo asiasta sen lähestymisvaiheessa. Lähestymiskytkimien pitkän iän takaa se, ettei niissä ole kuluvia mekaanisia osia. Lähestymiskytkimiä on induktiivinen, kapasitiivinen ja optinen. (Sivonen 1995, 62.)

Yhtenä keskeisenä osana automaatiota ovat prosessi- eli säätöventtiilit. Säätöventtiilejä ohjataan säätimillä, automaatio- ja logiikkajärjestelmillä. Säätö on useimmiten portaaton. Säätöventtiilit myös suunnitellaan aina prosessin olojen ja vaatimusten mukaan. (Heinonkoski 2013, 106.)

Säätöventtiilien avulla on mahdollista optimoida prosessin toimintaa, kuten esimerkiksi pitää virtauksia, paineita, pinnankorkeuksia, sekoitussuhteita sekä lämpötiloja halutuissa arvoissa. Venttiilityyppejä, joita voidaan käyttää säätöventtiileinä, on hyvin paljon. Kuitenkin perinteisin näistä on istukkaventtiili. Muita hyvin yleisiä venttiilityyppejä ovat pallo-, pallosegmentti- sekä läppäventtiilit. Säätöventtiilin tärkeimpinä osina voidaan pitää venttiiliä, toimilaitetta, asennoitinta eli venttiiliohjainta ja rajakytkimiä. Venttiiliä käytetään prosessisuureen arvon muuttamiseen, kun taas toimilaitteen tehtävänä on, yleensä paineilman, sähkömoottorin tai nestepaineen avulla, muuttaa venttiilin asentoa. Toimilaitteena voidaan käyttää työsylinteriä, kalvotoimilaitetta tai sähkömoottoria. Asennoitin, jota voidaan kutsua myös säätimeksi, vastaanottaa käyttäjältä tai muulta automaatiolta ohjeen eli asetusarvon venttiilin toivotusta asennosta, mittaa venttiilin todellisen asennon ja antaa tämän jälkeen toimilaitteelle takaisinkytkentätiedon, jotta asento voidaan korjata. Lisäksi asennoittimen avulla on mahdollista myös muuttaa venttiilin toimialuetta ja nykypäivän digitaalisilla asennoittimilla pystytään vaikuttamaan myös venttiilin ominaiskäyrään sekä toimisuuntaan. Myös rajakytkimiä saatetaan käyttää säätöventtiileissä. Näiden avulla pyritään varmistamaan venttiilin auki- ja/tai kiinniasennot. (Kippo & Tikka 2008, 59, 62.)

Prosessi- sekä koneautomaation pneumatiikan ja hydrauliiikan sekä myös muiden nesteiden tai kaasun ohjaukseen käytetään nykypäivänä lukuisia eri magneettiventtiilejä. Nämä venttiilit on mahdollista jakaa tyyppin perusteella. Yhtenä esimerkki magneettiventtiileistä on 3/2-venttiilit. Näissä venttiileissä on kolme

putkiliitääntää ja kaksi virtausaukkoa. Näistä virtausaukoista toinen on ohjattaessa aina kiinni, kun toinen aukeaa. Näitä venttiilejä käytetään usein sylinteriohjauksissa tai jakoventtiileinä. (Heinonkoski 2013, 104.)

Magneettiventtiileissä on aina kaksi pääosaa, sähkömagneettinen sydänkappale sekä venttiilipesä. Liikevoima mahdollistuu magneettikelalla, joka vetää sydänkappaleen ylös. Magneettiventtiilit voidaan myös jakaa suoratoimisiin venttiileihin sekä esiohjattuihin venttiileihin. Esiohjatusta venttiilistä löytyy pilot-kanava, joka avustaa venttiilin aukeamista. Pilot-kanava on hyvin pieni ja tämän myötä myös helposti tukkeutuva ja siten vikakohde. (Heinonkoski 2013, 105.)

4.3 Instrumentaatioon liittyvä dokumentointi

Dokumenttiluettelo taikka toiselta nimeltään piirustusluettelo laaditaan yleisesti piirustus numerojärjestyksessä. Luettelossa jokaisen piirin voi tunnistaa omasta tunnuksestaan, lisäksi luetteloon kirjataan tunnuksen lisäksi nimi ja mahdollisesti arkistonumero. (Sivonen 1995, 145–146.)

Kun otetaan huomioon voimalaitosten osien ja laitteiden tunnistamista koskevat erilaiset vaatimukset, KKS-tunnisteella on kolme erityyppistä koodia. Ensimmäinen näistä on prosessiin liittyvä koodi. Siinä järjestelmien ja laitteiden prosessiin liittyvä tunnistaminen tehdään niiden mekaanisten, siviili-, sähkö-, ohjaus- ja instrumentointitekniikoiden toimintojen mukaan. Toisena vaihtoehtona on asennuspai-kan koodi. Se puolestaan perustuu asennusyksiköiden sähkö-, ohjaus- ja instrumentointilaitteiden asennuspisteiden tunnistamiseen (esim. kaapit, paneelit, konsolit). Kolmantena vaihtoehtona on sijainnin koodi. Siinä koodi perustuu kuvaamaan rakenteiden sijaintia esim. lattiat ja huoneet sekä paloalueet ja topografiset määritykset (pinta-alaritilä). Näissä kolmessa koodityypissä käytetään samaa tunnistusjärjestelmää, joka on jaettu neljään jaottelutasoon. Tasot voidaan havaita taulukosta 1. (Siemens 1995, 3.)

TAULUKKO 1. KKS-tunnusjärjestelmän tasot

Erittelytaso	0	1	2	3
Prosessiin liittyvä tunnistaminen	Tehtaantiedot	Järjestelmäkoodi	Laitteistokoodi	Komponenttikoodi
Asennuspaikan tunniste	Tehtaantiedot	Asennusyksikkökoodi	Asennuspaikan koodi	
Sijainnin tunnistaminen	Tehtaantiedot	Rakennekoodi	Huoneenkoodi	

Taulukon 1 sarakkeessa yksi on eriteltynä eriävät KKS-tunnuksen kooditavat. Taulukosta voidaankin havaita, kuinka prosessiin liittyvässä tunnistamisessa KKS koodi kertoo tehtaantiedot, järjestelmäkoodin, laitteistokoodin sekä komponenttikoodin. Asennuspaikan tunniste kuvaa puolestaan tehtaantiedot, asennusyksikön sekä asennuspaikan. Sijainnin tunnisteiden avulla voidaan havaita kolme asiaa, jotka ovat tehtaantiedot, rakennekoodi sekä huonokoodi.

Lahti Energialla käytettävä AKZ-tunnusjärjestelmän tärkein vaatimus on, että sen tulee noudattaa yrityksen omaa AKZ-tunnusjärjestelmän määrittelyohjetta. Tämän ansiosta saadaan tunnusjärjestelmän koodeista yhtenevät sekä selkeät, eikä sama tunnuskoodi voi esiintyä järjestelmässä useaan kertaan vaan tunnuksista saadaan aina erilaiset. (Lahti Energia Oy 2010, 1.)

Koodi, jota Lahti Energialla käytetään, koostuu seitsemästä osasta, joita kutsutaan järjestysasteiksi. Peruskoodin muodostavat koodin viisi ensimmäistä järjestysastetta ja kaksi viimeistä järjestysastetta muodostavat täydennyskoodin, jota voidaan kutsua myös signaalitunnukseksi. (Lahti Energia Oy 2010, 2.)

Järjestysasteet alkavat luvusta 0. Ensimmäinen järjestysaste kertoo mahdollisen kokonaisuuden mihin tunnuksen kohde sisältyy, esim. K2 tarkoittaa kymijärven voimalaitos 2. Kun järjestysaste kasvaa siirrytään samalla pienempiin kokonaisuuksiin, joka antaa tarkempaa tietoa tunnuksen omaavasta laitteesta. Taulukosta 2 voidaan havaita, kuinka tunnus rakentuu.

TAULUKKO 2. AKZ-tunnuksen rakentuminen

Järjestysaste	0	1	2	3	4		5	6
AKZ-tunnus	NX	NN	XX	N	XXX	-	N	XX

Taulukossa 2 oleva N tarkoittaa aina numeroa ja X kirjainta. järjestysaste 0 kertoo, ensiksi laitoksen ja sitten tarkentaa numerolla laitosityksikön. Järjestysaste 1 puolestaan ilmoittaa ensimmäisellä kirjaimella järjestelmän, josta toinen kirjain tarkentaa ja ilmoittaa sen toiminnon. Järjestysaste 2 ilmoittaa järjestelmän toimintaryhmän ja alaryhmän taikka rinnakkaisryhmän. Järjestysaste 3 kertoo mistä laitelajista on kysymys. Neljäs järjestysaste taas ilmoittaa laitteen numeron. Viides osio on joko väliviiva, jolloin se ei merkkää mitään, taikka X, jolloin sen tarkoitus on ilmoittaa, että signaali nimetään syöttöpään mukaan (lähtevä signaali), jos viidennessä kohdassa on Y-kirjain, kertoo se, että signaali nimetään käyttöpään mukaan (tuleva signaali) ja mikäli viidennessä kohtaa on Z, ilmoittaa se, että signaali on muodostettu useammasta signaalista ja se nimetään syöttöpään mukaan. Virallinen viides järjestysaste kertoo signaalin tyypistä ja kuudes järjestysnumero tarkentaa signaalin tehtävää.

PI-kaavion, eli putkisto- ja instrumentointikaavio, on prosessin virtauskaavio, johon on lisätty mittaus- ja ohjaustoimintojen kannalta tärkeitä tietoja. Kaavio piirretään käyttäen prosessikaavioiden piirrosmerkkejä. Automaatiosuunnittelun kannalta PI-kaavio on keskeinen lähtötietodokumentti, jota tarvitaan prosessimuutoksien yhteydessä, kunnossapitotoimissa ja prosessitoiminnan sekä automaation kokonaiskuvan hahmottamisessa. (Kippo & Tikka 2008, 90–91.)

Standardin SFS 4285 kohdan 6.1 mukaan PI-kaavion tulee antaa tiedot prosessin teknillisistä ratkaisuista, sekä antaa perustiedot putki-, sähkö-, instrumentointi- ja laitteistosuunnittelua varten. Sen tulee antaa myös perustiedot materiaaliluettelon ja kustannusarvion laatimista varten, sekä olla perehdyttäjänä prosessiin suunnittelu-, asennus-, kunnossapito- ja käyttöhenkilöstölle. (SFS 5098, 4.3.1.5 PI-kaavio, 5.)

PI-kaaviossa käytetään positiotunnuksia, joiden avulla kuvataan säätö-, ohjaus-, ja mittauspiirien toimintoja sekä lukitus- ja hälytystarpeita. PI-kaavion luonnissa

käytetään kolmea SFS-standardia, jotka ovat SFS-ISO 14617-6 (KAAVIOISSA KÄYTETYT PIIRROSMERKIT. OSA 6: Mittaus- ja ohjaustoiminnot), SFS-ISO 14617-5 (KAAVIOISSA KÄYTETTÄVÄT PIIRROSMERKIT. OSA 5: MITTAUS- JA OHJAUSLAITTEET) sekä SFS-EN ISO 10628, jossa on esiteltynä perussarjan piirrosmerkkejä. (Kippo & Tikka 2008, 90–92.)

Instrumenttiluettelo toiselta nimeltään instrumenttihakemisto taikka instrumentti indeksi on asiakirja, joka sisältää tietoja kaikista laitoksen instrumenteista. Tämän tuleekin sisältää useita eri tietoja laitteista. Yleisesti ottaen luettelo tulisi luoda laitoksen perustamisen yhteydessä. Instrumenttiluetteloa tulee päivittää aina, kun muutoksia laitoksella tehdään, mikäli se liittyy instrumenttien lisäämiseen, poistamiseen taikka uusimiseen. Instrumenttiluettelossa tulisi olla ainakin seuraavat tiedot instrumenteista: tunnus, nimitys/instrumentin tyyppi, I/O-tyyppi, mitta-alue taikka asetusarvo sekä tämän yksikkö, ohjausjärjestelmä, viittaus numerot eri dokumentteihin, sijainnin, valmistaja ja mallinumero. (Instrument Index. n.d.)

Piirikaaviossa esitetään piirrosmerkkejä käyttäen tietyn piirin kaikki kytkennät, toiminnot ja mahdolliset laite-erittelyt joko yhdistettynä tai erillisenä. Piirikaavio jakautuu kolmeen osaan, jotka ovat johdotuskaavio, toimilohkokaavio ja laite-erittely. (SFS 5098, 4.3.1.10 Piirikaavio, 5.)

Kenttäsuunnittelun kannalta piirikaavio on tärkein dokumentti, sillä se kuvaa laite laitteelta, johdin johtimelta ja liitin liittimeltä, kuinka kenttälaite kytkeytyy muuhun automaatioon. Piirikaaviossa käytetään nimettyjä graafisia symboleita laitteen esittämiseen, joissa on laitteen liitäntöjen kytkentätiedot. Piirikaaviossa vasemmassa laidassa on ohjausjärjestelmä, josta se lähtee oikealle prosessiin päin. Tämä voidaan tehdä myös ylhäältä alaspäin. (Kippo & Tikka 2008, 106.)

CADS on entisen Kymdatan luoma ohjelmisto, jonka ensimmäisen version yritys kehitti jo yli 30 vuotta sitten. Kuitenkin yrityskaupan myötä vuonna 2019 CADS siirtyi osaksi suomalaista CADMATIC-konsernia. Tämän seurauksena CADS kantaakin nykyisin nimeä CADMATIC. Tässä työssä kuitenkin puhutaan vielä ohjelmasta CADS nimellä, sillä se oli laitoksella käytössä. CADS onkin laajasti käytetty ohjelmisto.

CADS tarjoaakin hyvät työkalut sekä monipuoliset ohjelmistot tukemaan suunnittelutyötä. Ohjelmisto sisältääkin useita eri sovelluksia, joista käyttäjä voi valita käyttöönsä parhaiten soveltuvan tuotepaketin. CADS Client 17, joka nykyisin kantaa nimeä CADMATIC DRAW, sisältää CADS Electric-tuotepaketin. Tämän avulla voidaankin piirikaavioita muokata ja tarkastella. CADS DM, joka yrityskauppan myötä kantaa nimeä CADMATIC DM, on puolestaan sovellus, jossa pystytään selaamaan ja hallitsemaan CADS tietokantaa ja sieltä löytyviä piirejä sekä niiden tietoja.

4.4 Instrumentin elinkaari

Pitkäaikainen päätös automaation ohjausjärjestelmän kannalta on se, annetaanko ohjausjärjestelmän vanhentua vai yritetäänkö sitä päivittää asteittain vuosien varrella. Keskeistä tämän kannalta olisikin ymmärtää järjestelmän laitteiden elinkaarta. Kun tuote on kehitetty ja julkaistu myyntiin siirtyy tuote aktiiviseen myyntivaiheeseen. Tässä vaiheessa valmistaja todennäköisesti tekee useita päivityksiä laitteelle, jotta se säilyttäisi kilpailuetunsa. Tyypillisesti kymmenen vuotta siitä, kun järjestelmä on julkaistu antaa valmistaja ilmoituksen yleensä noin kuusi kuukautta etukäteen siitä, että järjestelmä on poistumassa tuotannosta, jolloin järjestelmä siirtyy niin kutsuttuun klassiseen elämänvaiheeseen. Tämä vaihe on myös järjestelmässä olevilla laitteilla, mutta aika saattaa vaihdella instrumentti-kohtaisesti. Klassisen vaiheen lopussa on viimeinen tilaisuus ostaa varaosia, jonka jälkeen tuote siirtyy rajoitettuun vaiheeseen. Tässä vaiheessa ei ole mahdollista ostaa enää uusia tuotetta vaan yleisesti tarjotaan ainoastaan tuotteen varaosia sekä tukea. Tämän vaiheen jälkeen tuote on vanhentunut. Yleisesti, kun tuote siirtyy klassiseen vaiheeseen, julkaisee valmistaja kehitetyn version tuotteesta. (Love 2007, 527.) Kuvasta 8 voidaan selkeästi havaita tuotteen elinkaari vaiheet.



KUVA 8. Tuotteen elinkaaren vaiheet

5 PIIRIKAAVIOIDEN KARTOITUS

Kartoituksessa tarkasteltiin laitoksen luovutuksen yhteydessä saatuja piirikaavioita. Piirikaaviot yhdistävät höyryturbiinin instrumentteja ja suojalaitteita kenttäkaapelien avulla ristikytkennässä sijaitseviin kolmeen automaatiokaappiin ja niiden sisällä oleville Siemensin I/O-korteille. Laitoksella on toistaiseksi käytössä Siemensin Simatic S7-300 sarja. Piirikaavioissa oli myös esitettynä varalla olevia I/O-kortti kytkentöjä, joihin voi mahdollisesti lisätä instrumentteja, joita katsotaan laitoksella tarvittavan.

Piirikaavioita oli yhteensä 577, joista 92 kuvasi laitoksen suojalaitteita, 218 laitoksen instrumentteja ja 267 oli varalla olevia kytkentöjä. Varalla olevat kytkennät kuvastivat, kuinka automaatiokaapin sisälle oli tehty valmiita kytkentöjä riviliittimiltä kaapin erilaisille I/O-korteille. Kytkentöjä oli usean laisia, sillä eri instrumentit tarvitsevat erilaisia I/O-kortteja ja lisäkytkentöjä, esim. kytkimille, toimiakseen oikein. Laitoksen suojalaitteisto oli nimetty käyttäen KKS-järjestelmää, mutta instrumentit olivat nimettynä AKZ-tunnuksin. Suojalaitteiston kenttäpäätyä työssä ei kuitenkaan kartoitettu, sillä laitos oli käytössä ja sen tarkistuttaminen olisi ollut riski laitoksen tuotannon jatkuvuuden kannalta. Instrumenteista puolestaan kytkennät kartoitettiin mahdollisuuksien mukaan mittapäädylle asti. Tämä ei kuitenkaan ollut mahdollista kaikille laitteille niiden sijainnista johtuen.

Piirikaavioita pystyi selaamaan CADS DM -sovelluksessa ja tarkemmin muokkaamaan ja tarkastelemaan CADS Client -sovelluksella. Piirikaaviot myös tulostettiin, jotta niitä olisi helppo käyttää kentällä. Tulostettuihin piirikaavioihin pystyttiin tekemään helposti merkintöjä mahdollisista puutoksista ja poikkeamista piirikaavioihin nähden. Ennen piirikaavioiden kytkentöjen tarkastamista tuli kaappien riviliittimet kiristää mahdollisten löysien liitosten varalta. Tämä oli todella tärkeää, sillä tällaisen liitoksen löytyessä kriittisestä paikasta voisi liitoksen irtoaminen ajaa koko tuotannon alas ja aiheuttaa täten suurta tappiota laitoksen pysähtymisen seurauksesta. Riviliittimet kiristettiin myös kenttäkoteloista samasta syystä. Piirikaavioita tarkasteltaessa tuli huomioida, että piirikaaviot oli piirretty automaatio järjestelmältä kentälle, eli vasemmassa laidassa piirikaavioita oli I/O-kortit ja oikeassa laidassa oli puolestaan instrumentti. Kuvasta 9 voidaan havaita kaikki

tiedot, joita CADs DM -sovelluksesta voidaan tarkastella piireistä ilman, että niitä avataan CADs Client -sovelluksella. Kuvassa tiedot ovat jaettuna kahteen riviin.

K2TURB turbine control system mappi 2							
DNO	Numero	AKZ_tunnus	Nimitys1	Nimitys2	Nimitys3		
K2TURB turbine control system mappi 2							
Dokumenttilaji	Dokumenttityy	Laitos	Tekijä	Pvm	Käytössä	Tiedostonimi	Lehtien_Juku

KUVA 9. Piirikaavioiden tiedot, joita CADs DM -sovelluksella voitiin tarkastella

Kuvasta 9 nähdään, että CADs DM ilmoittaa kansion järjestysnumeron, joka on valkoisella rivillä kohta DNO. Toinen asia mitä voidaan tarkastella, on AKZ-tunnus, joka osassa piireissä on KKS-tunnus AKZ-tunnuksen sijaan. Seuraavat kolme saraketta, eli nimitys 1, 2 ja 3 kuvastaa piirikaavion ominaisuuksia. Tämän jälkeen ilmoitetaan enemmän itse dokumentista, sen laji, tiedosto muoto, laitos, jota se koskee, dokumentin tekijä, ajankohta, jolloin se on tehty, kenellä dokumentti on tällä hetkellä työnalla, mikä on dokumentin tiedostonimi ja monta sivua dokumentissa on.

5.1 Piirikaavioiden virheiden korjaaminen

Piirikaavioiden kartoitus aloitettiin ristikytkennän automaatiokaapeilta, jossa tarkastettiin, kuinka kytkennät menevät kenttäkaapelilta automaatiojärjestelmään. Automaatiokaappeja laitoksen automaatiotilassa oli kolme kappaletta. Ensimmäiseksi tarkastuksessa tulikin selvittää, mistä kaapista kyseiset kytkennät tulisi löytyä. Tämä voitiin nähdä piirikaaviossa olevan I/O-kortin yläpuolelta, jotka sijaitsivat piirikaavioiden vasemmassa laidassa. Kun oikea kaappi oli löydetty, voitiin siirtyä tarkistamaan kytkentöjä kaapin sisältä. Tarkistaminen automaatiokaapeilla aloitettiin kenttäkaapelin merkinnöistä, kun piirikaaviossa olevalla merkinnällä oleva kaapeli löytyi, tarkastettiin, kytkeytyykö tämä oikeisiin riviliittimiin automaatiokaapissa. Lisäksi tuli olla tarkkana kytkennöissä olevista kaapelien väristä, sillä kytkennän toimiakseen tuli värien täsmätä myöhemmin tarkistettavien kentällä olevien kytkentöjen kanssa. Mikäli värissä oli poikkeavuuksia, kirjattiin tieto tästä ylös ja merkittiin riviliittimiin kytkeytyneen kaapelin väri ylös. Kun piirikaaviossa olevan kenttäkaapelin kytkeytyminen riviliittimille oli tarkasteltuna, siirryttiin tutkimaan, kuinka kytkennät jatkuvat riviliittimiltä eteenpäin.

Automaatiokaapissa oli paljon lisälaitteita, joihin osa piireistä oli kytkettynä, riippuen siitä, mitä kyseinen piiri tarvitsee, esim. ulkoisen jännitteen syötön taikka kytkimen. Laitoksen automaatio kaapeissa olikin useita erilaisia lisälaitteita, kaapeissa oli muun muassa turbiinin ylikierrossuojaus yksiköt, erilaisia kytkimiä, jännitteen syöttö mahdollisuus laitteille ja lähettimien syöttöyksiköitä. Piireistä tarkastettiin, onko jokainen johdotus näille lisälaitteille tehtynä kuvan mukaisesti eli meneekö riviliittimiltä lähtevä johdin oikeaan paikkaan ja tarkemmin vielä oikeaan oikean laitteen haluttuun liittimeen. Lisäksi tarkastettiin kytkennät sähkönsyöttö liittimiin. Kun tarkasteltiin automaatiokaapin sisällä kytkeytymistä maadoitus liittimille, jotka oli kaapin sisällä tehty riviliittimillä, kirjattiin maadoitusliitin tarkkaan ylös, sillä sitä ei ollut kuviin aiemmin tehtynä. Maadoitus riviliitin oli nimetty XL merkillä. Tulokset tästäkin kartoituksen vaiheesta kirjattiin ylös tulostettuihin piirikaavioihin.

Kun piirikaavioiden kytkeytyminen oli tarkistettuna mahdollisille lisälaitteille sekä syöttö ja maadoitus liittimille tarkistettiin vielä, kuinka kytkennät liittyvät itse I/O-korteille. Työtä suorittaessa oli oltava erityisen tarkkana, sillä lähes jokainen korttien paikka oli käytössä, joko varalla olevissa kytkennöissä tai laitoksen suoja- tai instrumenttilaitteilla. Tämän seurauksena korttien liittimet olivat ajoittain hankala hahmottaa ja siten tarkastaa, onko kyseessä oikea liitin numero. Automaatiokaapeissa itsessään oli tuhansia kytkentöjä, joten johdotuksia oli erittäin paljon. Tämän takia kaappien tarkistuksen jokaisessa vaiheessa tuli kiinnittää erityisen tarkkaan, että tarkastaa oikeaa johtoa. Koska työn tulokset ovat erittäin tärkeitä, virheen löytyessä virheellinen kytkentä tarkastettiin toiseen kertaan, jotta voitiin olla täysin varmoja, miten kytkentä menee ja täten saadaan kirjattua selkeästi ylös, kuinka piirikaaviosta saadaan muokattua totuutta vastaava.

Kun automaatio kaapit oli saatu tarkasteltua, voitiin siirtyä tutkimaan kenttäkoteloita. Kotelot olivat nimettynä selkeästi ja ne löytyivät turbiinin ympäriltä. Kotelon nimi voitiinkin tarkistaa piirikaaviosta, sillä tieto siitä sijaitsi mahdollisesti joko laitteen yläpuolella taikka riviliittimien kohdalla, jotka sijaitsivat kenttäkotelossa. Koska laitoksella oli käytössä AKZ-järjestelmä, oli piirikaavioiden tunnuksista pääteltävissä, missä päin laitosta kenttäkotelo mahdollisesti voisi sijaita. Kun piirikaaviossa merkitty kotelo löytyi, alettiin sen kytkentöjä tarkastamaan. Alkuun

tarkistaminen aloitettiin taas kenttäkaapelista. Työssä kaapelien merkintöihin luotettiin, ja kenttäkotelossa tulikin olla piirikaavion mukainen kaapelimerkintä. Kun oikea kaapeli merkintä oli löytynyt, tarkistettiin kytketyminen kenttäkaapin riviliittimiin. Riviliittimet tuli ennen johtojen tarkistamista kuitenkin muistaa kiristää. Johdotuksen ollessa kuvan mukainen siirryttiin tarkastamaan mihin johdotus riviliittimiltä jatkuu ja mikäli oli mahdollista tarkistaa johdon kytketyminen instrumentille asti. Työssä erittäin tärkeää taas oli pitää huoli kenttäkaapelin sisällä menevien johdinten värin ja parin oleva oikea kuvan johdinten kanssa.

Kaikissa kenttäkaapeissa ei kuitenkaan ollut riviliittimiä, sillä osassa kaapeista oli lämpötilamittauksien lähettämiä ja osassa kiihtyvyyssantureita. Lämpötilamittauksien lähettimien kytkennät tuli tarkistaa samalla tavalla, kuin riviliittimien, eli pitää huoli, että lähettimille menee oikeasta kaapelista oikean parin ja värin johdin. Sama tehtiin myös kiihtyvyyssantureille. Näistä myös tarkastettiin mahdollisuuksien mukaan kytkentä mittapäädylle ja kytkennän kaapelimerkintöjen täsmävyys. Kaikilla laitteilla ei kuitenkaan oltu kytkettynä kenttäkotelon kautta, vaan kenttäkaapeli meni suoraan laitteelle. Laitteitten kytkentäkoteloita ei kuitenkaan avattu, mikäli ne ei sijannut erillisinä mittapäädystä kenttäkaapeissa, vaan näistä tarkistettiin ainoastaan, että johdin merkintä täsmää piirikaavion kanssa.

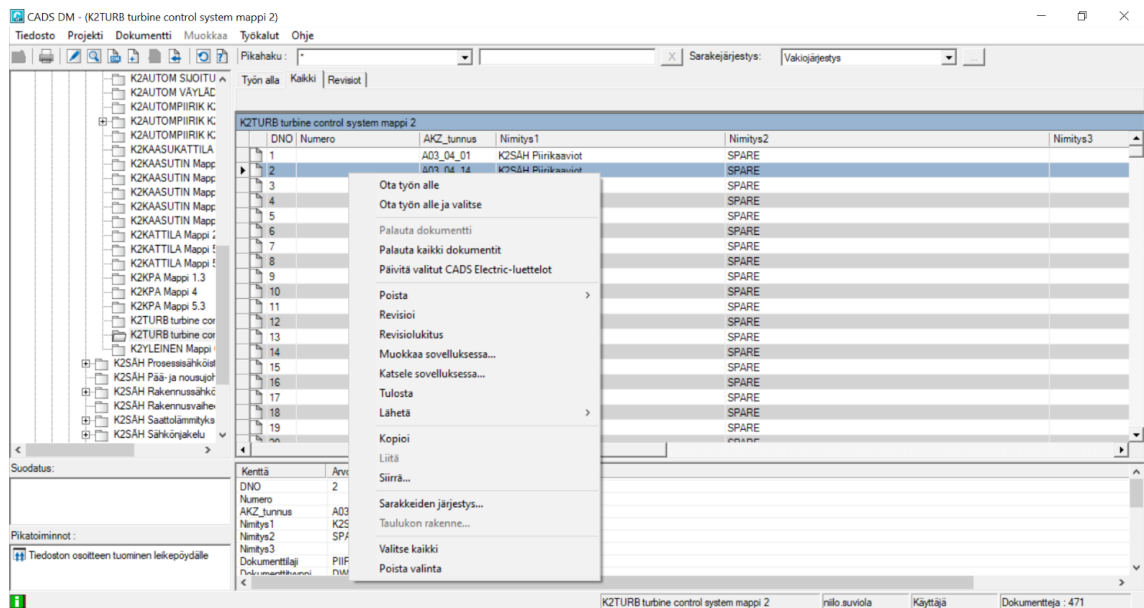
Kun kaikki piirikaaviot oli saatu käytyä läpi automaatio- ja kenttäkaapeista, ruvettiin tarkastelemaan, mitä poikkeavuuksia tulostettuihin piirikaavioihin oli saatu kirjattua. Kirjatuista tuloksista luotiin Excel-taulukko, sillä siitä on helppo hahmottaa löydetyt virheet piirikaaviosta. Excel taulukko pohjaan kirjattiin ylös piirin numero, piirin tunnus, mihin maadoitusliittimeen mahdollisesti kytkentä menee automaatiokaapissa sekä löytyneet virheet kuvista. Poikkeavuuksia tarkistuksen aikana löytyi useita. Suurin osa virheistä oli kaapelimerkinnöissä. Joko merkintä puuttui kokonaan, se oli väärä tai merkintää ei oltu korjattuna, kun kenttäkaapeli oli saatu nimettyä, osassa kenttäkaapeista oli siis asennuksissa apuna ollut väliaikainen kaapelimerkintä esim. K2XXXYYGN010.1. Virheitä löytyi kuitenkin myös kytkennöistä. Osassa kytkentöjä oli saatettu käyttää saman kaapelin eri johtimia, eli siis eri johdin värejä, näissä tapauksissa kuitenkin kytkentä oli oikein sillä samoja johtimia automaatio ja kenttä päädyssä, kuitenkin johdin värin tieto tuli vaihtaa piirikaavioihin. Lisäksi työn aikana havaittiin, että neljän piirikaavion kytkentä puuttui

kokonaan. Taulukosta 3 voidaan havaita osa laitokselta löytyneistä virheistä, ja tapa, jolla ne kirjattiin ylös.

TAULUKKO 3. Piirikaavioiden kartoituksesta löytyneitä virheitä

XL (Maadoitus liitin)	KORJAUKSET (CADS)	PIIRI
	EI KYTKETTY / PURETTU	PIIRI 262
315 --> XL37	OK	PIIRI 263
3 --> XL11	KAAPELIMERKIN KORJAUS (K2AB01Q000.1)	PIIRI 270

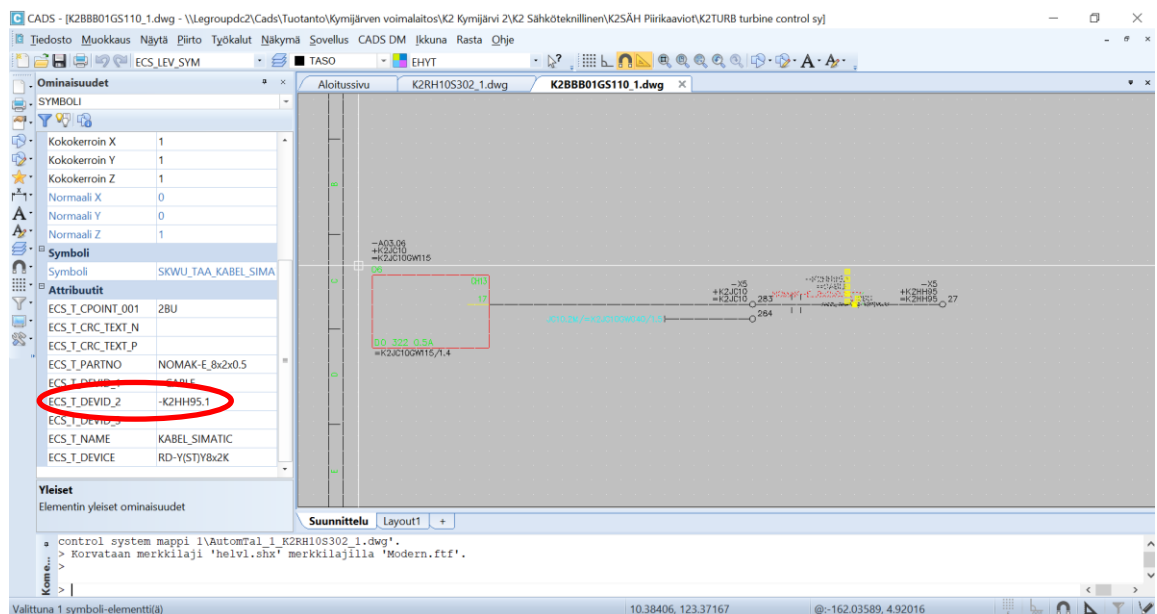
Piirikaavion virheet korjatakseen tuli kyseiset piirikaaviot ottaa työn alle CADS DM -sovelluksessa. Työ saatiin otettua työn alle joko tuplaklikkaamalla halutun piirin nimeä CADS DM -sovelluksessa tai painettua hiiren oikealla kyseisen piirikaavion nimeä ja valitsemalla avautuvasta valikosta kohta ”ota työn alle”. Tämä voidaan hyvin havaita kuvasta 10.



KUVA 10. Piirikaavion ottaminen työn alle CADS DM -sovelluksessa

Kun piirikaavioista löytyvät virheet olivat selvillä ja selkeästi kirjattuna ylös, ruvetiinkin niistä löytyneitä virheitä korjaamaan. Osa virheistä tuli korjata kentälle ja osa CADS-ohjelmistoon. CADS DM -sovelluksen avulla voitiin etsiä helposti piirit, jotka olivat kirjattuna Excel taulukossa. Kun piiri oli löytynyt, avattiin se CADS

Client -sovelluksella, johon kulloinenkin virhe voitiin korjata. CADs Clientiin piirikaaviot oli tehty käyttäen muuttujia, joita pystyttiin muokkaamaan painamalla piirikaavion osaa hiiren oikealla, jolloin CADs Client avaa ohjelman vasempaan laitaan muuttujan parametrien tiedot. Koska kytkentä kuvia ei tarvinnut muuttaa, vaan niiden sisällä olevia tietoja tuli muokata voitiin tämän parametrilistan avulla muokata kaikki tarvittavat tiedot CADs-ohjelmistolle. Näistä vasemman laidan parametreista voitiin muokata tarvittavaa nimitystä esim. piirikaavion kenttäkaapelin merkintä voitiin vaihtaa halutun laiseksi. Kuvassa 11 on esimerkkinä CADs Client näkymästä ja sen sisällä avautuva muuttujan muokkaus mahdollisuus.

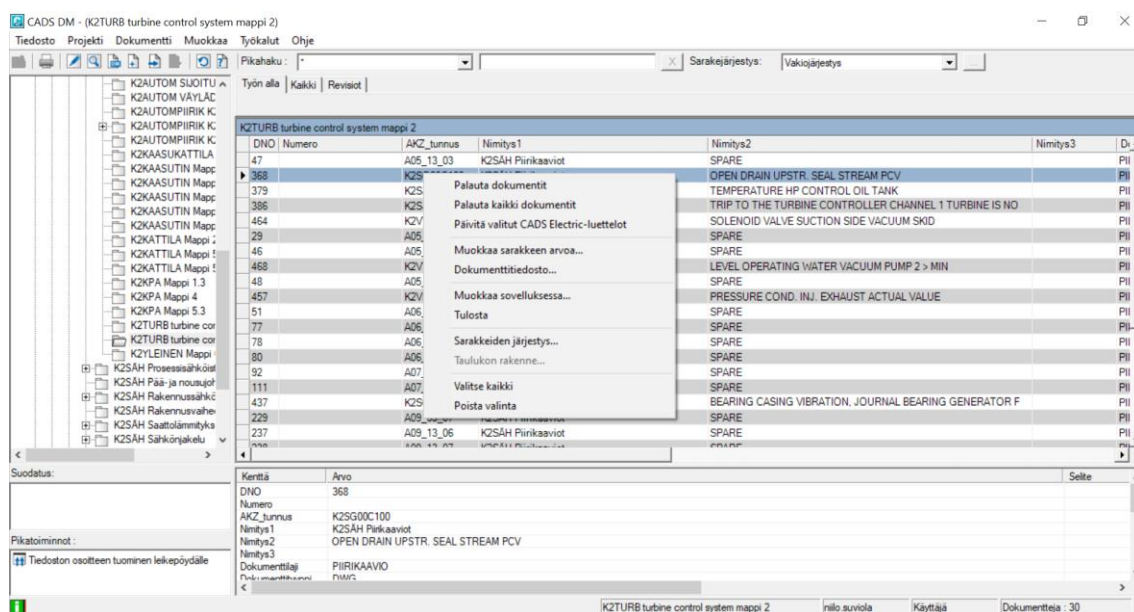


KUVA 11. CADs Client -sovelluksella piirikaavion muuttujan uudelleen nimeäminen

Kuvan 11 vasemmassa laidassa voidaan nähdä esimerkkinä yksi kaapelimerkintä (ympyröitynä kuvan vasemmassa laidassa), joka on saatu kuvasta klikkaamalla kaapelimerkin tekstiä. Tätä parametri kohtaa klikkaamalla hiiren oikealla se voitiin helposti siis vaihtaa, kun parametriä oli painettu, ilmestyi piirtoalueelle neliöitä tähän kohtaan ja muuttujan parametrit aukesivat vasemman laidan ominaisuudet ikkunaa. Ominaisuudet ikkunasta voitiinkin haluttua parametria painamalla muokata se halutun laiseksi, mikäli parametrissa oli jotakin virhettä. Näin voitiin myös tehdä esim. piirikaavioista löytyviin johdinten väreihin. Värit tuli nimetä englannin kielisin lyhentein: sininen johdin merkittiin BU, punainen johdin RD, valkoinen johdin WH, musta johdin BK, ruskea johdin BN, vihreä johdin GN,

keltainen johdin YE, oranssi johdin OR, ja harmaa johdin GY. Näin saatiin muokattua kaikki kartoituksen aikana löydetty virheet laitoksen sähköiseen tietokantaan. Lisäksi tuli vielä käydä korjaamassa kentällä ja automaatiokaapeista löytyneet kaapelimerkkivirheet, joihin saatiin tarratulostimella luotua uudet merkinnät.

Kun kaikki löytyneet virheet oli saatu korjattua ja tallennettua, CADS DM -sovelluksesta avatuille piirikaavioille, CADS Clientin avulla, tuli piirit palauttaa työttilasta, jotta sen käyttäminen vapautuisi kokonaan laitoksen muulle henkilökunnalle. Tämä saatiin tehtyä CADS DM -sovelluksesta löytyvältä työnalla olevat piirit välilehdeltä, josta voitiin siis nähdä helposti kaikki itsellä työn alla olevat piirikaaviot kyseisestä kansioista. Kuvasta 12 voidaankin havaita CADS DM -sovelluksen työnalla olevien piirien välilehti.

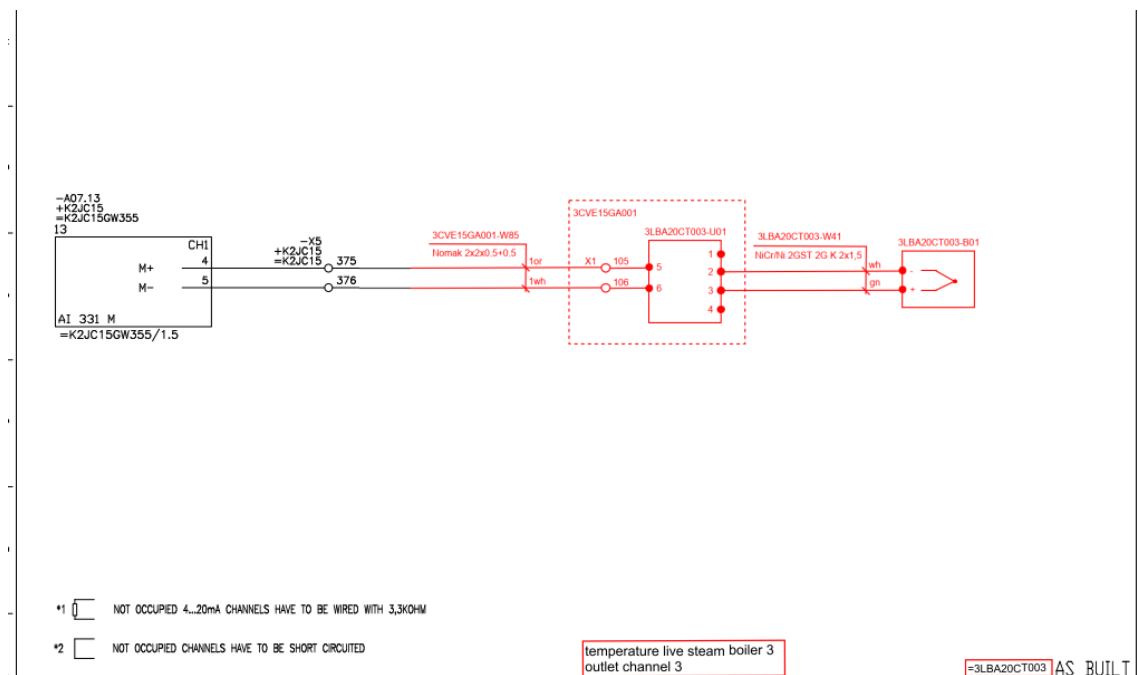


KUVA 12. CADS Clientin työnalla välilehti sekä sieltä piirikaavion palauttaminen

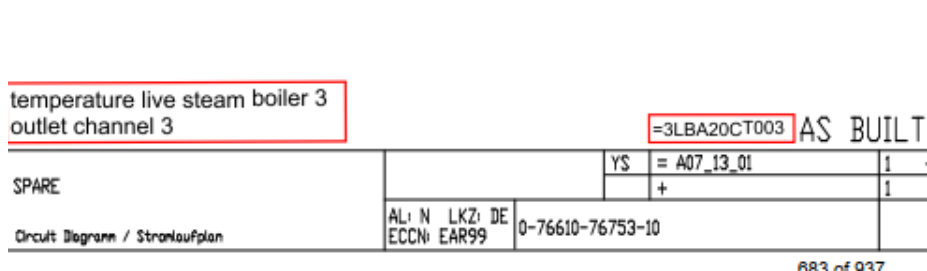
Kuvasta 12 voidaankin havaita, kun piirikaavion nimeä on taas klikattu hiiren oikealla näppäimellä, että kuvaan on avautunut valikko, josta piiri voidaan palauttaa kaikkien muokattavaksi painamalla joko "palauta dokumentti" taikka "palauta kaikki dokumentit" kohtaa. Nimensä mukaisesti "palauta dokumentti" palauttaa vain halutun dokumentin ja "palauta kaikki dokumentit" palauttaa kaikki sinulla työnalla olevat dokumentit kerralla. Kuvasta voidaan samalla myös hyvin nähdä, että CADS DM -sovelluksen avulla voidaan helposti tarkastella kaikkia piirejä, jotka ovat työnalla.

5.2 Puuttuvien piirikaavioiden puhtaaksi piirtäminen

Laitoksella oli puutteita CADS-tietokannassa, sillä jälkikäteen lisättyjen instrumenttien piirikaavioita ei ollut piirretty puhtaaksi CADS-sovelluksella. Kuvat oli puolestaan tehty Paint-sovelluksella, eli ne kuitenkin löytyivät valmiina tehtaalta. Piirikaaviot päätettiin piirtää puhtaaksi myös CADS-tietokantaan, jotta kaikki piirikaaviot olisivat helposti tarkasteltavissa samasta paikasta. Kaikki piirikaaviot, jotka oli piirretty Paint-sovellukselle, oli tehty käyttäen pohjia, jotka olivat jo valmiina varapaikkoina. Näistä löytyivätkin jo automaatiokaappien kytkennät riviliittimeltä aina I/O-kortille asti, mutta kuviin oli lisätty instrumentin kytkeytyminen kentältä riviliittimelle. Tämän takia pohjat löytyivätkin jo valmiina CADS-sovelluksen tietokannasta varalla olevana kytkentänä. Kuvasta 13 voidaan nähdä Paint-sovelluksella tehty muokkaus piirikaavioille ja kuvasta 14 alalaidan nimiöön tehtävä muutokset.



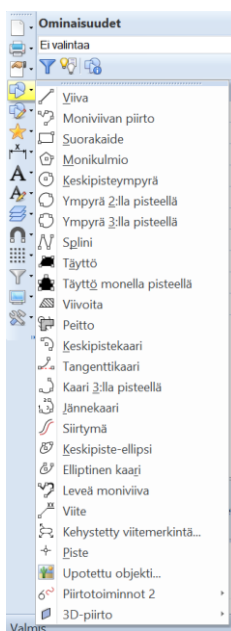
KUVA 13. Paint-sovelluksella muokattu piirikaavio



KUVA 14. Paint-sovelluksella muokattu piirikaavion nimiöön muokatut tiedot

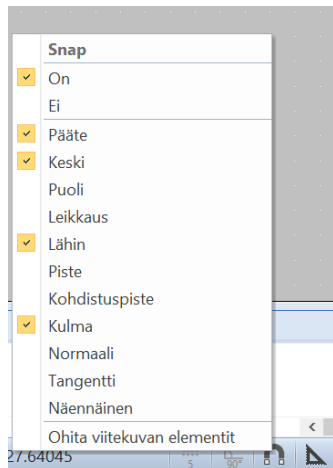
Ennen piirikaavioiden päivittämistä ajan tasalle tuli tietokannasta etsiä oikea pohja, johon kytkentä piirrettäisiin. Oikea piirikaavio voitiin löytää käyttäen apuna jokaisesta piirikaaviosta löytyvää AKZ- tai KKS-tunnusta. Oikea pohjan tunnus tarkastettiin ensiksi Paint-sovelluksella tehdystä kuvasta, jonka jälkeen se etsittiin CADS DM -sovelluksen tietokannasta. Kun oikea pohja oli löydetty, otettiin se työnalle aiemmin esitetyllä tavalla, jonka jälkeen se avattiin CADS Client -sovellukseen muokkaamista varten.

Piirikaavioiden puhtaaksi piirtämisessä luotiinkin siis täysin identtisiä kuvia Paint-sovelluksella tehdyistä kuvista. Piirikaavioon nimettävissä kohdissa käytettiin samoja muuttujia, kuin jo olemassa olevissa piirikaavioissa. Nämä saatiin käyttöön käyttämällä CADS Clientin kopiointi toimintoa, jolla voidaan siis kopioida leikepöydälle valittu symboli, muoto tai muuttuja. Halutunlainen muuttuja, esim. riviliitimet otettiin joko kyseisestä varalla olevasta piirikaaviosta ja mikäli halutun laista muuttujaa ei ollut varalla olevassa pohjassa etsittiin se muista valmiista pohjista ja kopiointiin sitä kautta. Kaikki muuttujat, joihin tuli nimetä, jotakin kopiointiin muista piireistä, jotta piirikaavioiden rakenne pysyisi samanlaisina ja helposti muokattavina jälkikäteen, mikäli mahdollisia muutoksia piireihin tulee. Piirikaaviot päätettiin piirtää käyttäen CADS Client -sovelluksen työkaluja, jotka voidaan nähdä kuvasta 15.



KUVA 15. CADS Client -sovelluksen työkalupalkki, jonka toimintoja käytettiin

Kuvasta 15 voidaan nähdä taulukko, joka avautuu CADS Clientin vasemmassa laidassa sijaitsevaa kuvaketta painamalla, jossa on nelikulmio, kolmio ja ympyrä. Avautuneesta valikosta voidaankin valita eri muotojen piirtämistä varten olevat työkalut, joita ovat esim. suorakaide työkalu, viiva ja täyttö ominaisuus, jonka avulla voidaan täyttää jokin kohde kuvasta valitulla värillä. Näitä kolmea työkalua käytettiin pääsääntöisesti kuvien päivittämisessä CADS tietokantaan. Kuvasta 16 voidaan nähdä CADS Clientin Snap-ominaisuus ja sen eri ominaisuuksia.

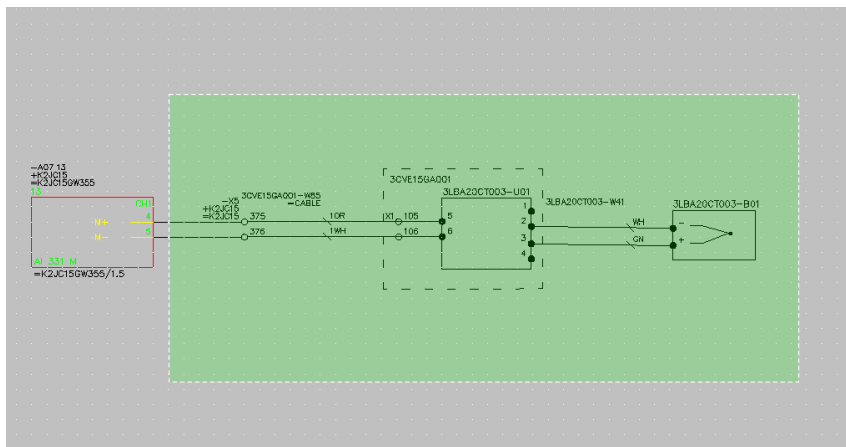


KUVA 16. CADS Client -sovelluksen snap-ominaisuus

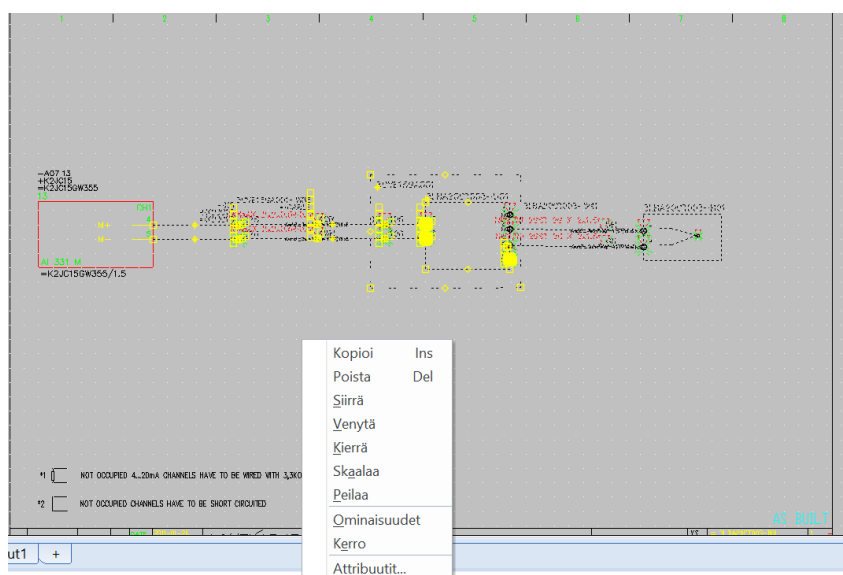
Kuvasta 16 voidaan havaita CADS Client -sovelluksesta löytyvä snap ominaisuuden eri vaihtoehdot. Snap ominaisuutta sovelluksessa kuvastaa magneetin kuvake, joka voidaan myös havaita kuvan XX oikeasta laidasta. Snap ominaisuuksien lista saadaan auki painamalla hiiren oikealla magneetti kuvaketta. Snap-ominaisuus kuvastaakin siitä mihin hiirellä voidaan tarttua kiinni, kun piirretään CADS Clientin avulla esim. kulma tarttuu mihin tahansa piirrettyyn kulmaan kuvassa, jonka lähelle viet kursorin. CADS Client -sovellus sisältää myös 90° piirto-ominaisuuden, jonka avulla voidaan halutut suorat piirtää tarkalleen vaaka- taikka pystysuoraan. Tämä ominaisuus saadaan aktivoitua painamalla kuvan 16 alalaidasta näkyvää 90° näppäintä taikka pitämällä pohjassa Shift-näppäintä, kun piirtää.

CADS Client -sovelluksessa kopioiminen onnistui siis maalaamalla kaikki kopiointiin halutut asiat, jonka jälkeen nämä kopioidaan käyttämällä joko näppäin yhdistelmää Ctrl + C taikka painamalla hiiren oikeasta näppäimestä, kun halutut asiat oli kuvasta valittuna ja tämän jälkeen tuli auenneesta listasta valita kohta

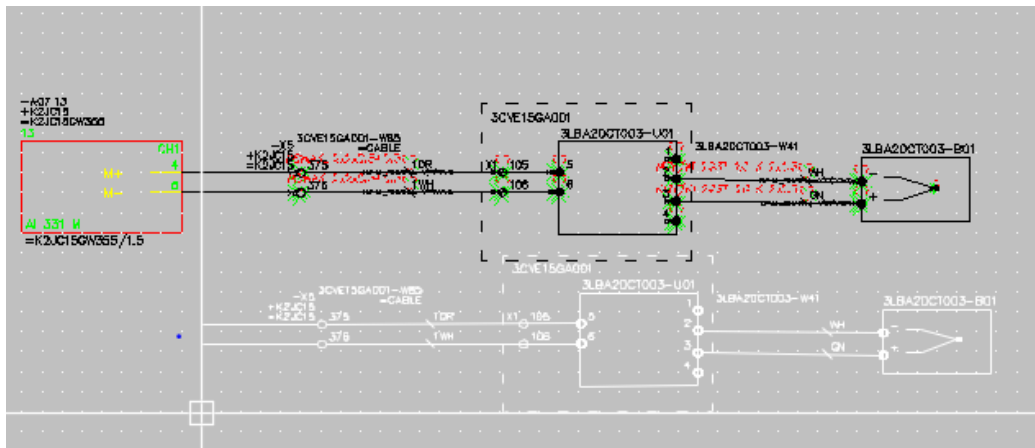
kopioi. Kun kopiointi oli suoritettu, voitiin halutut asiat havaita kopioituiksi, sillä ne ilmestyivät valkoisin viivoin näkyviin piirtoalustalle, kun oli painettu Ctrl + V yhdistelmää taikka klikattu kuvasta kohdistu piste riippuen kumpaa tapaa oli käytetty. Kun kuva oli kopioituna, voitiin se helposti asettaa haluttuun kohtaan piirtoalustaa, kuva tuli ainoastaan enää kohdistaa jo olemassa olevien symboleiden kanssa. Työssä käytettiin pääsääntöisesti näppäinyhdistelmiä Ctrl + C ja Ctrl + V, sillä tällä tavoin voitiin kuva kopioida myös muihin piirikaavioihin, kun taas kopiointi toimii ainoastaan saman kuvan sisällä. Kuvasta 17 voidaan havaita halutun alueen maalaaminen, kuvasta 18 aukeava valikko, josta voidaan kopiointi taikka muu työkalu valita, ja kuvasta 19 nähdään, miten kopioitu kuva esiintyy piirustus- alustalla ennen sen lopullista sijoittamista.



KUVA 17. CADs Client -sovelluksella alueen maalaaminen kopiointia varten

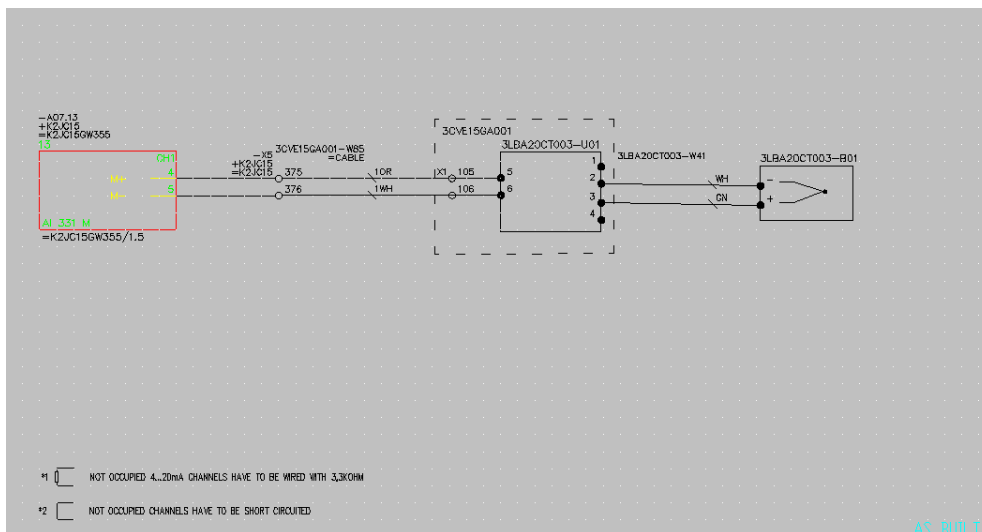


KUVA 18. CADs Client -sovelluksen kopiointi mahdollisuus

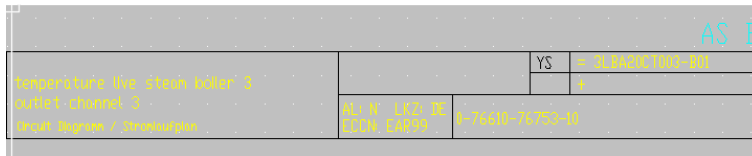


KUVA 19. CADS Client -sovelluksen kopiointi mahdollisuus

Kun instrumentin kytkeytyminen oli saatu piirrettyä CADS Client -sovellukseen, tuli näiden alaosan nimiöön muokata vielä piirin nimitys sekä AKZ- tai KKS-tunnus, riippuen kummalla tavalla piiri oltiin nimetty. Koska Paint-sovelluksen avulla tehtyjen uusien piirikaavioiden laitteita oli lisättyä aina useampi samanlainen ei niiden kytkeytyminen riviliittimeltä kentälle eronnut toisistaan muuten kuin muuttujien nimien osalta. Niinpä, kun yksi pohja oli saatu luotua, se voitiin kopioida muihin vastaaviin piireihin samalla tavalla, kuin esim. riviliittimiä oltiin kopioituna. Kun kopiointi oli saatu suoritettua, nimettiin muuttujat vain uudestaan, kuten jo olemassa olevien piirikaavioiden tarkistuksessa löytyneille virheille tehtiin. Kuvasta 20 voidaan nähdä aiemmin esitetty Paint-sovelluksella (kuva 13) tehty piirikaavio, joka on siten päivitettyä CADS-tietokantaan muokkaamalla piiriä CADS Clientin avulla ja kuvasta 21 nimiöön päivitetty tiedot.



KUVA 20. CADS Client -sovelluksella päivitetty piirikaavio



KUVA 21. CADs Client -sovelluksella päivitetyn piirikaavion alalaidan nimiö

Korjattujen piirikaavioiden nimeäminen sekä AKZ- tai KKS-tunnus riippuen piiristä tuli korjata laitoksentietokantaa CADs DM -sovelluksessa. Korjaus saatiin tehtyä tupla klikkaamalla CADs DM -sovelluksessa näkyviä aiempia nimiä taikka muita piirikaavion ominaisuuksia, jonka jälkeen sovellus antoi muokata haluttua kohtaa. Tämä voidaan hyvin havaita kuvasta 22. Kaikista muokatuista piirikaaviosta tuli CADs DM -sovellukseen siis muuttaa kohtiin AKZ-tunnus sekä nimitys 2 tiedot vastaamaan piirin nykyisiä tietoja, jotka ovat esimerkin vuoksi ympyröitynä kuvasta.

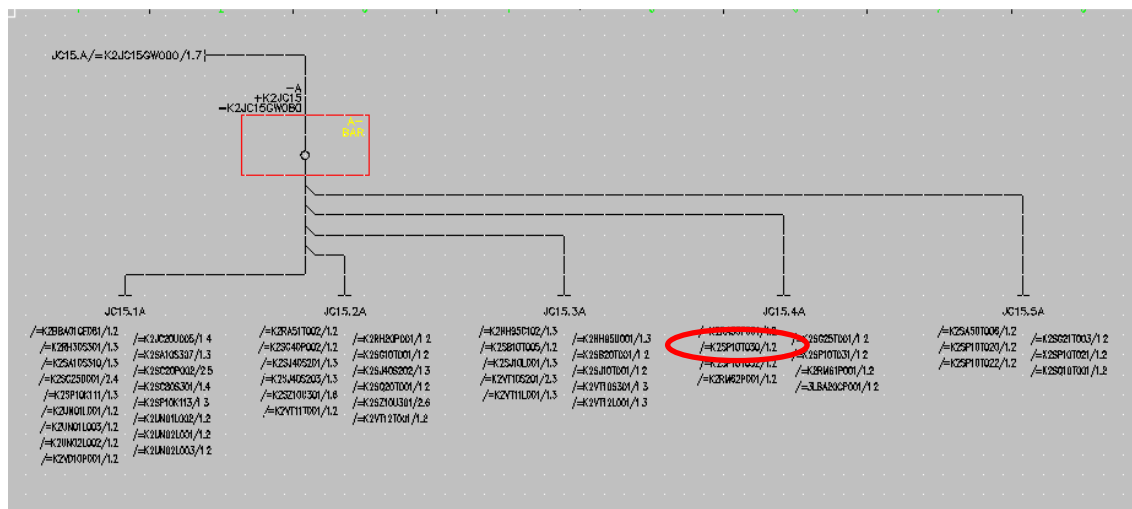


KUVA 22. CADs DM -sovelluksen työnalla välilehdeltä piirikaavion tietojen muokkaaminen

Kun piirit olivat saatu muokattua CADs Client -sovelluksella, korjattiin piirikaavioiden nimiä vielä niiden nimitykset ja tunnukset. Tämä saatiin tehtyä nimitystä tai AKZ/KKS-tunnusta tuplaklikkaamalla, jonka jälkeen CADs DM -sovellus antoi muokata kyseistä kohtaa. Tähän tulikin nyt päivittää uusi tunnus sekä nimitys, jotka oli jo aiemmin muokattu piirikaavion alalaidan nimiöön. Piirikaavioiden lisäksi muuttuneet tiedot päivitettiin myös CADs tietokannan dokumenttiluetteloihin, sekä muihin piirikaavioiden, jotka viittasivat kyseiseen piirikaavioon, jotta lisättyjen instrumenttien kytkeytymistä automaatiojärjestelmässä voitiin tarkastella samalla tavalla, kuin muittenkin piirien instrumenttien kohdalla voitiin. Kuvasta 23 voidaan nähdä esimerkki dokumenttilistan päivityksestä ja kuvasta 24 toisen piirikaavion viittauksen päivittämisestä.

ID -CODE	PAGE -NO.	DESCRIPTION	LOCATION	DRAWING-NO.	DATE	CREATE NAME	REV.	REV. DATE
A09_06_02	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_08_03	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_08_04	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_08_07	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_09_02	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_09_03	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_09_05	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_09_06	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_09_07	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_10_04	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_10_05	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_10_06	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_10_07	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_12_01	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_12_02	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_12_03	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_13_05	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_13_07	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_13_08	1	Main Steam Gate Valve Boiler 3		0-76610-76753-10	2011-01-26	MUJban	RO	2018-01-03
A09_13_09	1	Main Steam Gate Bypass Valve Boiler 3		0-76610-76753-10	2011-01-26	MUJban	RO	2018-01-03
A09_13_10	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_13_11	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_13_12	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_13_13	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_13_14	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_13_15	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_14_00	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_14_01	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A09_14_02	1	Main Steam Gate Valve Boiler 3		0-76610-76753-10	2011-01-26	MUJban	RO	2018-01-03
A09_14_03	1	Main Steam Gate Bypass Valve Boiler 3		0-76610-76753-10	2011-01-26	MUJban	RO	2018-01-03
A14_05_01	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A14_05_05	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12
A14_05_06	1	SPARE		0-76610-76753-10	2011-01-26	ERAAH	RO	2012-06-12

KUVA 23. Dokumenttiluettelo ja sen päivittäminen



KUVA 24. Toisessa piirikaaviossa oleva viittaus toiseen piirikaavioon

Kuvissa 23 ja 24 voidaan nähdä ympyröitynä muokatut kohdat. Muokkaaminen saatiin tehtyä samalla tavalla, kuin muokattiin piirikaavioista kartoituksen aikana löytyneitä virheitä. Tämä johtui siitä, että sekä dokumenttiluettelo, että viittaukset oli tehtyä samankaltaisilla muuttujilla, kuin esimerkiksi piirikaavioiden johdinvärien muuttuja taikka johdon nimeäminen oli luotu.

6 INSTRUMENTTIEN KARTOITUS

Kun olemassa olevat piirikaaviot oli saatu luotua, siirryttiin tarkastelemaan enemmän kyseisiä instrumentteja. Alkuun haluttiin selvittää, mitä laitteita laitokselta tarkalleen löytyy mistäkin kohtaa laitosta, sillä tämä ei ollut täysin tiedossa. Tämän jälkeen haluttiin enemmän vielä syventyä löytyneisiin instrumentteihin ja selvittää missä vaiheessa kukin instrumentti oli niiden elinkaartaan. Työn tarkastelussa jätettiin pois kokonaan piirikaavioista löytyvät turvalaitteet, joita turbiinilla oli useita. Piirikaavioita, joiden instrumentteja haluttiin laitokselta kartoittaa, oli 218 kappaletta.

Koska laitos oli käytössä, ei jokaista instrumenttia voitu mennä tarkistamaan kentältä käsin, sillä ne saattoivat sijaita paikoissa, joihin ei päässyt käsiksi turbiinin ollessa käynnissä. Tästä johtuen laitteiden kartoitukseen käytettiin apuna myös jo olemassa olevia dokumentteja, kuten laitelehtiö ja laitoksen luovutus dokumentteja, josta voitiin tarkistaa osa laitoksella olevista instrumenteista. Jokaisella laitelehtiön sivulla oli kerrottu laitteen kuvaus sekä tietoja laitteesta. Laitelehtiön sivulla olikin suorat viitteet piireihin, joissa kyseinen laite on käytössä. Mikäli instrumentti sijaitti paikassa, jota ei käytön aikana voitu tarkistaa ja sitä ei löytynyt laitelehtiöstä, etsittiin tieto laitteesta käyttäen apuna laitoksen luovutuksen yhteydessä annettuja dokumentteja ja tätä kautta saatiin kaikki laitteet kartoitettua. Liitteestä 1 voidaan nähdäkin esimerkki laiteluettelon sivusta. Liitteen 1 alalaidasta voidaan nähdä viittaukset tiettyihin piireihin ja kuvan ylälaidasta voidaan nähdä laitteen valmistaja sekä laitteen nimi ja tietoja laitteesta.

6.1 Instrumenttiluettelon laatiminen

Instrumenttiluettelon tekoon oli yrityksellä valmispohja, johon tiedot tuli syöttää. Luetteloon haluttiinkin kerätä useita eri tietoja instrumenteista. Taulukossa oli ensimmäisessä sarakkeessa AKZ-tunnus, toisessa nimitys, kolmannessa sarakkeessa oli nimitys 2, jonka tarkoitus oli mahdollisesti tarkentaa nimitystä, neljännessä sarakkeessa oli signaalityyppi, viidennessä oli I/O-korttityyppi, kuudennessa mitta-alue minimi, seitsemännessä mitta-alueen maksimi, kahdeksan-

nessa mahdollinen mittayksikkö, yhdeksännessä laitteen valmistaja ja kymmennessä oli laitteen malli. Mikäli laite koostui useammasta osasta, esim. lähetin ja anturi, kopioitiin edeltävän kohdan tiedot aina kuudenteen sarakkeeseen asti, jonka jälkeen syötettiin toisen laitteen tiedot. Instrumenttiluettelon selkeyttämisen vuoksi, mikäli piirikaavioon liittyi useita laitteita esim. lähetin ja anturi, kirjattiin ensimmäisen viiden sarakkeen tiedot normaalisti, jonka jälkeen yhdistettiin näistä viidestä sarakkeesta niin monta riviä yhteen, kuin kyseisellä piirillä oli laitteita, eli jos piirillä oli esim. lähetin ja anturi, yhdistettiin ensimmäisestä viidestä sarakkeesta kaksi riviä yhteen, joilla kahden eri laitteen tiedot olivat sarakkeilla 6–10 omilla riveillään, jotka oli siis yhdistettynä sarakkeissa 1-5. Tämä suoritettiin Excelin yhdistä ja keskitä toiminnolla. Kun oikeat rivit oli saatu yhdistettyä kustakin halutusta sarakkeesta, kirjattiin näihin kyseisen piirin tiedot.

6.1.1 Laitteiston kartoitus

Itse laitteiston kartoittaminen aloitettiin jo ennen instrumenttiluettelon laatimista, sillä laitteiden tietojen hankintaan tarvittiin vain PI-kaavio sekä piirien tunnuksat. Työ aloitettiin tarkastelemalla piirikaavioiden AKZ-/KKS-tunnuksia ja etsimällä niitä vastaavat instrumentit kentältä. Apuna tähän käytettiin turbiinin PI-kaavioita, joista helposti voitiin tarkastaa, missä päin etsittävä instrumentti sijaitsee ja onko sen luo mahdollista edes päästä. Myös instrumenttien tunnistusjärjestelmiä AKZ taikka KKS hyödynnettiin laitteiston etsimisessä. Järjestelmät kertoivatkin, mihin erilliseen kokonaisuuteen laite kuului, joka auttoi puolestaan etsimään laitteita eri PI-kaavioista ja täten kentältä. Kun kyseinen instrumentti oli löydetty, otettiin tiedot instrumentin kilvestä ylös, jotta saatiin laitteen malli ja mahdolliset mitta-alueet otettua ylös. Tämä tehtiin ottamalla kilvestä valokuva, jotta tietoja voitaisiin myöhemmin kirjata helposti Exceliin. Tämä tehtiin myös siksi, että osa laitteista sijaitsi sellaisilla paikoilla, joissa kannettavan tietokoneenkin käyttö olisi ollut hankalaa, sen sijaan valokuvasta oli helppo jälkikäteen kirjata halutut tiedot ylös. Liitteestä 2 voidaan nähdä osa laitoksen PI-kaaviosta, joita laitteiden etsimisessä käytettiin apuna.

Laitteiden kilvet kuvattiin kännykän kameralla. Kun laitteiden kilvistä otettiin valokuvia tuli olla kilpi puhdistaa ennen kuvan ottamista, jotta siitä saataisiin selvää. Lisäksi oli myös erittäin tarkkaa kiinnittää huomiota siihen, kuinka moniosainen

piirikaaviota vastaavalla tunnuksella oleva toiminto oli, esim. yksi lähetin ja kaksi anturia. Tämän jälkeen tuli myös ottaa kuva jokaisesta eri laitteesta. Kuvasta 25 voidaan nähdä yhden laitteen instrumenttikilpi.



KUVA 25. Instrumenttikilpi

6.1.2 Luettelon laatiminen

Kun kaikkien mahdollisten laitteiden kilvistä oli saatu tiedot ylös, ruvettiin alustettua Excel-pohjaa täyttämään. Luettelon laatimisen ensimmäisessä vaiheessa otettiin piirikaavioista ylös sarakkeisiin kaikki tiedot, jotka vain voitiin. Piirikaavion kytkennöistä ja alalaidan nimiöstä olikin helppo tarkistaa tiedot sarakkeille 1–5, eli AKZ-tunnus, nimitys, nimitys 2, signaalityyppi ja I/O-korttityyppi. Puolestaan kaikista saaduista laitekilvistä kirjattiin tiedot ylös sarakkeisiin 6–10, eli mitta-alue minimi, mitta-alueen maksimi, mahdollinen mittayksikkö, laitteen valmistaja ja laitteen malli.

Kun kaikista piirikaavioista sekä saaduista laitekilvistä oli tiedot saatu syötettyä Excel taulukkoon, ruvettiin puuttuvia laitteita selvittämään. Suurin osa puuttuvista laitteista voitiinkin löytää laitelehtiöstä, mutta noin kymmeneen piiriin tuli laitteiston tiedot kaivaa luovutuksen yhteydestä saaduista dokumenteista. Laitelehtiön

avulla myös tarkasteltiin laitekilpien avulla täydennetyt tiedot ja täydennettiin niitä tarpeen vaatiessa. Liitteen 3 taulukosta voidaankin havaita pieni osa luodusta taulukosta. Taulukkoa katsottaessa voidaan havaita kaksi eri laitetta ja niistä täydetyt tiedot. Koska kartoituksessa ei perehdytty suojalaitteita, on tältä osin ensimmäisen laitteen tiedot jätetty tyhjäksi.

6.2 Instrumenttien elinkaarikartoitus

Instrumenttien elinkaarikartoituksessa haluttiin selvittää, ovatko instrumentit missä vaiheessa elinkaartaan. Elinkaarikartoitus aloitettiin kaikkien erilaisten laitteiden kartoituksella. Tähän käytettiin apuna aiemmin luotua instrumenttiluetteloa, josta voitiin nähdä kaikki eri mittalaitteen, sekä mahdollisesti erilliset anturit ja niiden lähettimet sekä venttiilit, joita oli käytössä Kymijärven voimalaitos kahden turbiinilla. Instrumenttiluettelon pohjalta kerättiinkin Exceliin tiedot, eri laitteiden valmistajista, sekä malleista. Myöhemmin listaan täydennettiin vielä, mistä piireistä kukin laite voidaan löytää. Tiedot syötettiin Exceliin seuraavanlaisesti: Ensimmäiselle sarakkeelle syötettiin tieto siitä, missä piireissä kyseistä laitetta esiintyy, siten, että jokaiselle omalle riville syötettiin aina yksi viite yhteen piirikaa-vioon. Kun ensimmäiseen sarakkeeseen oli saatu syötettyä kaikki viitteet, voitiin nähdä, moneenko riviin nämä tiedot menivät. Kun tieto oli selvillä, yhdistettiin muista sarakkeista kyseisten viiterivien solut yhteen käyttäen Excelin yhdistä ja keskitä soluja toimintoa. Tämä tehtiin, koska lopuissa sarakkeissa olisi jokaisella rivillä sama tieto, ja täten saatiin taulukosta tehtyä helpommin luettava. Toiselle sarakkeelle, kun se oli yhdistettynä aiemmin selvitetystä tavalla, kirjattiin tieto laitteen valmistajasta. Kolmannelle sarakkeelle kirjattiin puolestaan tieto siitä, mikä laitemalli oli kyseessä.

Kun alustavat tiedot oli saatu syötettyä Exceliin instrumenttiluettelon pohjalta, ruvettiin miettimään, mitä tietoja laitteen elinkaaresta haluttiin kirjata. Listaan päätettiin lisätä tiedot: varaosien saatavuudesta, joka kirjattiin sarakkeeseen 4, mahdollisesta tuotteen valmistuksen lopettamisesta kirjattiin sarakkeeseen 5, tuotteen tuen lopettamisesta tieto lisättiin sarakkeeseen 6, mahdollisesta laitteen valmistajan ilmoittamasta käyttöiästä kirjattiin sarakkeeseen 7, tieto laitteen korvattavuudesta, mikäli laite on esim. päivitetty uudempaan malliin tai esim. lämpötila mittarin anturiksi kävisi eri anturi kirjattiin sarakkeeseen 8 sekä sarakkeelle 9

lisättiin linkki, josta kyseisestä laitteesta voitaisiin saada lisätietoja. Työssä tuli ottaa huomioon kaksi erityistä lämpötila-anturia, joiden kytkentätapa aiheuttaa sen, että tulee lämpötila anturin olla identtinen, mikäli se joudutaan vaihtamaan. Muuten lämpötila-antureilla on enimmäkseen tärkeää, niiden ominaisuudet, eli millä lämpötila-alueella voidaan kyseistä anturia käyttää.

Kun kaikki tutkittavat asiat instrumenteista oli päätetty, voitiin tietoja laitteista alkaa kartoittamaan. Alkuun vastaukset sarakkeille 4–8 pyrittiin saamaan jokaisen laitteen valmistaja sivuilta ja niitten julkaisemista mahdollisista laitteet tietoja sisältävistä dokumenteista. Yleisesti ottaen valmistajan sivuilta haettaessa laitetta, ilmoittaa laitteen valmistaja, onko kyseinen tuote vielä valmistuksessa. Ja samalla tiedot myös päivämääristä, jolloin laitteen tuki ja valmistus on mahdollisesti lopetettu. Moneenkaan laitoksella olevista instrumenteista ei sisältänyt valmistajan ilmoittamaa mahdollista laitteen käyttöikä, niinpä kyseinen sarake jäi hieman vajavaiseksi. Mikäli laitetta ei kuitenkaan suoranaisesti löydetty valmistajien omilta sivuilta saatiin halutut tiedot etsittyä helposti myös jälleenmyyjien sivustoilta. Valmiin luettelon kokonaisuuden osa voidaankin havaita liitteen 4 taulukosta. Taulukosta voidaan havaita, että osa laitteista on ajautunut siihen pisteeseen, että laitteen valmistaja on päättänyt syystä tai toisesta päivittää laitetta, jonka seurauksena laitoksella nykyisin olevan laitteen elinkaari on päässyt päätökseensä. Kyseisiä laitteita voitiin laitokselta löytää ainoastaan 3 kappaletta.

7 POHDINTA

Instrumentoinnin kartoitus sujui laitoksella erittäin luontevasti ja siitä oli paljon hyötyä laitokselle sekä tulevalle automaatiouudistukselle. Piirikaavioiden tarkastuksessa ilmeni useita pieniä virheitä, joista olisi voinut koitua ongelmia myöhemmin. Virheet kuitenkin saatiin korjattua kentälle, kun sinne lisättiin puuttuvat ja korjattiin virheelliset asennusten aikaiset kaapelimerkinnot piirikaavioiden merkintöjä vastaaviksi. Lisäksi työssä saatiin myös päivitettyä piirikaaviot vastaamaan nykyisiä kytkentöjä. Työn alkuvaiheilla, kun riviliittimiä kiristettiin, ilmeni myös löysäliitos laitoksen kytkennöissä, jonka seurauksena koko laitoksen tuotanto olisi pahimmillaan voinut tulla hetkellisesti alas, mutta koska se havaittiin työn ohella, voitiin löysä liitos kiristää ja tältä mahdollisuudelta vältyttiin. Työtä ei tule jatkaa.

Piirikaavioiden päivittämisessä CADS-tietokantaan ei esiintynyt ongelmia. Työn ansiosta voidaankin nyt piirikaavioita tarkastella ja muokata helposti samasta paikasta. Luoduista piirikaavioista saatiin tehtyä ominaisuuksiltaan samanlaisia, kuin jo olemassa olevat piirikaaviot olivat, jonka ansiosta on piirikaavioita helppo käsitellä. Päivitetyt piirikaaviot täyttivät myös piirikaavioiden tekemisessä huomioon otettavat standardit, jotka määrittävät, millaisia symboleita tulee piirikaavioissa käyttää. Lisätyt laitteet oli jo päivitetty tunnuksessa KKS-tunnusjärjestelmään vanhemman AKZ-tunnusjärjestelmän sijaan, sillä se on informatiivisempi. Työtä itsessään ei tule täysipäiväisesti jatkaa turbiinin piirikaavioiden osalta. Piirikaavioita kuitenkin tulisikin aina päivittää CADS-tietokantaan sitä mukaan, kun niiden kytkentöihin tulee muutoksia.

Itse laitteiston kartoittaminen turbiinilta oli hankalaa, sillä jokaisen laitteen luokse ei ollut pääsyä. Tästä johtuen jouduttiinkin vanhoihin dokumentteihin luottamaan. Kuitenkin tulevaisuudessa näiden laitteiden kohdalta tulisi instrumenttien kilvet tarkistaa, kun laitos ei ole käynnissä ja tämä on mahdollista. Instrumenttiluettelosta kuitenkin saatiin luotua selkeä kokonaisuus, josta on helppo tarkastella, millaista laitteistoa turbiinilla oikein on. Luettelo ei itsessään täyttänyt kaikkia tietoja, joita se normaalisti sisältäisi, mutta luettelon tiedot olivat riittävät sen tulevaa käyttötarkoitusta varten mahdollisessa automaatiouudistuksessa, joten yritys katsoi

sen olevankin tarpeeksi kattava. Työtä itsessään ei tule muuten jatkaa, mutta mikäli jokin instrumentti poistuu käytöstä, se vaihdetaan uuteen tai laitokselle lisätään kokonaan uusi instrumentti, tulee tieto siitä päivittää taulukkoon, jotta se säilyisi käyttökelpoisena myös tulevaisuudessa.

Itse laitteiston elinkaarista saatiin selkeä kuva, ja voitiinkin todeta, että kolme laitetta on saanut päivityksen eli niiden elinkaaret ovat ajautuneet pisteeseen, jossa laitteen valmistaja on kokenut tarpeen kehittää tuotetta eteenpäin. Tämän seurauksesta tulee seuraavan kerran, kun laitetta on tarvetta uusina huomioida, että tilaa uuden version laitteesta. Lista tulee tulevaisuudessa elämään paljon, sillä laitteiden valmistajat päivittävät usein laitteistojaan niiden ominaisuuksia parantaakseen. Tästä johtuen tuleekin listasta tulevaisuudessa yhä useamman laitteen elinkaari siihen pisteeseen, että laitteen nimi joko vaihtuu kokonaan tai sen nimi päivittyy seuraavaan malliin esim. työssä havaittu FMP45 on nykyisin päivittynyt mallinumeroon FMP54. Luotu elinkaarikartoitustaulukko auttaa havainnoimaan, mitä laitteita tuleekin rikkoutuessaan päivittää uuteen malliin. Samalla tämä auttaa myös hahmottamaan, kuinka paljon mitään instrumenttia on laitoksella ja varautua tämän avulla esim. varaosiin kyseisistä laitteista. Taulukkoa tulee tulevaisuudessa päivittää, kun havaitaan jonkin instrumentin päivittyminen uuteen malliin taikka sen elinkaaren päättyminen kokonaan.

Koska laitoksen erillisjärjestelmän elinkaari rupeaa lähenemään niin kutsuttua klassista vaihetta, oli laitoksen instrumentoinnin kartoitus ajankohtaista tarkistaa. Piirikaavioiden tarkistamisen sekä instrumenttiluettelon laatimisen ansiosta saadankin hyvät lähtökohdat laitoksen mahdollista uudistusta varten, sillä nämä toimivat esitietoina tätä varten ja tuleekin olla täten kunnossa. Koska samassa tarkistettiin myös laitteiden elinkaaret, voidaan nyt varautua mahdollisiin tuleviin laitepäivityksiin hyvissä ajoin.

LÄHTEET

Aalto yliopisto. 2015. 2 Automaatiojärjestelmät, perustoiminnot ja toteutustavat. Luettu 1.5.2021. https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/293726/mod_resource/content/1/2_Toiminnot_2015%2Bliitteet.pdf

Automaatiosuunnittelun prosessimalli. 2007. Luettu 12.3.2021. Suomen automaatioseura. https://www.automatioseura.fi/site/assets/files/1426/automaatio-suunnittelun_prosessimalli.pdf

Avain tiedot Lahti Energiasta. n.d. Luettu 7.3.2021. Lahti Energia. <https://www.lahtienergia.fi/fi/lahti-energia/avaintiedot>

EN 61508. 2011. Sähköisten/elektronisten/ohjelmoitavien elektronisten turvallisuuteen liittyvien järjestelmien toiminnallinen turvallisuus. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 29.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index/tuotteet/SFSsahko/IEC/ID5/6/178237.html.stx>

Heinonkoski, R. 2013. Kone- ja prosessiautomaation kunnossapito. Tampere: Suomen Yliopistopaino Oy.

Instrument Index. n.d. Luettu 1.5.2021. <http://instrumentationportal.com/2011/document-drawing-checklist-form/instrument-document/instrument-index/>

Keinänen, T. & Sumujärvi, M. 2019. Automaatiotekniikka. Helsinki: Sanoma Pro Oy.

Kippo, A. K. & Tikka, A. 2008. Automaatiotekniikan perusteet. Helsinki: Edita Prima Oy.

Koskelainen, L. & Majanne, Y. 2015. Voimalaitoksen käyttö ja pääkomponentit. Teoksessa Joronen, T., Kovács, J. & Majanne, Y. Voimalaitosautomaatio. Helsinki: Copy-Set Oy.

Kymijärvi I. n.d. Luettu 7.3.2021. Lahti Energia. <https://www.lahtienergia.fi/fi/lahti-energia/energian-tuotanto/kymijarvi-i>

Kymijärvi II. n.d. Luettu 7.3.2021. Lahti Energia. <https://www.lahtienergia.fi/fi/lahti-energia/energian-tuotanto/kymijarvi-ii>

Kymijärvi III-biolämpölaitos. n.d. Luettu 7.3.2021. Lahti Energia. <https://www.lahtienergia.fi/fi/lahti-energia/energian-tuotanto/kymijarvi-iii>

Lahti Energia Oy. 2010. Lahti Energia Oy:n AKZ-tunnusjärjestelmän määrittelyohje. Opinnäytetyön tekijöiden hallussa.

Love, J. 2007. Process automation handbook: a guide to theory and practice. London: Springer-Verlag london limited.

Monipuolinen ja vastuullinen energia-alan yritys. n.d. Luettu 7.3.2021. Lahti Energia. <https://www.lahtienergia.fi/fi/lahti-energia/yritysesittely>

SFS EN-ISO 10628-1. 2014. Diagrams for the chemical and petrochemical industry. Part 1: Specification of diagrams. Suomen Standardisoimisliitto SFS. Helsinki: SFS. Luettu 29.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/334352.html.stx>

SFS EN-ISO 10628-2. 2012. Diagrams for the chemical and petrochemical industry. Part 2: Graphical symbols. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 29.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/204202.html.stx>

SFS-ISO 14617-5. 2004. Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit. Osa 5: Mittaus- ja ohjauslaitteet. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 29.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index/tuotteet/SFS/ISO/ID2/1/15029.html.stx>

SFS-ISO 14617-6. 2004. Kaavioissa käytettävät piirrosmerkit. Osa 6: Mittaus- ja ohjaustoiminnot. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 29.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index/tuotteet/SFS/ISO/ID2/1/15030.html.stx>

SFS 5098. 1985. Prosessi-instrumentoinnin piirustukset ja muut asiakirjat. Laadinta ja luokittelu. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS. Luettu 29.4.2021. Vaatii käyttöoikeuden. <https://online-sfs-fi.libproxy.tuni.fi/fi/index/tuotteet/SFS/SFS/ID2/5/2104.html.stx>

Siemens. 1995. KKS Kraftwerk-Kennzeichen-System. Luettu 1.5.2021. <https://richardspowerpage.com/wp-content/uploads/2018/11/KKS-guide-book.pdf>

Sivonen, M. 1995. Teollisuuden instrumentointi. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Turunen, P., Uddfolk, J. & Viskari, T. 2015. Voimalaitosautomaation järjestelmät. Teoksessa Joronen, T., Kovács, J. & Majanne, Y. Voimalaitosautomaatio. Helsinki: Copy-Set Oy.

Yli satavuotinen historia. n.d. Luettu 7.3.2021. Lahti Energia. <https://www.lahtienergia.fi/fi/lahti-energia/historia>

LIITTEET

Liite 1. Laiteluettelon sivu

Übertragungsfaktor / scale factor	8 mV / μm (200 mV / mil)
Versorgungsspannung / supply voltage	-23 bis / to - 26 V DC
Anschluss / connection	
Aufnehmerseite / connection side	Mini- Koaxialstecker / coaxial connector
Ausgangsseite / output side	3 Federzugklemmen / terminal with tension spring contacts (0,2...1,5mm ²)
Betriebstemperatur / operating temperature	-35 - +85 °C
Geprüft, bescheinigt / approved, listed	siehe Option B / see option B
Bescheinigung / certificate	mit CE – Kennzeichnung / with CE - identification Mit Kalibrierzeugnis / with certificate of calibration

Mounting Option Code 1

70.8 (2.79)

89.4 (3.52) Additional 3.05 (0.120) clearance required to remove DIN rail

31.7 (1.25)

35mm DIN rail (not included)

Ordering Information:
3300 XL Proximator® Sensor 330180 – AA – BB

Option Descriptions:

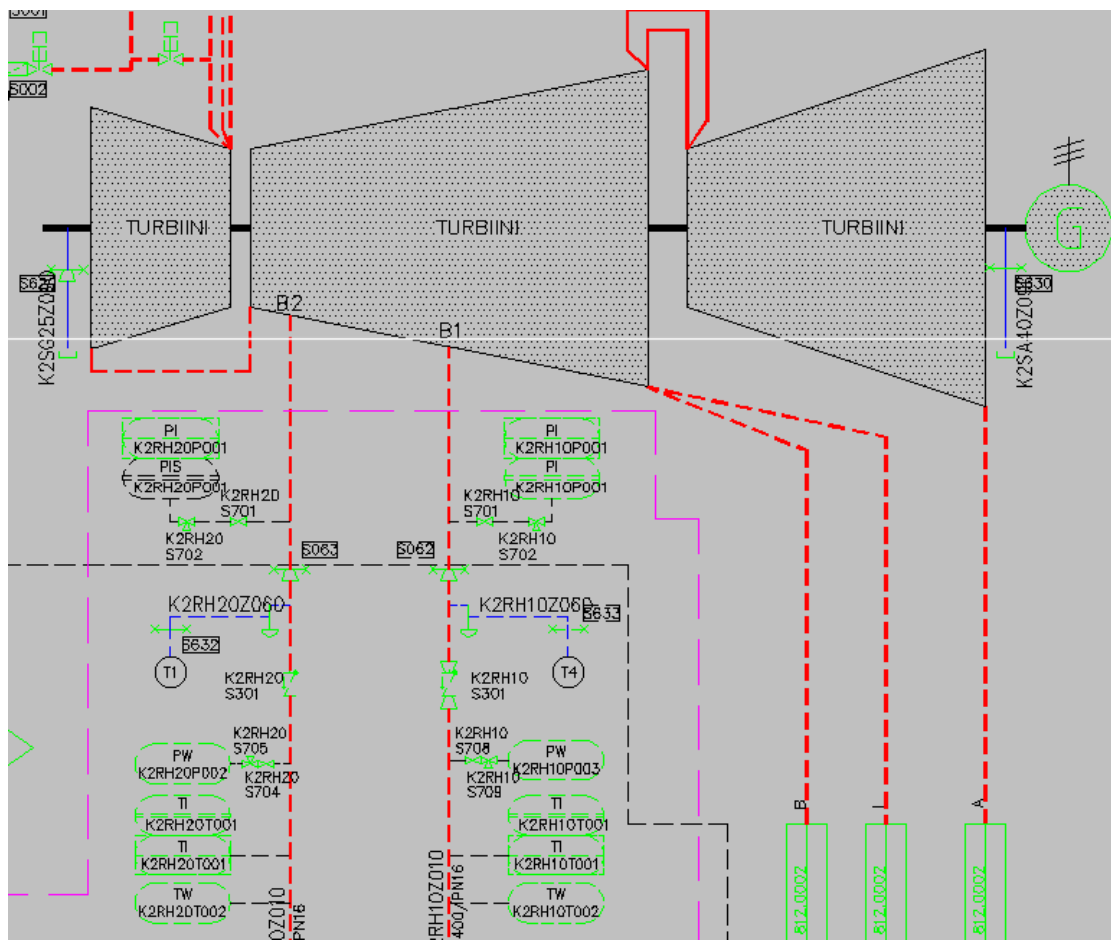
AA Total Length Option	BB Agency approval option
51 5,0 metres (16,4 feet)	00 Not required
91 9,0 metres (29,5 feet)	05 Multiple Approvals

Katzenart	Sach-Nr. (oberes Teil)	S	Menge	ME	BG	DS	Bestellunterlage / catalog
ST1		0	1.00	01	73	23	Hersteller / manufacturer BENTLY NEVADA

Messstelle meas. point	Menge/quant.	Messort installation site	Bestell – Nr. catalog – no. 330 180–	total system length	measuring range	Sach-Nr. (unteres Teil)	Bemerkung remarks
			AA-BB	m	mm		
MAD10CG010	1	Lagerung vorn HD	91-05	9	2	5-6290-7189-04	
K2SB10V001		Bearing front HP			(8mV/ μm)		
MAD10CG011	1	Lagerung vorn HD	91-05	9	2	5-6290-7189-04	
K2SB10V002		Bearing front HP			(8mV/ μm)		
MAD10CG012	1	Lagerung vorn HD	91-05	9	2	5-6290-7189-04	
K2SB10V003		Bearing front HP			(8mV/ μm)		

Auftragsgebunden / required for the order:

Liite 2. PI-kaavion osa



Liite 3. Laaditun instrumenttiluettelon osa

K2SC40P001	K2MAY10EK112	AKZ-tunnus
PRESSURE LUBE OIL, CHANNEL 1	HARDWIRED TURBINE TRIP CIRCUIT, RESET TRIP	Nimitys
		nimitys 2
ANALOGINEN	DIGITAALINEN	signaalityyppi
AI 331 M	DO 322 0,5A	DNA I/O KORTTI
0,04		mitta-alue, MIN
4		mitta-alue, MAX
bar		Yksikkö
Siemens		Laitteen valmis- taja
SITRANS P (7MF4033- 1CA00-1AB1-Z)		Malli

Liite 4. Laaditun elinkaarikartoituksen osa

K2RA50P001	K2VT10S301	K2RH30S301	Piirit
Yokogawa	Siemens		Valmistaja
EJX530A-EDS8N-014NN	3SE2120-1E		Laite
ok	ei		Varaosien saatavuus
-	31.1.2012		Valmistuksen lopetus
-	2021		Tuen lopetus
15	-		Valmistajan ilmoittama käyttöikä vuosina
	Vastaava tuote saatavilla		Korvattavuus
https://www.yokogawa.com/solutions/products-platforms/field-instruments/pressure-transmitters/gauge-	https://mall.en/WW/Catalog/Product/3SE21201E		Lisää tietoa: