

Kari Matilainen

# Superkalantereiden 3 ja 4 maaliinajon vaihtaminen Sentry- automaatiojärjestelmästä vaihtoehtoiseen järjestelmään

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

21.4.2014

Tekijä(t) Otsikko  Sivumäärä Aika	Kari Matilainen Superkalantereiden 3 ja 4 maaliinajon vaihtaminen Sentry- automaatiojärjestelmästä vaihtoehtoiseen järjestelmään  41 sivua + 3 liitettä 21.4.2014
Tutkinto	insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Suuntautumisvaihtoehto	Energia-automaatio
Ohjaaja(t)	Lehtori Markku Inkinen Automaatio työnsuunnittelija Jari Niemi
<p>Insinööriä tehtiin Sappin Kirkniemen paperitehtaalle. Insinööriyössä etsittiin vaihtoehtoisia maaliinajoratkaisua paperikonelinja kahden superkalantereille kolme ja neljä. Superkalantereiden kolme ja neljä automaatiojärjestelmät ovat jo elinkaarensa loppupäässä ja maaliinajosta vastaavaan Sentry-automaatiojärjestelmään ei ole enää varaosia saatavilla. Tavoitteena oli kartoittaa maaliinajon toteutus ilman Sentry-automaatiojärjestelmää.</p> <p>Työssä perehdyttiin automaatiojärjestelmiin yleisesti, superkalantereiden automaatiojärjestelmien tämän hetkisiin rakenteisiin ja toimintoihin sekä automaatio suunnittelun elinkaareen. Lisäksi tutustuttiin superkalantereiden rakenteeseen.</p> <p>Insinööriön tuloksena poissuljettiin maaliinajototeutus hyödyntäen Alcont1-järjestelmään saatavalla PFI-kortilla sekä toteutettiin maaliinajo laseranturin mittaustietoon perustuen. Laseranturin käyttö maaliinajossa todettiin koeajossa toimivaksi ja varteenotettavaksi tuotantokäyttöön soveltuvaksi ratkaisuksi superkalantereilla kolme ja neljä.</p>	
Avainsanat	automaatiojärjestelmä, superkalanteri, maaliinajo, Sappi

Author(s) Title	Kari Matilainen Changing target positioning of supercalanders 3 and 4 from the Sentry automation system to a new system
Number of Pages Date	41 pages + 3 appendices 21 April 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Automation Engineering
Specialisation option	Energy Automation
Instructor(s)	Markku Inkinen, Senior Lecturer Jari Niemi, Work Planner
<p>This Bachelor's thesis is made for Sappi Kirkniemi's paper mill. The main purpose of this thesis was to find a new way to drive supercalanders 3 and 4 to their target position. Supercalanders' automation systems have come to the end of their life and there are no more available spare parts to the Sentry system.</p> <p>The study will go through automation systems in general and current automation systems that are used in supercalanders 3 and 4. Also life cycle of design of automation and construction of supercalanders are presented.</p> <p>As a result of this thesis, a possibility of using PFI-pulse card was excluded. Instead it was found a way for target positioning using a laser sensor. Laser sensor was used in test drive and it worked. In future Sappi will make a decision of using laser sensor in supercalanders 3 and 4.</p>	
Keywords	automation system, supercalander, target position, Sappi

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sappi	2
2.1	Sappi Fine Paper Europe	2
2.2	Sappi Kirkniemi	3
3	Automaatiojärjestelmä	5
3.1	Historiaa	6
3.2	Prosessiautomaatiojärjestelmät	6
4	Automaatiosuunnittelun elinkaarimalli	9
5	Automaatiosuunnittelun sisältö	11
5.1	Lähtötiedot ja vaatimukset	11
5.2	Automaatiojärjestelmän tiedot ja toiminnot	12
5.3	Teknologiavalinnat	13
5.4	Laitteet ja ohjelmistot	13
5.5	Käyttö- ja ylläpitoprosessin kuvaus	14
6	Superkalanteri	16
6.1	Superkalanteroinnin vaikutus paperiin	16
6.2	Superkalanterin rakenne	18
6.3	Maaliinajo	19
7	Superkalantereiden automaatiojärjestelmä	21
7.1	Prosessiasema (PA)	22
7.2	Järjestelmäasema (JA)	23
7.3	Raporttiasema (RA)	23
7.4	Operointiasema (OA)	24
7.5	Upnet-väylä	25
8	Vaihtoehtoiset järjestelmät	26

8.1	Pulse and frequency interface – PFI	26
8.1.1	Maaliinajon toteutus PFI-pulssikortilla	27
8.1.2	Toiminnallinen toteutus	28
8.2	Laser-etäisyysanturi	33
8.2.1	Laseranturin käyttö maaliinajossa	33
8.2.2	Laseranturin kalibrointi	34
8.2.3	Toiminnallinen toteutus laseranturilla	35
8.2.4	Koeajo käyttäen laser-anturia	37
9	Modernisoinnissa huomioitavat asiat ja tulokset	39
9.1	Huomioitava otettaessa laser-maalinajosovellus käyttöön superkalantereilla 3&4	39
9.2	Standardi anturin kalibrointi	39
9.3	Maalinajon kehittäminen	40
10	Johtopäätökset ja pohdinta	41
	Lähteet	42
	Liitteet	
	Liite 1. Superkalanterin 4 ohjauspiirikaavio	
	Liite 2. Paperikoneen 1 ja 2 rautojen koot	
	Liite 3. Wenglor laseranturin käyttöohje	

## Lyhenteet

I/O	Tulee sanoista Input/Output (tulot/lähdöt). Käytetään yleisesti toimilaitteiden kytkennöissä automaatiojärjestelmään.
Kokillitela	Metallitela, jonka lämpötilaa säädetään sen sisään syötettävän lämpösäädetyin veden avulla.
Nippi	Telaparin kosketuskohdan muodostama puristusalue.
Paperitela	Tela, jonka pinta on puristettua puuvilla/villa seosta.
PK1	Paperikone 1
PK2	Paperikone 2
PK3	Paperikone 3
Polymeeritela	Tela on pinnoitettu polymeerimassalla.
TK-tela	Kysters-tela, jonka vaipan toispuoleisen sisäisen paineen avulla estetään vaippaa taipumasta ulkoisen kuorman vaikutuksesta hallitsemattomasti. Telan sisäisen paineen säädöllä voidaan telan muodostamassa nipissä muuttaa kuormitussuhdetta telan päiden ja keskiosan välillä.
Viivapaine	Telapakan alimmaisen nipin leveysmetriä kohti syntyvä puristusvoima (kN/m). Paine syntyy telapakan painosta ja telapakkaa sylintereillä päistä kuormittamalla.

## 1 Johdanto

Insinööri työ on tehty Sappi Fine Paper European Kirkniemen tehtaalle. Työn tavoitteena on kartoittaa vaihtoehtoinen maaliinajoratkaisu paperikonelinjan 2 superkalantereille 3 ja 4. Superkalanterit sijoittuvat linjan loppupäähän ja niiden toiminnan pysähtyessä aiheutuu linjalle pullonkaula aiheuttaen koko paperilinjan pysähtymisen.

Työn aihe *Superkalanterien 3 ja 4 maalinajon vaihtaminen Sentry-järjestelmästä vaihtoehtoiseen järjestelmään* on ajankohtainen, sillä superkalantereiden automaatiojärjestelmät ovat 1980-luvulta ja niiden toimintavarmuus on laskenut. Syksyllä 2013 Sentry-automatiojärjestelmään tullut vika aiheutti usean viikon tuotantokapasiteetin laskun. Kirkniemen tehtaassa paperikonelinjan 1 superkalantereiden 1,2 ja 5 automaatiojärjestelmät uusittiin vuonna 2008 Metso DNA –järjestelmään. Paperikonelinjan 2 superkalantereille 3 ja 4 on myös optio automaatiojärjestelmän uusimiselle, mutta sitä ei vielä ole käytetty. Tulevaisuudessa uusiminen on välttämätöntä, sillä nykyiset järjestelmät ovat tulleet jo elinkaarensa päähän.

Superkalantereiden automaatiojärjestelmät koostuvat Ahlströmin (nykyisin Honeywell) toimittamasta Alcont1-automatiojärjestelmästä (tästä eteenpäin Alcont-järjestelmä) sekä Sentry XD –automatiojärjestelmästä (tästä eteenpäin Sentry-järjestelmä). Alcont-järjestelmään on vielä saatavilla rajoitetusti varaosia, kun taas Sentry-järjestelmään varaosia ei ole saatavilla. Maalinajosta vastaa Sentry-järjestelmä, ja työn tavoitteena on tutkia ja aikataulun salliessa toteuttaa maalinajo vaihtoehtoisella järjestelmällä.

## 2 Sappi

Sappi Limited on vuonna 1936 perustettu eteläafrikkalainen metsäteollisuuskonserni, joka kuuluu maailman johtaviin sellu- ja paperiyrityksiin. Yrityksen pääkonttori sijaitsee Johannesburgissa Etelä-Afrikassa. Liiketoimintayksiköihin kuuluvat Sappi Fine Paper, joka toimii Euroopassa, Pohjois-Amerikassa ja Etelä-Afrikassa, sekä Sappi Forest Product. Sappi Fine Paper valmistaa päällystettyä hienopaperia, päällystämätöntä graafista paperia, toimistopaperia sekä erikoispaperia. Sappi Forest Product hallinnoi ja omistaa yli 500 000 hehtaaria viljeltyä metsää. Yhteensä Sappi työllistää noin 14 000 työntekijää yli 20:ssä eri maassa ja asiakkaita sillä on yli 100 maassa. [Group Profile]

### 2.1 Sappi Fine Paper Europe

Sappi Fine Paper Europe (SFPE) on Sappi Limited konserniin kuuluva organisaatio, joka on johtava päällystetyn hienopaperin valmistaja Euroopassa. Hienopaperia käytetään aikakauslehdissä, katalogeissa, kirjoissa ja tulostimissa. Vuosittain SFPE tuottaa 3,8 miljoonaa tonnia paperia, joka on noin 64 % koko konsernin paperintuotannosta (Paperintuotanto yhteensä 5,9 miljoonaa tonnia). Euroopan konsernin pääkonttori sijaitsee Brysselissä ja Sapilla on yhteensä kahdeksan paperitehdasta Euroopassa (Kuva 1), joista Saksassa on kolme, Hollannissa kaksi ja Belgiassa, Itävallassa sekä Suomessa kussakin yksi. [Group Profile]





Kuva 1. Sappi Fine Paper Europe:n tehtaat ja toimistot. [Group profile]

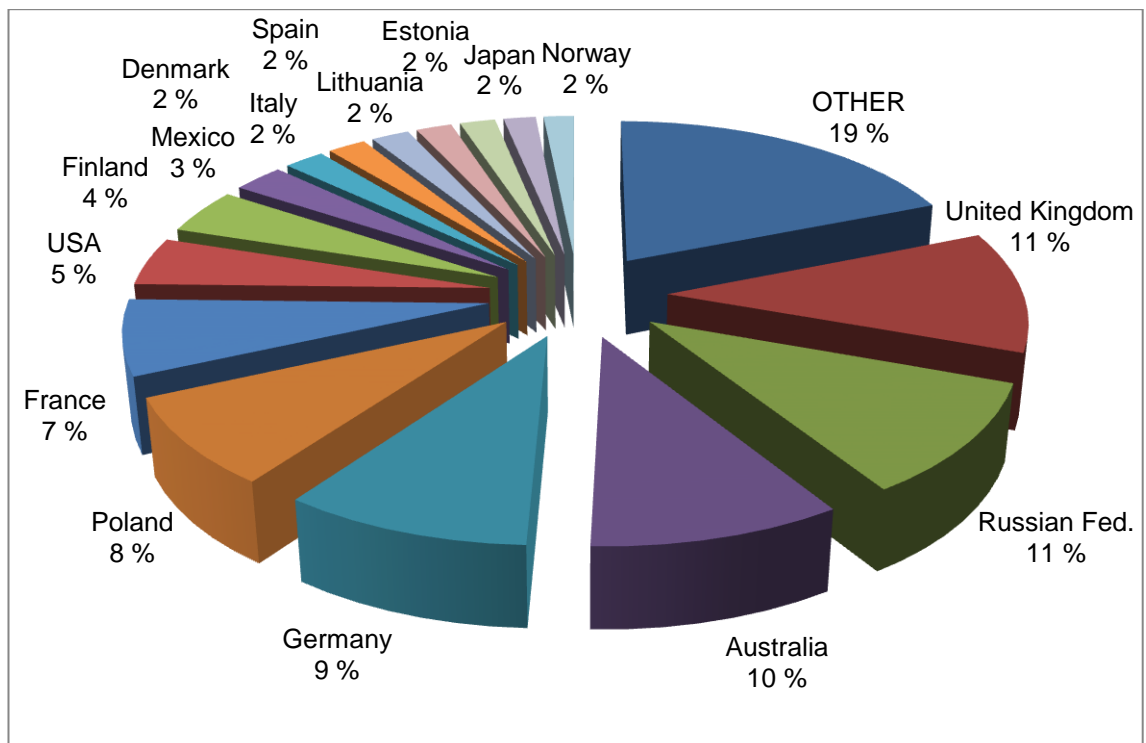
## 2.2 Sappi Kirkniemi

Kirkniemen paperitehdas (Kuva 2) on alun perin vuonna 1966 perustettu hienopaperia valmistava paperitehdas, jolloin ensimmäinen paperikone otettiin käyttöön. Vuonna 1972 tehtaalla otettiin käyttöön toinen paperikone ja vuonna 1996 kolmas. Sappi – konserni osti Kirkniemen tehtaan vuonna 2009 ja valmistaa edelleen kolmella paperilinjastolla päällystettyä hienopaperia. Tällä hetkellä tehtaalla työskentelee noin 600 paperialan ammattilaista. Kirkniemen tehdas on Sappi Fine Paper Europen toiseksi suurin tehdas. Kirkniemessä tuotetaan vuosittain 730 000 tonnia päällystettyä hienopaperia, sekä lisäksi tehdas valmistaa 330 000 tonnia erikoismassaa omaan käyttöön. Tuotteita ovat Galerie Lite (35-54 g/m<sup>2</sup>), Galerie Brite (57-80 g/m<sup>2</sup>), Galerie Fine (65-90 g/m<sup>2</sup>) ja Galerie Fine Silk (65-90 g/m<sup>2</sup>). PK1:llä valmistetaan Galeria Lite:a, PK2:lla Galeria Bri-

te:a ja PK3:lla Galeria Fine ja Fine Silk:ä. Kirkniemen tehtaan (Kuva 2) paperintuotannosta vuonna 2013 96 %:a päätyi ulkomaille (Kuva 3). [Sappi Kirkniemi Mill]



Kuva 2. Kirkniemen paperitehdas. [Sappi Kirkniemi Mill]

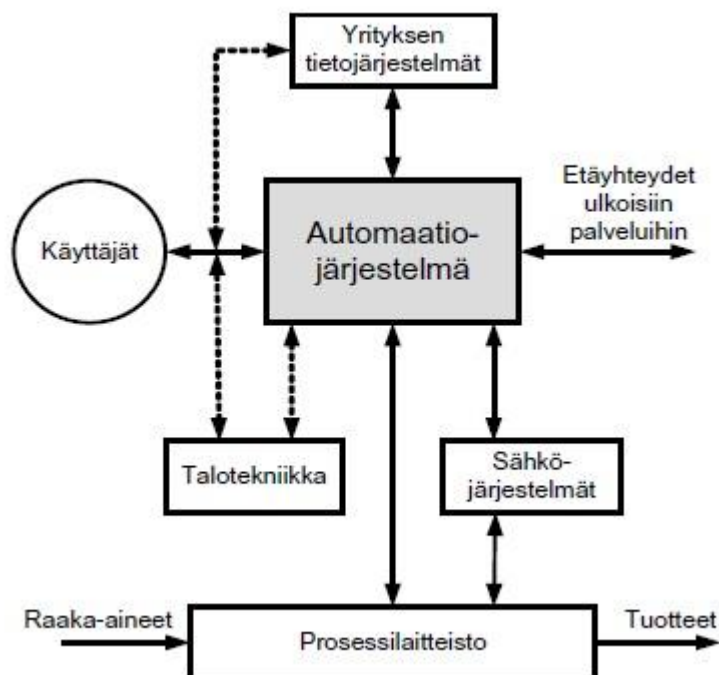


Kuva 3. Kirkniemen paperinmyynti vuonna 2013. [Sappi Kirkniemi Mill]

### 3 Automaatiojärjestelmä

Automaatiojärjestelmiä käytetään yleisesti teollisuudessa, erityisesti prosessi- ja kappaleletavarateollisuudessa. Yleensä automaatiojärjestelmät jaetaan kolmeen pääryhmään; prosessiautomaatioon, kappaleletavara-automaatioon ja panosautomaatioon. Tässä työssä paneudutaan prosessiautomaatiojärjestelmiin.

Fyysisesti automaatiojärjestelmä koostuu erilaisista automaatiolaitteista, kuten antureista, toimilaitteista, ohjaimista, käyttöliittymälaitteista ja tiedonsiirtolaitteista. Esimerkiksi antureiden ja toimilaitteiden kautta automaatiojärjestelmä kytkeytyy tehtaan prosessilaitteisiin, joiden kautta se hallitsee valmistusprosessia. Automaatiojärjestelmällä on tiivis yhteys tehtaan sähköjärjestelmiin (Kuva 4), sillä sähkömoottorien ohjaus tapahtuu yleensä moottorikeskusten kautta. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 10.]



Kuva 4. Automaatiojärjestelmän kytkennät ympäröivään maailmaan. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 10.]

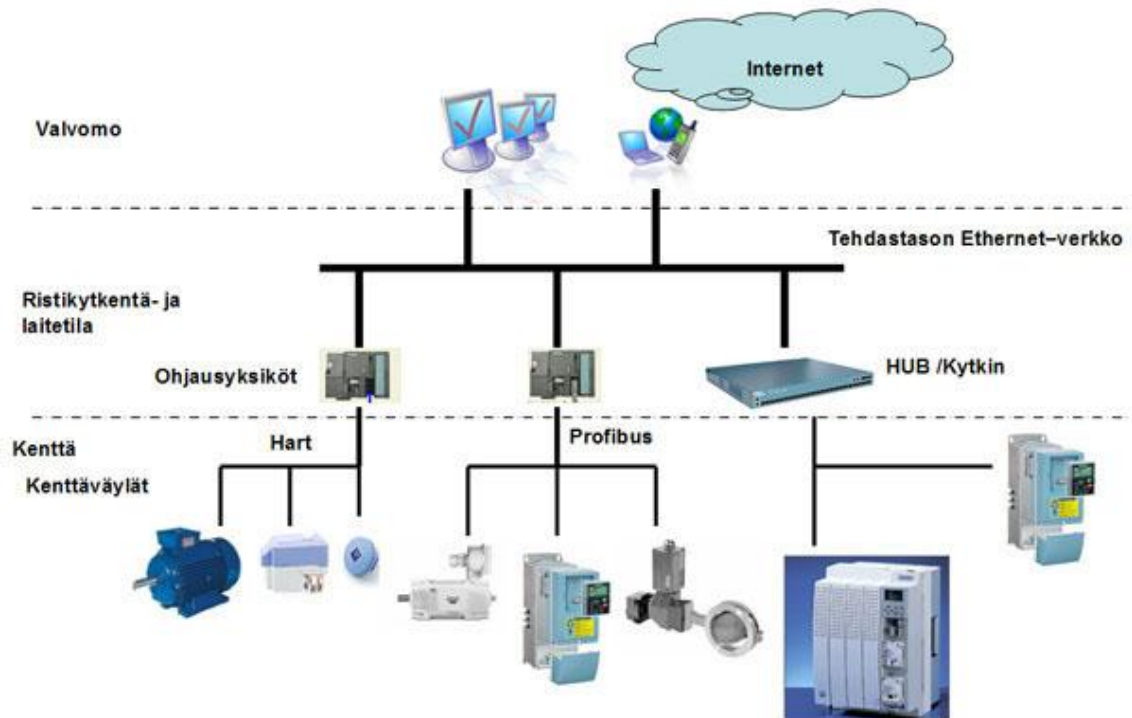
### 3.1 Historiaa

Automaatiojärjestelmien kehitys on alkanut 1930-luvulta, jolloin ensimmäiset laitteet olivat itsenäisiä takaisinkytkettyjä säätimiä. Releohjatut automaatiojärjestelmät alkoivat yleistyä 1960-luvulla. Ensimmäiset prosessitietokoneeseen perustuvat järjestelmät tulivat markkinoille 1970-luvulla, kun mikroprosessorien kehitys mahdollisti digitaalisen automaatiojärjestelmien kehityksen ja Honeywell TDC 2000 julkaistiinkin vuonna 1975. [Automaatiojärjestelmät: 2.]

Tiettävästi ensimmäinen kotimainen järjestelmä asennettiin 1979, järjestelmänä Valmet Damatic (Classic). Ahlström Oy:n kuuluva Altim Control julkaisi oman järjestelmänsä vuonna 1981, mikä sai nimekseen Alcont. Ensimmäiset automaatiojärjestelmiä hyödyntävät teollisuuden alat olivat metsä- ja metalliteollisuus. [Automaatiojärjestelmät: 3]

### 3.2 Prosessiautomaatiojärjestelmät

Prosessiteollisuuden automaatiojärjestelmät (PCS, Process Control System) on suunniteltu käytettäväksi suurissa kokonaisuuksissa, kuten paperikoneen, sellutehtaan, öljynjalostamon tai energialaitoksen ohjaamisessa. Käytännössä prosessiteollisuuden automaatiojärjestelmät ovat samanlaisia kuin kappaletavara-automaatiossa, mutta prosessiasemat ovat kookkaampia ja tehokkaampia kuin kappaletavara-automaatiossa yleisesti käytettävät PLC:t. Suurien prosessien ylös- ja alasajot voivat kestää tunneista päiviin, minkä vuoksi prosessiautomaatiolta vaaditaan erittäin suurta luotettavuutta. Johtuen prosessiautomaatiojärjestelmien hajautetusta rakenteesta kutsutaan niitä myös yleisesti nimityksellä DCS (Distributed Control System). Kuvassa 5 on esitetty kenttävyöhykkeen hyödyntävän automaatiojärjestelmän rakenne: Alimmalta tasolla ovat kentällä sijaitsevat toimilaitteet kuten ohjausyksiköt, lähettimet, anturit, mittalaitteet sekä prosessia ohjaavat toimilaitteet. Keskitasolla sijaitsevat toimilaitteiden ohjauksia kontrolloivat logiikkayksiköt/prosessiasemat. Ylimmällä tasolla ovat muun muassa valvomo-tietokoneet, erilliset ohjauspäätteet ja hälytyskirjoittimet, jotka voidaan myös liittää lähiverkkoon ja tarvittaessa Internetiin. [Automaatiojärjestelmät: 4.]



Kuva 5. Tyypillinen automaatiojärjestelmän rakenne. [Kunnossapito – automaatiojärjestelmä]

Prosessiasemat ovat siis joko teollisuus PC:tä tai sulautettuja tietokoneita, jotka ovat periaatteessa samanlaisia kuin ohjelmoitavat logiikat (PLC). Prosessiasemat vastaavat mittaustietojen keräämisestä ja jalostamisesta hoitaen prosessin säädön. Prosessiasemiin ohjelmoitavat automaatio-sovellukset hoitavat esimerkiksi moottoreiden ja pumppujen ohjaukset ja säädöt. [Automaatiojärjestelmät: 5.]

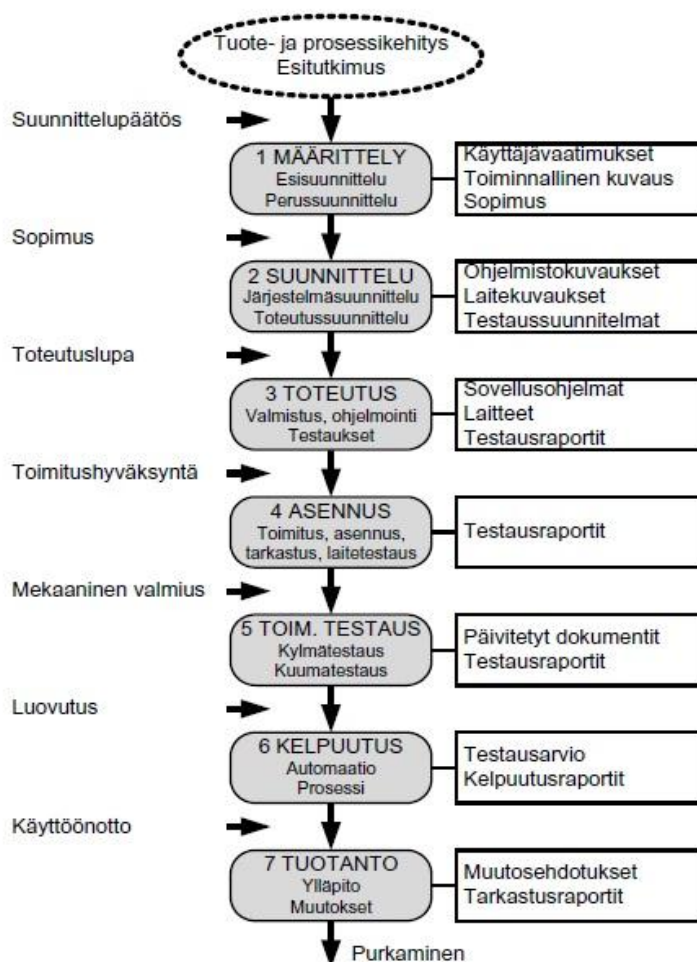
Prosessiasemien ja toimilaitteiden väliseen viestintään käytetään I/O-kytkentöjä. I/O voi olla kytkettynä suoraan prosessiasemaan tai se voi sijaita lähempänä toimilaitteita (Etä-I/O), jolloin se kytketään prosessiasemaan kenttäväylän / koaksiaalikaapelin avulla. Tiedonsiirto toimilaitteiden/instrumentoinnin ja prosessiaseman välillä tapahtuu joko perinteisemmällä jännite- / virtaviestillä (esim. 4 - 20 mA tai 0 - 10 V) tai käyttäen kenttäväyliä. I/O-kehikot ja niihin kytkettävät I/O-kortit sijaitsevat yleensä ristikytkentätalassa, joihin jokaiselta virta- ja jänniteviestistä käyttävältä instrumentilta tuodaan oma kaapeli. Tyypillisimmät I/O-kehikossa sijaitsevat I/O-kortit ovat tyypiltään AI (analogia input), AO (analogia output), DI (digital input) sekä DO (digital output). Katsottaessa I/O-kortteja automaatiojärjestelmän kannalta, ovat mittaukset ja tilatiedot tuloja (input) ja lähdöt (output) säätöjä ja ohjauksia. Analogisia mittauksia (AI) ovat suureet, joiden vaihteluväli muuttuu, kuten lämpötila tai paine. Toimilaitetta jollakin vaihteluvälillä

(esim. 0 - 100%) ohjaavat ohjaukset ovat analogisia lähtöjä (AO), esimerkiksi säätöventtiili. Digitaalisia tuloja (DI) ovat tilatieto tiedot, esimerkiksi päällä/pois. Digitaalisia lähtöjä (DO) ovat esimerkiksi auki/kiinni ohjaukset. [Automaatiojärjestelmät: 5-6.]

Valvomoasemat toimivat käyttöliittymänä automaatiojärjestelmään. Käyttöliittymät ovat siis operaattorin ja automaatiojärjestelmän välinen rajapinta. Nykyään käyttöliittymiä pyörittävät normaalit toimistotietokoneet, kun aikaisemmin käytössä on ollut järjestelmäkohtaisia päätteitä. Käyttöliittymän näytöt rakennetaan yleensä hierarkkisesti ja mahdollisimman selkeiksi. Operaattorin tulee nähdä prosessin tärkeimpien suureiden mittaukset ja ohjaukset. Näyttöjen luomiselle prosessiautomaatiojärjestelmässä hyvä lähtökohta on prosessista luodut PI-kaaviot. [Automaatiojärjestelmät: 9.]

#### 4 Automaatio suunnittelun elinkaarimalli

Automaatiojärjestelmän elinkaari voidaan jakaa peräkkäisiin vaiheisiin, mutta vaihejaon lisäksi elinkaarimallissa on hyvä kuvata käsiteltäviä ja tuotettavia tietoja, tukiprosesseja sekä käytettäviä suunnitteluresursseja. Elinkaari esitetään usein eri tavoin riippuen alasta ja standardeista. Myös jokaista käytännön projektia kohden tulee menettely sovitaa tapauskohtaisesti. Kuvassa 6 on esitelty esimerkkinä Suomen Automaatioseura ry:n julkaisuissa *Automaation laatu – parhaat käytännöt* käytetty vaihejako. [Automaatio suunnittelun prosessimalli: 15.]



Kuva 6. Automaatiojärjestelmän elinkaarimalli sisältäen välietapit sekä tärkeimmät tulokset. [Automaatio suunnittelun prosessimalli: 16.]

Elinkaarimallin vaiheiden määrittely Automaatioseura Ry:n mukaan:

- Määrittelyvaihe (specification phase): Automaatiojärjestelmän vaatimukset ja toiminnot määritellään toimittajan puolella tapahtuvaa tarkempaa suunnittelua ja toteutusta varten.
  - Esisuunnittelu (preliminary design): Asiakas määrittelee järjestelmän käyttäjävaatimukset sekä laatii alustavan kelpuutus suunnitelman. Lisäksi esisuunnittelussa arvioidaan järjestelmän hyödyt ja kustannukset investointipäätöksen tekemistä varten.
  - Perussuunnittelu (basic design): Asiakas ja toimittaja kuvaavat automaatiojärjestelmän toiminnot sopimusta, tarkempaa suunnittelua ja toteutusta varten.
- Suunnitteluvaihe (system design): Toimittaja tarkentaa perussuunnittelun aineistot järjestelmän toteutusta varten. Suunnitteluvaiheen päätehtäviä ovat järjestelmäsuunnittelu ja toteutussuunnittelu sekä testaussuunnitelmien laatiminen. Suunnitteluvaiheen etappina on toteutuslupa järjestelmälle tai sen osalle.
- Toteutusvaihe (implementation phase): Toimittaja valmistaa, kokoaa ja testaa automaatiojärjestelmän. Toteutusvaihe päättyy tehdastestien tultua hyväksytyiksi etappiin nimeltä toimituslupa, jossa asiakas ja toimittaja yhdessä toteavat järjestelmän olevan valmis siirrettäväksi asennuspaikalle.
- Asennusvaihe (installation phase): Automaatiojärjestelmä kaikkine komponentteineen ja ohjelmistoineen toimitetaan asennuspaikalle ja asennetaan. Laitteistotestauksen avulla tarkistetaan, että järjestelmä toimii ja on suunnittelukuvausten mukainen. Asennusvaiheen päättyessä automaatiojärjestelmä on valmis toiminnallista testausta varten (mekaaninen valmius).
- Toiminnallinen testausvaihe (commissionin): Toimittaja osoittaa kylmä- ja kuumatestausten avulla, että asiakkaas tiloihin asennettu järjestelmä vastaa toiminnallista kuvausta ja sopimusta. Hyväksytyjen testausten perusteella järjestelmä voidaan luovuttaa asiakkaalle.
- Kelpuutusvaihe (validation phase): Muodostuu automaation teknisestä loppukelpuutuksesta ja prosessikelpuutuksesta. Kelpuutus on tarpeen erityisesti turvallisuuden kannalta vaativissa sovelluksissa (esim. voimalaitosten suojausjärjestelmissä ja lääketeollisuudessa), joissa vaaditaan järjestelmän laadun dokumentoitua osoittamista. Tosin vastaava jakso voidaan erottaa muissakin kohteissa, esimerkiksi takuuajana järjestettävänä suorituskykykokeina.
- Tuotantovaihe (production phase, operation phase): Kelpuutettua automaatiojärjestelmää käytetään tuotteiden valmistukseen. Muutokset ovat periaatteessa pieniä projekteja, jotka käynnistyvät määrittelyvaiheesta.



## 5 Automaatiosuunnittelun sisältö

### 5.1 Lähtötiedot ja vaatimukset

Käytettäessä elinkaarimallin mukaisia vaiheita automaatiosuunnittelun tukena, tulee järjestelmän vaatimukset ja niihin liittyvät lähtötiedot kerätä yhteen. Tällaisia tietoja ovat muun muassa investoinnin liiketoiminnalliset tavoitteet, prosessikuvaukset, henkilöstön tehtävät sekä maantieteellisen toimintaympäristön ominaisuudet. Ne edustavat automaatiojärjestelmän käyttäjien näkökulmaa ja ongelma-avaruutta. Automaatiosuunnittelijan on usein hankittava kyseiset tiedot muilta suunnittelun osapuolilta. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 19.]

Periaatteessa oikea lähestymistapa automaatioprojektin toteutuksessa on analysoida ensin vaatimukset perusteellisesti, määritellä järjestelmän toiminta toteutusriippumattomasti ja siirtyä toteutukseen vasta viimeisessä vaiheessa. Tällöin suunnittelun vapaudet säilytetään mahdollisimman pitkään ja kussakin suunnittelun vaiheessa voidaan valita lopputuloksen kannalta paras vaihtoehto. Tämä ei kuitenkaan ole tehokkainta silloin, kun aikataulu on tiukka, sovellusalue on tuttu ja kun on tarjolla valmiita ratkaisuja. Onkin siis löydettävä tasapaino räätälöinnin ja valmiiden ratkaisumallien tai tuotteiden välillä. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 20.]

Määriteltäessä automaatiota tulee perehtyä tuotteeseen, tuotantoon, henkilöstöön ja erityisesti prosessikuvaukseen, joka kuvaa prosessia tai sen osia, ja joita automaation on tarkoitus hallita. Kuvaus sisältää muun muassa seuraavia asioita: PI-kaaviot, ajotapakuvaukset, konfiguraatiot ja käynnistyssekvenssit, lukitukset, eri tuotantotilanteet ja niiden vaihtoon liittyvät toimenpiteet, normaalit ja hätäpysäytykset sekä laitoksen purkamisen käyttöiän lopulla. Prosessikuvauksen perusteella kerätään lähtötietoihin muun muassa I/O-lukumäärät, säätöpiirien lukumäärät, toimilaitteiden mitoitus tiedot, erilaisten näyttöjen lukumäärät sekä tiedot henkilöstöstä, laitoksesta ja muista ulkoisista asennuksista, jotka on otettava huomioon. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 20.]

Yleensä lähtötietojen hankinta jää tilaajan vastuulle. Uusia laitoksia suunniteltaessa lähtötiedot syntyvät pääasiassa prosessi- ja tehdassuunnittelun tuloksena. Vanhoissa laitoksissa lähtötietojen löytäminen voi olla haastavaa ja se voi vaatia pahimmillaan laitoksen läpikäymistä. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 21.]

Käytännössä vaatimukset esittävät ne ominaisuudet, jotka toimituksen tulee täyttää. Vaatimuksissa ilmenee siis ympäristöön, toimintaan ja käyttöön liittyvät ominaisuudet sekä mahdollisesti myös suorituskykyyn, käytettävyyteen, luotettavuuteen, päästöihin ja turvallisuuteen liittyviä ominaisuuksia. Lisäksi velvoite standardien noudattamisesta voidaan sisällyttää vaatimuksiin. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 21.]

## 5.2 Automaatiojärjestelmän tiedot ja toiminnot

Edellisessä luvussa käsitellyt vaatimukset ja lähtötiedot määrittelevät sen, millaista käyttäytymistä tai palveluita automaatiojärjestelmältä edellytetään. Tällaisia voivat olla esimerkiksi virtauksen säätäminen tai automaattinen alasajo vikatilanteessa. Myös suorituskykyyn liittyviä ominaisuuksia, kuten mittauksen tarkkuus, voidaan määrittellä vaatimuksissa. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 21.]

Seuraavalla kuvaustasolla, tiedot ja toiminnot, määritellään tarkemmin järjestelmän toimintalogiikka. Yhtenä toimintalogiikan esitysmuotona voidaan pitää mahdollisten skenaarioiden kuvaamista toivotuista tapahtumaketjuista. Koska pelkkien skenaarioiden kuvaaminen ei ole tarpeeksi kattava, on yleensä tapana kuvata lisäksi automaatio-sovelluksen oliot (tiedot ja toiminnot) sekä säännöt ja laskentakaavat, joiden avulla saavutetaan haluttu käyttäytyminen. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 22.]

Automaatiojärjestelmän tietoja ja toimintoja kuvatessa siirrytään toimittajan maailmaan, ratkaisuvaramuuteen, kun vaatimukset ja lähtötiedot ovat käyttäjän ongelma-avaruutta. Tiedot ja toiminnot toimivat asiakkaan ja toimittajan välisen sopimuksen pohjana, jolloin on tärkeää, että tiedot ja toiminnot on esitetty myös asiakkaan kannalta selkeästi. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 22.]

Sovellusläheisten ohjelmointikielien, kuten toimilohkokaavioiden, käyttö automaatiojärjestelmissä on tänä päivänä yleistä. Ne muistuttavat esitystavaltaan loogisen mallin kuvauksia, jolloin joskus voidaankin jättää toiminnallinen kuvaus tekemättä. Näin toimitaessa säästetään myös kustannuksissa. Tosin joskus sovellus voi sisältää uudenlaisia tai vaativia osuuksia, jotka tulee määrittellä huolellisesti. Esimerkiksi monimutkainen varastokirjanpito automaatiojärjestelmän hoidettavana edellyttää sovellusalueen käsitteistön ja tietomallin laatimista esimerkiksi oliopohjaisia menetelmiä käyttäen. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 22.]

Ensimmäisiä loogisen mallin osuuksia ovat erityyppisten perustoimintojen luettelot. Tällaisia perustoimintoja ovat muun muassa prosessiliitännät, säätöpiirit, sekvenssit ja näytöt. Nämä usein riittävät yksinkertaisemmissa tapauksissa, mutta yleensä määriteltyä tulee tarkentaa heti perussuunnittelun alussa. Toisaalta kopioitavat tyyppiratkaisut ja yleiset suunnitteluperiaatteet, kuten poikkeustilanteiden hallinta, hälytysten käsittely sekä käyttöliittymät, on syytä täsmentää. Toisaalta taas järjestelmän toiminnallista arkkitehtuuria on lähdettävä määrittelemään, mieluiten ylhäältä alas, laajoista kokonaisuuksista kohti yksityiskohtia. Toiminnalliset kuvaukset muuttuvat ja täydentyvät myöhemmissä suunnittelu- ja toteutusvaiheissa, vaikka toimintojen tulisikin olla sovittuna jo perussuunnittelun lopussa ja sopimusta tehdessä. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 22.]

### 5.3 Teknologiavalinnat

Automaatiojärjestelmän suunnittelun edetessä teknologian valintaan, on tekniikasta riippumaton lähtökohta usein perusteltu, sillä toteutuksen yksityiskohdista riippumattomat suunnitelmat ovat periaatteessa paremmin käytettävissä uudelleen. Tällöin toteutusteknologian vaihtuessa voidaan hyödyntää vanhoja toimintakuvauksia ja suunnittelun perusteita esimerkiksi prosessin yhtä osaa koskevassa uusinnassa. Usein kuitenkin teknologiavalintoja joudutaan tekemään jo aikaisessa vaiheessa. Tähän vaikuttaa yleisten linjausten vaatimukset (esimerkiksi kenttäväylä välttämätön) ja kaupallisten tuotteiden valinta. Asiakas voi esimerkiksi vaatia tietyn tekniikan ja toimittajan käyttöä. Myös suunnittelijan osaaminen ja kokemus vaikuttavat teknologiavalintoihin. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 23.]

Osa laitteista voidaan joutua tilaamaan jo heti investointipäätöksen jälkeen, johtuen laitteiden pitkästä toimitusajasta. Tämä kuitenkin rajoittaa suunnittelutyön mahdollisuuksia ja asettaa omat vaatimukset suunnittelutyölle ja lisäksi vaikuttaa myös muihin teknologiavalintoihin. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 23.]

### 5.4 Laitteet ja ohjelmistot

Automaatiojärjestelmän toteutuksen kuvaus toimii järjestelmän mallina ja määrittelee siihen kuuluvat laitteistot ja ohjelmistot. Kuvaus määräytyy vaatimusten, loogisen mallin

sekä teknologiavalintojen perusteella. Kokonaisarkkitehtuurin määrittely tapahtuu yleensä perussuunnitteluvaiheessa, jolloin tulee määrittellä myös yksityiskohtaisessa suunnittelussa käytettävät ohjeet, standardit ja malliratkaisut. Suunnittelun päättyessä sisältää toteutuksen kuvaus kaiken tarvittavan informaation automaatiojärjestelmän hankintaa, valmistusta, ohjelmointia, testausta ja asentamista varten. Järjestelmän kuvaus voi sisältää esimerkiksi seuraavat tietosisällöt [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 23.]:

- Laite- ja ohjelmistoarkkitehtuuri
- Kaapelointi ja tiedonsiirtoverkko
- Ohjelmistojen kuvaus
- Asennuskuvaus
- Näyttöjen määrittelyt
- Laite- ja ohjelmistotestauksien kuvaus.

#### 5.5 Käyttö- ja ylläpitoprosessin kuvaus

Automaatiojärjestelmän kuvaus sisältää siis järjestelmän rakenteen ja toiminnan sekä menettelyt ja työkalut, joilla käytetään ja ylläpidetään järjestelmää sen elinkaaren eri vaiheissa. Siksi toimittajan tuottamat käyttö- ja ylläpitoprosessin kuvaukset ovat tärkeä osa automaatiojärjestelmän toimitukseen kuuluvaa kokonaisuutta. Usein ne tosin laaditaan yhteistyössä muiden osapuolten kanssa. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 24.]

Suunnittelun alusta lähtien on otettava huomioon käyttö ja ylläpito. Tällöin tulee tunnistaa olemassa olevan organisaation ominaisuudet, tarpeet ja kehitystavoitteet. Esimerkiksi koulutustaso, tavoiteltu automaatioaste ja vuorojärjestelmä ovat huomioimisen arvoisia asioita. Jotta automaatiota voidaan suunnitella käyttäjän näkökulmasta, tulee kuvata esimerkiksi vakanssit ja niiden vastuut, oikeudet ja tehtävät sekä tehtävien hoitamisessa tarvittavat tiedot ja operointimahdollisuudet. Tietoja voidaan kerätä muilta projektiosapuolilta tai haastatteleamalla käyttäjiä ja ylläpitäjiä. Investoinnin budjettikehys, prosessin vaativuus ja automaatioteknologian taso ovat automaatioasteeseen vaikuttavia reunaehtoja. [Automaatiosuunnittelun prosessimalli: 24.]

Käyttöliittymän määrittelemiseen vaikuttaa suuresti käyttäjien määrät ja tehtävät. Esimerkiksi henkilöstöhallinnolta saadaan tarvittaessa lisätietoa käyttäjistä. Ajotapakeskusteluun tulisi saada mukaan kaikkien osapuolien edustajat (tilaaja, automaatio-suunnittelija, prosessisuunnittelija ja käyttö- ja ylläpitohenkilöstön edustajat). Kyseisessä keskustelussa käydään läpi automaatiojärjestelmän toiminnot ja tavat, joilla sitä käytetään ja ylläpidetään. Keskustelun pohjalta syntyvien prosessin ja automaatiojärjestelmän toimintaselostusten, näyttömallien ja ajotapakuvausten perusteella saadaan aikaan kasaan aineisto, joka toimii käyttäjien ohjeistona. Automaatiotuote (automaatioalusta) voi olla vielä auki, jolloin kuvaukset tehdään ylemmällä tasolla. [Automaatio-suunnittelun prosessimalli: 24.]

Perussuunnittelun valmistuttua voi toimittaja ryhtyä järjestelmän rakenteen ja toteutuksen suunnitteluun. Usein yksityiskohtia joudutaan kuitenkin tarkentamaan myöhemmin. Toteutuksen päätyttyä järjestetään tehdastestit, jolloin käyttäjät astuvat jälleen esiin. Testeissä varmistetaan järjestelmän toimivuus, mutta ne ovat tärkeitä myös käyttäjien ja ylläpitäjien koulutuksen kannalta. Tällöin alustavien ohjeiden olisi hyvä olla käytettävissä ja arvioitavissa. Koulutuksen kannalta tärkeitä vaiheita ovat myös seuraavaksi suoritettavat asennusvaiheet ja toiminnalliset testaukset, jolloin käyttöohjeiden viimeistään tulisi olla laadittuna. Pitää kuitenkin huomioida, että toimintaprosessia ja sitä ohjaavien ohjeiden ja apuvälineiden kehittäminen jatkuu myös tuotannon aikana, kun tuotteet ja järjestelmät muuttuvat tai kun halutaan parantaa tuotannon tehokkuutta ja laatua. [Automaatio-suunnittelun prosessimalli: 24.]

## 6 Superkalanteri

Off-line – kalanteri on paperi- ja päällystyskoneen jälkeen toimiva erillinen kone, joka koostuu aukirullaimesta, telastosta ja kiinnirullaimesta. Kalanteroinnilla tarkoitetaan prosessia, jossa paperi kulkee yhden tai useamman nipin välistä. Nipillä tarkoitetaan kahden telan muodostamaa väliä. Aukirullaimen tuodaan paperi- tai päällystyskoneella tehty paperirulla, mistä paperi johdetaan telastoon ja sitä kautta kiinnirullaimelle. Paperin mentäessä nipin läpi muuttua se muotoaan paksuus- sekä tasosuunnassa. Kalanterointi on paperinvalmistusprosessin viimeisin vaihe, jonka jälkeen paperi on käytännössä painovalmista. [Hägglom-Ahnger & Komulainen: 204.]



Kuva 7. Kirkniemen paperitehtaan superkalanteri 4.

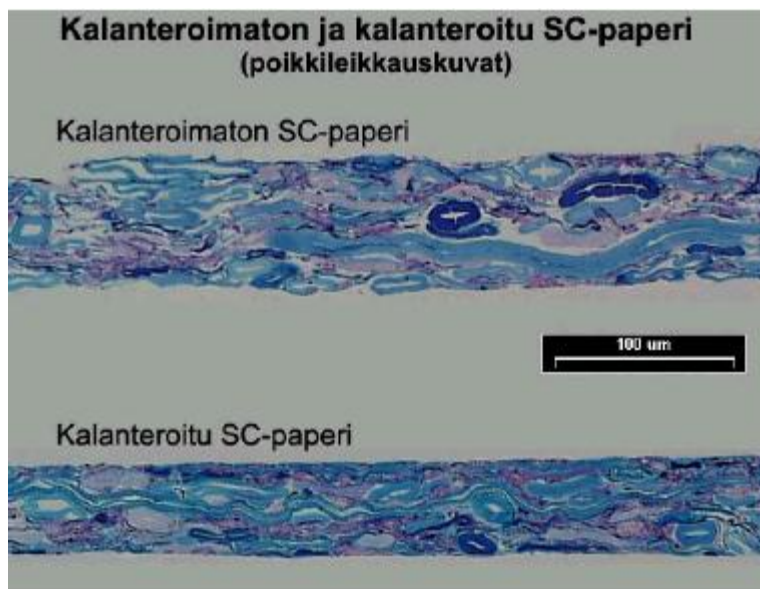
### 6.1 Superkalanteroinnin vaikutus paperiin

Supercalanteroinnilla parannetaan päällystettyjen painopapereiden painettavuusominaisuuksia (Kuvat 8-9) kuten sileyttä ja kiiltoa sekä hallitaan paksuusprofiilia. Samanlaisesti tosin heikkenevät paperin ajettavuuteen ja käytettävyyteen liittyvät ominaisuudet kuten jäykkyys, lujuus ja vaaleus. Kalanteroinnissa paperin tiheys voi kasvaa jopa

kaksinkertaiseksi, jolloin paksuus putoaa puoleen. [Hägglom-Ahnger & Komulainen: 204.]



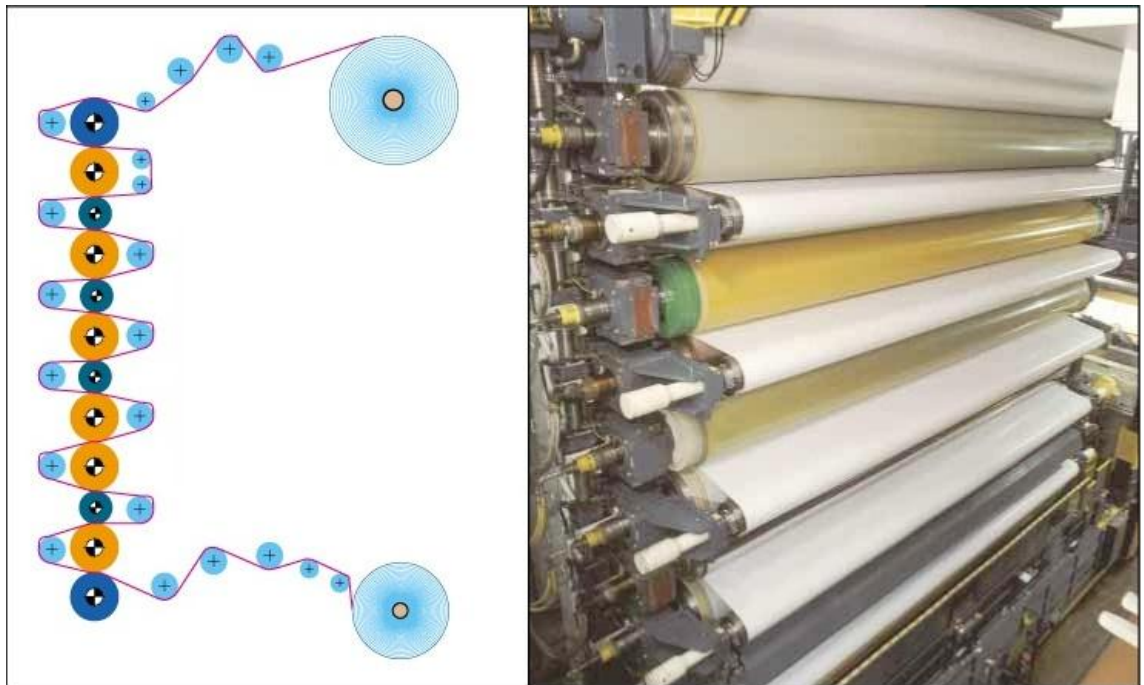
Kuva 8. Kalanteroinnin vaikutus päällystetyn paperin pintaan. [KnowPap Versio 15.0]



Kuva 9. Superkalanteroinnin vaikutus paperin tiheyteen ja pinnan sileyteen. [KnowPap Versio 15.0]

## 6.2 Superkalanterin rakenne

Rakenteellisesti superkalanteri koostuu aukirullaimesta, telastosta ja kiinnirullaimesta (Kuva 10), joka on varustettu painotelalla. Perinteisessä superkalanterissa on normaalisti 12 telaa, joiden nippejä säädetään puristusaineella. Kirkniemen superkalanterit kolme ja neljä ovat Kleinewefen:n valmistamia ja niissä on molemmissa 10 telaa. Telasto muodostuu kovista kokilliteloista ja joustavista paperi-/polymeeriteloista. Jotta molemmat puolet paperista saadaan käsiteltyä, on kalanterissa kääntönippi, jossa on vastakkain kaksi pehmeää telaa. Aukirullaimen ja telaston välissä sekä telaston takana on hissi, joka helpottaa päänvientiä ja huoltotöitä. [Hägglöf-Ahnger & Komulainen: 213.]



Kuva 10. Superkalanteri koostuu auki- ja kiinnirullaimesta sekä telastosta.

Pääkäyttö on nimensä mukaisesti superkalanterin pääryhmä. Pääkäytön moottori pyörittää vetotelaa, joka määrää superkalanterin ajonopeuden. Pääkäyttö on aina nopeussäädetty. Auki- sekä kiinnirullauksessa on keskiökäytöt. Nimensä mukaisesti moottorit pyörittävät tampuurirautaa sen keskiöstä. Keskiökäyttöillä on nopeussäädön lisäksi kireyssäätö. Paperin kireyttä mitataan mittaustelan laakeripukkien alle asennetuilla voima-antureilla. Paperin päänviennin yhteydessä kireyssäätö aktivoituu automaattisesti määrätyn kireystason ylittyessä. Tämän jälkeen sähkökäyttö säätelee moottorille momentin (= virran (DC käyttö)) jolla aseteltu kireys toteutuu. Sähkökäyttö huomioi kireyttä



säätäessään paitsi halkaisijamuutoksen, myös superkalanterin kiihdytys- ja hidastusvaiheet. [Niemi. 2014]

Paperin sileys ja kiilto muodostuu, kun paineen vaikutuksesta kokilli-/polymeeritela painuu osittain paperitelaan synnyttäen nopeuseroja paperin pintojen ja telojen pintojen välillä. Sileyteen ja kiiltoon vaikuttaa paperin nipeissä kuluva aika, pintojen väliset nopeuserot ja viivapaine. Kiillotustapahtuman ja paksuusprofiilien hallinnan kannalta on välttämätöntä, että kiillotustelaston lämpötilaa voidaan säätää ja että kiillotustapahtuman aikana telastoon syntyviä lämpötilaeroja on mahdollista tasata. Kalanterin ylä- ja alaosien kokilliteloissa onkin erilliset lämpösäädetyt vesikierrot, joiden avulla telaston ylä- ja alaosan lämpötiloja voidaan säätää. [Päällystetyn paperin kiillotus.]

### 6.3 Maaliinajo

Maaliinajolla tarkoitetaan superkalanterin pysäytystä haluttuun aukirullaimen halkaisijalle asetettuun asetusarvoon, toisinsanoen raudalle jäävän paperin määrää (mm).

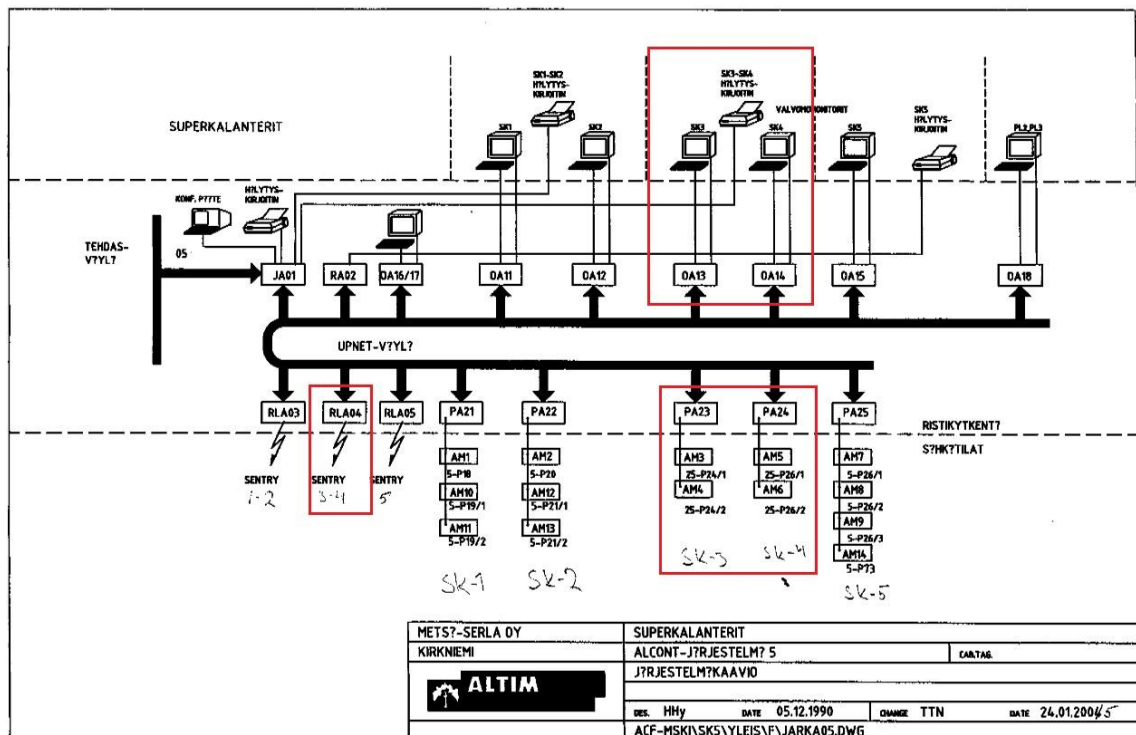
Superkalanteri sähkökäytöt mahdollistavat paperirullan kulun aukirullaimelta kalanterin läpi kiinnirullaimelle. Jokaiselta käytöltä lähtee pulssianturin kautta pulssitieto (0-18kHz) Sentrylle, joka laskee halkaisijan ja vertaa asetusarvoa mitattuun arvoon. Ehdon täyttyessä lähtee Sentryltä digitaalilähtönä tieto releelle d41(Liite 1), joka ohjaa käyttöjen rampin mukaan superkalanterin hallitusti pysähdyksiin. Tällä hetkellä Sentryjärjestelmään syötetään haluttu maali ja ratanopeus (Kuva 11). Hetkellinen paperia raudalla – arvo ja ratanopeus näkyy myös Sentryn näytöltä.



Kuva 11. Sentryn ajonäyttö. Kohtaan AJP4 AA syötetään maalinajon ohjearvo (mm). AJP4 MA kohdassa näkyy mitattu hetkellisarvo (mm).

## 7 Superkalantereiden automaatiojärjestelmä

Superkalantereiden ohjausjärjestelmä perustuu Ahlströmin valmistamaan Alcont1-automatiojärjestelmään, joka koostuu järjestelmä-, raportti-, operointi- ja prosessiasemasta. Asemat on kytketty toisiinsa Upnet-väylän avulla (Kuva 12). Ristikytkentätiloissa sijaitsevan Alcont- ja Sentry-järjestelmän lisäksi on sähkötiloissa erilliset Aldix-moduulit, jotka toimivat ikään kuin apuprosessoreina ja etä-I/O:na. Ne voivat suorittaa Alcont1-prosessiasemaakin nopeampia ohjelmakiertoja.



Kuva 12. Superkalantereiden kolme ja neljä järjestelmäkaavio.

Superkalantereiden kolme ja neljä ohjaus tapahtuu yhteisestä valvomosta. Molemmilla kalantereilla on identtiset ohjausjärjestelmät. Valvomon hallintajärjestelmiin kuuluu Alcont-järjestelmän näyttöpaneeli ja näppäimistö kuin myös Sentry-järjestelmälle (Kuva 13). Lisäksi Sentryyn yhdistetyt digitaalinäytöt kertovat kiillon arvon kiillon arvon (Gloss unit).

Ohjausjärjestelmästä ohjataan ja seurataan telaston kuormituspainetta, TK-telojen painetta, kiinnirullaimen painotelan kevennyspainetta, telojen lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmää, hydraulikka- ja voitelujärjestelmää sekä on-line mittauksia. On-line mittaukset suorittaa mittapalkki, joka mittaa paperin kiiltoa. Mitattavia paperitekniisiä mittauksia

kalanterointiprosessissa ovat kiillon lisäksi paksuus, neliömassa sekä kosteus. [Päällystetyn paperin kiillotus.]



Kuva 13. Superkalanterin 4 ohjausjärjestelmä. Vasemmalla Sentryn ja oikealla Alcontin näyttö ja näppäimistö.

## 7.1 Prosessiasema (PA)

Prosessiasema on järjestelmän "aivot", jossa tapahtuu loogisten toimintojen sekä säätötoimintojen toteutus, tietojen vastaanotto ja lähetys, hälytystietojen välitys ja liitäntä prosessiin.

Prosessiasema muodostuu kenttäliitäntäkorttien lisäksi [Tirkkonen J.]

- Keskusyksiköstä (Intel 8086 + 8087)
- Akkuvarmistetusta lukikirjoitusmuistista (0,3 – 0,6Mt)
- Asynkronisesta sarjaliitännästä
- Uplanet – väyläliitännästä
- Prosessiliitännöistä
- Diagnostiikkakorteista, ALM-väylän jatkokorteista ja laitevalitsinkorteista
- Kehikkokohtaisista teholähteistä.

## 7.2 Järjestelmäsäema (JA)

Järjestelmäsäema huolehtii operointiasemilta tulevien komentojen tulkitsemisesta ja välittämisestä edelleen muille asemille. Lisäksi JA huolehtii kuvatietojen talletuksesta ja lähetyksestä operointiasemille sekä hälytystietojen käsittelystä. Järjestelmäsäema koostuu seuraavista komponenteista [Tirkkonen J.]:

- Prosessori CPU 88 (Intel 8088)
- Ohjelmamuisti (300 – 420kt)
- Akkuvarmennettu lukikirjoitusmuisti (240 – 440kt)
- Kommunikointiliitäntä Uplanet- ja tehdasväylää varten
- Digitaalinen lähtökortti diagnostiikkaa ja hälytyssummeria varten
- 4 asynkronista sarjaliitaintä 300 – 9800 (bit/s) oheislaitteille
- Laitevalitsin sekä väylän jatkokortit
- 5V/10A:n kehikkokohtaiset teholähteet.

## 7.3 Raporttiasema (RA)

Raporttiaseman tehtäviin kuuluu historiatietojen keruu ja tallennus prosessiasemilta sekä raporttien muodostaminen. Myös tietojenkeruun synkronoinnista vastaa raporttiasema.

Raporttiasemaa koostuu [Tirkkonen J.]:

- Keskusyksiköstä (Intel 8088)
- Aritmetiikkaprosessorista
- Ohjelmamuistista (n.450kt)
- Akkuvarmennetuista lukukirjoitusmuistista (270-440kt)
- Winchester – levymuistiliitännästä
- Neljästä asynkronista sarjaliitännästä (300 – 9600 bit/s)
- Upnet – väyläliitännästä
- Diagnostiikkakorteista, ALM-väylän jatkokorteista ja laitevalitsinkorteista
- 5V/10A:n kehikkokohtaisesta teholähteestä.

#### 7.4 Operointiasema (OA)

Operointiasema on valvomon työkalu, joka huolehtii kuvatietojen vastaanotosta ja näytöstä, elävien kuvien ylläpidosta, näppäinpainallusten tulkinnasta ja käskyjen välityksestä järjestelmäasemalle sekä sormiosoituksen tulkinnasta. Seuraavat komponentit muodostavat operointiaseman [Tirkkonen J.]:

- Keskusyksikkö (Intel 8085)
- Lukukirjoitusmuisti (16kt)
- Videoliitäntä
- 2 asynkronista sarjaliitääntä, operointinäppäimistö ja sormiosoitusyksikkö
- Upnet – väyläliitäntä
- Diagnostiikkakortti ja laitevalitsinkortti
- 5V/10A kehikkokohtainen teholähde.

## 7.5 Upnet-väylä

Väylä koostuu kahdennetusta koaksiaalikaapelista, jonka nopeus on 1 Mbit/s ja siirtoetäisyys 1,5-2km. Sen avulla kaikki väylään liitetyt laitteet voivat keskustella keskenään. Väylän nopeuteen vaikuttaa siirtonopeus ja väylän haltuunottoon kuluva aika siitä, kun edellinen sanoma lähetettiin. Haltuunottoaika on saatu lyhyeksi antamalla jokaiselle laitteelle oma prioriteettilukunsa. Ylimmän prioriteetin omaavan laitteen lähettämän sanoman jälkeen voi toisella prioriteettitasolla oleva laite lähettää sanomansa toista väylää pitkin välittömästi määrätyn ajanjakson kuluttua. Diagnostiikka tutkii jatkuvasti väylän kuntoa. Väylän vaihtaminen mahdollistaa uuden laitteen asentamisen niin, ettei liikenne väylällä häiriinny. Jonkin kortin vioittuessa putoaa kyseisen kortin laite väylältä, eikä tällöin muu liikenne häiriinny. [Tirkkonen J.]

## 8 Vaihtoehtoiset järjestelmät

### 8.1 Pulse and frequency interface – PFI

Pulssi- ja taajuustulokortti (PFI) on UP1600-laiteväylään sopiva liitäntäkortti, joka sopii pulssiviesteihin perustuviin mittauksiin. PFI-kortilla on kahdeksan 100 kHz:n yltävää pulssiviestituloa, kaksi binäärituloa ja kaksi binäärilähtöä. Oman prosessorin ja ohjelmoitavien laskupiirien ansiosta se on toiminnaltaan joustava. Kortin vakiomittauksia ovat kahdeksankanavainen taajuusmittaus tai pulssimäärälaskenta, nelikanavainen pulssinpituus- ja välimittaus sekä kaksikanavainen pulssien lukumäärään perustuva ohjaus. [Alcont mappi 6: Aldix.]

Pulssiviestien etuna voidaan pitää binääriseen käsittelyyn perustuvan viestin siirtotarkkuutta ja häiriösietoisuutta verrattuna analogisiin jännite- ja virtaviesteihin. Usein pulssiviestillä on myös suora yhteys mitattavaan suureeseen, kuten pyörimisnopeusanturista tietty määrä pulsseja akselin kierrosta kohti. Koska pulssiviestille ei ole yleistä 4...20 mA:n virtaviestiin verrattavaa viestistandardia, toimivat viestitulot laajalla signaalialueella ja sisäinen viestien ristikytkentä muotoutuu sovellusmäärittelyssä valitun mittausperiaatteen mukaiseksi. Lisäksi laskenta-ajat säätyvät adaptiivisesti tulotaajuuden mukaan. [Alcont mappi 6: Aldix.]

Kahdeksan pulssiviestituloa on liittimessä kelluvina, ja kullakin niistä on maakosketin ja kaksi tulokosketinta. Tulokoskettimista valitaan toinen sen mukaan, onko signaalin ylempi jännitetaso alueella 5...14 V vai 14...24 V. Herkemmän tulon kynnystaso on n. 2 V, mikä vastaa n. 2 mA:n anturivirtaa, ja epäherkemmillä alueella kynnys on n. 8 V ja n. 3 mA. Signaalin kuormitusvirta on kummallakin alueella 6...10 mA, riippuen jännitteestä. [Alcont mappi 6: Aldix.]

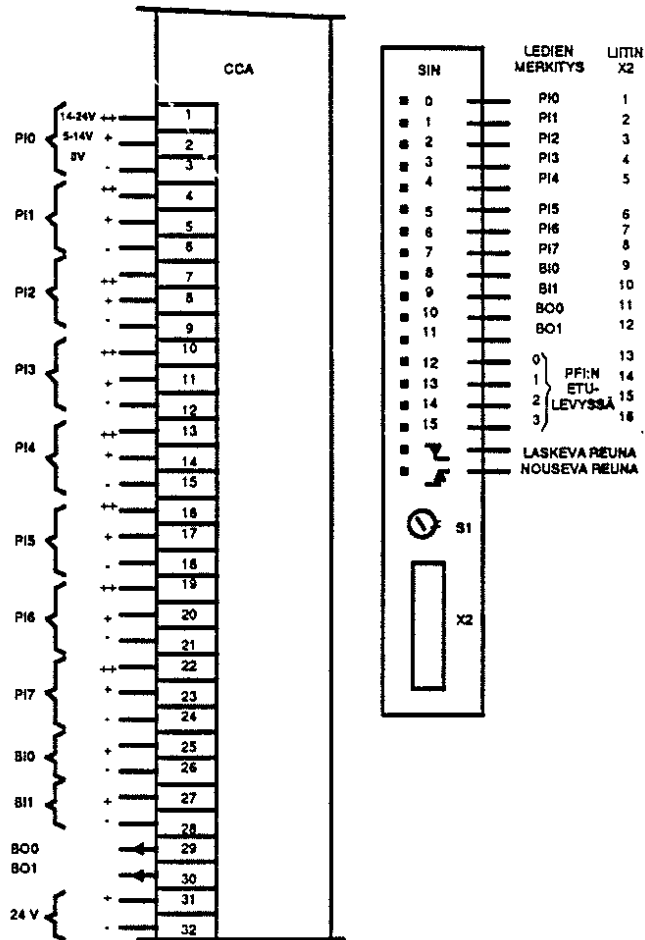
Binääritulot toimivat jännitevälillä 5...24 V, joita tulopiiri kuormittaa 4,3 mA:n virralla. Kynnystaso on n. 2,6 V ja n. 1,0 mA. Tulot on tarkoitettu lähinnä tahdistussignaaleille, ja ne ovat liittimissä kaksinapaisina ja kelluvina. [Alcont mappi 6: Aldix.]

Binäärilähdöt toimivat ulkoisella 24 Vdc:n jännitteellä, josta ne syöttävät jänniteviestin ohjaamilleen toimilaitteille. Liitännöissä on palautuva oikosulku- ja ylikuormitussuojaus, jonka tila on näkyvässä kortin ohjelmistolle. Kytkentäkorttina on CCA. Kuvasta 14. nä-



kyy liitäntäsignaalien kosketinjärjestys PFI:n liittimessä ja kytkentäkortin pistoliittimissä. Pulssiviestituloista on käytetty lyhennettä PI, binäärituloista BI ja binäärilähdöistä BO. [Alcont mappi 6: Aldix.]

(Alcont mappi 6: Aldix. 17.02.1989)



Kuva 14. PFI- ja kytkentäkortin kosketinjärjestys liittimissä. [Alcont mappi 6: Aldix.]

### 8.1.1 Maaliinajon toteutus PFI-pulssikortilla

Yksinkertaisin ratkaisu olisi toteuttaa maaliinajo jo olemassa olevaan Alcont1-järjestelmään. Tiedossa oli, että Alcont1-järjestelmään on saatavilla PFI-pulssikortti. Korttia hyödyntäen voitaisiin maaliinajotoiminto suorittaa käytännössä samaa toimintaperiaatetta käyttäen kuin nykyisellä Sentry-järjestelmällä. Tiedustelut PFI-kortin saatavuudesta aloitettiin hyvissä ajoin Honeywelliltä. Selvisi, että Alcont-järjestelmään on valmistettu kahta pulssikorttityyppiä: PLC- ja PFI-kortti.

PLC-kortti on tarkoitettu Alcont-järjestelmän prosessiasemaan ja se on ollut markkinoilla jo Alcont-järjestelmän asennusvaiheessa Kirkniemeen. Paperikonelinjalta löytyy sovelluksia, joissa on käytetty PLC-korttia. Kyseisen kortin saatavuus on kuitenkin heikkoa ja sen rajoittunut kanavamäärä johtaisi useamman kortin tarpeeseen.

PFI-kortti on kehitetty vasta vuosia Alcont-järjestelmän asennuksesta Kirkniemeen. Honeywelliltä pyydettyä selvitystä kortin yhteensopivuudesta Alcont-järjestelmään tuli tieto yhteensopivuudesta. Täten päätimme tilata kortin ja suunnittelu sen käyttöön otosta aloitettiin. Suunnittelu eteni hyvin ja PFI-kortti saapui Kirkniemeen. Asennusta valmisteltaessa kävimme asentajan kanssa läpi kortin sijoituksesta Alcont-prosessiasemaan, jolloin huomattiin kortin yhteensopimattomuus. Tämän jälkeen otin yhteyttä kortin toimittajaan ja pyysin lisäselvitystä tilanteesta. Paljastui, että PFI-kortin yhteensovittaminen Alcont1-järjestelmän prosessiasemaan ei ole mahdollista. Tämän jälkeen tuli selvittää PFI-kortin sovittaminen Aldix-järjestelmään (johon kortti on alun perin suunniteltukin). Honeywell pyysi meitä selvittämään seuraavat tiedot, jotka takaisivat kortin yhteensopivuuden: ULP-prosessorikortin oltava laajennetulla muistilla (mallia ULP/ER) ja prosessorikortissa oltava EPROM D19 ALPFX 112 – siru. Tämän lisäksi tuli tarkistaa itse PFI-kortista löytyvän siru D32 PFIAPP 230. Pettymykseksemme prosessorikortista puuttui EPROM D19 ALPFX 112 – siru. Mahdollisuus sirun asentamiseen sirunpolttolaitteella on, mutta laitteen toimivuudesta ei ole takeita. Aikataulun kiristyessä ja kortin asentamisen entisestään hankaloituessa päätimme luopua toteutuksesta käyttäen PFI-pulssikorttia.

### 8.1.2 Toiminnallinen toteutus

Alcont-järjestelmän Aldix-moduliin kytkettävällä pulssikortilla saadaan maaliinajo toteutettua hyödyntäen jo käytössä olevaa järjestelmää. Näin minimoidaan järjestelmien (esimerkiksi erillisen logiikan) määrä automaatiojärjestelmässä, jolloin säästetään muun muassa varaosavarastolta.

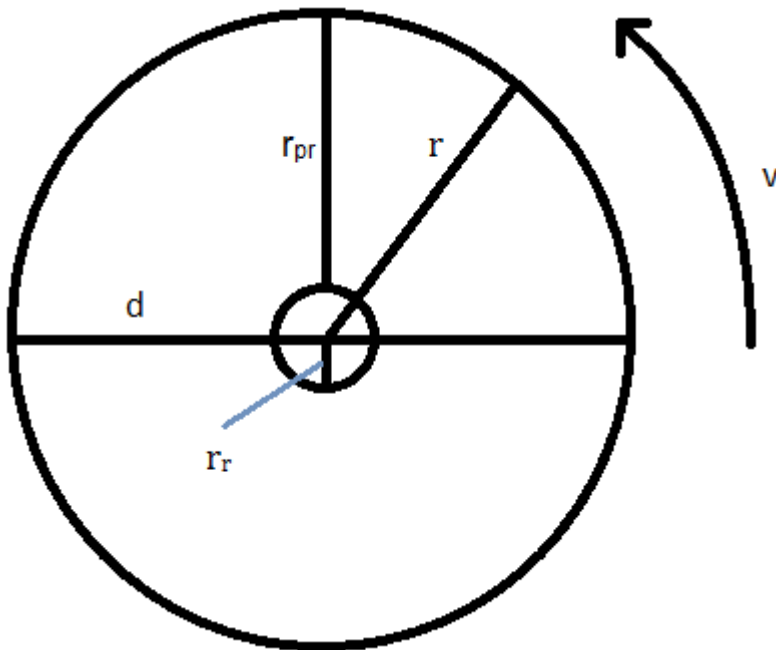
Käytännössä pulssikortin tuloihin tulee superkalanterin pääkäytöltä ja aukirullaimen käytöltä pulssitaajuus. Kehänopeuden kaavaa hyödyntäen voidaan laskea ratanopeus v seuraavasti:

$$v = \pi * \left(\frac{n}{i}\right) * d_{vetotela}$$

$n$  on moottorin pyörimisnopeus

$i$  on vaihdelaatikon välityssuhde

$d_{vetotela}$  on vetotelan halkaisija.



Kuva 15. Paperirullan ja raudan yksiköt.

Pulssitaajuus jaetaan takometrin pulssimäärällä (500 pulssia/min), jolloin saadaan moottorin pyörimisnopeus. Pyörimisnopeus jaetaan vaihdelaatikon välityksellä, joka taas kerrotaan vetotelan halkaisija kerrottuna  $\pi$ :llä. Tästä saadaan tuloksena vetotelan kehänopeus. Vetotelan kehänopeus vastaa paperin ratanopeutta. Ratanopeustieto vietään valvomon monitoriin. Ratanopeuden ollessa sama kuin paperirullan kehänopeus, voidaan laskea aukirullaimen raudalla olevan paperin säde (paperia raudalla) seuraavasti:

$$r_{pr} = \left[ \left( \frac{v}{\pi * \left( \frac{n}{i} \right)} \right) - d_{rauta} \right] / 2$$

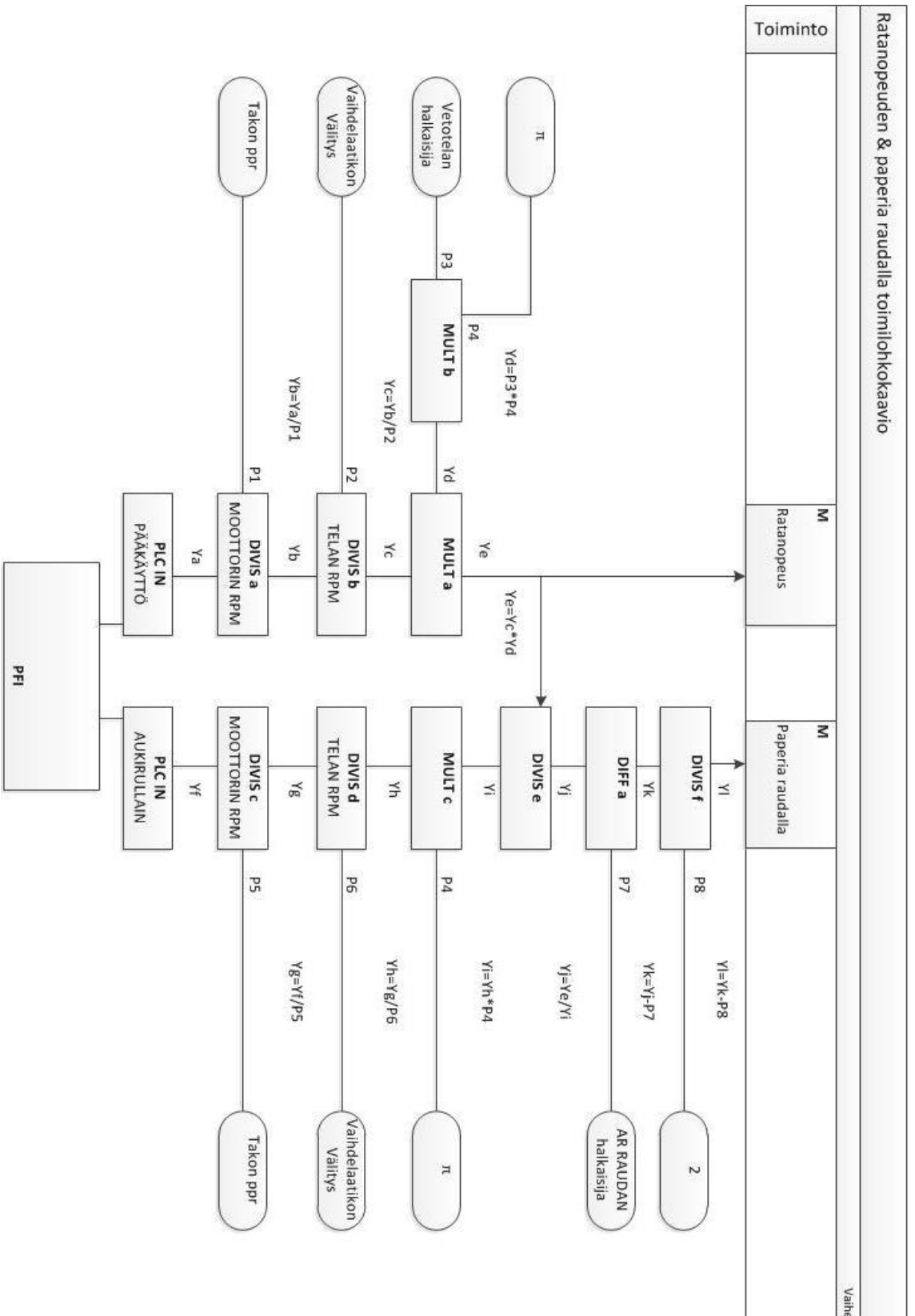
$v$  on ratanopeus (vetotelan kehänopeus)

$n$  on aukirullaimen moottorin pyörimisnopeus

$i$  on aukirullaimen moottorin välityssuhde

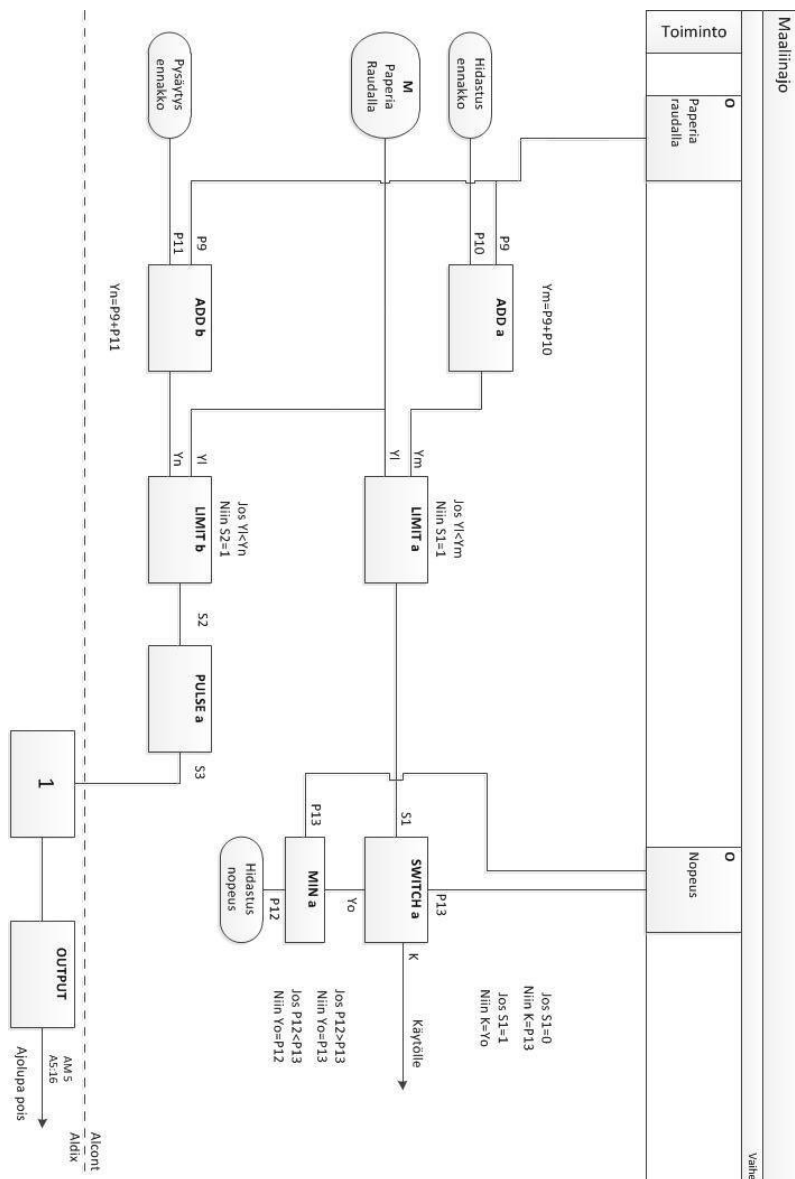
$d_{rauta}$  on raudan halkaisija.

Kuvassa 16 on Alcontiin syötettävän ”ratanopeus” ja ”paperia raudalla” ohjelman kuvaus.



Kuva 16. Ratanopeuden ja paperia raudalla toimilohkokaavio.

Maaliinajo on kaksivaiheinen (Kuva 17). Operaattorin asettamaan ohjearvoon (P9) lisätään parametriin P10 syötetty hidastuslisä, esimerkiksi viisi millimetriä. Tätä kutsutaan hidastushalkaisijaksi. Jäljellä olevan paperimäärän saavuttaessa hidastushalkaisijan, laskee ajonopeus parametriin P12 asetettuun hidastusnopeuteen. Operaattorin syöttämään ohjearvoon (P9) lisätään myös pysäytyslisä (P11), joka on pienempi kuin hidastuslisä, esimerkiksi kaksi millimetriä. Tätä kutsutaan pysäytyshalkaisijaksi. Mitatun paperimäärän (Y1) saavuttaessa pysäytyshalkaisijan aktivoituu signaali S2, jolloin suoritetaan viiden sekunnin pulssi. Aldixiin ohjelmoitu GET-komento kerää pulssitiedon ja toimittaa PUT-komennolla pulssin releelle d41 aukaisten sen, jolloin kalanterin käytöt pysähtyvät hallitusti.



Kuva 17. Maaliinajon toimilohkokaavio.

Käyttämällä kaksivaiheista maalinajoa saadaan varmatoiminen ja käytännössä aina samanlainen maaliinajo. Toki maalisäteen ollessa hyvin suuri kestää hidastusvaihe suhteessa pienempään säteeseen kauemmin. Koska rullan pysäytys keskelle rullaa on hyvin harvinaista, ei sitä huomioida kyseisessä maalinajosovelluksessa. Operaattorit ajavat isosäteiset rullat nykyäänkin käsiajolla, joten toimintatavan muutos aiheuttaisi lisäkoulutuksen tarvetta.

## 8.2 Laser-etäisyysanturi

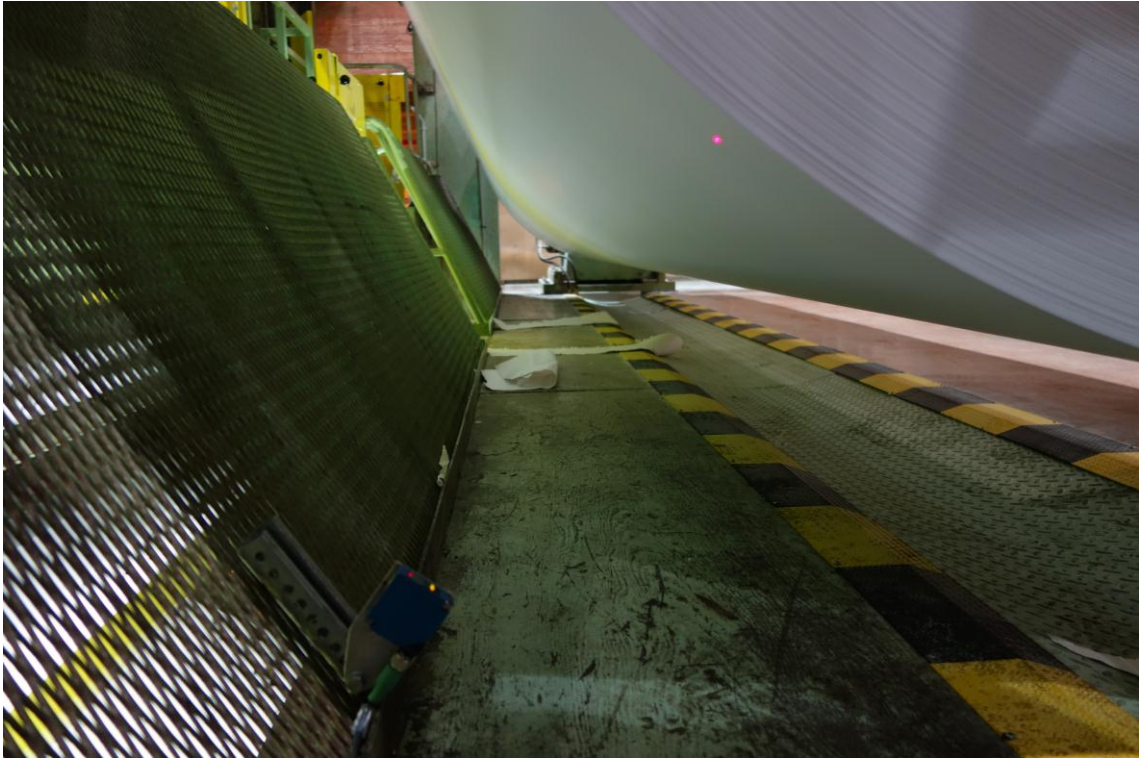
Koeajoon valitsimme laseranturiksi Sensorolan toimittaman ja Wenglor:n valmistaman Wintec OY1P303P0102 – anturin (Kuva 18). Toiminta-alue kyseisellä anturilla on 50–3050 millimetriä, joka on optimaalinen paperin halkaisijatietoa mitatessa. Raudalla olevan paperin säde on maksimissaan 1050 millimetriä. (Liite 3)



Kuva 18. Wenglor Wintec OY1P303P0102 – laseranturi.

### 8.2.1 Laseranturin käyttö maaliinajossa

Laser-etäisyysanturia käytettäessä pystytään minimoimaan automaatiojärjestelmien lukumäärä, sillä toteutus tapahtuu hyödyntäen jo käytössä olevaa Alcont/Aldix-järjestelmää. Etäisyysanturi asennetaan superkalanterin runkoon, josta se suunnataan mittaamaan kohtisuoraan kohti rautaa (Kuva 19). Ulostulosignaalinä saadaan 4-20 mA, joka skaalataan halutulle mittavälille. Tieto vietään Alcont1-järjestelmän prosessiase- man AI4-kortille, jota kautta ohjelma määrittää raudalla olevan paperin määrän ja suo- rittaa tätä tietoa hyödyntäen maaliinajon.



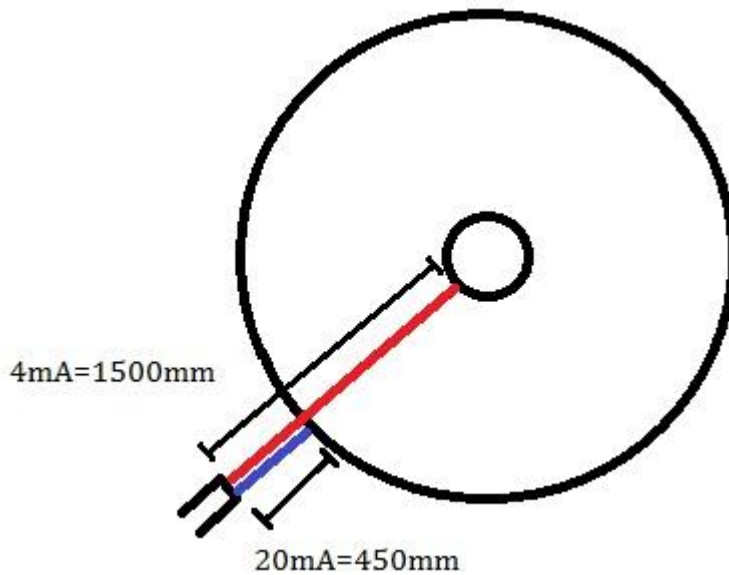
Kuva 19. Laseranturi asennettuna ja kohdistettuna kohtisuoraan rautaan.

### 8.2.2 Laseranturin kalibrointi

Laseranturin kalibrointi tapahtuu itse anturista, eikä tällöin Alcont1-järjestelmään syötettyyn ohjelmaan tarvitse tehdä muutoksia. Anturissa on digitaalinen näyttö ja kolme painonappia valikon navigointiin ja asetusten syöttämiseen (Liite 3). Anturin ollessa käyttötilassa, näkyy näytöllä anturin etäisyys mitattavaan kohteeseen (sen ollessa toimintasäteen (50mm - 3050mm) sisällä) sekä etäisyyttä vastaava milliampeeriviesti.

Asennettua anturin haluttuun mittaushaluttuun kohteeseen ja suunnattua se kohtisuoraan PK2:n tyhjään rautaan, tulee anturi kalibroida seuraavasti (Kuva 20): Asetetaan 4mA tyhjän raudan ja anturi bäliseksi etäisyydeksi, esim. 1500mm. Tämän jälkeen asetetaan 20mA:n arvoksi 4mA:n asetetusta etäisyydestä vähennettynä 1050mm. Esimerkiksi  $1500\text{mm} - 1050\text{mm} = 450\text{mm}$ .



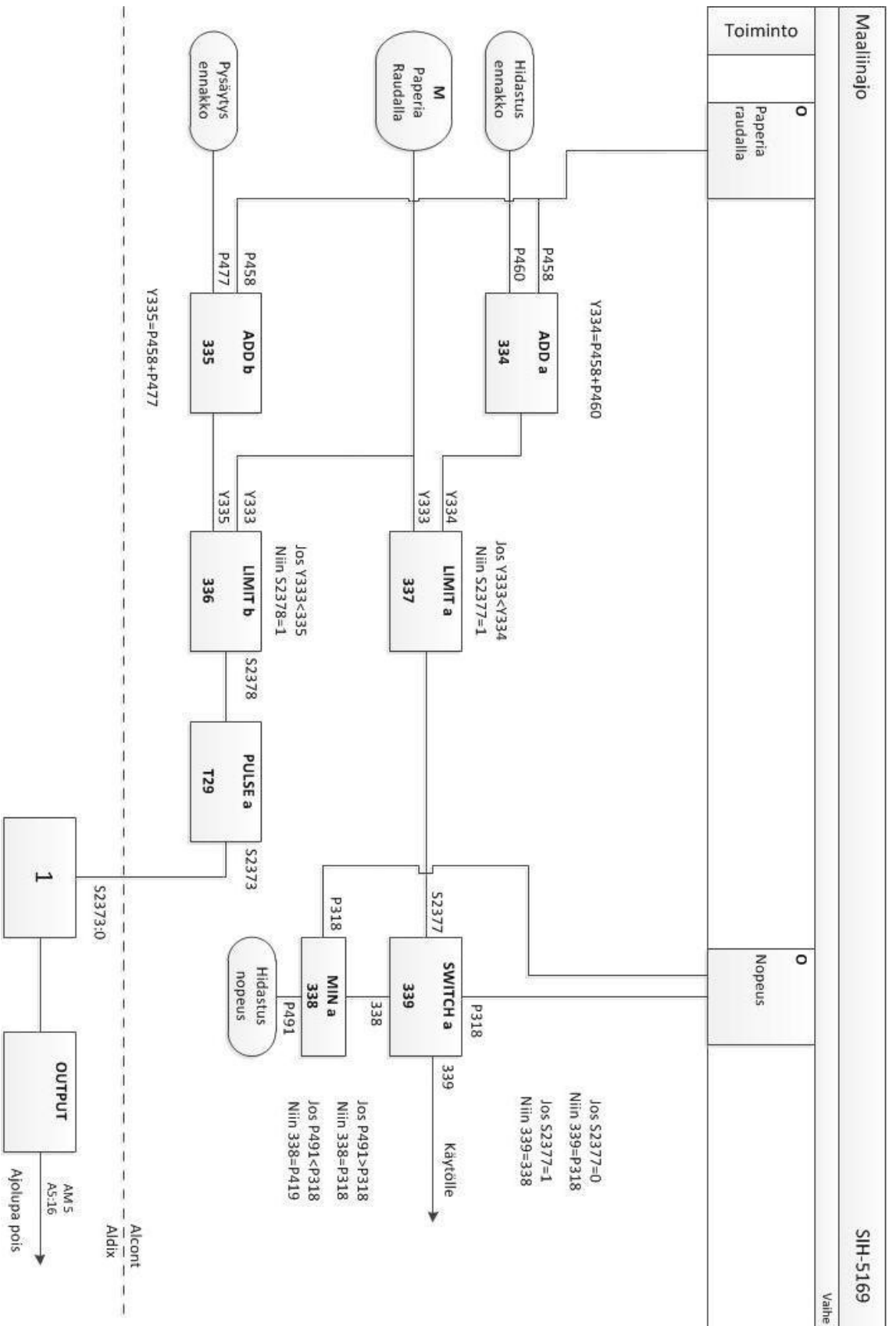


Kuva 20. Anturin kalibroinnin havaintoesimerkki.

4mA pääsee asettamaan painamalla yhtä painonapeista 20/22/23 ja liikkumalla tämän jälkeen painonapeilla 22/23 kohtaan A2, jonka asetuksia päästään muokkaamaan napilla 20. A2 alavalikosta valitaan kohta Analog, josta valitaan 4mA, jonka jälkeen voidaan syöttää haluttu etäisyys arvolle 4 mA. 20 mA asetus löytyy myös valikon Analog alta.

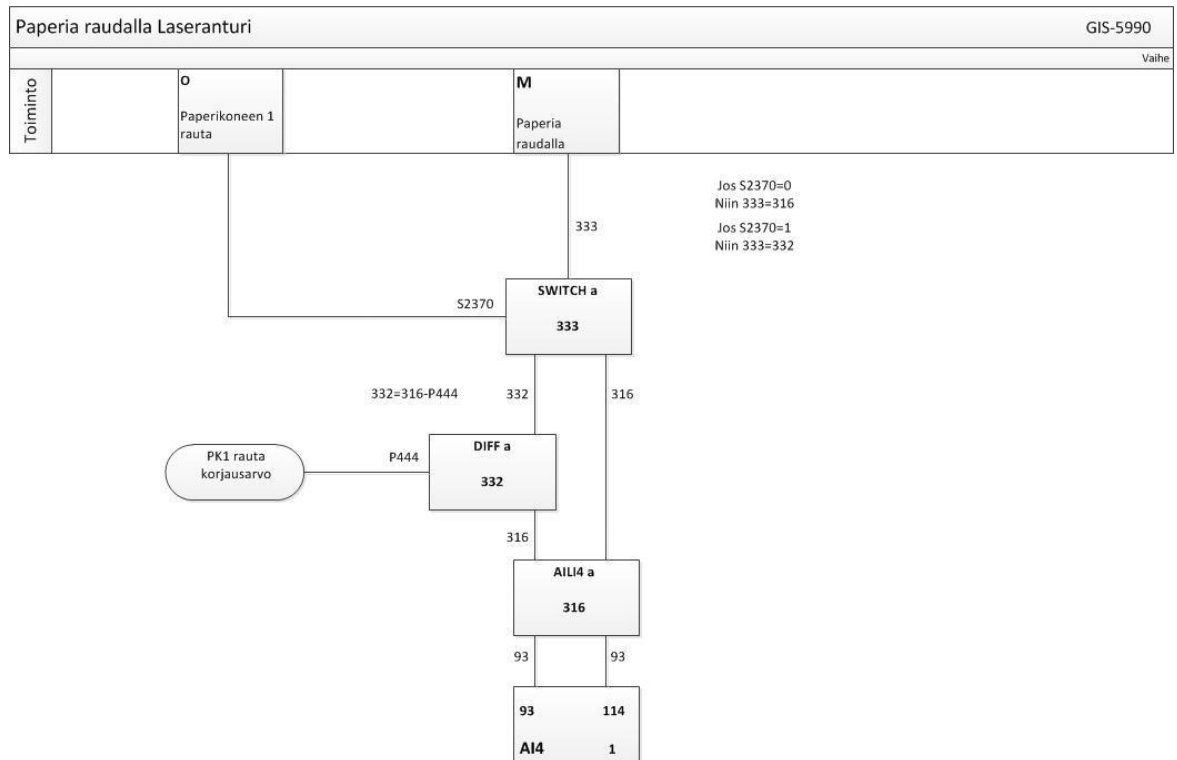
### 8.2.3 Toiminnallinen toteutus laseranturilla

Maaliinajo on kaksivaiheinen, kuten PFI-kortille suunniteltu maaliinajo. Tällöin maaliinajo toimii käytännössä aina samalla tavalla ja maaliinajotarkkuus paranee. Käytännössä maaliinajo toimii seuraavasti: Operaattorin asettamaan ohjearvoon (P458) lisätään parametriin P460 syötetty hidastuslisä, esimerkiksi viisi millimetriä. Tätä kutsutaan hidastushalkaisijaksi. Jäljellä olevan paperimäärän saavuttaessa hidastushalkaisijan, laskee ajonopeus parametriin P491 asetettuun hidastusnopeuteen. Operaattorin syöttämään ohjearvoon (P458) lisätään myös pysäytyslisä (P477), joka on pienempi kuin hidastuslisä, esimerkiksi kaksi millimetriä. Tätä kutsutaan pysäytyshalkaisijaksi. Mitatun paperimäärän (Y333) saavuttaessa pysäytyshalkaisijan aktivoituu signaali S2378, jolloin suoritetaan viiden sekunnin pulssi. Aldixiin ohjelmoitu GET-komento kerää pulssitiedon ja toimittaa PUT-komennolla pulssin releelle d41 aukaisten sen, jolloin kalanterin käytöt pysähtyvät hallitusti.



Kuva 21. Maaliinajon toimilohkokaavio.

On huomioitava, että paperikonelinjan 1 ja 2 raudat ovat halkaisijoiltaan erikokoisia (Liite 2). Tämän takia operaattorin näytölle määritetään asetusvaihtoehto, PK1 raudan ollessa käytössä. Tällöin ohjelmaan syötetyn ”PK1 rauta korjausarvo” – parametrin P444 arvo vähennetään PK2:n rautaan konfiguroidusta mittausarvosta (Kuva 22).



Kuva 22. Paperia raudalla toimilohkokaavio.

#### 8.2.4 Koeajo käyttäen laser-anturia

Toteutimme viikon 17 seisokin loppupuolella koeajon käyttäen laser-anturin mittaustietoa maaliinajossa. Asensimme anturin superkalanterin 4 suojakaiteeseen ja syötimme Alcontiin uuden maaliinajo-ohjelman. Alcontin ohjelmaan syötimme seuraavat parametrit:

- Hidastusnopeudeksi (P491) 150 m/min
- Hidastusennakoksi (P460) 35mm
- Pysäytysennakko (P477) 2mm
- PK1 rauta korjausarvo (P444) 6mm.

Tämän jälkeen kalibroimme anturin. Tällöin aukirullaimella oli tyhjä PK2:n rauta LOH/T127 (Liite 2), jonka säde on 312,5 mm. Anturin ja raudan välinen etäisyys oli anturin näytöltä katsottuna 1119mm. Koska rauta LOH/T127 on säteeltään 0,8mm PK2:n rautojen keskiarvoa suurempi, asetimme 4mA:n etäisyydeksi 1120mm. 20 mA:ksi asetimme 70mm (1120mm-1050mm).

Aukirullaimelle nostettiin uusi rulla, joka oli raudalla LOH/T123. Operaattori asetti ajonopeudeksi 660 m/min ja maaliksi 25mm. Paperia raudalla – mittauksen saavuttaessa arvon 35mm tippui ajonopeus nopeuteen 150 m/min. Hidastusnopeudella ajettiin 23 sekuntia, kunnes paperia raudalla – mittaus saavutti arvon 27 mm. Tällöin ajolupa poistui ja käytöt pysähtyivät paperia raudalla arvon näyttäessä Alcontin näytöltä 25 mm. Sentryn näytön mukaan paperia jäi raudalle 28mm, joka todistettiin oikeaksi mittaamalla työntömitalla paperin todellinen määrä raudalla. Kolmen millimetrin ero Sentryn ja Alcontin näytöllä johtui käytettävästä raudasta LOH/T123, joka on säteeltään 3,06 mm pienempi kuin PK2:n rautojen keskiarvosäde (Liite 2). Seisokin loppuessa emme kerenneet tekemään uusia koeajoja.

Koeajon perusteella maaliinajosovellus todettiin toimivaksi ja päätettiin jatkaa koeajoja seuraavan seisokin yhteydessä. Seuraavissa koeajoissa tulee kokeilla hidastusnopeuden vaikutusta maalin tarkkuuteen sekä minimoida hidastusvauhdilla ajon kesto.

## 9 Modernisoinnissa huomioitavat asiat ja tulokset

### 9.1 Huomioitava otettaessa laser-maalinajosovellus käyttöön superkalantereilla 3&4

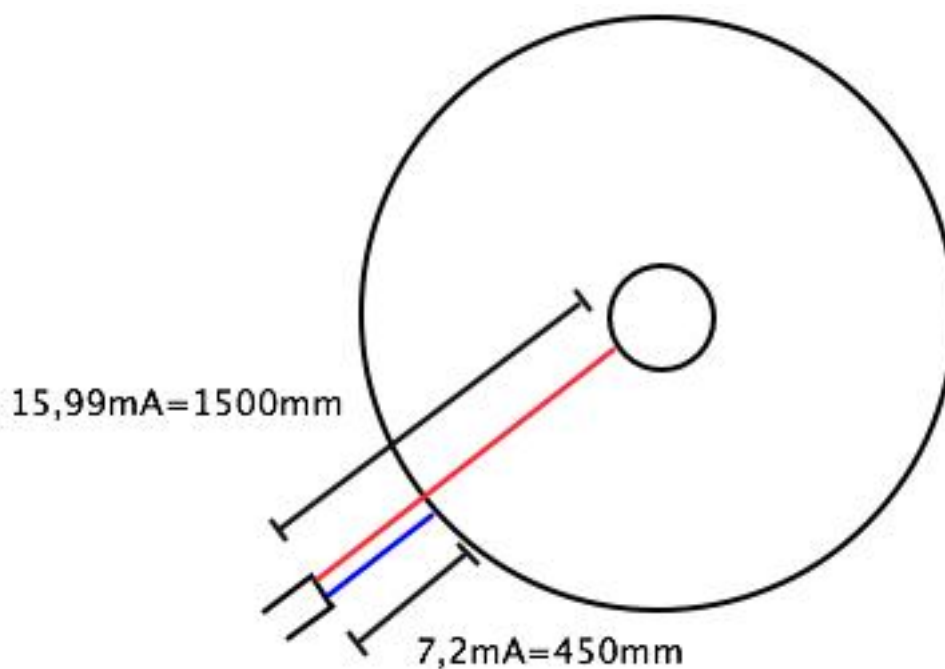
Kansainvälisessä laserturvallisuusstandardissa IEC 60825-1 ja sitä vastaavassa eu-rooppalaisessa laserturvallisuusstandardissa EN-60825-1 on määritelty laserturvallisuusluokat. [Jokela & Ylianttila & Visuri & Hietanen: 97]

Wenglor Wintec OY1P303P0102 –laseranturi kuuluu IEC 60825-1:2001 turvallisuusluokituksessa luokkaan 1, eli se ei voi aiheuttaa silmä- tai ihovammoja. Otettaessa laseranturit käyttöön tulee kuitenkin standardista EN-60825-1 tarkistaa käyttöohjeet ja varoitusmerkintöjä koskevat vaatimukset.

### 9.2 Standardi anturin kalibrointi

Tyypillisesti prosessiautomaatiossa mittalaitteiden jännite- ja virtaviesteinä käytetään standardin mukaisia arvoja, kuten 0-10V ja 4-20 mA ja ohjelmoidaan sovellusohjelma skaalaamaan ne halutulle mitta-alueelle. Tällöin kunnossapidolliset työt helpottuvat. Esimerkiksi etäisyysanturin toimintakunnon testaus onnistuu helposti yleismittarilla, kun tiedetään anturin toimintasäde.

Hankittaessa etäisyysanturi, jossa ei ole skaalaustoimintoa ja 4-20 mA:n virtaviesti on koko mittausalue, tulee Alcontin ohjelmaan tehdä muutos. Otetaan esimerkiksi laseranturi, jonka kuvitteellinen toimintasäde on 50 - 2000mm. Parametriin X syötetään maksimihalkaisijan arvo 1050 mm. Parametrissa X vähennetään laseranturin mittaama etäisyys (jonka AILI-lohko on muuttanut virtaviestistä). Mitan ollessa esimerkkikuvan 23 mukainen 1500 mm, tulee vähennyslaskusta -450 (1050–1500). Maksimihalkaisisen rullan ollessa aukirullaimella tulee vähennyslaskusta 600 (1050–600). Vähennyslaskun jälkeen SCALE-lohkoon määritetään arvon -450 vastaamaan arvoa 0 ja arvon 600 vastaamaan arvoa 1050. Näin saadaan tuloksena Paperia raudalla –arvo.



Kuva 23. Havaintokuva käytettäessä kuvitteellista laser anturia, jonka toimintasäde on 50-2000mm.

### 9.3 Maalinajon kehittäminen

Mikäli maalinajoa haluttaisiin vielä tarkentaa, tulisi ohjelman tietää tarkasti jokaisen raudan halkaisija. Tämä voitaisiin toteuttaa määrittelemällä jokaiselle raudalle oma parametri, johon säteen arvo syötettäisiin. Operaattorin tulisi tällöin syöttää aina ennen uuden rullan ajoa raudan numero sille tehtyyn ikkunaan Alcontin näytöllä. Haastateltaessa operaattoreita ilmeni, että raudan numeron syöttö voisi helposti unohtua ja aiheuttaisi turhaa lisätyötä. Operaattoreilta tuli seuraavanlaisia ideoita automaattiseen raudan sädetiedon syöttöön järjestelmään:

- RFID-tunniste rautoihin (käytössä PK3:lla)
- Rautojen päähän viivakoodit, joita lukee viivakoodinlukija
- Toinen laser-anturi mittaamaan paljasta rautaa.

## 10 Johtopäätökset ja pohdinta

Insinööriyössä kartoitettiin vaihtoehtoista maaliinajoratkaisua superkalantereille 3 ja 4. Löydettäessä varteenotettava ratkaisu, tuli suunnitella sen käyttöönotto ja koeajaa toteutus mahdollisuuksien mukaan.

Ensimmäinen toteutusvaihtoehto oli PFI-kortille vietyjen sähkökäyttöjen pulssitietojen hyödyntäminen. Toteutusvaiheesta jouduttiin kuitenkin luopumaan, kun selvisi, ettei laitteisto tuekaan alkutiedoista poiketen PFI-pulssikorttia. Aikaa PFI-korttitoteutussuunnitteluun kului valitettavan kauan. Onneksi pulssikortille suunniteltua ohjelmaa voitiin kuitenkin osittain hyödyntää Laser anturiin perustuvassa toteutuksessa.

Laser anturin mittaustietoon pohjautuva maaliinajototeutus saatiin onneksi koeajovaiheeseen asti. Koeajolla pystyttiin todistamaan maaliinajon toimivuus Alcont-järjestelmällä. Insinööriyön tuloksena saatiin siis aikaan toimiva vaihtoehtoinen maaliinajoratkaisu. Seuraavan seisokin aikana tulee koeajamalla selvittää optimaaliset parametrit hidastusnopeudelle (P491), hidastusennakolle (P460) ja pysäytysennakolle (P477). Tulevaisuudessa Sappi tulee tekemään päätöksen Laser mittaukseen perustuvan maaliinajon käyttöönotosta superkalanterilla 4 ja mahdollisesta kopiinnista superkalanterille 3.

## Lähteet

Alcont mappi 6: Aldix. 1989. Sappin sisäinen Alcont-opas.

Automaatiojärjestelmät. Automaatiojärjestelmät kurssin PDF-tiedosto. Metropolia Ammattikorkeakoulu. Luettu 18.2.2014.

Automaatiosuunnittelun prosessimalli. 2007. Verkkodokumentti. Suomen automaatioseura ry. <<http://www.automatioseura.fi/ANTI-2.pdf>>. Luettu 18.2.2014.

Group Profile. 2011. Verkkodokumentti. Sappi. <<http://www.sappi.com/regions/eu/group/GroupProfile/Pages/default.aspx>>. Luettu 7.2.2014.

Hägglom-Ahnger Ulla & Komulainen Pekka. 2003. Paperin ja kartongin valmistus. 3. tarkistettu painos. Jyväskylä: Gumerrus Kirjapaino Oy.

Jokela Kari & Ylianttila Lasse & Visuri Reijo & Hietanen Maila. Laserturvallisuus. Verkkodokumentti. <[http://www.stuk.fi/julkaisut\\_maaraykset/kirjasarja/fi\\_FI/kirjasarja7/\\_files/82446478690681384/default/STUK\\_7\\_luku\\_3.pdf](http://www.stuk.fi/julkaisut_maaraykset/kirjasarja/fi_FI/kirjasarja7/_files/82446478690681384/default/STUK_7_luku_3.pdf)>. Luettu 10.4.2014.

KnowPap Versio 15.0 (02/2012). Verkkojulkaisu. VTT / Proledge Oy 2012. <[http://www.knowpap.com/www\\_demo/suomi/knowpap\\_system/user\\_interfaces/tuotantoprosessit/tuotantoprosessit.htm](http://www.knowpap.com/www_demo/suomi/knowpap_system/user_interfaces/tuotantoprosessit/tuotantoprosessit.htm)>. Luettu 13.3.2014.

Kunnossapito – automaatiojärjestelmä. Verkkodokumentti. Opetushallitus. <[http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka\\_a2\\_automatiojarjestelma.html](http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/sahkotekniikka_a2_automatiojarjestelma.html)>. Luettu 18.2.2014.

Niemi Jari. 2014. Automaatio työsuunnittelija, Sappi Fine Paper Europe, Lohja. Keskustelu 19.3.2014.

Päällystetyn paperin kiillotus. 2011. Sappin sisäinen wprd-dokumentti. Luettu 15.3.2014.

Sappi Kirkniemi Mill. 2014. Powerpoint esitys. Luettu 12.2.2014.

Tirkkonen J. 1985. Alcont mappi 4: Laitteisto ja huolto. Sappin sisäinen Alcont –opas.





## Liite 2

### Paperikoneen 1 ja 2 rautojen koot

PK1:n ja PK2:n rautojen halkaisijat ja sädet sekä niiden keskiarvot.

PK2 raudat	Halkaisija(mm)	Säde(mm)		PK1 raudat	Halkaisija(mm)	Säde(mm)
LOH/T1025	625,00	312,50		LOH/T1039	636,00	318,00
LOH/T1026	625,00	312,50		LOH/T1093	636,40	318,20
LOH/T1034	625,15	312,58		LOH/T1110	636,30	318,15
LOH/T1035	624,63	312,32		LOH/T1111	636,30	318,15
LOH/T1036	624,11	312,06		LOH/T1112	635,70	317,85
LOH/T1037	623,10	311,55		LOH/T1113	636,30	318,15
LOH/T1038	623,30	311,65		LOH/T1121	636,30	318,15
LOH/T117	624,04	312,02		LOH/T1122	636,20	318,10
LOH/T118	623,20	311,60		LOH/T641	633,20	316,60
LOH/T119	622,16	311,08		LOH/T642	635,00	317,50
LOH/T120	623,48	311,74		LOH/T643	631,46	315,73
LOH/T121	620,50	310,25		LOH/T644	634,90	317,45
LOH/T122	621,00	310,50		LOH/T645	631,30	315,65
LOH/T123	618,88	309,44		LOH/T646	635,00	317,50
LOH/T124	622,37	311,19		LOH/T647	634,10	317,05
LOH/T126	623,60	311,80		LOH/T648	636,02	318,01
LOH/T127	625,00	312,50		LOH/T649	631,80	315,90
LOH/T130	625,40	312,70		LOH/T650	632,60	316,30
LOH/T131	622,32	311,16		LOH/T651	634,20	317,10
LOH/T132	623,93	311,97		LOH/T652	632,70	316,35
LOH/T133	625,00	312,50		LOH/T653	633,50	316,75
LOH/T134	623,50	311,75		LOH/T654	635,35	317,68
LOH/T137	622,70	311,35		LOH/T655	634,00	317,00
LOH/T138	621,67	310,84		LOH/T656	636,00	318,00
LOH/T139	625,07	312,54		LOH/T657	633,30	316,65
LOH/T140	625,15	312,58		LOH/T658	635,90	317,95
LOH/T141	624,00	312,00		LOH/T659	633,50	316,75
LOH/T142	622,30	311,15		LOH/T660	632,20	316,10
<b>Keskiarvo</b>	<b>623,41</b>	<b>311,71</b>		<b>Keskiarvo</b>	<b>634,48</b>	<b>317,24</b>
<b>PK1 säde ka. - PK2 säde ka.</b>		<b>5,54</b>				

