



Juho Kaisto

PAINOKONEEN PESUOSION AUTOMATISOINTI

PAINOKONEEN PESUOSION
AUTOMATISOINTI

Juho Kaisto
Opinnäytetyö
Syksy 2011
Automaatiotekniikan koulutusohjelma
Oulun seudun ammattikorkeakoulu

OULUN SEUDUN AMMATTIKORKEAKOULU**TIIVISTELMÄ**

Koulutusohjelma	Opinnäytetyö	Sivuja	+	Liitteitä
Automaatiotekniikka	Insinööriyö	67	+	8
Suuntautumisvaihtoehto	Aika			
Projekointi	6.10.2011			
Työn tilaaja	Työn tekijä			
Mikko Paakkolanvaara	Juho Kaisto			
Työn nimi				
Painokoneen pesuosion automatisointi				
Avainsanat				
Painettava elektroniikka, automatisointi, instrumentointi, painokone, logiikka-ohjelmointi				

Tämä insinööriyö käsittelee VTT:n Oulussa sijaitsevan ROKO-painokoneen pesuosion automatisointia ja kehittämistä. Painokoneella painetaan painettavaa elektroniikkaa asiakkaiden tarpeisiin sekä tutkimuskäyttöön.

Työ sisälsi tutustumista painokoneen toimintaan, instrumentoinnin, sähköpiirustusten ja automatisoinnin suunnittelua sekä logiikkasovelluksen luomista Omronin ohjauslogiikalle ja käyttöpaneelille. Työn tavoitteena oli kehittää pesuosion toimintaa ja liittää sen ohjaus painokoneen käyttöliittymään. Työn kirjallisessa osuudessa selvitetään pesuosion automatisoinnin vaiheita.

Työ aloitettiin automatisoinnin suunnittelemisella. Tässä vaiheessa pesuosion toiminnasta tehtiin toimintakuvaus. Toimintakuvauksen perusteella valittiin käytettävät instrumentit ja tehtiin tarvittavat sähkömitoitukset ja -piirustukset. Lisäksi toimintakuvauksen perusteella suunniteltiin pesuosioon ohjauksen logiikkasovellus sekä käyttöliittymä.

Työssä päästiin tavoitteisiin suurimmaksi osaksi. Pesuosion ohjaus tapahtuu nyt käyttöliittymästä, lukuun ottamatta vesipesua. Vesipesun syöttö joudutaan edelleen käynnistämään käsin johtuen käyttöönottovaiheessa tapahtuneista muutoksista pesujärjestelmässä.

ALKULAUSE

Tämä insinööriyön tilaajana on toiminut VTT:n Printed Intelligence -yksikkö ja työn valvojana tutkija Mari Ylikunnari. Työn ohjaavana opettajana on toiminut lehtori Timo Heikkinen Oulun seudun ammattikorkeakoulusta.

Haluan kiittää työn valvojaa Mari Ylikunnaria työn aikana saaduista neuvoista ja ehdotuksista pesuosion kehittämistä varten. Lisäksi haluan kiittää painokoneen operaattoreita asennusten tekemisestä ja oman näkemyksenä kertomisesta pesuosion kehittämisessä. Kiitos kuuluu myös työni ohjanneelle Timo Heikkiselle ja työn kieliasun tarkistaneelle viestinnän opettaja Pirjo Partaselle.

Erytiskiitos kuuluu kihlatulleni Sallalle, joka koko opiskelujen ajan ja erityisesti opinnäytetyötä tehdessäni on jaksanut tukea minua.

Oulussa 6.10.2011

Juho Kaisto

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ALKULAUSE

SISÄLTÖ

TERMIT JA LYHENTEET

1 JOHDANTO	7
2 PAINETTAVA ELEKTRONIIKKA	8
2.1 Syväpaino	9
2.2 Offsetpaino	11
2.3 Fleksopaino	13
2.4 Silkipaino	14
2.5 Mustesuihkupainot	15
2.6 Painomateriaalit	17
2.7 Sovellukset	20
3 ROKO-PAINOKONE	22
3.1 Asema 1	22
3.2 Asema 2	23
3.3 Asemat 3 ja 4	23
3.4 Asema 5	24
3.5 Pastaetsauslinja ROKO-painokoneella	24
4 AUTOMATISOINTISUUNNITELMA	26
4.1 Ultraäänipesun kehityssuunnitelma	28
4.2 Vesipesun kehityssuunnitelma	32
5 INSTRUMENTOINTI	34
5.1 Ultraäänialtaan instrumentointi	34
5.2 Tuoreistussäiliön instrumentointi	36
5.3 Vesipesun instrumentointi	37
6 SÄHKÖSUUNNITTELU	39
6.1 Logiikan ohjausyksiköiden valinta	40
6.2 Taajuusmuuttajan valinta ja mitoitus	40
6.3 Lämmitysvastuspiirin mitoitus	42
6.4 Muut komponentit	44
6.5 Ohjaussignaalien johdotus	44
7 OHJELMOINTI	46
7.1 CX-Programmer	46

7.2 CX-Designer.....	48
7.3 Logiikkasovelluksen ohjelmointi	48
7.4 Käyttöliittymän ohjelmointi.....	51
8 ASENNUS JA KÄYTTÖÖNOTTO.....	56
8.1 Asennus	56
8.2 Käyttöönotto	58
9 YHTEENVETO	60
LÄHTEET.....	62
LIITTEET	67

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö on tehty VTT:lle. VTT on moniteknologinen tutkimuskeskus, joka tuottaa asiakkailleen teknologia- ja tutkimuspalveluita, joiden tarkoituksena on kehittää asiakkaille uusia tuotteita ja tuotantomenetelmiä. Yrityksen rahoitus muodostuu yksityisten asiakkaiden tilaamista palveluista sekä valtion ja EU:n rahoituksesta. VTT:llä on Suomessa toimipisteitä kymmenellä eri paikkakunnalla, joista mainittakoon Espoo, Tampere ja Oulu. (VTT 2010, 1–7.)

ROKO-painokone on VTT:n tilaama pilot-laitteisto painettavan elektroniikan valmistukseen. Painokonetta käytetään tutkimusympäristönä painettavan elektroniikan valmistuksessa. Painettavalla elektroniikalla pyritään korvaamaan vanhoja monimutkaisiakin elektroniikan valmistustapoja ja tätä kautta laskemaan tuotantokustannuksia sekä nopeuttamaan valmistusprosessia. (Brazis – Gamota – Kalyanasundaram – Zhang 2004, xvii-xviii; Leidenius 2008; VTT 2010b, 1–2.)

Työssä automatisoidaan ROKO-painokoneeseen integroitu etsauslinjaston pesuosio ja lisätään pesuosion laitteet painokoneen käyttöliittymään. Työn tarkoituksena on parantaa pesutulosta ja helpottaa operaattorien työtä painon aikana. Lisäksi työssä on tarkoitus tutustua painettavan elektroniikan painotapoihin ja tuotteisiin.

2 PAINETTAVA ELEKTRONIikka

Painettavassa elektroniikassa pyritään nopeuttamaan ja yksinkertaistamaan elektroniikan valmistusta. Perinteisessä elektroniikan valmistuksessa on useita suhteellisen mutkikkaita ja kalliita työvaiheita, jotka eivät mahdollista halpojen kertakäyttötuotteiden valmistusta. Painettavan elektroniikan tehtävänä onkin osaksi vastata näihin haasteisiin laskemalla tuotantokustannuksia materiaalien ja valmistuksen osalta, sekä mahdollistaa kokonaan uusien tuotteiden, kuten taipuisien näyttöjen valmistus. (Brazis ym. 2004, xvii-xviii; Leidenius 2008.)

Painettavassa elektroniikassa tulostetaan tai painetaan eri funktion omaavia musteita substraatin pinnalle samankaltaisilla tavoilla kuin muillakin painoaloilla. Substraatti kulkee katkeamattomana aukikelaimelta painokoneen painotelojen ja kuivausuunien läpi kiinnikelaimelle tai leikkaukseen. Substraattina voidaan käyttää paperia, muovia tai kangasta. Painomusteina käytetään erilaisia eristeitä tai johtavia polymeerejä. (Brazis ym. 2004, xvii, 162–163; Hodgson 2007, 2.)

Painettavan elektroniikan valmistuksessa yksi käytössä oleva kuviointitapa on etsausmenetelmä. Menetelmässä haluttu positiivinen tai negatiivinen painokuvio painetaan substraatin pinnalle painotelalla. Esimerkiksi etsaavalla musteella painetaan negatiivinen kuvio. Substraatti on pinnoitettu ohuella kerroksella johtavaa materiaalia, jonka päälle painokuvio painetaan. Painamisen jälkeen substraatti siirtyy uuniin. Uunissa syövyttävä muste reagoi johtavan materiaalin kanssa lämpötilan vaikutuksesta, jolloin etsaantuminen eli syöpyminen tapahtuu. Uunien jälkeen syöpyneet aines ja etsausmuste pestään pois. Substraatin pinnalle jää jäljelle haluttu kuvio johtavasta materiaalista. Toisin sanoen etsausmenetelmä eroaa muista kuviointitavoista siten, että muissa painotavoissa substraatin pinnalle painetaan johtavaa materiaalia, kun taas etsauksessa materiaalia poistetaan substraatin pinnalta. Toinen painettavan elektroniikan valmistuksessa käytettävä etsausmenetelmä on

märkäetsaus. Märkäetsauksessa käytetään syövyttäviä nesteitä. Näillä nesteillä syövytetään substraatin pinnalta pois johtavaa materiaalia, jolloin pinnalle jää jäljelle haluttu painokuvio johtavasta materiaalista. (Ylikunnari 2011.)

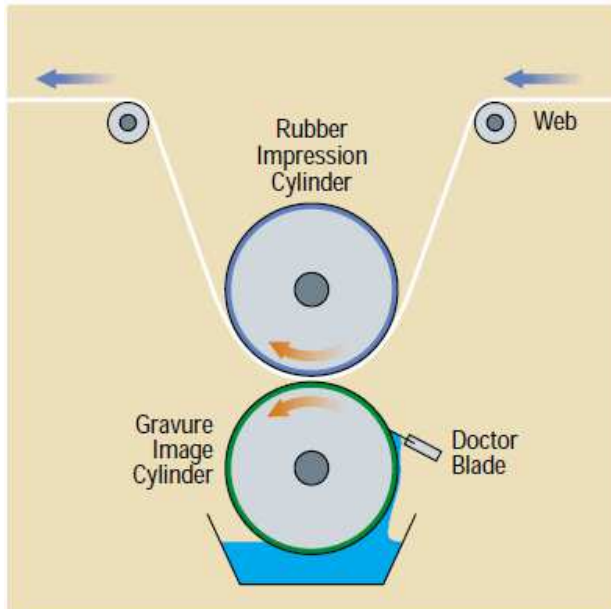
Elektroniikan painotavat voidaan jakaa kahteen eri ryhmään, kontaktillisiin ja kontaktittomiin. Kontaktillisissa painotavoissa substraatin pinnalle painettava kuvio tehdään yleensä telojen avulla. Yleisesti käytettyjä kontaktillisiä painotapoja ovat syväpaino, fleksopaino, offsetpaino ja silkkipaino. Näistä painotavoista ROKO-painokoneella voidaan käyttää syväpaino-, fleksopaino- ja silkkipainomenetelmiä. Kontaktittomissa painotavoissa painokone ei ole kosketuksessa substraatin kanssa, vaan painojälki suihkutetaan substraatin pinnalle esimerkiksi mustesuihkupainotekniikalla. (Brazis ym. 2004, xvii; Salminen 2009, 2; Ylikunnari 2011.)

2.1 Syväpaino

Syväpainossa painettava kuvio tulee painotelassa alemmaksi kuin ei-painava pinta. Syväpainotekniikassa haluttu painokuvio syövytetään tai kaiveretaan telan kupariseen pintaan. Näitä kaiverruksia kutsutaan rasterikuppeiksi. Syväpainotela valmistetaan yleensä teräksestä joka on päällystetty kuparilla. Kuparin kovuutta ja kestävyyttä suuria painomääriä varten voidaan parantaa kromaamalla telan pinta. Kromaus tehdään yleensä elektrolyyttisellä pinnoitusmenetelmällä. Syväpainotekniikka voidaan jakaa kolmeen eri menetelmään: suoraan-, käänteiseen- ja offset-syväpainoon. (Brazis ym. 2004, 291–293; Flexography: Principles And Practices 1999, 8–10; Nieppola – Viluksela 2005, 40–44.)

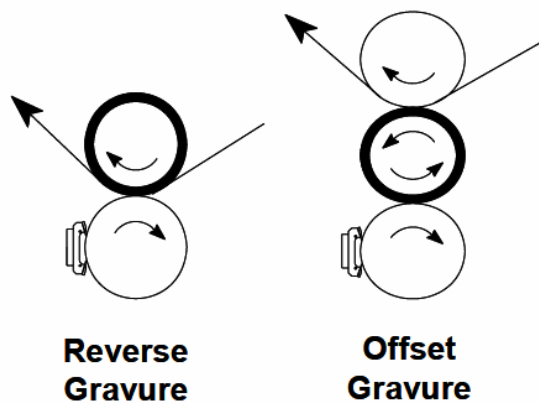
Suorassa syväpainossa painettava substraatti kulkee samaan suuntaan syväpainotelan kanssa. Syväpainotelaan (gravure cylinder) lisätään mustetta upottamalla se mustealtaaseen tai ruiskuttamalla telalle mustetta. Musteen lisäyksen jälkeen ylimääräinen muste kaavitaan pois erillisellä terällä eli raakelilla (doctor blade). Ylimääräisen musteen poistamisen jälkeen rasterikuppeihin jäljelle jäänyt muste siirtyy substraatille sen kulkiessa syväpainotelan

ja vastatelan (impression cylinder) välistä. Syväpainotelan ja vastatelan väliä, josta substraatti kulkee, kutsutaan painonipiksi. Kuvassa 1 on nähtävillä syväpainon toimintaperiaate. Käänteisessä syväpainossa syväpainotela pyörii vastakkaiseen suuntaan substraattiin nähden. (Brazis ym. 2004, 274; Kipphan 2001, 48; Nieppola – Viluksela 2005, 40–41; Ostness 2006, 3.)



KUVA 1. Syväpainon toimintaperiaate (*Flexography: Principles And Practices, 9*)

Offset-syväpainossa syväpainotela painaa painokuvion kumiselle offset-sylinterille. Offset-sylinteriltä painokuvio siirtyy substraatin pinnalle substraatin kulkiessa offset-sylinterin ja puristustelan välistä. Kuvassa 2 on nähtävillä käänteisen- ja offset-syväpainon toimintaperiaate. (Brazis ym. 2004, 293.)



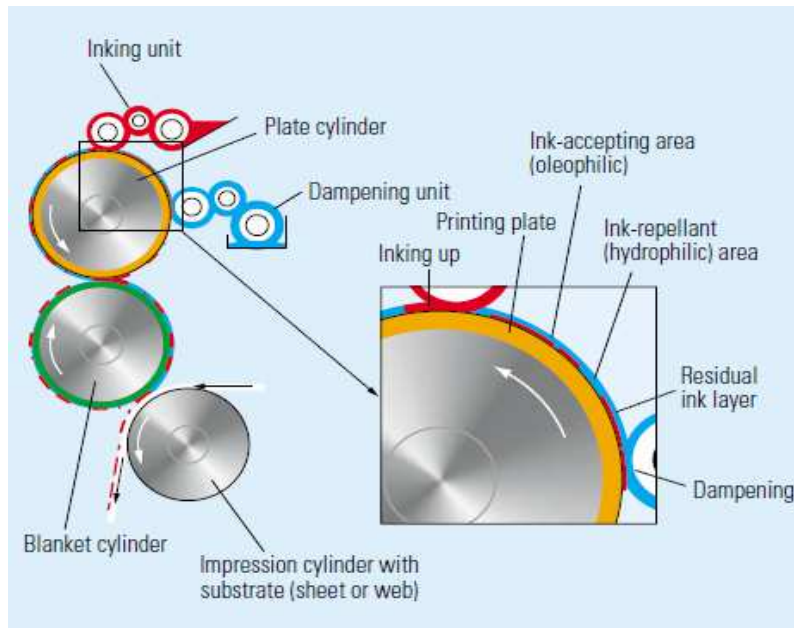
KUVA 2. Käänteisen- ja offset-syväpainon toimintaperiaate (*Ostness 2006, 3*)

Syväpainotekniikan käyttäminen on kannattavaa, kun tuotetta painetaan suuria määriä eikä painettavaan kuvioon tarvitse tehdä muutoksia kesken tuotannon. Pienten määrien painaminen syväpainotekniikalla ei ole kustannustehokasta syväpainotelojen korkeiden valmistuskustannuksien vuoksi. Ohuiden jatkuvien virtapiirien painaminen voi tuottaa vaikeuksia erillisten rasterikuppien vuoksi. Tilanteessa, jossa rasterikuppi ei luovuta mustetta substraatin pinnalle syntyy painojälkeen katkos, joka voi estää sähkön johtumisen painetuissa johtimissa. Syväpainotekniikassa tuottavuus voi nousta 60 m²:iin/s ja viivan minimileveys on 50 µm. Syväpainotekniikalla painettu kerrospaksuus on 0,8–8 µm. (Brazis ym. 2004, 298–299; De la Fuente Vornbrock 2009, 7–12; Hagen 2008, 297; 7–12; Nieppola – Viluksela 2005, 50.)

2.2 Offsetpaino

Offsetpainossa painolevyssä painettava ja ei-painettava pinta ovat samalla tasolla. Painolevyn pintaenergia on erilainen painettavissa ja ei-painettavissa kohdissa. Levyn painettavan pinnan pintaenergia on pienempi kuin veden pintajännitys ja suurempi kuin musteen pintajännitys. Tämän seurauksena painettava pinta hylkii vettä ja ottaa mustetta vastaan. Ei-painettava pinta on vesihakuinen eli vettä vastaan ottava, eli veden pintajännitys on matalampi kuin levyn pintaenergia. Painettavaa pintaa nimitetään oleofiiliseksi ja hydrofobiseksi edellä mainittujen syiden vuoksi. Ei-painettavaa pintaa sanotaan hydrofiiliseksi sen vesihakuisuuden vuoksi. (Brazis ym. 2004, 193–196; Nieppola – Viluksela 2005, 20–21.)

Painolevy, joka on kiinnitetty levysylinteriin (plate cylinder), kostutetaan vesitelojen avulla, jolloin vesi tarttuu levyn pinnalla oleville hydrofiilisille alueille. Kostutuksen jälkeen muste lisätään painolevylle musteteloilla, joista muste tarttuu levyn oleofiilisille alueille. Painolevyltä painokuvio siirtyy kumisylinterille (blanket cylinder), josta kuvio painetaan substraatin pinnalle substraatin kulkiessa kumi- ja vastatelan välistä. Kumisylinterin ja substraatin pintaenergian tulee olla korkeampi kuin painomusteen pintajännityksen. Kuvassa 3 on nähtävillä offsetpainon toimintaperiaate. (Brazis ym. 2004, 193–196; Kipphan 2001, 53–55; Nieppola – Viluksela 2005, 20–24.)



KUVA 3. Offsetpainon toimintaperiaate (Kipphan 2001, 54)

Offsetpaino voidaan tehdä myös ilman painolevyn kostutusta. Tällöin puhutaan kuivaoffsetista. Kuivaoffsetissa ei-painettava alue on valmistettu öljyä hylkivästä materiaalista, esimerkiksi silikonista. (Brazil ym. 2004, 199–201.)

Offsetpainossa käytetyt painolevyt on yleensä valmistettu alumiinista tai polymeereistä, kuten polyesteristä. Painolevy pinnoitetaan valoherkkää ainetta käyttäen. Haluttu painokuvio saadaan levyyn kopiointimenetelmällä tai CTP (Computer To Plate) -tulostuksella. (Brazil ym. 2004, 196–203; Nieppola – Viluksela 2005, 25–27.)

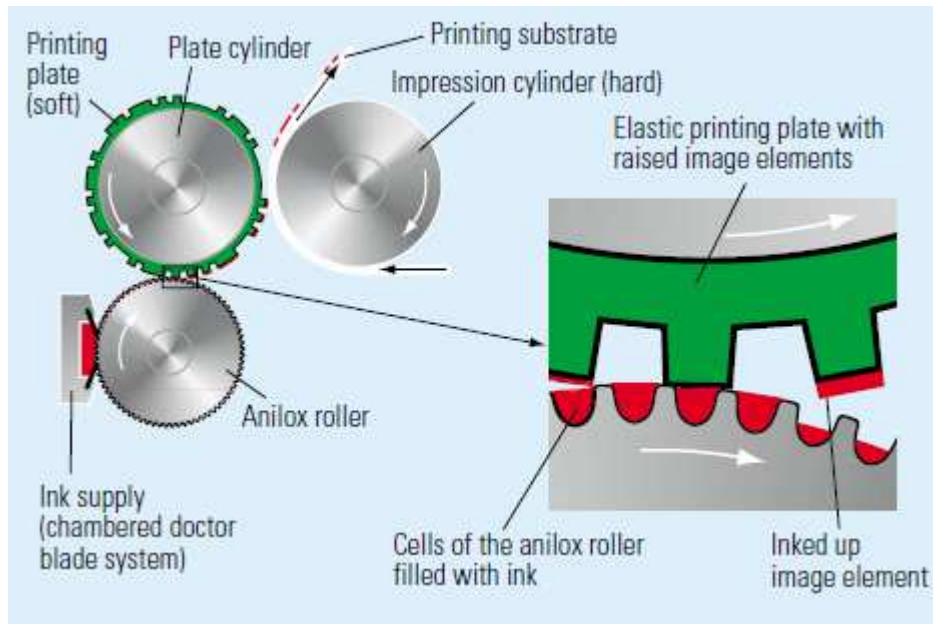
Kopiointimenetelmässä käytetään UV-valoa, jolla haluttu painokuvio saadaan muodostettua valoherkällä aineella pinnoitetulle levyille maskin avulla. UV-valo menee maskin läpi halutuista kohdista ja muodostaa siihen joko positiivi- tai negatiiviprosessilla painokuvion. Positiiviprosessissa valottumattomat kovaksi jääneet kohdat muodostavat painopinnan ja valotuksessa pehmentynyt pinta poistetaan. Negatiiviprosessin valotuksessa painokuvio kovettuu levyn pintaan ja valottumaton aines pestään pois. Pesun jälkeen levyn pinta voidaan lämpökäsitellä jolloin painolevyn kestävyys paranee. (Brazil ym. 2004, 196–203; Nieppola – Viluksela 2005, 25–27.)

CTP-tulostuksessa haluttu painokuvio saadaan levyille laser-valon avulla. Laser-valo muuttaa valoherkän aineen ominaisuuksia jolloin kuvio saadaan tulostettua levyille ohjaamalla laser-valoa päälle ja pois sekä valotettavan levyn kohtaa muuttaen. Kuivaoffsetin painolevy voidaan valmistaa lisäämällä levyn pintaan ohut kerros silikonia. Kiinnittynyttä silikonia irrotetaan painolevystä laser-valoa käyttämällä. Valokäsitelty irronnut silikoni pestään pois painolevyltä ja kohdat, joista silikoni poistettiin muodostavat painettavankuvion. (Brazil ym. 2004, 199–203; Nieppola – Viluksela 2005, 25–27.)

Offsetpainon levyjen valmistaminen on suhteellisen edullista ja tällä painotekniikalla päästään parhaimmillaan tuottavuuteen 30 m²/s. Kerrospaksuus on välillä 0,5–1,5 µm. Painettaessa esimerkiksi polymeereistä valmistetuille substraateille voidaan substraatin pintaenergiaa joutua muokkaamaan koronakäsittelyn avulla, jotta muste saadaan siirtymään kumitelalta substraatin pinnalle. (Brazil ym. 2004, 199–203; Hagen 2008, 297; Nieppola – Viluksela, 25–27.)

2.3 Fleksopaino

Fleksopainotekniikassa painettava kuvio on koholla painolevyssä tai laatas- sa, joka on kiinnitettyä painotelaa. Painomuste siirretään altaasta tai kam- mioraakelistä (chambered doctor blade system) anilox-telalle. Anilox-telaan on kaiverrettu rasterikuppeja joihin haluttu määrä mustetta jää. Ylimääräinen muste poistetaan rasterikuppien pinnalta raakeliterällä. Anilox-telalta muste siirtyy painolevylle, joka on valmistettu joustavasta kumista tai fotopolymeeristä. Painokuvio siirtyy substraatille, kun substraatti kulkee painotelan ja vastatelan välistä. Kumiset painolevyt kuvioidaan vulkanoimalla tai laser-kaiverruksella, fotopolymeeristä valmistetut painolevyt kuvioidaan valotta- malla käyttäen filmiä ja UV-valoa tai CTP-tulostusta. Fleksopainon toiminta- periaate on esitetty kuvassa 4. (Brazil ym. 2004, 246–250; Kipphan 2001, 46–47; Nieppola – Viluksela 2005, 53–58.)

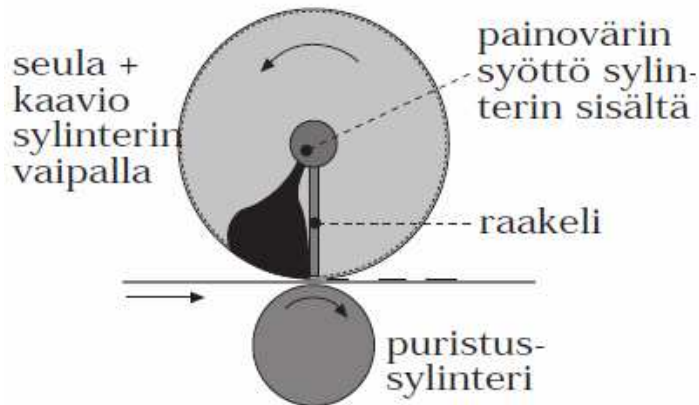


KUVA 4. *Fleksopainon toimintaperiaate (Kipphan 2001, 47)*

Fleksopainossa painolevyn- tai laatan valmistuskustannukset ovat matalammat verrattuna syväpainotelan valmistukseen, mutta painolevyn- tai laatan kestävä painomäärä on matalampi. Flexopainossa viivan minimileveys on 76 µm ja kerrospaksuus välillä 0,8–2,5 µm. Flexopainon maksimituottavuus 10 m²/s. (Brazis ym. 2004, 272–273; Nieppola – Viluksela 2005, 66.)

2.4 Silkkipaino

Silkkipainossa käytettävä painomuste levitetään substraatille seulakankaan läpi. Seulakankaassa on kohtia, jotka painettava aine läpäisee, kun painomustetta puristetaan raakelilla seulakangasta vasten. Substraatti kulkee seulakankaan ja puristussyinterin välistä, jolloin haluttu painokuvio muodostuu substraatin pinnalle. Painettavina aineina voidaan käyttää musteita tai syövyttäviä aineita, kuten etsauspasta. Kuvassa 5 on nähtävillä silkkipainon toimintaperiaate. (Brazis ym. 2004, 316–317; Nieppola – Viluksela 2005, 68–71; Ylikunnari 2011.)

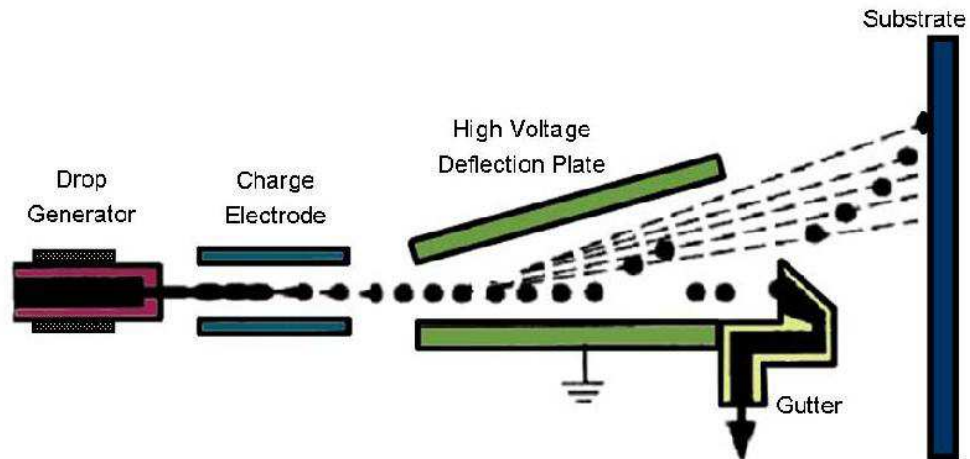


KUVA 5. Silkkipainon toimintaperiaate (Nieppola – Viluksela 2005, 71)

Seulakangas valmistetaan yleensä ruostumattomasta teräksestä tai polyesteristä. Ennen seulakankaana käytettiin silkkiä, jonka vuoksi painotapaa kutsutaan edelleen silkkipainoksi. Seulakankaan kuvio muodostetaan levittämällä kankaalle valoherkkää ainetta, joka reagoi UV-valotuksessa muodostaen painoainetta läpäisemättömän pinnan. Silkkipainolla ohuin viivanleveys on 50 μm , ja sillä päästään maksimissaan tuottavuuteen 10 m^2/s . Silkkipainolla saatava kerrospaksuus on 30–80 μm . (Brazis ym. 2004, 309–317; Hagen 2008, 297; Kaija 2008, 22.)

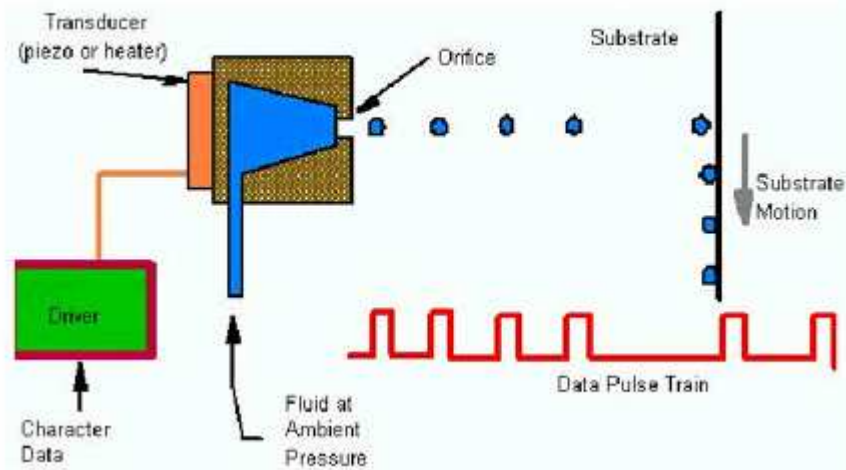
2.5 Mustesuihkupainot

Mustesuihkupainot tai -tulostimet voidaan jakaa kahteen eri ryhmään, Continues Inkjet- ja Drop On Demand -tulostukseen. Continues Inkjet -tulostuksessa mustepisaroiden suihku on jatkuva. Continues Inkjet -tulostuksessa pisarat saadaan aikaan paineella tai pietsosähköisellä kiteellä. Pisarat varataan niiden kulkiessa elektrodin lävitse. Varaamattomat mustepisarot kulkevat suoraan keräimelle (gutter) ja siitä takaisin mustesäiliöön. Varatut pisarat poikkeutetaan reitiltään sähkövarauksen avulla niiden kulkiessa levyjen (deflection plate) välistä. Varatut mustepisarot voidaan näin ohjata haluttuihin kohtiin substraatilla. Kuvassa 6 on nähtävillä jatkuvan mustesuihkutulostuksen toimintaperiaate. (Brazil ym. 2004, 320; Kaija 2008, 21.)



KUVA 6. Jatkuvan mustesuihkutulostuksen toimintaperiaate (Kaija 2008, 21)

Drop on demand -tulostuksessa mustetta suihkutetaan ainoastaan silloin, kun substraatille halutaan lisätä mustetta. Mustepisarat synnytetään pietsosähköisellä kiteellä tai kuplatekniikalla. Pietsosähköinen kide värähtelee, kun siihen kytketään vaihtojännite. Värähtely aiheuttaa mustepisaroiden purkautumisen tulostuspäästä substraatille. Kuplatekniikalla mustetta lämmitetään kirjoituspäässä pienellä lämpövastuksella, jolloin päähän syntyy kaasukupla. Syntynyt kupla suihkuttaa musteen ulos kirjoituspäästä mustepisarana kohti substraattia. Kuvassa 7 nähdään pietsosähköisellä kiteellä tai lämmittimellä toimivan Drop on demand -mustesuihkutulostimen toimintaperiaate. Kuplatekniikkaa käyttävät tulostimet eivät sovellu hyvin painettavan elektroniikan valmistukseen, koska painossa käytettävien musteiden ominaisuudet voivat muuttua mustetta lämmitettäessä. (Brazil ym. 2004, 320–321; Kaija 2008, 21.)



KUVA 7. Drop on demand -mustesuihkutulostimen toimintaperiaate (Circuit-ree Inc 2009)

Mustesuihkutulostuksen etuna on painettavan tuotteen edullinen ja nopea muunneltavuus. Painokuviota voidaan muokata tietokoneella ja ladata uusi tulostusohjelma tulostimelle. Mustesuihkutulostuksella päästään tällä hetkellä minimissään viivanleveyteen 20 μm , joka on pienin tässä työssä käsitellyistä painotavoista, kuten myös kerrospaksuus, joka on alle 0,5 μm . Mustesuihkutulostuksessa tuottavuus jää kuitenkin maksimissaan 0.1 m^2/s , joten se ei sovellu vielä suurien painomäärien painamiseen. (Brazil ym. 2004, 320–321; Hagen 2008, 297; Kaija 2008, 21–22.)

2.6 Painomateriaalit

Painotavasta ja painettavasta tuotteesta riippuen painossa käytetään eri substraatteja ja painomusteita. Substraatteina yleisimmin käytetyt polymeerit ovat polyetylenitereftalaatti (PET)-, polyetyleeninaftaleeni (PEN)- ja polyimide (PI)- kalvot. Substraatteina voidaan käyttää myös kangasta, paperia ja kartonkia. Painossa käytetyille musteille on omat vaatimuksensa onnistuneen painotuloksen aikaan saamiseksi. Sähköä johtavan musteen lisäksi tarvitaan eristäviä-, puolijohde- ja vastusmusteita jotta tuotteiden valmistus eri painotekniikoiden avulla on mahdollista. (Brazil ym. 2004, 169, 295–297; Tingander 2010, 21.)

Polymeereistä valmistetut kalvot sopivat painettavan elektroniikan valmistukseen niiden taipuisuuden ja sileän pinnan ansiosta. Polymeerikalvojen lämpötilakestävyys on kuitenkin rajallinen. Korkeat lämpötilat voivat aiheuttaa kalvon kutistumisen tai venymisen. Polymeereistä PET-kalvo on hinnaltaan edullisempi kuin PEN- ja PI-kalvot. PET-kalvon lämpötilakestävyys on kuitenkin heikompi kuin PEN- ja PI-kalvoilla. Esimerkiksi Teonexin valmistamien PET-kalvojen lasittumispiste on 80 °C, PEN-kalvojen 120 °C ja PI-kalvojen 410 °C. Lasittumispiste T_g kuvaa lämpötilaa jossa polymeerikalvojen fyysiset ominaisuudet alkavat muistuttaa lasimaista ainetta. Polymeerikalvoja on saatavilla etsaus- ja muita prosesseja varten pinnoitettuina erilaisilla metalleilla tai metalliyhdistelmillä. Yleisesti aurinkokennojen ja OLED-sovelluksien valmistuksessa käytetään indiumtinaoksidilla (ITO) päällystettyä kalvoa sen valoa läpäisevien ominaisuuksien takia. Muita pinnoituksessa käytettyjä aineita ovat muun muassa kupari (Cu), alumiini (Al), hopea (Ag), sinkkioksidi (ZnO) ja pii (Si). (Goodfellow Cambridge Ltd; Teonix; Tingander 2010, 33–34; Merck; Ylikunnari 2011.)

Paperin edullisuus, yleisyys ja sen sopivuus kaikille painotavoille on tehnyt paperista varteenotettavan vaihtoehdon painettavan elektroniikan valmistuksessa. Paperin karheus ja imukyky kuitenkin vaikeuttavat paperin käyttöä painettavassa elektroniikassa. Paperin pintaominaisuuksia voidaan muokata painettavan elektroniikan käyttöön päällystämällä sitä eri materiaaleilla, mikä voi kuitenkin huonontaa paperin kierrätettävyyttä. (Hodgson 2007, 1-4; Torvinen 2010, 5–6.)

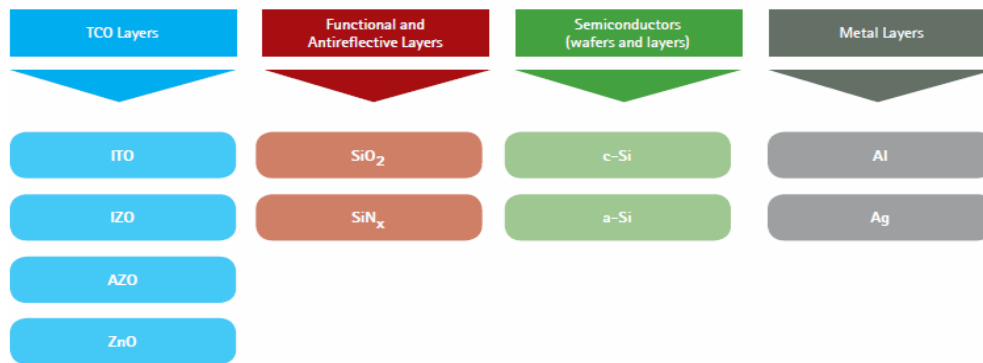
Sähköä johtavan painomuste koostuu johtavista partikkeleista ja sähköä johtamattomista sideaineista, jotka ovat yleensä polymeerejä. Partikkeleina yleisesti käytettyjä aineita ovat erilaiset metallit kuten hopea, kulta, kupari ja eri hiiliyhdistelmät. Johtavat partikkelit muodostavat ei-johtavaan musteeseen kulkureittejä sähkölle. Pistettä, jossa jatkuvia kulkureittejä alkaa muodostua musteeseen kutsutaan perkolaatiokynnykseksi. Perkolaatiokynnyksen ylittymisen jälkeen muodostuu musteeseen lisää kulkureittejä sähkölle. Kulkureitien määrällä saadaan säädettyä musteen johtavuutta, mitä suurempi sähköä johtavien partikkelien määrä musteessa on, sitä lähempänä musteen

johtavuus on musteessa käytetyn johtavan materiaalin johtavuutta. Liian suuri määrä johtavia partikkeleita suhteessa musteen sidosaineisiin voi kuitenkin aiheuttaa musteen rakenteellisen eheyden heikentymisen tai musteen jäykistymistä. Lisäksi on olemassa johtavia polymeerimusteita, joiden toiminta perustuu polymeerien väliaineen ja polymeeriketjujen väliseen johtavuuteen. (Brazil ym. 2004, 178–184; Polymeerimateriaalit elektroniikassa 2010, 25–26; Tingander 2010, 25–26.)

Vastusmusteet valmistetaan yleensä käyttämällä sideaineita ja hiiltä. Musteen sekoitussuhteen muutoksella saadaan musteelle haluttu resistiivisyys. Eristemusteet eivät sisällä sähköä johtavia partikkeleita. Eristemusteiden tehtävänä on estää sähkövirran läpilyönnit ja mahdollistaa ylivedot piireissä. Ylivedoilla tarkoitetaan esimerkiksi kohtia, joissa kaksi johtavaa painojälkeä menevät ristiin, mutta ne eivät saa olla kosketuksissa keskenään. Tällöin eristemusteesta voidaan painaa risteämiskohdan päälle johtamaton kerros mustetta mikä mahdollistaa ylivedon. Vastus- ja eristysmusteet on yleensä valmistettu polymeereistä, kuten johtavat musteetkin. (Brazil ym. 2004, 178–84; Tingander 2010, 25–26.)

Puolijohdemusteiden käyttö painettavassa elektroniikassa on haastavaa niiden heikon valon ja kosteuden kestävyys vuoksi. Lisäksi niillä ei päästä yhtä suuriin kytkentänopeuksiin kuin perinteisillä tavoilla valmistetuissa puolijohteissa. Puolijohdemusteita joudutaan suojaamaan erilaisilla liuottimilla, jotka vaikuttavat musteiden ominaisuuksiin. Näiden ominaisuuksien perusteella valitaan painotapa, jotta painettavalle puolijohdekomponentille saadaan halutut ominaisuudet. (Brazil ym. 2004, 178–84; Tingander 2010, 25–26.)

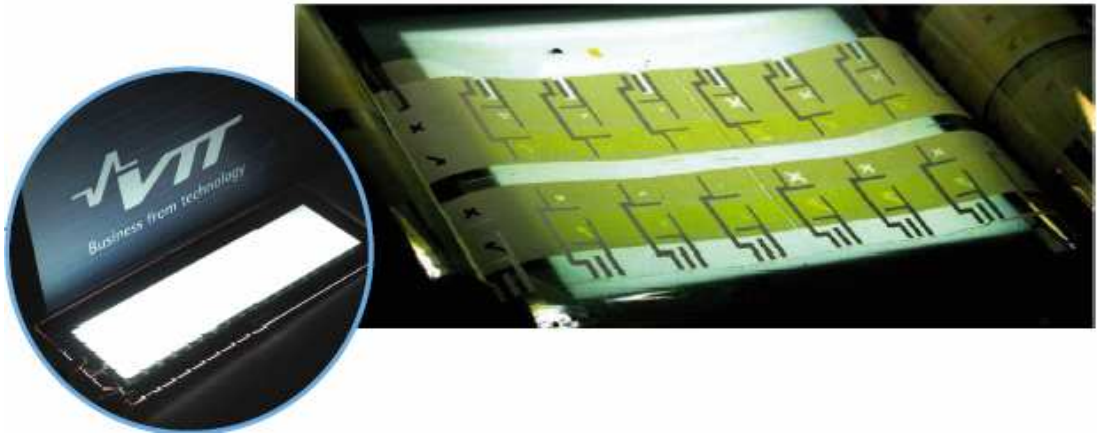
Etsausta varten painettavassa elektroniikassa on käytössä etsauspasta, joka soveltuu käytettäväksi silkkipainotekniikassa. Kuvassa 8 on nähtävillä pastan soveltuvuus eri materiaaleille. Pastaa on saatavilla myös kuparia syövyttävänä. Painettu pasta reagoi polymeerikalvolle pinnoitetun kerroksen kanssa korkeassa lämpötilassa ja syövyttää pois painetut kohdat. (Merck; Ylikunnari 2011.)



KUVA 8. Etsauspastan soveltuvuus eri aineille (Merck)

2.7 Sovellukset

Painettavalla elektroniikalla voidaan jo valmistaa esimerkiksi LCD-näyttöjen taustalevyjä, RFID-antenneja ja aurinkokennoja. Painettavan elektroniikan tekniikat, materiaalit ja tuotteet ovat jatkuvan tutkimuksen kohteina, joten jo käytössä olevia sovelluksia pyritään kehittämään lisää ja samalla keksimään uusia käyttökohteita tuotteille. Esimerkiksi elintarviketeollisuudessa tuotepakkaus voisi ilmoittaa olevansa auki tai jopa ilmoittaa tuotteen vanhentumisesta. Sanomalehdet voisivat sisältää taipuisia näyttöjä, joissa olisi liikkuvia mainoksia tai kuvia. Valaisussa voitaisiin käyttää orgaanisia LED (OLED) -valoja ja kotiseinät voitaisiin tapetoida väriä vaihtavilla tapeteilla. Haasteina monissa sovelluksissa on saada painettavien tuotteiden elinikä riittävän pitkäksi sekä tekniikka massatuotantoa tukevalle tasolle, jotta tuotteiden hinnat saataisiin kohtuullisiksi. Kuvassa 9 on esitelty VTT:n painamia OLED-sovelluksia. Vasemmalla kuvassa on valaistustarkoituksiin painettu OLED ja oikealla pakkauksiin tarkoitettu taipuisa OLED, joka ilmoittaa pakkauksen eheyden. (Eurooppalaiset tutkijat kehittivät painotekniikalla valmistettavan valoelementin; Kaija 2008, 25; Partanen – Paukku 2009.)



KUVA 9. Painettuja OLED-sovelluksia (VTT 2008)

3 ROKO-PAINOKONE

Roko-painokone on VTT:n tilaama pilot-laitteisto painettavan elektroniikan valmistukseen. Rokolla voidaan painaa neljällä painoyksiköllä ajon aikana. Painoyksiköt voidaan valita painettavan tuotteen mukaan. Painoyksikköinä voidaan käyttää suoraa ja käänteistä syväpainoa, fleksopainoa ja silkipainoa. Rokon radanleveys on 300 mm ja radan nopeus on maksimissaan 10 m/min. Painokone on jaettu viiteen asemaan. Neljään ensimmäiseen voidaan liittää oma painoyksikkö. Painokoneen rata voidaan vetää eritavoilla riippuen painettavasta tuotteesta. Lisäksi painokoneen päällä on UV-kuivain ja neljä erillistä uunia, joista yksi voidaan tarvittaessa vaihtaa IR-kuivaimeksi. Esimerkki radan kulusta pastaetsauslinjan käytössä esitellään luvussa 3.6.

Painokoneen ohjaus on tehty Omronin modulaarisella CJ1M-ohjelmoitavalla logiikkasarjalla ja siihen yhdistetyllä Omronin Trajexia-liikkeenohjaimella. Painokoneen käyttöliittymänä toimii Omronin NS 10,2" -kosketusnäyttöpäätte. Pääteeltä ohjataan painokoneen toimintaa. Ohjauslogiikka, liikkeenohjain ja näyttöpäätte ovat yhteydessä toisiinsa Ethernetin välityksellä. Trajexia-liikkeenohjaimella hallitaan radan telojen pyörimisnopeutta sekä radankireyttä.

3.1 Asema 1

Rokon ensimmäisessä asemassa sijaitsee painoyksikön lisäksi `S'-wrap-telat, joilla voidaan säätää radan kireyttä ja nopeutta asemassa viisi sijaitsevan toisen `S'-wrapin kanssa. Radan kireyden ja nopeuden asetusarvojen syöttäminen tapahtuu käyttöliittymästä. Asemassa viisi sijaitseva `S'-wrap voidaan jättää kokonaan välistä kuten pastaetsausradan vedossa tapahtuu. Tällöin radan kireyden säätö tapahtuu ensimmäisessä asemassa olevan `S'-wrapin ja kiinnikelaimen avulla. Ensimmäisessä asemassa on lisäksi kaksi ionisaattoria, koronapurkauskäsittelijä ja painokalvon puhdistin. Ionisaattoreilla poistetaan muovikalvossa oleva staattinen sähkölataus. Ionisaattorit on

sijoitettu niin, että painokalvo kulkee niiden välistä, jolloin kalvon molemmat puolet saavat käsittelyn. Koronapurkauskäsittelijällä voidaan muokata substraattina käytettävien muovikalvojen pintaenergiaa paremmin painomusteille sopivaksi. Painokalvon puhdistimessa kalvo menee kahden telan välistä. Telojen välissä kalvolla oleva lika siirtyy telojen pinnalle. Edellä mainitut käsittelyt tehdään painokalvolle ennen kuin sen pinnalle painetaan painokuvio. (AEL 2000, 1; Eltex 2010, 1–3.)

3.2 Asema 2

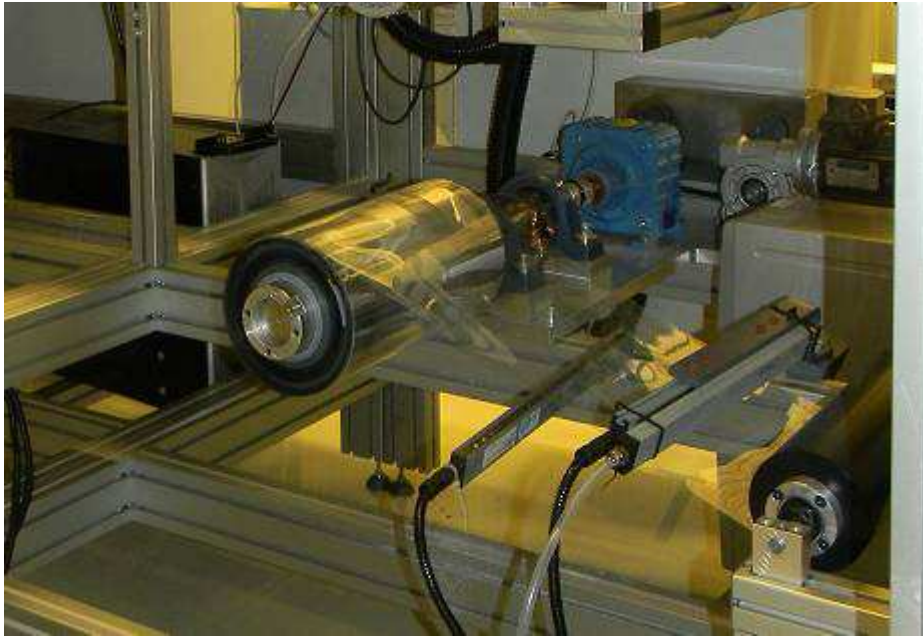
Toisessa asemassa sijaitsee rei'itin, painoyksikkö, 2 ionisaattoria ja kamerat, joilla voidaan tarkastella painojälkeä painettaessa useampia kerroksia. Rei'ittimellä painokalvon reunat voidaan rei'ittää traktoriteloja varten, traktoriteloilla pyrittiin saamaan rata pysymään paremmin oikealla reitillään. Teloja ei kuitenkaan käytetä enää radan ohjaukseen, koska ne eivät toimineet halutulla tavalla.

Painokoneelle tehty kamerajärjestelmä on kehitysvaiheessa. Kameroilta saadaan näkyviin jatkuva-aikainen kuva painojäljen osumisesta kohdalleen painettaessa useampia kerroksia päällekkäin. Kuvan perusteella operaattorit voivat säätää painonkohdennusta oikeaksi. Kuvatieto on kuitenkin hieman jäljessä painoradalla olevaa todellista tilannetta. Tämän vuoksi kohdistus tapahtuu katsomalla painojälkien osuminen suoraan radalta. Kamerajärjestelmä ei myöskään vielä voi automaattisesti ohjata rataa oikealla kohdalle, koska järjestelmästä ei ole tehty kytkentää radan ohjausta varten.

3.3 Asemat 3 ja 4

Kolmannessa asemassa sijaitsee painokoneen aukikelain, ionisaattoreita ja painoyksikkö. Aukikelaimelta painettava substraatti kulkee ionisaattoreiden kautta suoraan ohjaustelojen avulla koronakäsittelyyn ja kalvon puhdistukseen tai suoraan painettavaksi.

Asemaan 4 voidaan asentaa haluttu painoyksikkö. Lisäksi asemassa sijaitsee 3 ionisaattoria, radan kiinnikelain, jossa painettu substraatti kerätään uudelleen rullalle, sekä kamerajärjestelmä painon kohdistusta varten. Kuvassa 10 nähdään kiinnirullain ja ionisaattorit.



KUVA 10. Kiinnirullain ja ionisaattorit

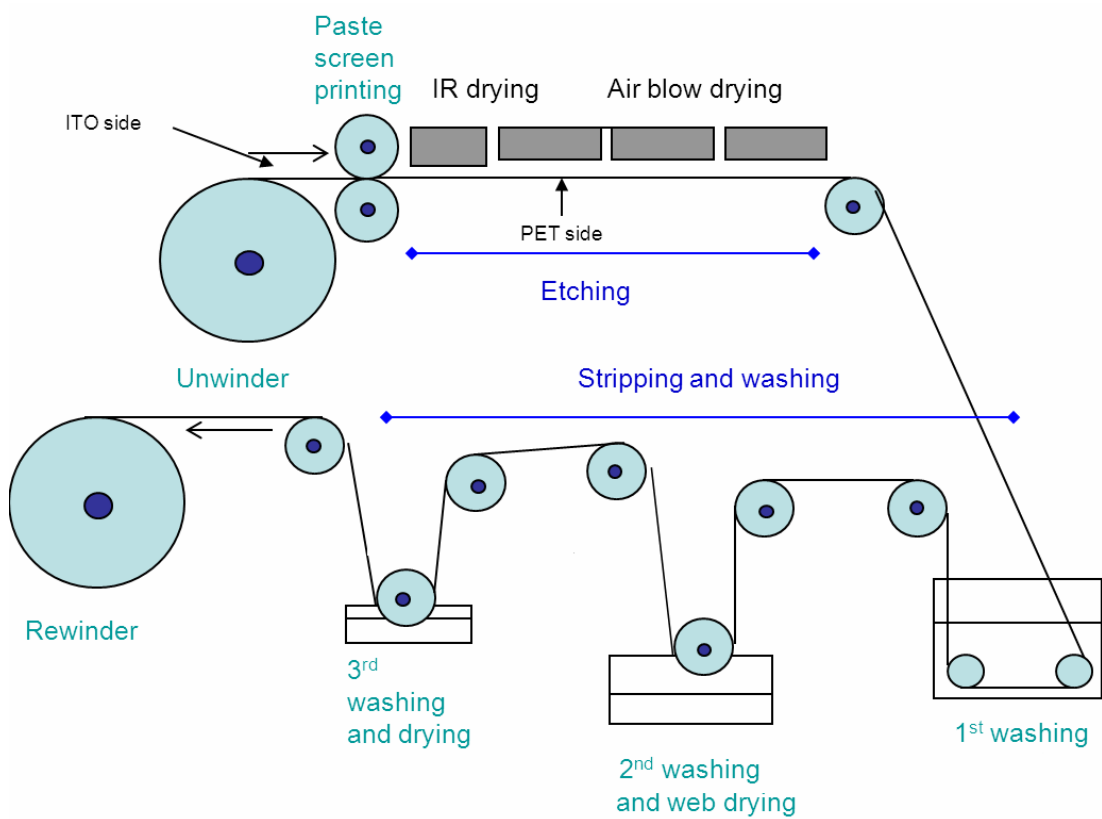
3.4 Asema 5

Asemassa 5 sijaitsee kamera painojäljen tarkastelua varten. Lisäksi asemassa sijaitsevat otsikon 3.1 alla esitelty `S´-wrap sekä painokoneen pesuosion vesipesuallas ja pesuun liittyvät vesi- ja ilmaveitset. Asemassa sijaitsee myös toinen pesuallas, jossa pesunesteenä käytetään isopropanolia. Isopropanolialtaan jälkeen sijaitsevat toiset ilmaveitset substraatin kuivaamista varten. Aseman 5 takana sijaitsee ultraääniallas. Pesujen tarkempi kuvaus esitellään luvussa 4.

3.5 Pastaetsauslinja ROKO-painokoneella

ROKO-painokoneella substraatti lähtee aukikelaimelta painokalvon puhdistukseen ja `S´-wrap-teloille. Tämän jälkeen substraatin pinnalle painetaan haluttu painokuvio etsauspastalla silkkipainoyksiköllä ensimmäisessä ase-

massa. Painoyksiköllä substraatin pintaan painettu painokuvio jatkaa matkaan IR-kuivaimelle ja uuneille. IR-kuivaimella ja uuneissa etsauspasta alkaa reagoida substraatin pinnalla olevan ITO-kerroksen kanssa, jolloin etsaantuminen tapahtuu lämpötilan vaikutuksesta. Irti etsaantunut aine sekä etsausmuste pestään tämän jälkeen pois painokoneen pesuosiossa. Pesuosion toimintaa esitellään tarkemmin luvussa 4. Kuvassa 11 on näkyvillä etsauksen toimintaperiaate ja radan veto painokoneella. Kuvasta voidaan nähdä, että pesun jälkeen painettukalvo kerätään uudestaan rullalle kiinnikelaimella.



KUVA 11. Etsauspainolinjan radan kulku painokoneella (Ylikunnari 2011b, 2)

4 AUTOMATISOINTISUUNNITELMA

Työn tarkoituksena oli kehittää pastaetsausprosessin pesuosion toimintaa niin, että pesutulos olisi parempi ja laitteisto käyttäjäystävällisempi. Työn alkutilanteessa pesuosion pumppujen ja ultraäänialtaan käynnistys tapahtui manuaalisesti, kuten myös ilmaveitsien paineilman ja veden syötön käynnistäminen.

Alkutilanteessa suurimpia ongelmia pesun osalta olivat ultraäänialtaan pesunesteen nopea likaantuminen ja substraatin lyhyt pesuaika altaassa. Kun tätä insinööriötä alettiin tehdä, käytettiin pesuliuksena kaliumhydroksidin (KOH) ja isopropanolin sekoitusta. Tätä pesuliuosta lisättiin ultraäänialtaan sisälle tehtyyn erilliseen pienempään pesualtaaseen, jottei sen kulutus olisi kasvanut liian suureksi. Ultraäänialtaan sisälle oli lisätty väliaineeksi vesijohdovettä, jotta ultraäänipesurin värähtely kulkeutuisi pesuliuksen sisältävään pesualtaaseen saakka. Kuvassa 12 on esitelty ultraäänialtaan sisään sijoitettu pesuallas.



KUVA 12. Ultraäänialtaan sisään sijoitettu pesuallas

Erillinen pesuallas esti substraatin ja telojen laskemisen pinnan alle ultraäänialtaassa pidemmäksi aikaa, mikä esti sen, että substraatin pesuaikaa olisi

voitu pidentää. Tämä ongelma kuitenkin ratkesi kun pesunesteenä alettiin käyttää deionisoitua vettä kehittämissuunnitelman tekovaiheessa. Toisen ongelman muodosti pesussa irtoava käytetty etsauspasta, joka jäi kellumaan altaan pinnalle sotkien ohjaustelan ja pintaan nousevan substraatin uudelleen. Pesualtaassa olevaa liuosta kierrätettiin pumpun avulla suodattimien läpi ja pumpattiin takaisin pesualtaaseen. Kierrätys ei kuitenkaan onnistunut keräämään tehokkaasti likaa pesunesteestä, joten tämä otettiin huomioon ultraäänipesun kehittämissuunnitelmaa tehdessä. Pumpun aikaansaamaa virtausta säädettiin pumpun imupuolella olevilla käsiventtiileillä.

Pesun toisessa vaiheessa ultraäänialtaassa pesty substraatti pestään uudelleen vesijohtovedellä. Substraatti huuhdeltiin vesialtaassa, josta se nousee vesi- ja ilmaveitsille. Vedensyöttö vesialtaaseen tapahtui vesiveitsien avulla; vesiveitsiltä tuleva vesi valuu substraattia pitkin vesialtaaseen. Ilmaveitsillä pesty kalvo kuivataan.

Vesialtaan pinnankorkeutta pidettiin sopivana asettamalla pumpun imupuolen letku halutulle korkeudelle. Käytetty pesuvesi pumpataan altaasta viemäriin. Kuvassa 13 on nähtävillä käytössä ollut vesiallas sekä vesi- ja ilmaveitsit. Ilmaveitsit ovat kuvassa vesiveitsien yläpuolella. Kuivauksen jälkeen substraatti pestään toisessa altaassa joka on täytetty isopropanolilla. Substraatin noustessa altaasta se kuivataan paineilmakäyttöisillä ilmaveitsillä.



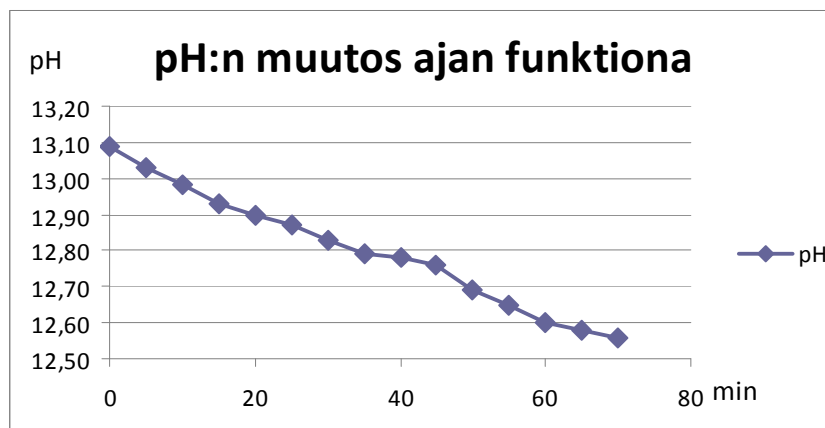
KUVA 13. Toinen pesuvaihe. Kuvassa vesiallas sekä vesi- ja ilmaveitsit

4.1 Ultraäänipesun kehityssuunnitelma

Järjestelmän kehittämistä ja automatisointia lähdettiin suunnittelemaan käyttäjän näkökulmasta. Tarkoituksena oli saada pesuosion ohjaus yhteen paikkaan ja helpottaa täten operaattorien työtä. Käytännössä tämä tarkoitti sitä, että eripuolelta painotilaa käynnistetyt laitteet saataisiin ohjattua päälle painokoneen ohjauspaneelista, jonne myös tuotaisiin tarvittavat pintatiedot altaista. Lisäksi tavoitteena oli pesuosion pesutuloksen parantaminen. Oman haasteensa pesuosion suunnitteluun toi tilan puute painokonehuoneessa.

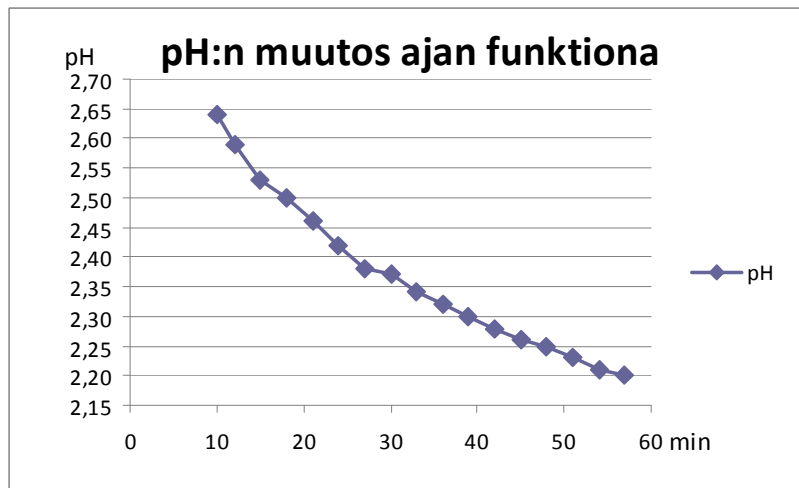
Pesuosion tärkein pesu on ultraäänialtaassa tapahtuva substraatin pesu. Jo työn alkuvaiheessa ehdotin altaasta pumpulla kierrätetyn veden paluupaikan muuttamista niin, että kierrätetty vesi suihkutetaan substraatin pinnalle. Tämä paransikin pesutulosta jonkin verran. Lisäksi ennen seuraavaan pastaet-saus painokerran alkua paluuputken päähän lisättiin vesiveitsi, jolla pesuneste saatiin suihkutettua tasaisesti koko substraatille.

Työn alkuvaiheessa selvitettiin mahdollisuuksia ultraäänipesussa käytetyn pesunesteen laadun tarkkailuun. Alussa pesuliuksena käytetyn kaliumhydroksidin ja isopropanolin sekoitusta, sekä myöhemmin käytetyn deionisoidun veden pH:ta mitattiin pesun aikana käsikäyttöisellä pH-mittarilla. Mittauksista nähtiin happaman etsauspastan vaikuttavan pesuliuksen pH-arvoon. Kuvasta 14 nähdään KOH-pesuliuksen pH:n muutos ajan funktiona. Kuvasta voidaan huomata emäksisen pesuliuksen neutralisoituvan hieman.



KUVA 14. KOH-pesuliuksen pH:n muutos ajan funktiona

Kuvassa 15 voidaan nähdä pH:n muutos deionisoidulle vedelle eli DI-vedelle. Kuten kuvista voidaan nähdä, oli pH:n muutos molemmissa testeissä hyvin vähäistä. Testiajojen perusteella ei voitu osoittaa pH:n muutoksen vaikuttavan substraatin pesutulokseen. Tästä syystä, sekä projektin aikataulun vuoksi, ei lopulliseen laitteistoon saatu pesuliuksen hyvyttä indikoivaa mittausta.



KUVA 15. DI-veden pH:n muutos ajan funktiona

Kun ultraäänialtaassa alettiin käyttää pesunesteenä deionisoitua vettä, päätettiin koko altaan tilavuus ottaa käyttöön ja jättää erillinen pesuallas pois käytöstä. Tällä pyrittiin saavuttamaan pesunesteen hitaampi likaantuminen. Ultraäänialtaan pinnalle kellumaan jäävän lian keräämiseen mietittiin eri vaihtoehtoja, jotka olivat pesunesteen pinnalle kellumaan jääneen pastan sekoittaminen sekoittimella ja suodattaminen sekä pesunesteen imeminen pinnalta suodattimille. Kolmantena vaihtoehtona oli käyttää hyväksi ultraäänipesurin omaa ylivuotoallasta. Erillisestä pesualtaasta luopuminen salli ultraäänipesurin oman ylivuotoaltaan käyttämisen pintaan kertyneen lian keräyksessä. Tilan puutteen vuoksi kahden ensimmäisen vaihtoehdon toteuttaminen olisi ollut haastavaa, joten päädyttiin ylivuotoaltaan käyttämiseen.

Ultraäänialtaan ylivuotoaltaan käyttöönottoa varten tarvittiin pintakytkin, jonka avulla tiedettäisiin pesunesteen olevan oikealla korkeudella. Pintatiedon

avulla pesunestettä voitaisiin lisätä tuoreistuksen yhteydessä altaaseen oikea määrä. Pesunesteenä käytettävän DI-veden vuoksi rajatietoa ei voitu ilmaista johtokykyyn perustuvalla pintakytkimellä, vaan käyttöön otettiin mekaaninen rajakytkin. Ylivuotoaltaan liitännäyhteen kautta likainen vesi voidaan pumpata suodatukseen ja sieltä takaisin altaaseen. Lian keruun tehostamiseksi substraatin pinnalta irronnut pasta ja etsaantunut aines päätettiin kerätä suoraan ylivuotoaltaaseen. Kuvassa 16 on nähtävillä ylivuotoaltaan, ohjaintelan ja vesiveitsen sijoittelu, joka mahdollistaa vesiveitsellä irronneen pastan ja etsaantuneen materiaalin valumisen suoraan ylivuotoaltaaseen. Kun suurin osa painetusta pastasta valuu suoraan ylivuotoaltaaseen ja suodatukseen, se vähentää altaaseen jäävän lian määrää.



KUVA 16. Vesiveitsen, ohjaustelän ja ylivuotoaltaan sijoitus

Ultraäänialtaan kierrätyspumpun ohjaus suunniteltiin toteutettavaksi taajuusmuuttajan avulla. Taajuusmuuttajaohjatulla pumpulla operaattori voisi säätää pumpun pyörimisnopeuden avulla virtausta käyttöliittymästä. Toinen

vaihtoehto olisi ollut asentaa säätöventtiili, jolla virtausnopeutta olisi voitu säätää. Taajuusmuuttajan käyttöön päädyttiin kuitenkin sen paremman energiatehokkuuden vuoksi.

Pesunesteen likaantumisen vuoksi järjestelmään haluttiin lisäksi pesunesteen tuoreistus. Tuoreistuksessa käytettyä pesunestettä poistetaan altaasta ja tilalle lisätään puhdasta pesunestettä. Koska pesunesteen puhtautta kuvaavaa mittausta ei ehditty löytää, päätettiin tuoreistus suorittaa määrätyn väliajoin. Tarkoituksena oli, että operaattori voi määrätä käyttöliittymästä halutun pesunesteen vaihtomäärän sekä tuoreistuksen aikavälin.

Tuoreistusta varten suunniteltiin seinälle asennettava tuoreistussäiliö, johon mahtuu pesunestettä noin 60 litraa. Tuoreistussäiliöön lisättiin pintakytkin, joka ilmoittaa operaattorille altaassa olevan pesunesteen olevan alarajalla ja estää tuoreisuuden alkamisen. Tuoreistussäiliön lähtöön asennettiin venttiili, jolla puhdasta pesuliuosta lisätään ultraäänialtaaseen. Tuoreistuksen toteuttamista varten tarvittiin ultraäänialtaaseen poistoventtiili, jonka avulla likainen pesuneste voidaan poistaa. Tämä poistoventtiili suunniteltiin asennettavaksi ultraäänialtaan pohjalla olevaan liitäntäyhteeseen. Järjestelmään ei lisätty virtausmittauksia, vaan poistuvan ja lisättävän pesunesteen määrä laskettiin ohjelmassa. Kuvassa 17 on esitelty ultraäänialtaan poistoventtiili, joka on kuvassa alhaalla oikealla. Lisäksi kuvassa on nähtävissä vasemmassa yläkulmassa tuoreistussäiliö, johon on kiinnitetty pintakytkin ja venttiili.

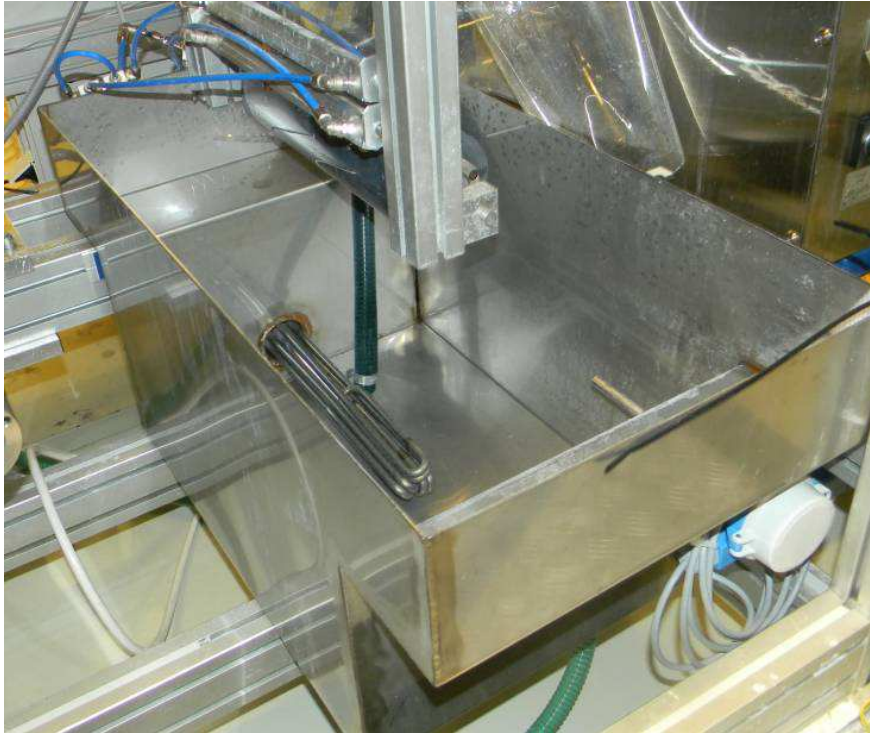


KUVA 17. Ultraäänialtaan ja tuoreistussäiliön lähdöt

Ultraäänialtaan ohjauksen liittämistä painokoneen ohjausjärjestelmään selvitettiin. Altaassa ei kuitenkaan ole sisäänmeno- eikä ulostuloliitäntöjä, joiden avulla altaasta voitaisiin ohjata. Altaan käyttöjännitteen kytkeminen käyttöliittymästä päälle ja pois olisi ollut mahdollista, mutta tätä ei nähty järkeväksi, koska altaan pesuohjelma tulisi edelleen käynnistää altaan käyttöpaneelista.

4.2 Vesipesun kehityssuunnitelma

Vesipesuun päätettiin luoda sisäinen kierto, eli pesuun käytettyä vettä ei syötettäisi hanasta, vaan sitä kierrätettäisiin pumpun avulla altaasta. Kierrätettävä vesi pumpataan vesiveitsille, jotka suihkuttavat sen substraatin pintaan. Tällä tavalla saataisiin laskettua puhtaan veden kulutusta. Pesussa käytetään lämmintä vettä, joten painokoneelle suunniteltiin ja teetettiin uusi vesiallas ruostumattomasta teräksestä. Altaaseen suunniteltiin valmiiksi pohjaan yhde pumpullitöntä varten sekä yhteet lämmitysvastukselle ja lämpötilamittaukselle. Kuvassa 18 on esitelty uusi vesipesuallas sekä siihen liitetty lämpötilamittaus ja lämmitysvastus.



KUVA 18. Vesipesuallas

Vesipesualtaan kierrätyspumpun ja pesuveden lämmityksen sekä ilmaveitsien käynnistäminen tapahtuisi käyttöliittymästä. Lämmitystä varten täytyi järjestelmään hankkia lämmitysvastus, lämpötila-anturi ja -lähetin. Ilmaveitsien ohjausta varten järjestelmään täytyi hankkia kaksiasentoventtiili, jolla ilmaveitsien paineilma voidaan kytkeä päälle tai pois.

5 INSTRUMENTOINTI

Tässä luvussa käsitellään järjestelmän venttiili- ja pumppuvalintoja. Tilan olosuhteiden puolesta laitteet eivät ole alttiina pölylle, mutta altaissa käytävien pesunesteiden vuoksi laitteiden tulee olla roiskevedeltä suojattuja. Ultraäänialtaan pesunesteen kanssa kosketuksissa olevien laitteiden tulee olla haponkestäviä etsauspastassa olevan hapon vuoksi, mikä tuli ottaa huomioon instrumentoinnissa.

Painokoneen jatkuvan kehittämisen vuoksi järjestelmään ei lisätty kiinteitä putkia. Nesteiden kuljettamiseen käytetään järjestelmässä kumisia letkuja, jotka kestävät happoja paremmin kuin kuparista valmistetut putket ja ovat helpommin muunneltavissa kuin metallista valmistettu putkisto.

5.1 Ultraäänialtaan instrumentointi

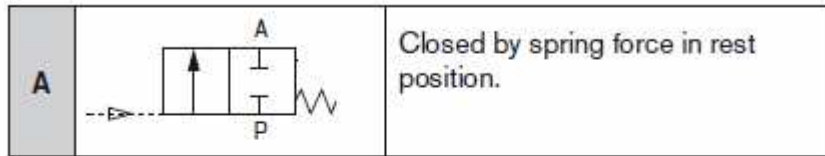
Ultraäänialtaan ja tuoreistuksen toteuttamista varten tuli järjestelmään valita kaksi pinnankorkeuskytkintä, ultraäänialtaan kierrätyspumppu ja poistoventtiili sekä tuoreistussäiliön venttiili.

Ultraäänialtaan poistoventtiiliin täytyi olla ominaisuuksiltaan varmatoiminen ja sen tuli säilyttää tiiveytensä huolimatta pesunesteessä olevista epäpuhtauksista. Tämän vuoksi poistoventtiiliksi valittiin kaksiasentoinen vinoistukka-venttiili, joka ei ole herkkä kiintoaineille, kuten esimerkiksi magneettiventtiili. Likaisen pesunesteen sisältämien syövyttävien aineiden vuoksi venttiiliin tuli olla haponkestävä.

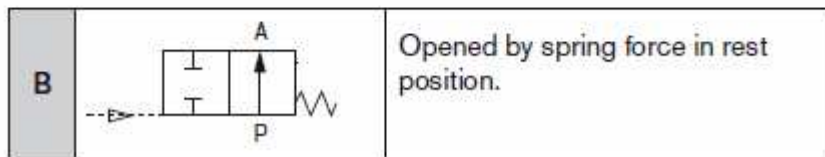
Venttiiliksi valittiin tarjouskyselyn jälkeen Bürkertin 2000-sarjan vinoistukka-venttiili. Venttiilin ohjaus tapahtuu paineilmalla, joten venttiilin ohjaukseen tuli oma magneettiventtiilinsä joka on Bürkertin 6012-sarjan paineilmaventtiili. Venttiilin kooksi valittiin DN20 jonka prosessiliitäntä on $\frac{3}{4}$ " naaraskierre, joka sopii ultraäänialtaan yhteeseen. Poistoventtiili on jousipalautteinen ja se voidaan asettaa normaalisti avoimeksi tai suljetuksi käyttäjän toiveen mukaan.

Venttiilin ohjausfunktio on esitelty kuvassa 19. Järjestelmään asennettu venttiili on normaalisti suljettu eli kuvan 19 A-kohdan mukaisesti, jolloin venttiili aukeaa kun siihen syötetään paineilmaa. (Bürkert 2011, 13–17.)

Control function A (CFA)



Control function B (CFB)



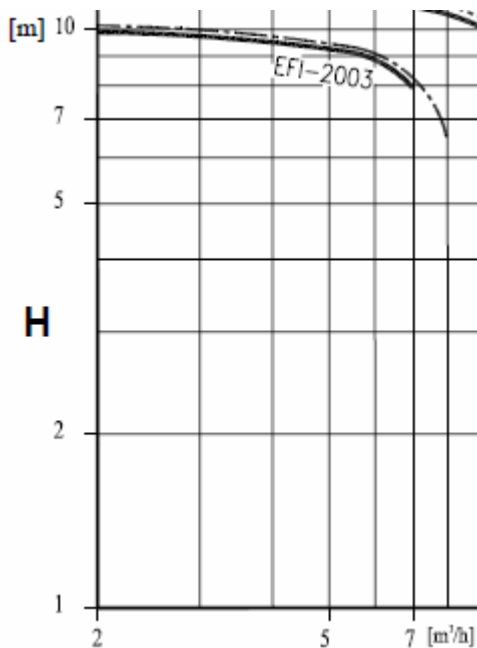
KUVA 19. Bürkert 2000 -vinoistukkaventtiilin ohjausfunktio (Bürkert 2011, 13)

Vinoistukkaventtiilin ohjaukseen käytettävä magneettiventtiilin ohjausfunktio on samanlainen, poikkeuksena on ohjaukseen käytettävä jänniteviesti. Magneettiventtiilin kela toimii 24 V:n tasajännitteellä. Venttiilin ohjaus tulee ohjauslogiikalta. Kun venttiiliin syötetään jännitettä, venttiili aukeaa ja päästää paineilman läpi vinoistukkaventtiilille.

Ultraäänialtaan pintakytkimeksi valittiin mekaaninen pintakytkin edullisuuden ja yksinkertaisuuden vuoksi. Altaan pinnankorkeuden mittaukseen ei ollut kannattavaa laitaa esimerkiksi ultraäänimittausta, koska altaan pinta halutaan pitää ainoastaan ylivuotoaltaan korkeudella. Ultraäänialtaan pinnankorkeuskyttimeksi valittiin Aplisens ERH-sarjan uimuripintakytkin. Pintakytkimen pesunesteen kanssa kosketuksessa olevat osat on valmistettu haponkestävästä teräksestä. Kytkin on altaan päälle asennettava, koska ultraäänialtaaseen ei ollut mahdollista kytkeä sivulta asennettavaa kytkintä. (Aplisens 2010.)

Kierrätyspumpuksi ultraäänialtaaseen tarvittiin haponkestävä pumppu. Pumppu valittiin Inoxpan Estampinox EFI-2003 -keskipakopumppu. Pumppu mitoitettiin nostokorkeuden ja tilavuusvirtauksen perusteella. Pumpun piti

pystyä nostamaan vettä 2,5 metrin korkeuteen ja tuottamaan tilavuusvirtaus 3,6 m³/h. EFI-2003 pumppukäyrä on nähtävillä kuvassa 20. Pumppukäyrästä nähdään pumpun pystyvän nostamaan 3,6 m³/h noin 10 metriin saakka. Pumpun synnyttämää tilavuusvirtaa voidaan hallita pumpua ohjaavan taa-juusmuuttajan avulla. Ylimääräisellä nostokorkeudella varmistettiin myös, että pumpu jaksaa suihkuttaa nestettä vesiveitsellä riittävällä paineella.

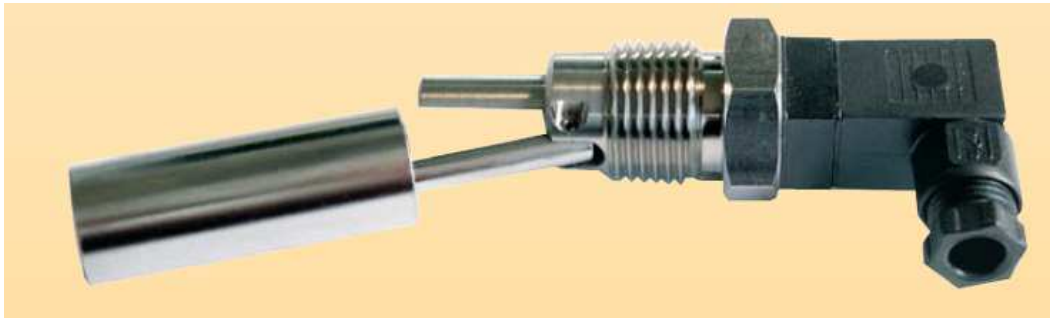


KUVA 20. EFI-2003 pumpun pumppukäyrä (Inoxpa 2009, 6)

5.2 Tuoreistussäiliön instrumentointi

Tuoreistussäiliön venttiiliksi valittiin tavallinen kaksiasentoinen magneettiventtiili. Magneettiventtiili on herkkä epäpuhtauksille, mutta koska tuoreistussäiliön sisältämässä deionisoidussa vedessä ei ole kiintoaineita, jotka voisivat häiritä venttiilin toimintaa, on se edullinen ratkaisu veden annosteluun ultraäänialtaaseen. Deionisoidulla vedellä ei ole syövyttäviä vaikutuksia, joten se ei aiheuttanut erillisiä vaatimuksia venttiilin materiaalille. Venttiiliksi valittiin ELV:n valmistama magneettiventtiili, jonka prosessiliitännät ovat 3/4":n naaraskierteellä. Venttiili on valmistettu ruostumattomasta teräksestä, ja se on jousipalautteinen. Venttiili on lepotilassa suljettu, ja se aukeaa, kun sille syötetään jännitettä. Venttiilin ohjausjännite on 230 voltia. (ELV 2011.)

Tuoreistussäiliön pinnankorkeuskytkimeksi valittiin Koboldin RFS -mallin uimuripintakytkin. Kytkin on säiliön kylkeen asennettava ja se on valmistettu haponkestävästä teräksestä. Pintakytkimen prosessiliitäntä on ½” NPT-uroskierteellä. Kytkin voidaan asentaa järjestelmään normaalisti auki tai kiinni olevana. Kuvassa 21 on nähtävillä tuoreistussäiliöön valittu pintakytkin. (Kobold 2008.)



KUVA 21. Kobold RFS -uimuripintakytkin (Kobold 2008)

5.3 Vesipesun instrumentointi

Vesialtaaseen tarvittiin pesunesteen lämmittämistä varten lämmitysvastus ja lämpötilamittaus. Pesualtaan lämmitysvastuksen valintaa tehtäessä tuli ottaa huomioon aika, joka kuluu veden lämmittämiseen haluttuun lämpötilaan. Pesuveden lämpötila tuli saada nostettua 20 °C:sta 70 °C:seen yhdessä tunnissa. Vesialtaan vetoisuudeksi tuli noin 96,6 litraa. Kaavan 1 ja 2 avulla saadaan laskettua pesunesteen lämmittämiseen tarvittava lämpöteho W ja lämmitysvastuksen teho P .

$$W = C_p * m * \Delta T, \quad \text{KAAVA 1}$$

C_p = veden ominaislämpökapasiteetti

m = Lämmitettävän veden massa

ΔT = Lämpötilan muutos.

$$P = \frac{W}{t}, \quad \text{KAAVA 2}$$

t = Lämmitykseen kuluva aika.

Sijoittamalla kaava 1 kaavaan 2 saadaan laskettua suoraan vaadittava lämmitysvastuksen teho P altaalle:

$$W = \frac{4,19 \frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C} * 96,6kg * 50^\circ C}{3600s} = 5,6kW .$$

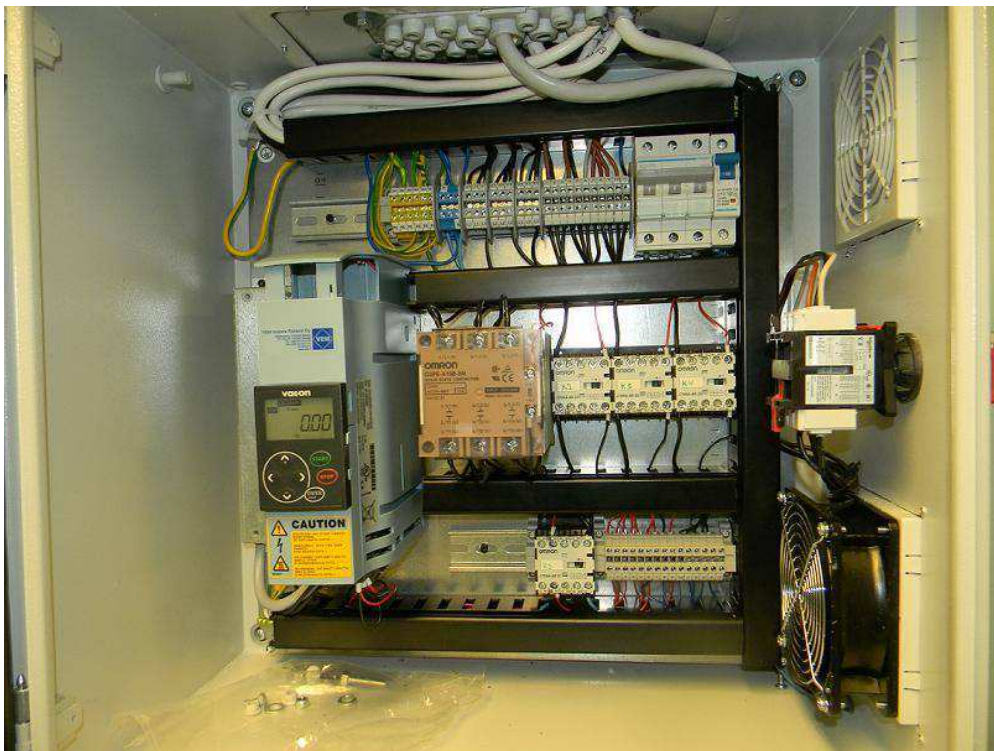
Tällä perusteella lämmitysvastuksen tehon tulisi olla vähintään 5,6 kW. Lämpötilavastukseksi valittiin Meyer-vastuksen valmistama 6 kW:n lämmitysvastus, joka oli lähimpänä laskettua tehoa. Vastus on valmistettu ruostumattomasta teräksestä. Koska syövyttävät aineet ovat irronneet substraatin pinnalta ultraäänipesussa, ei lämmitysvastuksen tarvitse olla haponkestävää terästä vesialtaassa.

Lämpötilanmittaukseen valittiin Endress+Hauserin Omingrad M TR11 RTD -lämpömittari. Laitteisto sisälsi RTD-lämpötila-anturin, TMT181 -lämpötilalähtetimen ja kytkentäkopan. RTD-lämpötila-anturin toiminta perustuu resistanssin muutokseen, eli kun lämpötila nousee, myös anturin resistanssi nousee suhteessa lämpötilan muutokseen. Lämpötilalähtetimen ja anturin mitta-alue oli tehtaalta valmiiksi skaalattu lämpötila-alueelle 0...+100 °C. Lähtetimeltä saadaan 4–20 mA:n virtaviesti ohjauslogiikalle, jonka avulla säiliön lämpötilaa voidaan säätää. (Endress+Hauser 2011.)

Kierrätyspumppu vesialtaaseen siirrettiin ultraäänialtaassa ennen ollut pumppu, koska kierrätyspumppu ei katsottu tarvitsevan virtauksen säätöä. Pumpun tuottamaksi tilavuusvirtaukseksi on luvattu 3,6 m³/h ja nostokorkeus on 40 metriä. Pumppu on Bilteman valmistuttama, ja sen moottorin teho on 800W. Testien perusteella se sai riittävän paineen aikaan vesiveitsille. Painemaveitsien ohjausventtiiliksi valittiin samanlainen ELV:n valmistama magneettiventtiili, jota käytettiin myös tuoreistussäiliön venttiilinä, ainoana erona on sen prosessiliitäntä, joka on ½":n naaraskierteellä.

6 SÄHKÖSUUNNITTELU

Tässä luvussa käsitellään johdotusten ja sähkölaitteiden mitoittamista sekä komponenttien valintaa. Työn toteuttamista varten järjestelmään tuli valita sähköisiä komponentteja, joiden avulla pumppujen ja magneettiventtiilien ohjaus voitaisiin suorittaa käyttöösi liittymisestä. Painokoneen pääohjauskaapin ollessa täynnä täytyi pesuosion ohjaukselle tilata oma ohjauskaappi, johon tarvittavat komponentit voitiin asentaa. Painokoneen ohjauksessa käytettyyn logiikkaan täytyi lisätä kolme ohjausyksikkö, jotta pesuosion laitteiden ohjaus olisi mahdollista. Pesuosion sähköpiirustukset ovat nähtävillä liitteissä 1–5. Pesuosion laitelista on nähtävillä liitteessä 6. Kuvassa 24 on esitelty pesuosion ohjauskaappi.



KUVA 24. Pesuosion ohjauskaappi

Pesuosion sähköpiirustusten piirtämiseen käytettiin CADS Planner Electric -ohjelmistoa. Ohjelmisto on tarkoitettu sähkö- ja automaatioalan suunnittelu- ja dokumentointityökaluksi. (Kymdata Oy 2011.)

6.1 Logiikan ohjausyksiköiden valinta

Logiikassa jo valmiiksi olleiden digitaalisten lähtö- ja tuloyksiköiden lähtöjen ollessa varattuna täytyi järjestelmään tilata kaksi uutta digitaalista ohjausyksikköä. Järjestelmään lisättävät yksiköt ovat digitaalinen tuloyksikkö CJ1W-ID201 ja lähtöyksikkö CJ1W-OC201. Taajuusmuuttajan ja lämmityksen ohjausviestinä oli päätetty käyttää analogista virtaviestiä. Ohjausjärjestelmään ei yhden analogisen tulo- ja lähdön vuoksi ollut järkevää tilata kahta erillistä analogista tulo- ja lähtöyksikköä. Tästä syystä järjestelmään valittiin CJ1W-MAD42 analoginen ohjausyksikkö, jossa on kaksi lähtöä ja neljä sisääntuloa.

Digitaalisen tuloyksikön ID201 valintaan päädyttiin sen riittävän I/O-määrän vuoksi. Pesuosiota varten tarvittiin järjestelmään kaksi tuloa. ID201 sisääntulojen määrä on 8, joten logiikkaan jäi vielä jälkikäteen tarvittaessa lisättäville laitteille kuusi vapaata paikkaa. Järjestelmään valitussa digitaalisessa lähtöyksikössä OC201 on kahdeksan lähtöä. Pesuosion ohjaukseen tarvittavien lähtöjen määrä on viisi, joten järjestelmään laajennusvaraa myös lähtöpuolelle.

6.2 Taajuusmuuttajan valinta ja mitoitus

Pumpun taajuusmuuttajaohjaukseen päädyttiin sen tuomien energiansäästökustannuksien ja portaattoman säädön vuoksi. Taajuusmuuttajan energiasäästöt syntyvät pumpun nopeuden säädön myötä. Jos pumpun aikaansaama virtausta kuristettaisiin järjestelmässä sopivaksi säätöventtiilien avulla, pumppu käyttäisi saman määrän energiaa virtauksen tuottoon kuin ilman kuristuksia. (Kurki 2011.)

Taajuusmuuttajan valinnassa otettiin huomioon sen sopivuus valitulle pumppulle ja sopivat ohjausliitännät järjestelmään. Taajuusmuuttajan ohjaukseen käytettäisiin 4–20 mA:n virtaviestiä, jonka vuoksi taajuusmuuttajassa tuli olla analoginen tulo. Taajuusmuuttaja mitoitetaan pumpun ottaman tehon, nimellivirran, -taajuuden ja -jännitteen perusteella. Pumpun valinnan jälkeen nä-

mä arvot saatiin pumpun moottorin arvokilvestä. Taulukossa 1 on nähtävillä EFI-2003 -nimellisarvot. (Kurki 2011.)

TAULUKKO 1. Pumpun nimellisarvot

	Teho (kW)	Nimellisjännite (V)	Nimellisvirta (A)	Nimellistaa-juus (Hz)	Nimellisno-peus (rpm)
EFI-2003	0,37	400	0,97	50	2730

Taulukon 1 tietojen ja sopivien ohjausliitäntöjen perusteella taajuusmuuttajaksi valittiin Vacon NXL -sarjan taajuusmuuttaja. Taajuusmuuttajan tehoarvot eivät saa olla pienemmät kuin pumpun nimellisarvot. Kuvasta 25 voidaan nähdä taajuusmuuttajan tehoarvot. Valitun taajuusmuuttajan arvot on kehystetty punaisella. Kuvasta voidaan nähdä taajuusmuuttajan verkko- ja moottorijännitteen sekä taajuuden olevan sopiva valitulle pumpulle. Pumpun ottama nimellisvirta ja teho ovat pienemmät kuin taajuusmuuttajaan kytkettävä moottori saa suurimmillaan olla (ks. kuva 25: jatkuva nimellisvirta ja moottorin akseliteho). (Kurki 2011.)

Verkko- ja moottorijännite 380-500 V, 50/60 Hz, 3~ NXL-sarja													
Taajuusmuuttaja -tyyppi	Kuormitettavuus					Moottorin akseliteho				Nimellinen tulovirta	Mekaaninen koko/ koteloitintuokka	Mitat LxKxS	Paino (kg)
	Pieni		Suuri			380V syöttö		500V syöttö					
	Jatkuva nimellisvirta I _n (A)	10%:n ylikuorm. virta (A)	Jatkuva virta I _l (A)	50%:n ylikuorm. virta (A)	10%:n ylikuorm. 40°C P(kW)	50%:n ylikuorm. 50°C P(kW)	10%:n ylikuorm. 40°C P(kW)	50%:n ylikuorm. 50°C P(kW)					
EMC-taso N	NXL 0001 5	1,9	2,1	1,3	2	0,55	0,37	0,75	0,55	2,9	MF2/IP20	60x130x150	1,0
	NXL 0002 5	2,4	2,6	1,9	2,9	0,75	0,55	1,1	0,75	3,6	MF2/IP20	60x130x150	1,0
	NXL 0003 5	3,3	3,6	2,4	3,6	1,1	0,75	1,5	1,1	5,0	MF3/IP20	84x220x172	2,0
	NXL 0004 5	4,3	4,7	3,3	5	1,5	1,1	2,2	1,5	6,5	MF3/IP20	84x220x172	2,0
	NXL 0005 5	5,4	5,9	4,3	6,5	2,2	1,5	3	2,2	8,1	MF3/IP20	84x220x172	2,0

KUVA 25. Valitun taajuusmuuttajan tehoarvot (Vacon 2007, 17)

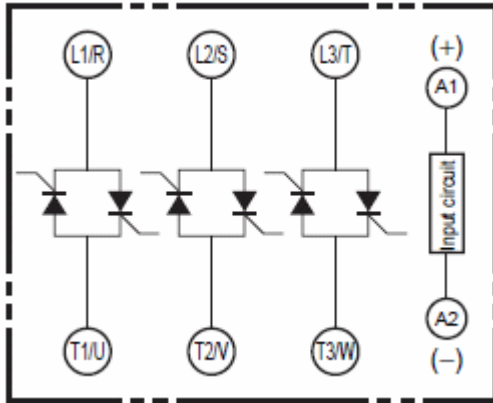
Taajuusmuuttajakäytöissä tulee ottaa huomioon taajuusmuuttajan aiheuttamat häiriöt sähköverkkoon. Taajuusmuuttajan aiheuttamat häiriöt voivat kulkea johtimia pitkin tai säteillä radiotaajuuksilla ympäristössä oleviin laitteisiin ja häiritä niiden toimintaa. Tämän vuoksi taajuusmuuttajan kaapeloinnissa ja asennuksessa tulee ottaa huomioon kaapelityypit ja koteloinnit, jotta syntyvät häiriöt eivät pääse leviämään ympäristöön. Kuvasta 25 voidaan nähdä valitun taajuusmuuttajan sähkömagneettisen yhteensopivuuden (EMC, electromagnetic compatibility) olevan valmistajan tasoa N. (Vacon 2007, 9–10; ABB 2000, 11–19.)

Työssä käytettävälle taajuusmuuttajalle tilattiin radiotaajuuksisia häiriöitä poistava RFI-suodin, tällöin taajuusmuuttajan EMC-taso nousee luokkaan H. Vaconin valmistamia H-luokan laitteita voidaan käyttää standardin EN 61800-3 määrittelemissä ensimmäisen ja toisen asteen ympäristöissä. Ensimmäisen asteen ympäristöjä ovat julkiset pienjänniteverkot, julkisiin pienjänniteverkkoihin kuuluvat omakotitalot sekä asuinrakennuksissa olevat liike-tilat. Toisen asteen ympäristöjä ovat laitokset, joita ei ole kytketty suoraan asumuksille tarkoitettuun pienjänniteverkkoon. (Vacon 2007, 9–10; ABB 2000, 11–19.)

Taajuusmuuttajan moottorilähdön kytkentään tarvittavien kaapelien poikkipinta-ala ja tyyppi katsottiin taajuusmuuttajan käyttöohjeesta. Turvakytkimelle saakka kaapelina toimii MCMMK-kaapeli, jonka poikkipinta-ala on $3 \times 2,5 + 2,5 \text{ mm}^2$. Turvakytkimeltä kolmivaihepistorasialle käytetään samaa kaapelia. Tämä on nähtävillä liitteessä kaksi. Moottorin ja kolmivaihepistorasian välillä käytetään paremmin iskuja kestävä XAFLEX 5*1,5S -kaapelia. Kaapelit ovat EMC-häiriösuojattuja. Moottorin, RFI-suotimen ja taajuusmuuttajan kytkentä on nähtävillä liitteessä 2. (Vacon 2007, 6.)

6.3 Lämmitysvastuspiirin mitoitus

Lämmitysvastuksen valintaa käsiteltiin luvussa 5.3. Lämmitysvastuksen päälle ja pois -ohjaus päätettiin toteuttaa puolijohdereleellä. Puolijohdereleen etuna mekaaniseen releeseen verrattuna on sen pitempi käyttöikä. Puolijohdereleissä ei ole kuluvia mekaanisia osia, kuten releen kärkiä, minkä vuoksi se kestää huomattavasti suuremman määrän päälle ja pois kytkentöjä. Releen ohjaus tapahtuu ohjauslogiikalta tulevilla jänniteviestillä. Releessä olevat diodit päästävät vaihtovirran läpi ainoastaan kun niihin syötetään ohjausjännite. Kuvassa 26 on esitelty valitun puolijohdereleen sisäinen kytkentä. Kuvasta voidaan nähdä, että jokainen vaihde kytketään päälle tai pois kun releelle tulee ohjausviesti. (Omron 2011.)



KUVA 26. Omron G3PE-515B 3N -puolijohdereleen sisäinen kytkentä (Omron 2011)

Puolijohdereleen mitoitusta varten laskettiin kaavalla 3 lämmitysvastuksen ottama virta. Virran ja käyttöjännitteen selvittämisen jälkeen voitiin valita lämmitysvastuksen ohjaukseen sopiva puolijohderele.

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} * U * \cos \varphi},$$

KAAVA 3

I = Lämmitysvastuksen ottama virta

P = Lämmitysvastuksen teho

U = Käyttöjännite

$\cos \varphi$ = Tehokerroin.

Lämmitysvastus aiheuttaa järjestelmään resistiivistä kuormaa. Resistiivisen kuorman $\cos \varphi = 1$. Tästä syystä se voidaan jättää sijoittamatta laskuun. Kaavaan sijoitettuna lämmitysvastuksen virraksi saadaan,

$$I = \frac{6000W}{\sqrt{3} * 400V} = 8,7 A .$$

Tällä perusteella puolijohdereleen ja sen lämmitysvastuksen syöttöjohdon tulisi kestää 8,7 A:n virta. Puolijohdereleeksi valittiin Omron G3PE-515B 3N - puolijohderele. Releellä voidaan ohjata kuormia joiden virta maksimissaan

15 ampeeria. Releen ohjausjännitteenä käytetään 24 V:n tasajännitettä. (Omron 2011.)

Lämmitysvastuksen syöttöjohdon mitoitukseen käytettiin liitteessä 8 olevaa taulukkoa, josta voidaan nähdä kuparijohtimen suurin kuormitettavuus. Johdon asennus suoritettiin asennustavan E mukaan, jolloin johdon kuormitettavuus nousee 19 ampeeriin. Asennustapa E tarkoittaa johtohyllyille tai seinästä irti asennettuja johdotuksia. Johdoksi valittiin MMJ 5*1,5mm² -kuparikaapeli. (Laakso 2010.)

6.4 Muut komponentit

Vesialtaan kierrätyspumpun, ilmaveitsien ja tuoreistussäiliön magneettiventtiilien ohjausta varten järjestelmään tarvittiin kolme releitä, jotka pystyvät kytkemään 230 V:n jännitettä käyttävän laitteen verkkoon. Pesuosion toiminnan kannalta jokaiselle laitteelle tuli hankkia oma releensä, mikä mahdollistaisi laitteiden eriaikaisen käynnistämisen ja sammuttamisen. Releitä tuli voida ohjata ohjauslogiikalta tulevalta 24 VDC ohjausviestillä. Releiksi valittiin Omronin J7KNA-AR-22-24D -releet, jotka kestävät 3 A:n virran. Pumpun ottama nimellisvirta on 0,3 A ja magneettiventtiilien ottama nimellisvirta on vielä vähemmän, joten releet sopivat laitteiden ohjaukseen. Laitteiden johdottamiseen käytettiin MMJ 3*1,5S -johtoa.

Ultraäänialtaan pintakytkimen toiminta vaatii 230 V:n jännitteen. Tämän vuoksi sille tilattiin oma releensä. Releeksi valittiin Omronin J7KNA-AR-31-230. Releen käänjännite on 230 V. Kun rele on vetäneenä, se sulkee koskettimensa. Tällöin releeltä saadaan tieto ultraäänialtaan pinnankorkeudesta 24 V:n tasajänniteviestinä ohjauslogiikalle.

6.5 Ohjaussignaalien johdotus

Ohjauslogiikan johdotus pääkaapissa toteutettiin 0,75 mm²:n kuparijohtimilla ohjauslogiikalta riviliittimille. Riviliittimiltä pesuosion ohjauskaappiin lähtevänä signaalikaapelina käytettiin JAMAK 8*(2+1)*0,5. Kaapeli on tarkoitettu käy-

tettäväksi automaation instrumentointi- ja ohjauskaapelina. Kaapeli on häiriösuojattu ja se sopii pienitasoisten analogisten signaalien siirtoon. (Draka Finland 2011, 8–9.)

Tuoreistussäiliön pinnankorkeuskytkimen, ultraääniltaan poistiventtiin ohjausventtiin ja lämpötilalähettimen johdotukseen käytettiin LIYCY 4*0,5 mm² -ohjauskaapelia. Se on tarkoitettu mittaus- ja säätölaitteiden sekä signaalien siirtämiseen tiloissa, joissa tarvitaan häiriösuojasta. (Auser Oy 2011, 5.)

7 OHJELMOINTI

Pesuosion ohjausta varten järjestelmään tuli suunnitella logiikkaohjelma, jolla pesuosion ohjaus suoritetaan. Tässä luvussa tutustutaan ohjelmointiin käytettyyn CX-One-ohjelmistoon ja kerrotaan tehdystä logiikkaohjelmasta sekä käyttöliittymästä.

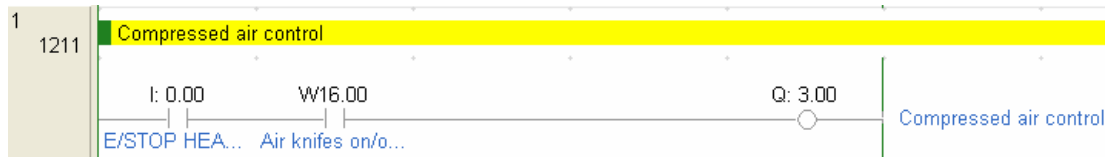
CX-One-ohjelmistolla voidaan ohjelmoida Omronin valmistamia laitteita ja mahdollistaa laitteiden välinen kommunikointi toistensa kanssa. Tätä opinnäytetyötä tehtäessä käytettiin laajasta ohjelmistoperheen ohjelmavalikoimasta CX-Programmer- ja CX-Designer-ohjelmia, minkä vuoksi työssä tutustutaan tarkemmin näihin kahteen ohjelmistoperheen tuotteeseen. (Omron 2011b.)

7.1 CX-Programmer

CX-programmer-ohjelma on tarkoitettu logiikkasovelluksien ohjelmointiin Omronin logiikoille. Opinnäytetyössä käytetyssä versiossa 8.3 ohjelmointikielenä voidaan käyttää käskylistaa, tikapuu- tai sekvenssikaaviota. Lisäksi ohjelmisto sisältää toimilohkokirjaston, jota voidaan käyttää hyväksi ohjelmoinnissa. Logiikkasovelluksen pesuosion tekemiseen käytettiin tikapuukaaviota, koska sitä oli käytetty logiikkasovelluksessa painokoneen ohjauksen tekemiseen ja se oli tullut tutuksi opinnäytetyön tekijälle opintojen aikana.

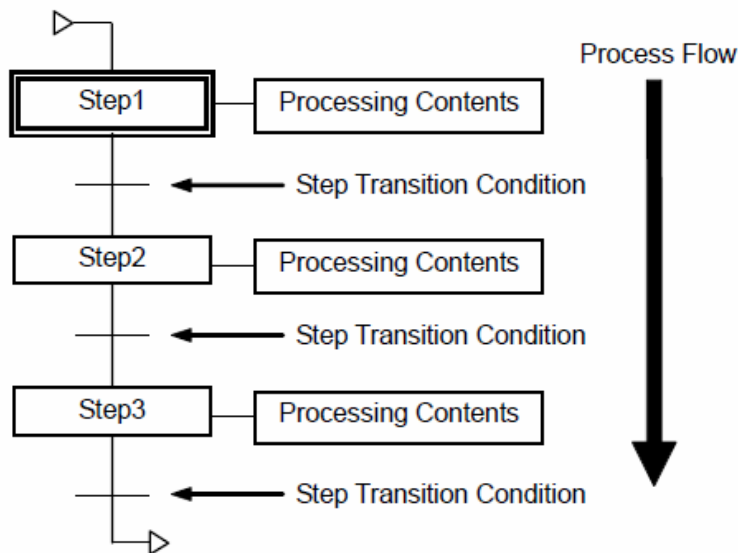
Tikapuukaaviossa ohjelmointi tapahtuu käyttämällä ohjelmistossa olevia kytkimiä, ajastimia, laskureita ja lähtöjä. Kuvassa 27 on nähtävillä esimerkki työssä tehdystä logiikkasovelluksesta. Esimerkissä on nähtävillä pesuosion ilmaveitsien paineilman ohjaus. Kuvasta voidaan nähdä ilmaveitsien paineilmaohjauksen käynnistämiseen vaadittavat kaksi ehtoa. Kuvassa ensimmäisenä vasemmalla olevan kytkin aktivoituu, kun se saa tiedon painokoneen hätä-seis-piirin kunnossa olosta. Toisena ehtona on käyttöliittymästä tuleva päälle-pois-ohjauksen tila. Kun molemmat kytkimet ovat aktiivisia, logiikan lähtö Q: 3.00 aktivoituu ja paineilmaventtiili ohjataan päälle. Tikapuu-

kaaviota voidaankin pitää eräänlaisena relekaaviona, jossa eri laitteita käynnistetään ohjausviestien mukaan.



KUVA 27. Pesuveitsien paineilman ohjaus

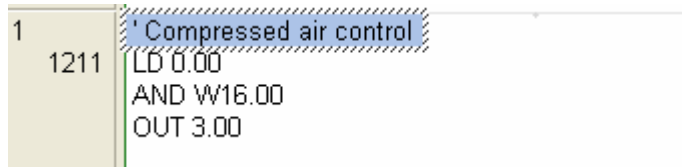
Sekvenssiohjauksessa laitteiden käynnistys tapahtuu sekvenssin askeleiden mukaan, jotta seuraavaan askeleeseen päästäisiin, täytyy askeleessa olevien ehtojen täytyä. Kuvassa 28 on nähtävillä sekvenssiohjauksen periaatekuva. Edelliseen esimerkkiin liitettyä Step 1 voisi vaatia ehtonaan hätä-seispiirin kunnossa olon ennen askeleeseen kaksi siirtymistä. Step 2 ehto vaatisi käyttöliittymästä ohjausviestin laitteen käynnistämiseksi. Step 3 voitaisiin korvata venttiilin aukiohjauksena, jolloin logiikan lähtö Q: 3.00 aktivoituisi. Sekvenssiohjauksia käytetään yleensä isoissa prosesseissa järjestelmien käynnistämiseen ja sammuttamiseen oikeassa järjestyksessä.



KUVA 28. Sekvenssiohjauksen periaate (Omron 2009, 2)

Käskylistalla ohjelmointi tapahtuu kirjoitettujen käskyjen avulla. Käskyjen toteutukseen käytetään erilaisia loogisia komentoja, kuten AND, NOT, OR ja näiden yhdistelmiä. Kuvan 29 esimerkissä on muutettu kuvassa 27 näkyvä

paineilman ohjaus käskylistaksi. LD:llä kuvataan ensimmäistä ehtoa joka vaaditaan paineilman käynnistämiseksi. Edellisten esimerkkien mukaan myös käyttöliittymältä tulevan W16.00 ohjaustiedon täytyy olla aktiivinen jotta lähtö 3.00 aktivoituu.



KUVA 29. Paineilman ohjaus käskylistamuodossa

7.2 CX-Designer

CX-designerillä on käyttöpäätteohjelmisto, jota käytetään laitteiston käyttö-päätteen ohjelman eli käyttöliittymän tekemiseen. Ohjelma on tarkoitettu Omronin NS-sarjan 5,7"-12,1" -käyttöpäätteille. Käyttöliittymän tekemistä varten ohjelmassa on erilaisia valmiita painonappeja, kytkimiä, numeraali- ja merkkijonokenttiä, joiden avulla käyttäjä voi syöttää laitteistoon haluttuja arvoja. Käyttöliittymään takaisin tulevien tietojen lukemista varten on erilaisia numero- ja graafisia näyttöjä. CX-Designerillä käyttöliittymään voidaan luoda hälytyslistoja ja kerätä muuta numeraalista dataa graafisesti seurattavaksi. (Omron 2006.)

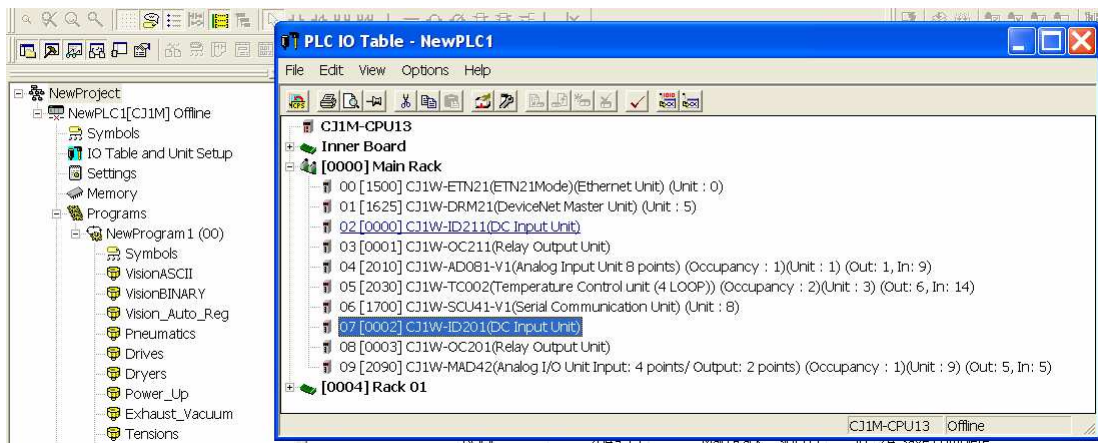
Ohjelmistolla käyttöliittymään voidaan luoda erillisiä näyttölehtiä, joiden avulla laitteen eri osien ohjaus saadaan erillisille lehdille tarkasteltavaksi. Tämä helpottaa käyttöliittymän tekemistä, koska kaikkia tietoja ei tarvitse, eikä voi tilanpuutteen vuoksi, laittaa yhdelle näyttölehdelle. (Omron 2006.)

7.3 Logiikkasovelluksen ohjelmointi

Pesuosion logiikkasovelluksen tekeminen perustui kappaleessa 4 esiteltyyn automatisointisuunnitelmaan. Kaikkien pesuosion laitteiden tuli olla käynnistettävissä käyttöliittymästä ja ultraääniltaan tuoreistuksen tulee tapahtua automaattisesti. Lisäksi järjestelmän pumppujen ja venttiilien tulee sammua hätä-seis-painiketta painettaessa, mikä on otettu huomioon sovellusta teh-

dessä. Logiikkasovellusta suunniteltaessa pyrittiin ohjelmaa kommentoimaan mahdollisimman selkeästi ja tarkkaan, jotta sovellusta mahdollisesti myöhemmin muokkaavan ohjelmoijan olisi helppo ymmärtää, mitä kussakin vaiheessa tapahtuu.

Painokoneen ohjauksessa käytettyyn logiikkasovellukseen perehtymisen jälkeen aloitettiin ohjelmointi. Sovelluksessa oli määritetty ohjelmointia varten vaaditut ohjauslogiikan tiedot ja I/O-yksiköt. Ohjauslogiikkaan lisättyjen uusien ohjausyksiköiden käyttämistä varten tuli ne lisätä logiikan I/O-yksiköiden listaan. Lisäys tapahtui painokoneen logiikkasovellusta varten tehdyn projektin alta. Projektin hierarkia on näkyvillä vasemmalla kuvassa 30. Hierarkiapuusta avattu I/O-yksiköiden listaus on kuvassa oikealla. Yksiköiden lisäys tapahtui valitsemalla tyhjä paikka pääkiskolta ja valitsemalla siihen oikea yksikkö avautuvasta valikosta.



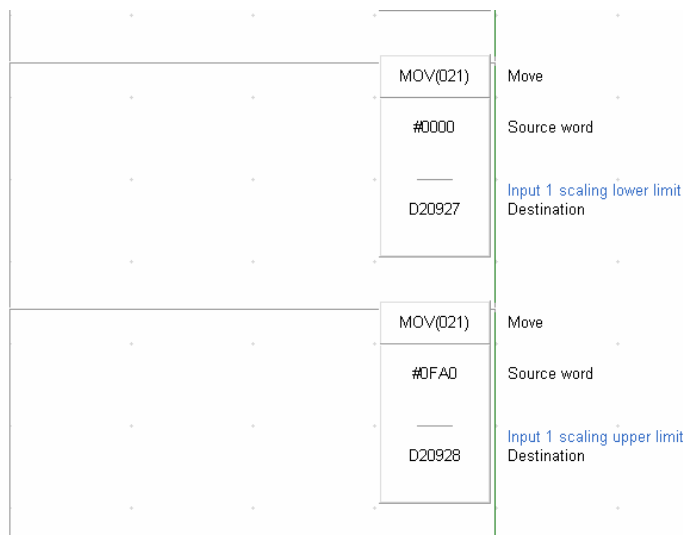
KUVA 30. Painokoneen logiikkasovelluksen hierarkia ja I/O-yksiköiden listaus

Digitaaliset yksiköt saivat ohjelmasta automaattisesti korttipaikkansa. Analogisen MAD42-ohjausyksikön parametrit sekä Unit number, eli yksikön numero täytyi käyttäjän määrittää. Parametrien asettelussa käytettävät lähdöt ja tulot piti muuttaa aktiivisiksi ja niiden signaalityypit täytyi valita oikeiksi, tässä tapauksessa 4–20 mA virtaviesteille sopiviksi.

Yksiköiden määrittelyn jälkeen järjestelmään luotiin pesuosion ohjausta varten omat alueensa. Uudet alueet luodaan hierarkiapuussa NewProgram1:n

alle. Pesuosiota varten luotiin kaksi omaa aluetta, joista ensimmäisessä digitaalisten tulojen tietojen käsittely ja lähtöjen ohjaus tapahtuu. Toisessa alueessa tapahtuu analogisten tulojen ja lähtöjen käsittely ja ohjaus.

Ohjelmoinnin haastavimmaksi osaksi muodostui analogisen ohjausyksikön tulojen ja lähtöjen alustaminen. Ohjausyksikön arvot alustetaan aina, kun logiikka käynnistetään uudelleen, jolloin yksikön varaamille muistialueille tulee asettaa tulojen ja lähtöjen vaatimat tiedot. Ohjelman ensimmäisellä kierroksella alustetaan kuvan 31 esimerkissä analogisen tulon yksi ylä- ja alaraja. Analogista tuloa 1 käytetään lämpötilatiedon tuomiseen ohjauslogiikalle. Yksikön alustamiseen käytetään MOV-käskyä, jolla asetettu arvo kopioidaan ohjausyksikön varaamaan muistipaikkaan. Yksikölle arvot syötetään heksadesimaalimuodossa.

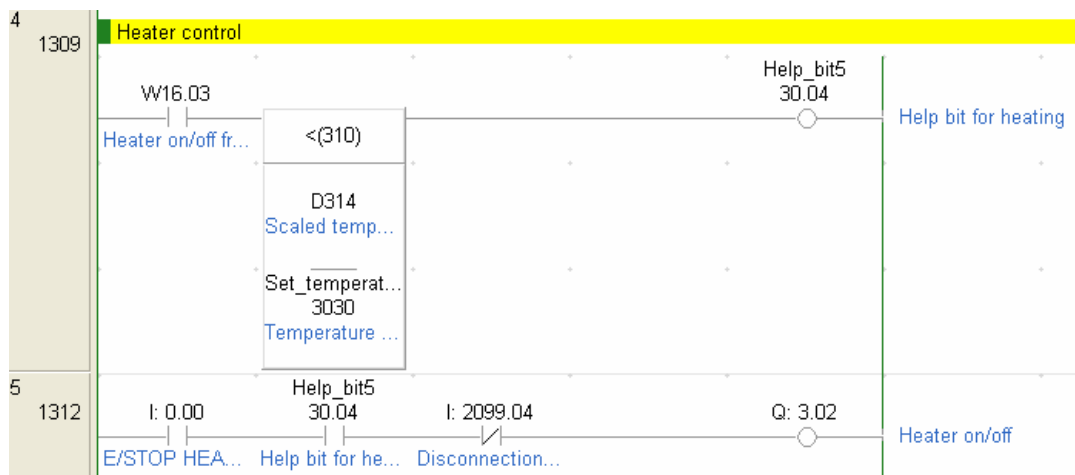


KUVA 31. Analogisen sisään tulon ylä- ja alarajan skaalaus

Skaalauksessa analogisen virtaviestin alarajaksi skaalattiin 0. Tämä tarkoittaa sitä, että jos pesunesteen lämpötila laskisi lämpötila-alueen alarajalle eli 0 °C:seen saataisiin lähettimeltä tulevan virtaviestin arvoksi 4 mA, ja se saisi analogia-digitaalimuunnoksessa arvokseen 0. Ylärajan maksimiarvoksi skaalattiin 0FA0_h, eli 4000_d. Tällöin A/D-muunnoksesta tulee desimaalilukuna arvoksi 4000, kun analogisen virtaviestin arvo on 20 mA. Ohjelmoinnissa tapahtuneen virheen vuoksi yläraja skaalattiin aluksi väärään muistipaikkaan. Skaalauksen ylärajan puuttumisen vuoksi lämpötilalähettimeltä tullut käsitelty

mittatieto oli muunnettuna 5 °C vaikka pesunesteen todellinen lämpötila oli 25 °C. Virheen löytämisen jälkeen lämpötilanmittaus alkoi toimia oikein, kun logiikkaohjelmaan oli tehty muutos ja ohjauslogiikka oli käynnistetty uudelleen.

Pesunesteen lämmittämisen kytkentä päälle ja pois tapahtuu vertailemalla käyttöliittymästä asetettua lämpötilaa ja mitattua lämpötila-arvoa toisiinsa. Kuvassa 32 on nähtävillä vertailupiiri, jossa verrataan altaasta mitattua lämpötilaa asetettuun arvoon. Vertailu tapahtuu, jos käyttöliittymästä on painettu lämmitys päälle eli kytkin W16.03 on aktiivinen. Kun altaalta mitattu lämpötila on pienempi kuin käyttöliittymästä asetettu haluttu lämpötila, aktivoituu apubitti 5. Tämän jälkeen pesunesteen lämmittämisen ehtona on hätä-seis-piirin terveys ja lämpötilamittauksen toimivuus. Mikäli toinen tai kumpikaan ehdoista ei täyty, lämpövastusten puolijohderelettä ohjaava lähtö 3.00 ei aktivoitu. Lähtö deaktivoituu, kun vertailupiiri huomaa pesunesteen lämpötilan olevan korkeampi kuin asetusarvo, jolloin apubitin 5 tila muuttuu. Lisäksi veden lämmitys loppuu, jos lämmitys sammutetaan käyttöliittymästä.

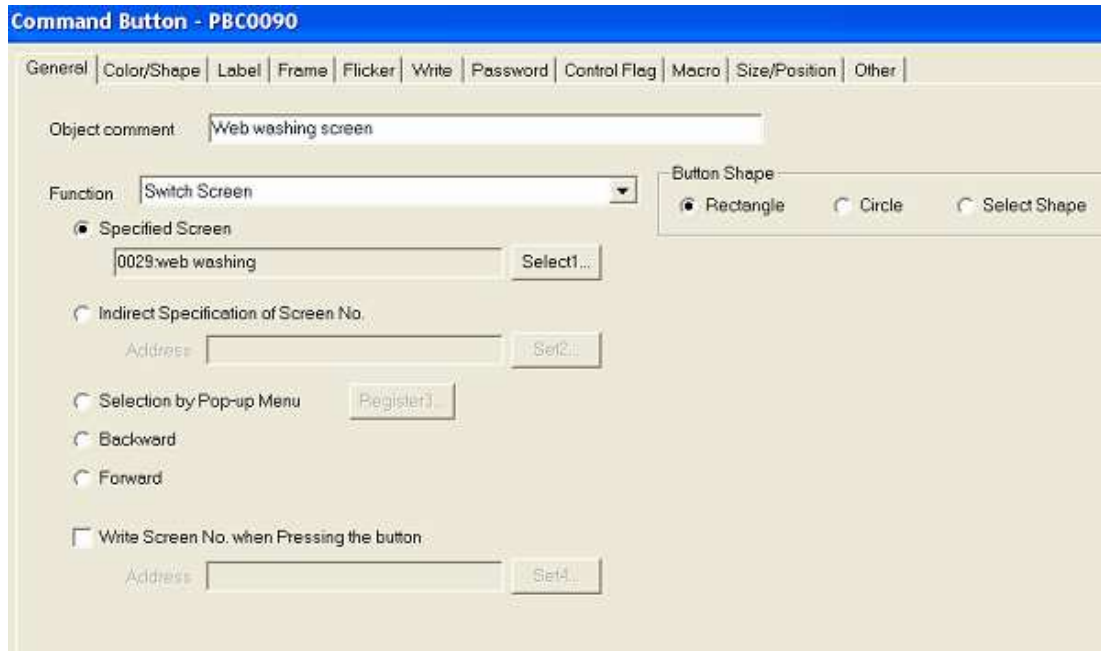


Kuva 32. Lämmitysvastuksen ohjaus

7.4 Käyttöliittymän ohjelmointi

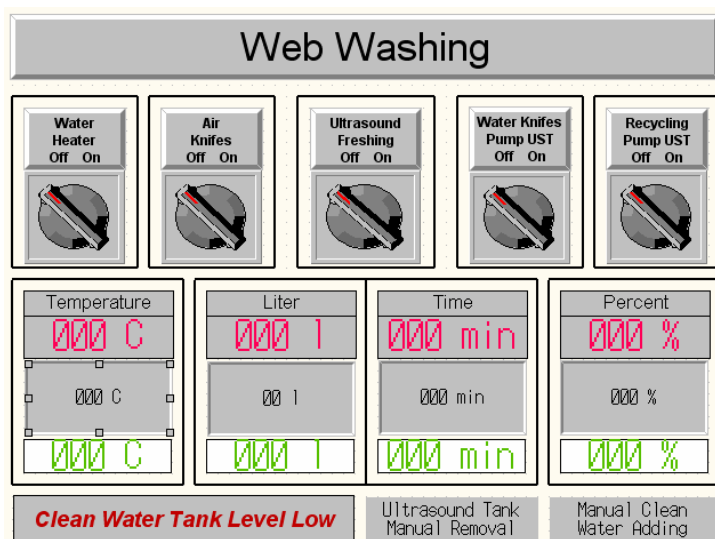
Pesuosion laitteita varten luotiin käyttöliittymään oma näyttölehti. Näyttölehden lisääminen valmiiseen ohjelmaan tapahtui valitsemalla hiiren oikealla näppäimellä projektin workspace-valikosta Screen Category ja avautuvasta

alasetuvalikosta New Screen. Pesuosion näyttölehteen pääsyä varten luotiin painokoneen ohjaussivulle eli etusivulle Wash -painonappi. Painonapin asetukset ovat nähtävillä kuvassa 33.



KUVA 33. Painonapin asetukset

Pesuosion ohjauksen näyttösivulle luotiin tarvittavat kytkimet käynnistyslupien syöttämiseksi järjestelmään sekä paluunäppäin painokoneen käyttöliittymän etusivulle. Kuvassa 34 on nähtävillä pesuosion käyttöliittymänäyttö.



KUVA 34. Pesuosion ohjauksen käyttöliittymänäyttö

Veden lämmityksen, ilmaveitsien, pumppujen ja tuoreistuksen käynnistysluvat annetaan kuvassa ylhäällä olevilla kytkimillä. Kuvassa numerokenttiin, joiden numeroiden väri on punainen, tuodaan logiikalta tietoja altaan lämpötilasta, vaihdetun veden määrästä sekä tieto minkä verran seuraavan tuoreistuksen alkamiseen on aikaa. Poikkeuksena näissä on Percent -kohdan alla oleva kenttä johon tulee suoraan syötetty asetusarvo, koska taajuusmuuttajalta ei tule tietoa takaisin sille syötetyn virtaviestin suuruudesta. Keskimmäisiä harmaalla pohjalla olevia numerokenttiä painettaessa avautuu ikkuna jonka alta päästään määrittämään haluttu asetusarvo numeronäppäimillä esimerkiksi lämpötilalle. Alimmat numeronäytöt näyttävät kanavaan asetetun asetusarvon.

Clean Water Tank Level Low indikoi tuoreistussäiliön vedenpinnan olevan alarajalla. Tuoreistussäiliön alarajahälytys tulee ainoastaan, kun tuoreistus on käytössä ja veden pinta laskee alarajalle. Hälytys näkyy pesuosion ohjauslehdellä sekä painokoneen käyttöliittymän etusivulla. Oikeassa alareunassa olevilla painonapeilla voidaan manuaalisesti ohjata tuoreistussäiliön ja ultraäänialtaan venttiilien tilaa.

Vesipesualtaan lämmityksen käynnistyksen toimintaa esiteltiin luvussa 7.4. Siinä kuvattiin käyttöliittymästä tulevan lämmityspiirin päälleohjauksen toimintaa. Käyttöliittymässä näkyvä Water Heater -kytkin antaa lämmitykselle luvan käynnistyä. Kytkimen tilatieto, joka on joko "0" tai "1", siirretään käyttöliittymästä Ethernet-yhteyden välityksellä ohjauslogiikalle sen symboliin W16.03. Käyttöliittymässä kirjoitusosoite asetettiin kuvassa 35 näkyvään Write Address -kohtaan. Muita kuvasta huomattavia asioita on kohta "Action Type", josta valitaan kytkimen toiminta. Valittu Alternate tarkoittaa, että kytkintä painettaessa kytkin jää ON tai OFF-tilaan riippuen alkutilanteesta. Kytkimen ollessa ON-tilassa on kirjoitus osoitteessa WR00016.03 tilatietona "1".

ON/OFF Button - PB0009

General | Color/Shape | Label | Frame | Flicker | Write | Password | Group | Control Flag | Macro | Size/Position | Other

Object comment

Action Type

Momentary

Alternate

SET

RESET

Address

Write Address

Display Address1

Display Address2

KUVA 35. Vedenlämmityksen käynnistyskytkimen asetuksia

Veden lämmityksen asetusarvo kirjoitetaan kanavaan 3030. Saman kanavan tietoa käytetään lämpötilan vertailuarvona logiikkasovelluksessa. Kuvassa 36 nähdään vedenlämmityksen asetusarvonäytön asetuksia. Kuvasta voidaan nähdä, että näytöllä näkyvät lukuarvot ovat desimaalilukuja ja ne siirretään binäärikoodattuna desimaalina käyttöliittymästä ohjauslogiikalle. Format-kohdasta nähdään, että asetusarvo voi olla korkeintaan kolmenumeroinen eikä desimaaleja ole käytettävissä. Unit&Scale-kohdassa valitaan näytön yksikkö, joka on tässä tapauksessa C ja kuvaa celsiusastetta.

Numeral Display & Input - NUM0052

General | Text | Background | Keypad | Frame | Max/Min | Flicker | Write | Password | Control Flag | Macro | Size/Position

Object Comment

Numeral Display Type

Display Type

Storage Type

Range

Format

Integer

Decimal

Fill blank digits with zeroes

Ignore exceeded digits

Display commas

Unit&Scale

Set Unit&Scale No.

Unit

Scale

Offset

Indirect Specification of Unit&Scale No.

Perform Max/Min Limit Check after Scale Conversion

Address

Address

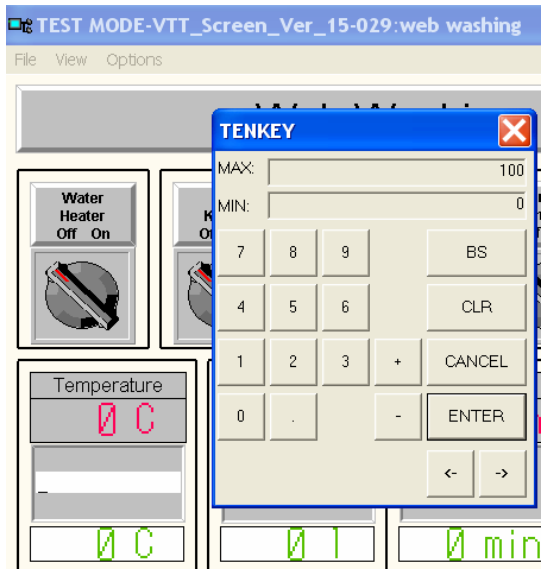
Address

Display on entry

Display input values by*

KUVA 36. Lämpötilan asetusarvonäytön asetusikkuna

Asetusikkunan muista välilehdistä voidaan asettaa ohjauksen muita ehtoja. Max/min -välilehden alta järjestelmään määritettiin, että suurimmaksi asetusarvoksi voidaan asettaa 100 celsiusastetta. Keypad-kohdan alta valittiin haluttu numeronäppäinten esiintulopaikka. Numeronäppäimet avautuvat kuvassa 37 näkyvään paikkaan käyttöliittymässä. Kuvasta voidaan nähdä, että lämpötila voidaan asettaa pienimmillään 0 °C:seen ja suurimmillaan 100 °C:seen.



KUVA 37. Lämpötilan asetusarvon numeronäppäimistö

8 ASENNUS JA KÄYTTÖNOTTO

Tässä luvussa käsitellään laitteen asennusta ja käyttöönottoa. Laitteen asennuksessa ei ollut ongelmia, mutta käyttöönottovaiheessa jouduttiin suunniteltuun pesuosiojärjestelmään tekemään muutoksia.

8.1 Asennus

Laitteiden paikalleen asennus suoritettiin 2011 kesä-heinäkuun aikana. Pesuosion sähkökeskuksen sisäiset johdotukset oli tehty jo aikaisemmin valmiiksi, joten asennusvaiheessa tehtiin kaapelointi ohjauskaapista eri laitteille. Laitteiden sähköasennukset tehtiin sähköpiirustusten mukaan, lukuun ottamatta kolmivaihepistorasiaa, jota ei ollut piirretty alkuperäisiin kuviin. Kolmivaihepistorasian syöttö tulee taajuusmuuttajalta. Sähköpiirustukset ovat näkyvillä liitteissä 1–5.

Asennusvaiheessa suoritettiin taajuusmuuttajan perus- ja tuloparametrien asettelu. Parametrien asettelu tapahtui taajuusmuuttajan ohjauspaneelista, joka on näkyvillä kuvassa 38. Valikoissa liikkuminen tapahtuu nuolinäppäinten avulla. Enter-näppäimellä hyväksytään parametreihin asetetut arvot. Valitun taajuusmuuttajan parametrisointi voidaan tehdä ainoastaan ohjauspaneelin kautta.



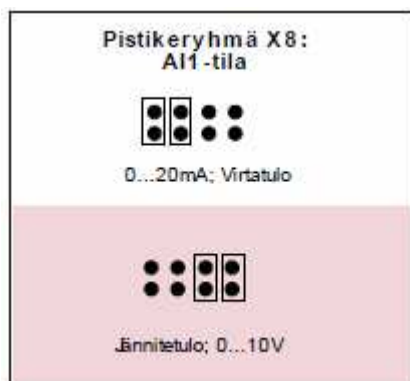
KUVA 38. Vacon NXL -taajuusmuuttajan ohjauspaneeli

Kuvassa 39 on nähtävillä kuvakaappaus taajuusmuuttajan käyttöohjeen parametrista. Kuvassa sinisellä näkyvistä arvoista määriteltiin parametrit P2.1.7-P2.1.10 pumpun arvojen perusteella oikeiksi. Samasta valikosta voitiin valita taajuusmuuttajan ohjauspaikka parametrilla P2.1.14, joka oli jo oletuksena oikein eli analogiatulo yksi.

P2.1.6	Moottorin nimellisjännite	180	690	V	NXL2:230V NXL5:400V	110	Tarkista moottorin arvokilvestä
P2.1.7	Moottorin nimellistaajuus	30,00	320,00	Hz	50,00	111	Tarkista moottorin arvokilvestä
P2.1.8	Moottorin nimellisaika	300	20 000	rpm	1440	112	Koskee 4-napaista moottoria ja nimelliskokoista taajuusmuuttajaa
P2.1.9	Moottorin nimellisvirta	0,3 x I _L	1,5 x I _L	A	I _H	113	Tarkista moottorin arvokilvestä
P2.1.10	Moottorin cosφ	0,30	1,00		0,85	120	Tarkista moottorin arvokilvestä
P2.1.11	Käynnistystoiminto	0	2		0	505	0=Kiihdyttäen 1=Vauhtikäynnistys 2=Ehdollinen vauhtikäynn.
P2.1.12	Pysäytystoiminto	0	1		0	506	0=Vapaasti pyörien 1=Hidastaen
P2.1.13	U/f-suhteen optimointi	0	1		0	109	0=Ei käytössä 1=Autom. mom. maksim.
P2.1.14	Ohjearvopaikan valinta	0	5		0	117	0=A11 1=A12 2=Paneeli 3=Kenttävyöhyke (FBSpeedReference) 4=Moottoripotentiometri 5=A11/A12 valinta

KUVA 39. Perusparametrit (Vacon 2007, 88)

Taajuusmuuttajan ohjaamiseksi analogisella virtaviestillä tuli taajuusmuuttajan ohjauskortista muuttaa pistikevalinnat oikeiksi. Kuvassa 40 on nähtävillä pistikevalinnan ohjekuva. Pistikkeet kytkettiin käyttöohjeen mukaan.



KUVA 40. Pistikeryhmän valinta (Vacon 2007, 47)

8.2 Käyttöönotto

Käyttöönottovaiheessa käytiin läpi testauspöytäkirja, jonka perusteella pesuosion toiminta testattiin. Testauspöytäkirja laadittiin tehdyn toimintakuvausten perusteella ja siinä käydään läpi miten järjestelmän tulee toimia eri tilanteissa. Heti alussa ongelmaksi muodostui ultraäänialtaan uuden kierrätyspumpun toiminta.

Ultraäänialtaan kierrätyspumpun toiminta oli hyvin epävarmaa. Pumpun imupuolella ongelmia aiheutti ultraäänialtaan ylivuotoaltaan pieni tilavuus. Pesunesteen pinnan ollessa oikealla tasolla irronneen lian keräämisen ja suodatuksen kannalta aiheutti se sen, että ylivuotoaltaaseen palautuva vesimäärä ei ollut riittävä. Tästä syystä pumppu veti ilmaa sisäänsä. Pumpun tehoa säätämällä koetettiin estää ilman pääseminen putkistoon, missä onnistuttiinkin, tällöin kuitenkin pumpun vesiveitsille tuottama paine oli liian pieni. Näistä syistä käyttöönottovaiheessa suoritettujen koeajojen jälkeen jouduttiin järjestelmää muuttamaan.

Taajuusmuuttajaohjatusta pumpusta päätettiin tehdä pelkkä suodatuspumppu, jolla ylivuotoaltaaseen kertynyttä likaa kierrätetään suodattimien läpi takaisin altaaseen. Vanha ultraäänialtaalla käytössä ollut pumppu, joka oli asennettu tässä vaiheessa vesipesualltaaseen, siirrettiin takaisin ultraäänialtaan vesiveitsille. Tämä tarkoitti ohjelmoinnin kannalta lähinnä pumppujen nimien vaihtamista logiikkasovelluksessa ja käyttöliittymässä niiden tarkoitusta paremmin kuvaavaksi.

Tässä ratkaisussa vesipesuallas ja sen vesiveitset jäivät vaille pumppua ja sisäistä kiertoa. Vesipesussa palattiin lähes alkutilanteeseen, ainoana erona tuli uusi pesuallas, joka on valmiiksi instrumentoitu veden lämmitystä varten. Vesipesun vesiveitsien veden syöttö käynnistetään jälleen hanasta ja altaasta palaava vesi pumpataan viemäriin. Järjestelmään on kuitenkin mahdollista asentaa vesialtaalle oma pumppunsa ja ohjata sitä käyttöliittymästä lisäämällä pesuosion ohjauskeskukseen oma rele tai ohjaamalla sitä samalla releellä, jolla ohjataan ultraäänialtaan vesiveitsipumppua.

Muutosten jälkeen testauspöytäkirja muotoiltiin vastaamaan nykyistä uutta tilannetta. Testit sujuivat hyvin ja järjestelmä oli valmis tältä osin. Pesuosion käyttöönoton testauspöytäkirja on näkyvillä liitteessä 8.

9 YHTEENVETO

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli kehittää pesuosion toimintaa ja saada pesuosion laitteiden ohjaus painokoneen käyttöliittymästä. Pesuosion toimintaa haluttiin kehittää painokoneen toimivuuden parantamiseksi ja operaattorien työn helpottamiseksi. Työn kirjallinen osuus on kirjoitettu työn vaiheiden mukaisessa järjestyksessä.

Työn asennus ja käyttöönotto onnistui hyvin, lukuun ottamatta ohjelmoinnissa tapahtunutta virhettä analogisen lähtökortin asettelussa, minkä löytämiseen kului aikaa. Harmittavana asiana koen myös vesipesun jäämistä vanhaan tilaansa. Järjestelmässä on kuitenkin laajennusvaraa vesipesulle mahdollisesti hankittavan pumpun ohjauksen tekemiseen.

Ultraäänialtaan pesunesteen laatua indikoivaa mittausta ei tämän opinnäytetyön aikana ehditty tutkia tarpeeksi, jotta sopiva mittaus olisi löydetty. Mikäli järjestelmään halutaan jälkikäteen lisätä pesunesteen puhdistuskykyä kuvaava mittaus, esimerkiksi työn aikana tutkittu pH-mittaus, voidaan se tehdä käyttämällä analogista virtaviestiä. pH-mittausta tutkittiin, koska pesunesteen neutralisoitumisella KOH-liuoksen tapauksessa ja happamoitumisella D-livettä käytettäessä uskottiin olevan vaikutusta pesunesteen puhdistuskykyyn. Tästä ei kuitenkaan saatu selvää näyttöä, minkä vuoksi järjestelmään ei lisätty pH-mittausta. Muita mahdollisia mittauksia pesunesteen laatua mitattaessa voisivat olla pesunesteen johtavuuden tai kiintoainepitoisuuden mittaus, koska pesussa irtoaa pesunesteeseen johtavia partikkeleita ja etsauspastaa.

Ultraäänialtaassa tapahtuva pesu on painokoneen pesuosion tärkein osa, ja uudistuksilla pystyttiin parantamaan pesunesteen suodatusta ja pitämään pesuneste puhtaampana painon aikana. Pesunesteen tuoreistuksen ja tehtyjen uudistusten vaikutuksesta substraatin pesuun ei ole vielä tässä vaiheessa vertailukelpoisia tuloksia, joiden perusteella työn onnistumista voitaisiin analysoida. Mikäli pesutulos ei työssä toteutetuilla ratkaisuilla parane

riittävästi, voisi ratkaisuna toimia substraatin pesuajan pidentäminen ultraäänialtaassa lisäämällä pesunesteen pinnalle teloja. Toinen vaihtoehto on lisätä pesujärjestelmään toinen ultraääniallas. Toisen ultraäänialtaan lisääminen voi olla haastavaa tai jopa mahdotonta nykyisissä tiloissa tilan puutteen vuoksi. Yhtenä vaihtoehtona olisi korvata vesipesuallas ultraäänialtaalla. Ultraäänialtaan sisälle sijoitettavien lisä elojen ongelmana on se, että ne altistavat substraatin pinnat naarmuuntumiselle. Tämä voi aiheuttaa substraatilla olevan johtavan pinnan hajoamisen. Kolmantena vaihtoehtona voisi toimia vesiveitsien määrän lisääminen ennen ultraäänipesua. Lisäksi vesiveitsijärjestelmän painetta voisi nostaa ja tutkia vaikuttaisiko se pesutulokseen.

Pesulaitteiston ohjaus tapahtuu nyt annettujen lähtötietojen mukaan käyttöliittymästä, lukuun ottamatta vesipesua, joten työtä voidaan pitää osittain onnistuneena. Aikaisemmin operaattorin täytyi käydä tarkistamassa pesunesteen määrä ja lisätä pesunestettä käsin altaaseen ajon aikana, mikä jäi pesuosion kehittämisen jälkeen pois.

Työn suorittaminen ei pysynyt suunnitellussa aikataulussa. Tämä johtui hyvin pitkälti liian positiivisesta ajattelusta työn aikataulutusta tehtäessä. Lisäksi työn aikataulua viivästytti tilattujen osien toimitusaikojen venyminen, jonka vuoksi kesälomakausi tuli vastaan, mikä puolestaan viivästytti työn valmistumista lisää.

Työtä tehdessä on allekirjoittanut oppinut paljon uutta ohjelmoinnista, sähkösuunnittelusta ja eri toimittajien kanssa yhteydenpidosta sekä instrumenttien valinnasta. Työ kehitti tekijäänsä hyvin edessä olevaa työuraa ajatellen.

LÄHTEET

ABB 2000. Tekninen opas nro 3. PDS-käyttäjien asennus ja kokoonpano EMC-vaatimusten mukaan. Saatavissa:

[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/bb3f0dff646d5948c1256d2800411386/\\$file/technicalguideno_3fi.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/bb3f0dff646d5948c1256d2800411386/$file/technicalguideno_3fi.pdf). Hakupäivä 18.9.2011

AEL 2000. Muovikalvon laadunvarmistus. VTT:n sisäinen dokumentti.

Aplisens 2010. User manual. Käyttöohje.

Auser Oy 2011. Unitronic-LiyCy. Saatavissa:

<http://www.auser.fi/data/attachments/UNITRONIC-LiYCY.pdf>. Hakupäivä 20.9.2011

Brazis, Paul – Gamota, Daniel – Kalyanasundaram, Krishna – Zhang Jie 2004. Printed organic and molecular electronics. USA, Boston: Kluwer Academic Publishers.

Bürkert 2011. Operating Instructions. Saatavissa:

http://www.burkert.fi/products_data/manuals/MA2000-Standard-EU-ML.pdf. Hakupäivä 15.9.2011.

De la Fuente Vornbrock, Alejandro 2009. Roll Printed Electronics: Development and Scaling of Gravure Printing Techniques. USA, Berkeley: University of California at Berkeley, Electrical Engineering and Computer Sciences.

Draka Finland 2011. Automaatiokaapelit. Saatavissa:

<http://www.taloon.com/pdf/0264938.pdf>. Hakupäivä 21.9.2011

Circuitree 2009. Saatavissa:

http://www.circuitree.com/Articles/Web_Only_Editorial/04402ef90efe7010VgnVCM100000f932a8c0_____. Hakupäivä 13.4.2011.

Eltex 2010. Technical information Series R50/R51 Discharge bars.

ELV 2011. Operation instructions. Käyttöohje.

Endress+Hauser 2011. Technical information Omingrad M TR11. Saatavissa: <http://www.endress.org.ua/pdf/MTR11.pdf>. Hakupäivä 6.4.2011

Eurooppalaiset tutkijat kehittivät painotekniikalla valmistettavan valoelementin. Saatavissa: http://www.vtt.fi/uutta/2008/28102008_oled-elementti.jsp. Hakupäivä 19.5.2011.

Flexography: Principles And Practices. 1999. 5. painos. USA, New york: Foundation of Flexographic Technical Association.

Goodfellow Cambridge Ltd. Material properties: Polymer. Saatavissa: <http://www.goodfellow.com/>. Hakupäivä 13.5.2011.

Hagen, Klauk 2008. Organic electronics: material, manufacturing and applications. Weinheim: Wiley-VCH.

Hodgson, Alan 2007. The role of paper in the future of printed electronics. United Kingdom, Macclesfield: Alan Hodgson Consulting.

Inoxpa, 2009. Installation, service and maintenance instructions. Saatavissa: www.inoxpa.com/file/12898.html. Hakupäivä 13.5.2011.

Kaija, Kimmo 2008. Miniaturization of Electronics Utilizing Computational Modeling. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Väitöskirja.

Kipphan, Helmut 2001. Handbook of print media: technologies and production Methods. German, Berlin: Springer.

Kobold 2008. Level Switch. Saatavissa: <http://www.saato.fi/data/attachments/Kobold%20RFS.pdf>. Hakupäivä 15.9.2011.

Kurki, Heikki 2011. Sähkömoottorikäyttöjen opetusmateriaali. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu, tekniikan yksikkö.

Kymdata Oy 2011. Perustiedot - CADS Planner Electric. Saatavissa: <http://www.cads.fi/fi/Tuotteet/S%C3%A4hk%C3%B6%20ja%20automaatio/Perustiedot/>. Hakupäivä 18.9.2011.

Laakso, Hannu 2010. T113403 Automaatiolaitteiden sähkösuunnittelu 3 op. Opintojakson oppimateriaali keväällä 2010. Oulu: Oulun seudun ammattikorkeakoulu.

Lee A. Ostness 2006. Coating Technology for Flexible Packaging. Saatavissa: <http://www.tappi.org/content/enewsletters/eplace/2006/06PLA50.pdf> Hakupäivä 20.5.2011.

Leidenius, Kim 2008. Taipuva elektroniikka tuo uusia sovelluksia. Tietokone. 25.4.2008. Saatavissa: http://www.tietokone.fi/uutiset/2008/taipuva_elektroniikka_tuo_uusia_sovelluksia. Hakupäivä 19.5.2011.

Merck. Isishape HiperEtch Datasheet. Sisäinen dokumentti. VTT.

Nieppola, Merja – Viluksela, Pentti 2005. Graafisen tekniikan perusteet. Espoo: Evttek.

Omron 2011. Solid State Contactors for Heaters. Saatavissa: <http://www.ia.omron.com/product/item/g3pe0045d/index.html>. Hakupäivä 19.9.2011.

Omron 2011b. Automaatiohjelmisto. Saatavissa: http://industrial.omron.fi/fi/products/catalogue/automation_systems/software/programming/cx-one/default.html. Hakupäivä 20.9.2011

Omron 2009. Operation Manual SFC programming. Saatavissa: <http://downloads.industrial.omron.fi/IAB/Products/Automation%20Systems/S>

oftware/Programming/CX-One/CX-Programmer/W469/W469-E1-04_CX-Programmer%20SFC%20Programming%20Operation%20Manual.pdf
http://downloads.industrial.omron.fi/IAB/Products/Automation%20Systems/Software/Programming/CX-One/CX-Programmer/W469/W469-E1-04_CX-Programmer%20SFC%20Programming%20Operation%20Manual.pdf. Hakupäivä 21.9.2011

Omron 2006. Ohjelmointiopas. CX-Designer V2.0 –ohjelmalle ja NS-näyttöpäätelle.

Ostness, Lee 2006. Coating technology for flexible packaging. Saatavissa: <http://www.tappi.org/content/enewsletters/eplace/2006/06PLA50.pdf>. Hakupäivä 18.4.2011.

Partanen, Petja – Paukku, Timo 2009. Älypakkaus saa virtansa polttokenosta ja sokerista. Helsingin sanomat. 18.8.2009.

Polymeerimateriaalit elektroniikassa 2010. Saatavissa: www.tut.fi/plastics/polyko/materiaalit/TTY/Elektroniikka/EPDF/Polymeerimateriaalien_sovellukset_eletroniikassa.pdf. Hakupäivä 21.5.2011.

Salminen, Hanna – Maija 2009. Komponenttien liittäminen painettavaan elektroniikkaan. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto. Diplomityö.

Teonex. Datasheet. Sisäinen dokumentti. VTT.

Tingander, Tuomo 2010. Painettava elektroniikka tuotantotekniikkana. Helsinki: Metropolia ammattikorkeakoulu. Insinöörityö.

Torvinen, Katariina 2010. Substral loppuraportti. VTT, tutkimusraportti.

Vacon 2007. Käyttöohje NXL taajuusmuuttajat.

VTT 2010. VTT-katsaus 2010. Saatavissa: http://www.vtt.fi/files/vtt/vtt_katsaus_2010.pdf . Hakupäivä 20.9.2011.

VTT 2010b. Roll-to-Roll Pilot facilities. Esite.

VTT 2008. VTT center for printed intelligence offering. Saatavissa:
http://www.vtt.fi/proj/cpi/files/PE2008_poster2_lowres.pdf.

Hakupäivä 18.5.2011.

Ylikunnari, Mari 2011. Tutkija, VTT. Keskustelut. 16.2.2011 ja 19.5.2011.

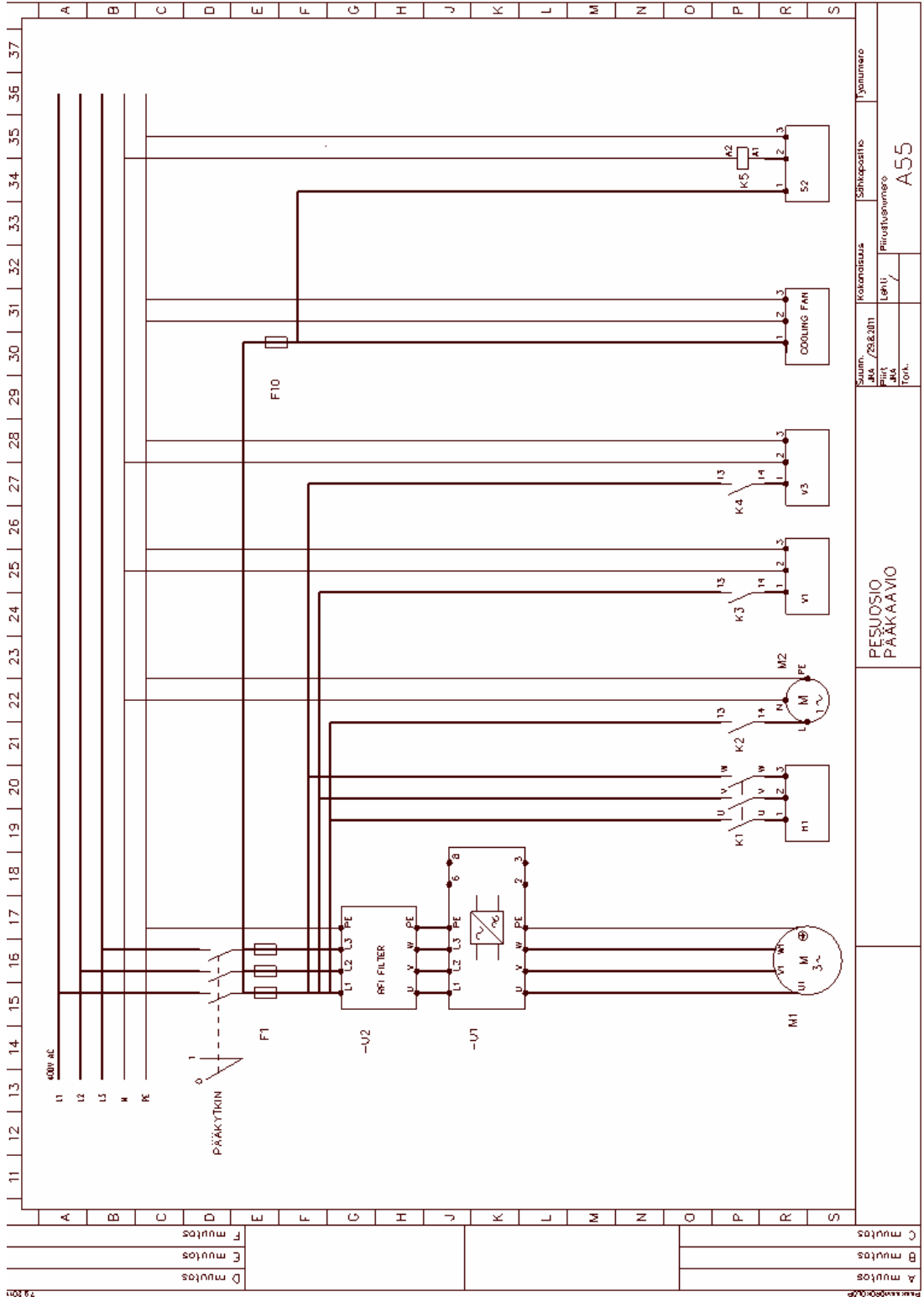
Ylikunnari, Mari 2011b. Roko pilotpainokoneen pastaetsauslinjan käyttöohjeet. Sisäinen dokumentti.

LIITTEET

- Liite 1. Pesuosion pääkaavio
- Liite 2. Pesuosion liitântäkaavio
- Liite 3. Pesuosion piirikaavio
- Liite 4. Pesuosion analogisen I/O -yksikön kytkentä
- Liite 5. Pesuosion digitaalisten I/O -yksiköiden kytkentä
- Liite 6. Laitelista
- Liite 7. Kuparijohtimen koot ja niiden kuormitettavuus
- Liite 8. Testauspöytäkirja

PESUOSION PÄÄKAAVIO

LIITE 1



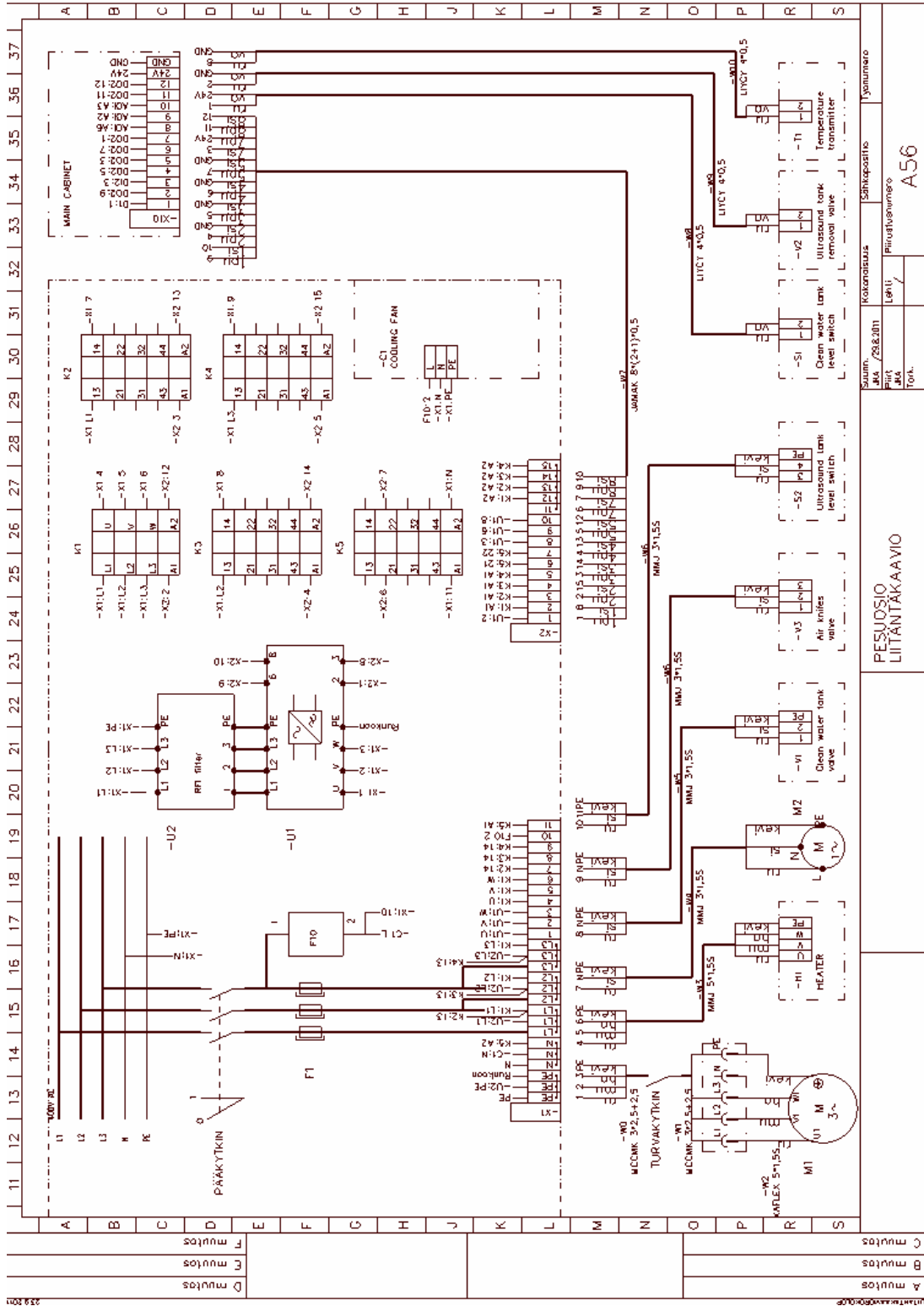
29.09

A muutos
B muutos
C muutos

D muutos
E muutos
F muutos

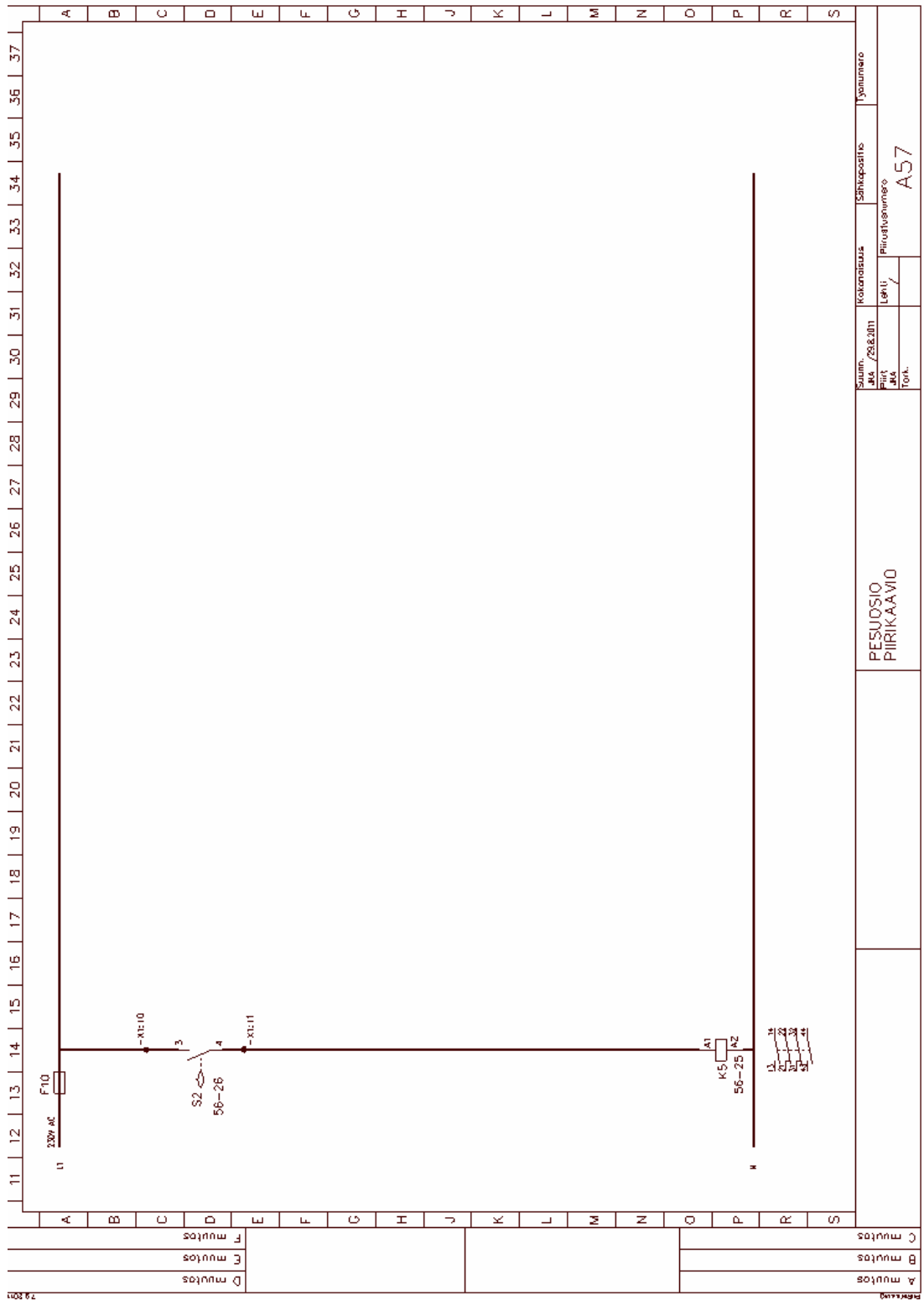
PESUOSION
PÄÄKAAVIO

Kuusi- AM- 7882/011	Kokonaisuus	Sähköpiirros	Yksimääre
Plat. JBA	Lohki	Piirustuksenno	A55
Tonk.			



Alue	Yksikkö	Yksikkönumero	Yhteyshenkilö	Yhteyshenkilön numero
A	muutos			
B	muutos			
C	muutos			

Alue	Yksikkö	Yksikkönumero	Yhteyshenkilö	Yhteyshenkilön numero
A56				



29.89

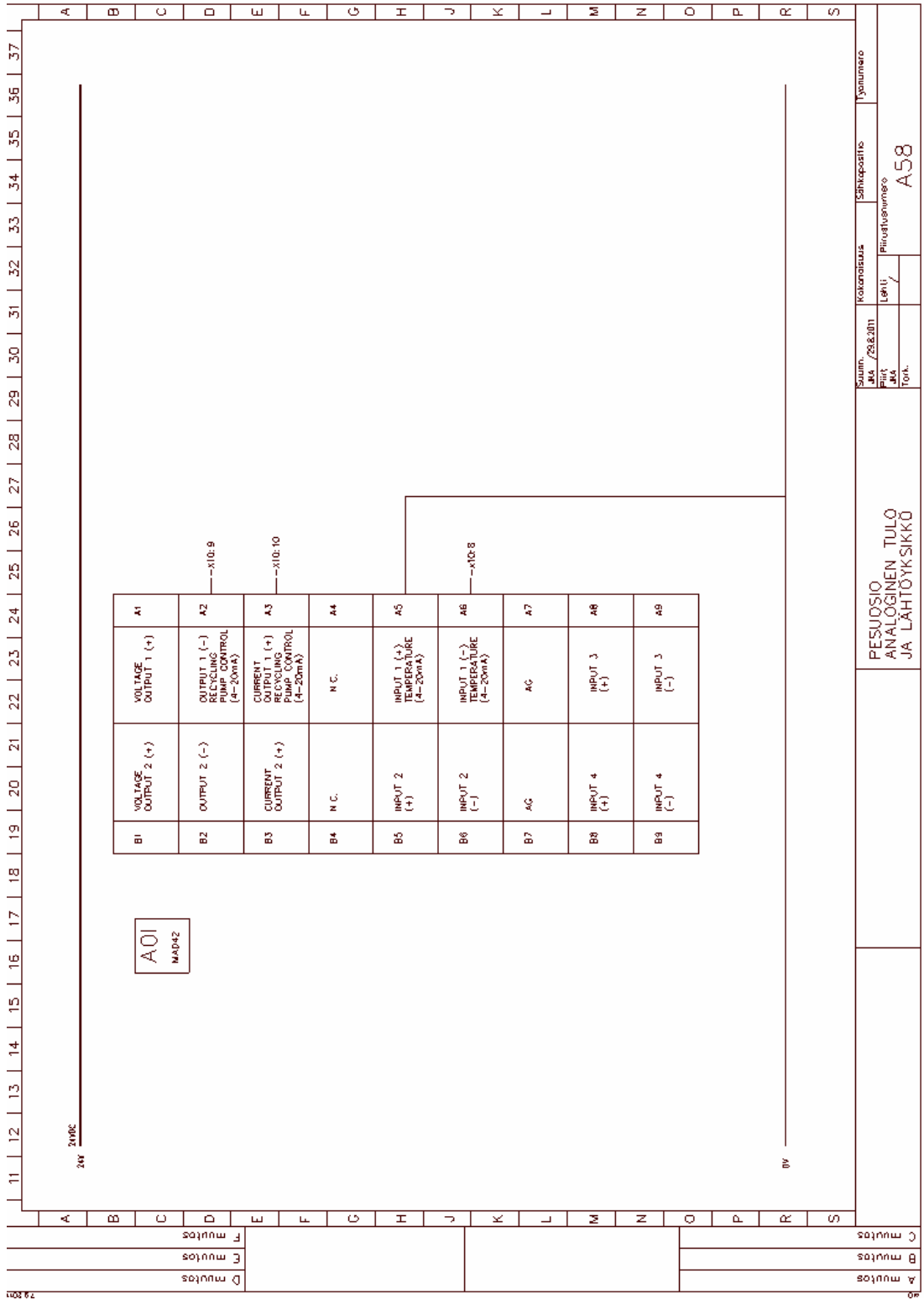
PERITÄ

A	D	muitos
B	E	muitos
C	F	muitos

Kokonaistilauk.		Sähköpostis	Yhteensä
Summ. kapp.	7082/1011		
Yht.	1000		
Yht.	1000		
Yht.	1000		
PESUOSIO PIIRIKAAVIO			A57

PESUOSION ANALOGISEN I/O -YKSIKÖN KYTKENTÄ

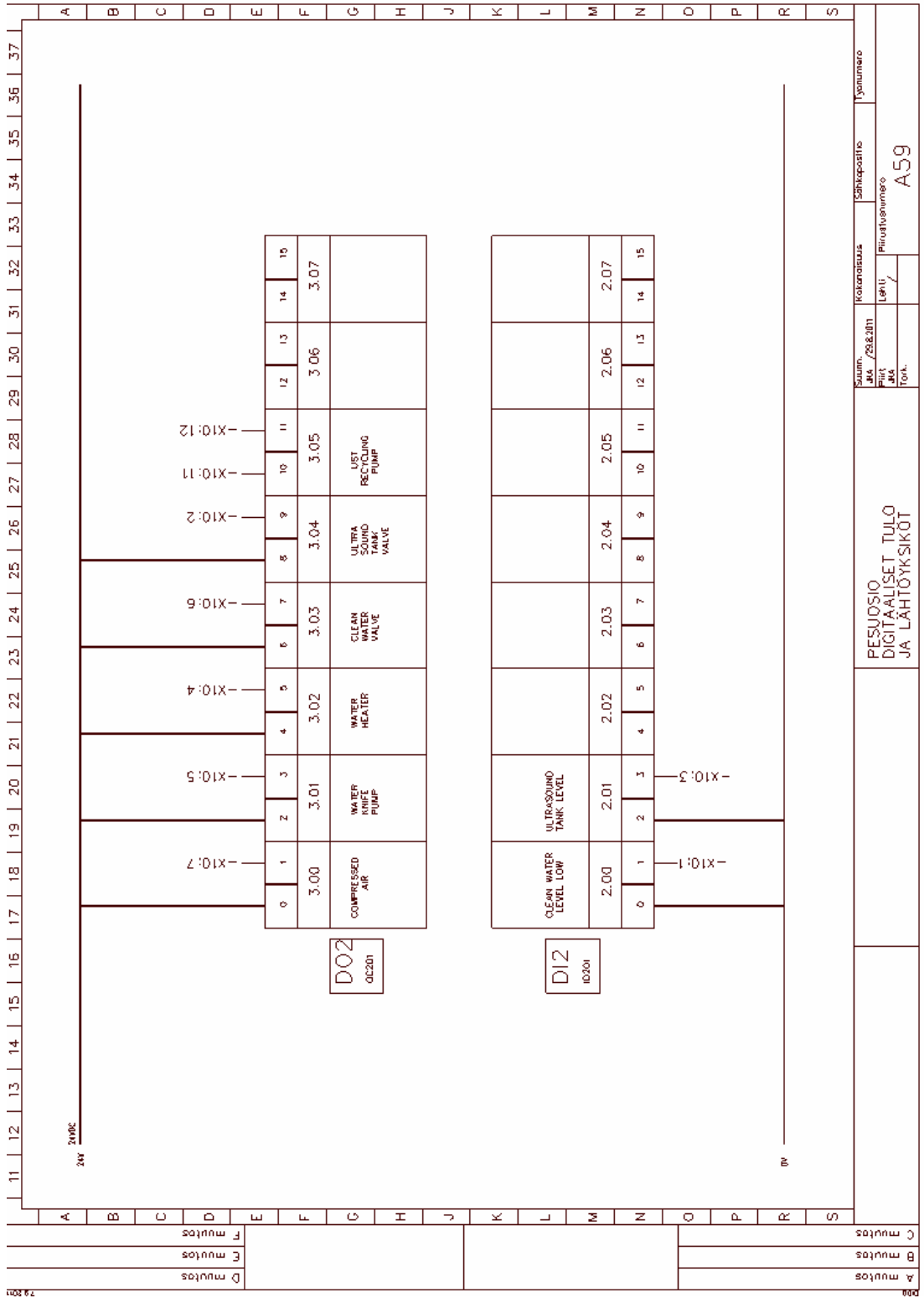
LIITE 4



Yhteisnro	A58
Projektiin nro	
Yhteyshenkilö	
Yhteisnro	

PESUOSIO
ANALOGINEN TULO
JA LÄHTÖYKSIKKÖ

A mutlos	
B mutlos	
C mutlos	



Yksimäärinen	Kokonaismäärä	Sähkösarja	Yksimäärinen
1 kpl	1 kpl	1 kpl	1 kpl
1 kpl	1 kpl	1 kpl	1 kpl
1 kpl	1 kpl	1 kpl	1 kpl

PESUOSIO
DIGITAALISET TULO
JA LÄHTÖYKSIKÖT

A59

Laite	Valmistaja	Tyyppi	Tunnus	IP-luokka	Käyttöjännite (V)	Teho (kW)	Virta (A)	Ohjausviesi
Analoginen lähtö- ja tuloyksikkö	Omron	CJ1W-MAD42	AOI	-	24VDC			-
Digitaalinen tuloyksikkö	Omron	CJ1W-ID201	DI2	-	24VDC	-	-	-
Digitaalinen lähtöyksikkö	Omron	CJ1W-OC201	DO2	-	24VDC	-	-	-
Pumppu	Estampinox Inoxpa	EFI-2003	M1	IP55	380VAC	0,37	0,97	-
Pumppu	Biltema	BP 800W	M2	IP 55	230VAC	0,8		-
Taajuusmuuttaja	Vacon	NXL 0003 5 C1N1	U1	IP20	380VAC			4-20mA 0-10V
RFI-suodin	Vacon		U2	IP20	380VAC	-	-	-
Lämpötila-anturi ja lähetin	Endress +Hauser	Omnigrad M TR11	T1	IP66	24VDC	0	0	4-20mA
Lämmitysvastus	Meyer-vastus	IU 39	H1	IP55	380VAC	6,00	0	-
Magneettiventtiili	ELV	1CB000100	V3	IP65	230VAC	-	-	-
Magneettiventtiili	ELV	1CB000200	V2	IP65	230VAC	-	-	-
Magneettiventtiili	Bürkert	Bürkert 6012		IP65	24VDC	-	-	-
Vinoistukkaventtiili	Bürkert	Bürkert 2000	V1	-	-	-	-	-
Pintakytkin	Kopold	RFS-1200N4	S1	IP65	24VDC	-	-	24VDC
Pintakytkin	Aplisens	ERH-04-04-4-1-1	S2	IP65	230VAC			230VAC
Puolijohderele	Omron	G3PE-515B 3N	K1	-	380VAC	-	0,5-15	12-24VDC
Kontaktori	Omron	J7KNA-AR-22-24D	K2,K3,K4	-	230-400VAC	-	3	24VDC
Kontaktori	Omron	J7KNA-AR-31-230	K5	-	24VDC	-	3	230VDC
Pääkytkin	Schneider electric	VD	Pääkytkin	IP20	380-690VAC	-	20	-
Turvakytkin	ABB	OTL16-36	Turvakytkin	IP 65	400VAC	-	16	-
Automaattiaroke	Biltema	440009	F10	IP20	230VAC	-	10	-
Johdonsuojakatkaisija	Hager	MCN 316E	F1	IP20	400VAC	-	16	-
Kolmivaihepistorasia	Bals CEE	112001	Pistorasia	IP44	400VAC	-	16	-

KUPARIJOHTIMIEN KOOT JA NIIDEN KUORMITETTAVUUS

LIITE 7

Johdin	Asennustapa A	Asennustapa C	Asennustapa D	Asennustapa E	Yleisin sulakekoko (automaatti/tulppa/kahva)
1,5 mm ²	14 A	18,5 A	26 A	19 A	10 A
2,5 mm ²	19 A	25 A	35 A	26 A	16 A
4 mm ²	24 A	34 A	46 A	36 A	20 A
6 mm ²	31 A	43 A	57 A	45 A	25-32 A
10 mm ²	41 A	60 A	77 A	63 A	32-35 A
16 mm ²	55 A	80 A	100 A	85 A	50 A
25 mm ²	72 A	102 A	130 A	107 A	63 A
35 mm ²	88 A	126 A	160 A	134 A	80 A
50 mm ²	105 A	153 A	190 A	162 A	100 A
70 mm ²	133 A	195 A	240 A	208 A	125 A
95 mm ²	159 A	236 A	285 A	252 A	125-160 A
120 mm ²	182 A	274 A	325 A	292 A	160 A
150 mm ²	208 A	317 A	370 A	338 A	160-200 A
185 mm ²	236 A	361 A	420 A	386 A	200 A
240 mm ²	278 A	427 A	480 A	456 A	250 A
300 mm ²	316 A	492 A	550 A	527 A	315 A

TESTAUSPÖYTÄKIRJA

Alkutilanne	Testattava toiminto	Toimenpiteet	Seuraukset	Kommentit
Kaikki pesuusion digitaaliset lähdöt pois päältä. Digitaaliset tulojen I2.00 ja I2.01 tilatieto "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Käyttöliittymän kanavat 3010, 3020 ja 3030 alustettu arvoon 0. Kanava 3000 alustettu arvoon 5. Tulo I0.00 E/STOP healthy aktiivinen. Analoginen lähtiö Q2091 asetettu nolnaan kanavassa 3020.	Testattava toiminto Ilmaveitsien käynnistäminen.	Käynnistetään ilmaveitsen käyttöliittymästä painamalla "Air Knives" -kytkin ON asentoon.	Kanava W16.00 aktivoituu ja lähtiö Q3.00 aktivoituu jolloin ilmaveitset käynnistyvät.	
Lähtiö Q3.00 aktiivisena. Tulojen I2.00 ja I2.01 arvo on "0". Tulo I0.00 on aktiivinen. Analoginen tulo I2095 aktiivinen.	Ultraäänialtaan vesiveitsipumpun käynnistys.	Käynnistetään vesiveitsi käyttöliittymästä painamalla "Water Knives Pump UST" -kytkin ON asentoon.	Kanava W16.02 aktivoituu ja lähtiö Q3.01 aktivoituu jolloin vesiveitsen pumpun käynnistyy.	
Lähdöt Q3.00 ja Q3.01 aktiivisena. Tulot I0.00 aktiivinen. Tulojen I2.00 ja I2.01 arvo on "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen.	Ultraäänialtaan nesteeseen kierrätyspumpun käynnistys.	Käynnistetään kierrätyspumppu käyttöliittymästä painamalla "Recycling Pump UST" -kytkin ON asentoon. Syötetään käyttöliittymässä "Percent" kohtaan haluttu prosenttiluku joka kuvaa pumpulle syötettävää taajuutta. Syötetään käyttöliittymään luvut 50, 75 ja 100.	Kanava W16.01 aktivoituu ja lähtiö Q3.05 aktivoituu. Kanava 3020 saa arvot 50, 75 ja 100 jolloin pumpun analogia lähtiö Q2091 aktivoituu. Käyttöliittymään syötetty arvo 50% jolloin taajuusmuuttajan moottorilla syötämä arvo on 25Hz. Muut testattavat arvot 75%= 37,5Hz ja 100%= 50Hz.	

<p>Lähdöt Q3.00, Q3.01 ja Q3.05 aktiivisena. Tulo I0.00 aktiivisena. Tulojen I2.00 ja I2.01 arvo on "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.</p>	<p>Veden lämmityksen käynnistys</p>	<p>Käynnistetään veden lämmitys syöttämällä käyttöliittymään "Temperature" kohtaan arvo 40 ja painamalla käyttöliittymässä oleva kytkin "Water Heater" ON asentoon. Testataan myös arvoilla 54 ja 70.</p>	<p>Kanava 3030 saa arvot 40, 54 ja 70. Lähtö Q3.02 on aktiivinen kun analogisen tulon I2095 skaalattu arvo on pienempi kuin kanavaan 3030 syötetty asetusarvo. Kanava 3031 kuljettaa skaalattun lämpötilan tiedon käyttöliittymään.</p>	
<p>Lähdöt Q3.00, Q3.01 ja Q3.05 aktiivisena. Veden lämmitys käytössä, lähdön Q3.02 tila riippuu veden kulloisestakin lämpötilasta. Tulo I0.00 aktiivisena. Tulojen I2.00 ja I2.01 arvo on "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.</p>	<p>Pesunesteen tuoreistuksen käynnistys.</p>	<p>Syötetään haluttu pesunesteen tuoreistuksen välinen aika käyttöliittymään kohtaan "Time" ja vaihdettavan pesunesteen määrä kohtaan "Liter". Käynnistetään tuoreistus painamalla käyttöliittymästä "Ultrasound Washer"-kytkin ON asentoon. Syötetään "Time" kohtaan arvoksi 3 ja "Liter" kohtaan 3.</p>	<p>Kanava 3000 saa arvon 3 ja kanava 3010 arvon 3. Pesunesteen tuoreistus tapahtuu kolmen minuutin kuluttua siitä kun "Ultrasound Washer" kytkin on käännetty ON asentoon. Käytetty pesunestettä poistuu n. 3 litraa altaasta kun lähtö Q3.04 aktivoituu. Pintaa laskeutuu ylärajalta jolloin tulo I2.01 aktivoituu ja tilalle tulee puhdasta pesunestettä lähdön Q3.05 ollessa aktiivinen. Q3.05 lähtö on aktiivinen kunnes ultraääniallas saavuttaa ylärajan ja tulo I2.01 saa arvon "0" uudeelleen. Käyttöliittymään tulee tieto paljon vedenvaihtoon aikaa (kanava 3011) jäljellä ja vettä on vaihtunut (kanava 3001).</p>	

Lähdöt Q3.00, Q3.01 ja Q3.05 aktiivisena. Veden lämmitys käytössä, lähdön Q3.02 tila riippuu veden kulloisestakin lämpötilasta. Tulot I2.00, I2.01 ja I0.00 aktiivisena. Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.	Pesunesteen tuoreistus ajan vaihtaminen kesken vaihtovälin.	Syötetään haluttu pesunesteen tuoreistusten välinen aika käyttöliittymään kohtaan "Time". Syötetään arvoksi 1 ja 7.	Kanava 3000 saa arvon 1, jolloin seuraavaan pesunesteen vaihdon alkamiseen kuluu yksi minuutti. Vaihdetaan käyttöliittymästä "Time" kohtaan arvoksi 7 nesteen tuoreistuksen jälkeen jolloin seuraava tuoreistus alkaa 7 minuutin kuluttua.	
Lähdöt Q3.00, Q3.01 ja Q3.05 aktiivisena. Veden lämmitys käytössä, lähdön Q3.02 tila riippuu veden kulloisestakin lämpötilasta. Pesunesteen tuoreistus käytössä, lähtöjen Q3.03 ja Q3.04 tila riippuu onko tuoreistus käynnissä. Tulo I0.00 aktiivisena. Tulojen I2.00 ja I2.01 arvo on "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.	Hätä-seis.	Painetaan koneelta hätä-seis-painiketta.	Tulo I0.00 pois päältä. Lähdöt Q3.00, Q3.01, Q3.02, Q3.03, Q3.04 ja Q3.05 lähtevät pois päältä. Lähtöjen tila ei voi muuttua aktiiviseksi ennenkuin hätä-seis-painike on kuitattu. Analoginen lähtö Q2095 ja tulo I2095 sekä digitaaliset tulot I2.00 ja I2.01 pysyvät "0" tilassa.	
Lähdöt I0.00, I2.00, I2.01 ja I0.00 aktiivisena. Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.	Hätä-seis kuittaus.	Nostetaan hätä-seis-painike pohjasta.	Tulo I0.00 aktivoituu. Lähdöt Q3.00, Q3.01 ja Q3.05 aktivoituvat. Lähtö Q3.02 aktivoituu, jos vesialtaan lämpötila on matalampi kuin asetusarvo. Lähtö Q3.04 ja Q3.05 aktivoituvat kun seuraava tuoreistus alkaa.	

<p>Lähdöt Q3.00, Q3.01 ja Q3.05 aktiivisena. Veden lämmitys käyttössä, lähdön Q3.02 tila riippuu veden kulloisestakin lämpötilasta. Pesunesteen tuoreistus käytössä, lähtöjen Q3.03 ja Q3.04 tila riippuu onko tuoreistus käynnissä. Tulojen I2.00 ja I2.01 arvo on "0". Tulo I0.00 aktiivisena. Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.</p>	<p>Pysäytetään tuoreistus.</p>	<p>Painetaan käyttöliittymästä "Ultrasound washer" kytkin OFF asentoon.</p>	<p>Kanava W16.04 deaktivoituu jolloin tuoreistus prosessi pysähtyy. Lähdöt Q3.04 ja Q3.05 voivat aktivoitua vain ohjaamalla niitä manuaalisesti käyttöliittymästä.</p>	
<p>Lähdöt Q3.00, Q3.01 ja Q3.05 aktiivisena. Veden lämmitys käyttössä, lähdön Q3.02 tila riippuu veden kulloisestakin lämpötilasta. Lähdöt Q3.03 ja Q3.04 pois päältä. Tulo I0.00 aktiivisena. Tulojen I2.00 ja I2.01 arvo on "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.</p>	<p>Lämpötilamittauksen katkeaminen.</p>	<p>Irritetaan toinen lämpötilalähttimen johdoista.</p>	<p>Tulo I2099.04 "Input disconnection flag" estää lähdön Q3.02 aktivoitumisen tai päällä pysymisen.</p>	
<p>Lähdöt Q3.00, Q3.01 ja Q3.05 aktiivisena. Lähdöt Q3.02, Q3.03 ja Q3.04 pois päältä. Tulo I0.00 aktiivisena. Tulojen I2.00 ja I2.01 arvo on "0". Analoginen tulo I2095 pois päältä. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.</p>	<p>Lämpötilamittauksen palautuminen</p>	<p>Kiinnitetään lämpötilalähttimen johto takaisin.</p>	<p>Q3.02 lähtö voi aktivoitua mikäli veden lämpötila on matalampi kuin asetusarvo.</p>	

Lähdöt Q3.00, Q3.01 ja Q3.05 aktiivisena. Veden lämmitys käytössä, lähdön Q3.02 tila riippuu veden kulloisestakin lämpötilasta. Lähdöt Q3.03 ja Q3.04 pois päältä. Tulo I0.00 aktiivisena. Tulojen I2.00 ja I2.01 arvo on "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.	Lämmityksen poiskytkenä.	Painetaan käyttöliittymästä "Water Heater" -kytkin OFF asentoon.	Kanava W16.03 deaktivoituu ja lähtö Q3.02 menee pois päältä.	
Lähdöt Q3.00, Q3.01 ja Q3.05 aktiivisena. Lähdöt Q3.02, Q3.03 ja Q3.04 pois päältä. Tulo I0.00 aktiivisena. Tulojen I2.00 ja I2.01 arvo on "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.	Ilmaveitsien, vesiveitsipumpun ja ultraäänialtaan nesteen kierrätyspumpun sammutus.	Painetaan käyttöliittymästä kytkimet: "Air Knives", "Water Knives Pump UST" and "Recycling Pump UST" OFF asentoon.	Kanavat W16.04, W16.02 ja W16.01 deaktivoituvat ja lähdöt Q3.00, Q3.01 ja Q3.05 menevät pois päältä.	
Lähdöt Q3.00, Q3.01 Q3.02, Q3.03, Q3.04 ja Q3.05 pois päältä. Tulot I2.01 ja I0.00 aktiivisena. Tulo 2.00 arvossa "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.	Tuoreistusaltaan pinta alarajalla.	Painetaan käyttöliittymästä "Ultrasound Washer" ON asentoon. Syötetään tuoreistuksen väliksi yksi minuutti ja vaihdettavaksi määräksi yksi litra	Lähdöt Q3.04 ja Q3.05 eivät voi aktivoitu eikä tuoreistuksen välinen aika kulu. Apubitti 30.02 aktivoituu ja käyttöliittymä hälyttää tuoreistusaltan veden olevan alarajalla.	

Lähdöt Q3.00, Q3.01 ja Q3.05 aktiivisena. Lähdöt Q3.02, Q3.03 ja Q3.04 pois päältä. Tulot I2.01 ja I0.00 aktiivisena. Tulo 2.00 arvossa "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.	Manuaalinen pesuneen poisto ultraäänialtaasta.	Painetaan käyttöliittymästä "Ultrasound Tank Manual Removal"-painonappia	Kanava W16.05 ja lähtö Q3.04 pysyvät aktiivisena kunnes painonappia painetaan uudestaan.	
Lähdöt Q3.00, Q3.01 Q3.02, Q3.03 ja Q3.05 pois päältä. Lähtö 3.04 aktiivisena. Tulot I2.01 ja I0.00 aktiivisena. Tulo 2.00 arvossa "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.	Manuaalisen pesuneen poistamisen lopettaminen ultraäänialtaasta.	Painetaan käyttöliittymästä "Ultrasound Tank Manual Removal"-painonappia	Kanava W16.05 ja lähtö Q3.04 menevät pois päältä.	
Lähdöt Q3.00, Q3.01 Q3.02, Q3.03, Q3.04 ja Q3.05 pois päältä. Tulot I2.01 ja I0.00 aktiivisena. Tulo 2.00 arvossa "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.	Manuaalinen pesuneen lisääminen ultraäänialtaaseen.	Painetaan käyttöliittymästä "Manual Clean waer"-painonappia	Kanava W16.06 ja lähtö Q3.03 pysyvät aktiivisena kunnes painonappia painetaan uudestaan.	
Lähdöt Q3.00, Q3.01 Q3.02, Q3.03 ja Q3.05 pois päältä. Lähtö 3.05 aktiivisena. Tulot I2.01 ja I0.00 aktiivisena. Tulo 2.00 arvossa "0". Analoginen tulo I2095 aktiivinen. Analoginen lähtö Q2091 aktiivinen.	Manuaalinen pesuneen lisäämisen lopettaminen ultraäänialtaaseen.	Painetaan käyttöliittymästä "Manual Clean waer"-painonappia	Kanava W16.06 ja lähtö Q3.03 menevät pois päältä.	