

Prosessiaseman suunnittelu opetusympäristöön

Mikko Mustonen

OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2024

Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Automaatiotekniikka

MUSTONEN, MIKKO:
Prosessiaseman suunnittelu opetusympäristöön
Opinnäytetyö 60 sivua, joista liitteitä 7 sivua
Marraskuu 2024

Tampereen ammattikorkeakoululla on käynnissä pienoisorautatien rakennusprojekti, jonka tarkoituksena on valmistuessaan toimia oppimisympäristönä sähkö- ja automaatiotekniikan opiskelijoille. Projektiin sisältyy pienoisorautatien rakentaminen miljööseen, joka sisältää erilaisia kohteita Tampereen kaupungista. Pienoisorautatien varrelle rakennetaan erilaisia asemapaikkoja, joiden avulla tullaan tuottamaan opiskelijoille käytännön oppimismahdollisuuksia. Projektin edetessä ja sitä kehitettäessä pienoisorautatie voi tarjota oppimismahdollisuuksia myös eri alojen opiskelijoille.

Tämän opinnäytetyön myötä pienoisorautatien varrelle toteutetaan yksi asemapaikka. Opinnäytetyössä suunnitellaan sellun keittoprosessia jäljentelevä vesiprosessi, jonka suunnitteluosioon kuuluu PI-kaavion suunnittelu sekä piirtäminen Vertex G4 PI ohjelmistolla, laitteiston asennuslayout sekä laiteluettelo. Niille laadittiin dokumentaatio luetteloineen tulevan kehittämis- ja jatkotyön helpottamiseksi. Työssä esitellään pienoisorautatieympäristöä kokonaisuudessaan ja perehdytään prosessiaseman suunnitelmaan täsmällisesti.

Prosessiaseman suunnittelun lopputuloksena saadaan paketti, jonka perusteella prosessiasemaa voidaan alkaa toteuttamaan. Opinnäytetyön liitteiden sekä sisällön avulla voidaan hankkia tarvittava laitteisto ja kehittää prosessin perusteella opiskelijoille erilaisia harjoitustöitä, esimerkiksi erilaisia logiikkaohjelmien harjoitustöitä ohjaamaan prosessia eri tavoin.

Asiasanat: vesiprosessi, pienoisorautatie, PI-kaavio, asennuslayout, automaatio

ABSTRACT

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

MUSTONEN, MIKKO:
The Design of Process Station for Model Railway

Bachelor's thesis 60 pages, appendices 7 pages
November 2024

This thesis presents the design of a process station which models the batch cooking process of a pulp mill. The process station is going to be a part of a model railway project at Tampere University of Applied Sciences. The railway project aims to create a learning environment for electrical and automation students. The model railway is being built in a classroom and it includes landmark features of the city of Tampere. The railway project can also be developed in many ways and with the cooperation of students and teachers the model railway will be an important part of the studies for engineering students.

The thesis focuses on the design of the process station which is a water-based process, and which will be constructed along the railway. The design phase includes the creation of a process instrumentation diagram using Vertex G4 PI software, as well as the development of a layout for device installation and a comprehensive device list. Detailed documentation is provided to facilitate future development and research.

As a result of this study, an overview of the model railway and a discussion of the specific design process of the process station were provided. This comprehensive information package forms the base for the construction of the station, and appendices can be used to procure the necessary equipment and develop various practical exercises for students based on the process. For instance, students can create logic programs to simulate the process in different ways.

Key words: water-based process, process station, process instrumentation diagram, layout, automation

SISÄLLYS

| | | |
|---|--|----|
| 1 | JOHDANTO | 7 |
| 2 | TOTEUTUSYMPÄRISTÖ JA LAITTEISTO | 8 |
| | 2.1 Pienoisrautatieympäristö | 8 |
| | 2.2 Märklin Digital..... | 11 |
| 3 | SELLUN VALMISTUS..... | 12 |
| | 3.1 Puunkäsittely ja keitto | 12 |
| | 3.2 Pesu ja lajittelu | 13 |
| 4 | PROSESSIASEMA | 14 |
| | 4.1 Prosessiaseman suunnittelu | 14 |
| | 4.2 Prosessi | 16 |
| | 4.3 PI-kaavio | 17 |
| | 4.4 Asennuslayout..... | 21 |
| 5 | LAITTEET | 24 |
| | 5.1 Keskipakopumppu..... | 24 |
| | 5.1.1 Taajuusmuuttaja | 25 |
| | 5.2 Venttiilit | 26 |
| | 5.2.1 Banjo- ja vinoistukkaventtiili..... | 26 |
| | 5.2.2 Säätoventtiili | 28 |
| | 5.2.3 Palloventtiili | 30 |
| | 5.3 Lämmitin | 30 |
| | 5.3.1 Lämmitinvastus..... | 31 |
| | 5.3.2 Kontaktori | 32 |
| | 5.3.3 Termostaatti | 33 |
| | 5.4 Mittalaitteet ja IO-Link-master | 34 |
| | 5.4.1 IO-Link-master..... | 35 |
| | 5.4.2 Virtausmittaus..... | 36 |
| | 5.4.3 Pinnankorkeuden mittaus | 37 |
| | 5.4.4 Lämpötilanmittaus | 40 |
| | 5.4.5 Paineenmittaus..... | 41 |
| | 5.5 Laitelista ja laitteiden liitännät | 42 |
| | 5.6 Säiliöt | 43 |
| 6 | PLC..... | 46 |
| | 6.1 PLC automaatiojärjestelmässä..... | 46 |

| | |
|---|----|
| 6.2 Logiikkaohjelmointi..... | 47 |
| 6.3 PLC: valinta prosessiasemaan..... | 47 |
| 7 POHDINTA | 49 |
| LÄHTEET..... | 50 |
| LIITTEET | 54 |
| Liite 1. Prosessiaseman suunnitelman dokumentit. | 54 |

LYHENTEET JA TERMIT

| | |
|-----|--|
| AI | Analog Input; Analogiatulo |
| AO | Analog Output; Analogialähtö |
| BSP | British Standard Pipe; Kierrettyyppi |
| CAN | Controller Area Network; Väyläprotokolla |
| DI | Digital Input; Digitaalitulo |
| DIN | Kiskotyyppi |
| DN | Diamètre Nominal; Nimellishalkaisija |
| DO | Digital Output; Digitaalilähtö |
| FBD | Function Block Diagram; Logiikkaohjelmointi kieli |
| IO | Input Output; Tulot ja lähdöt |
| NC | Normally Closed; Normaalisti kiinni |
| NTC | Negative Temperature Coefficient; Termistori |
| PLC | Programmable Logic Controller; Ohjelmoitava logiikka |
| PI | Putkitus ja instrumentointi |
| PTC | Positive Temperature Coefficient; Termistori |
| PWM | Pulse-width Modulation; Pulssinleveysmodulaatio |
| SoC | System on Chip; Järjestelmäpiiri |

1 JOHDANTO

Pienoisrautatie voi äkkiseltään kuulostaa leikkikalulta eikä sellaisella voida toteuttaa oppimisympäristöä sähkö- ja automaatiotekniikan insinööriopiskelijoille. Tampereen ammattikorkeakoulun innovatiivinen projekti on tästä erinomainen esimerkki. Pienoisrautatie kulkee luokkahuoneessa, jonka varrelle rakentuu asemapaikkoja, jotka mahdollistavat teorian soveltamisen käytännön harjoitteilla. Pienoisrautatie tarjoaa ennen kaikkea sen suunnittelu- ja rakennusvaiheessa haastavia sekä mielenkiintoisia tehtäviä opiskelijoille sekä opettajille. Pienoisrautatien valmistuessa tulevat opiskelijat pääsevät soveltamaan rautatietä erilaisin harjoituksin riippuen millä asemapaikalla he työskentelevät.

Pienoisrautatien välttämättömiä kehitys- ja rakentamis- tarpeita ovat asemapaikat, ja tässä opinnäytetyössä suunnitellaan pienoisrautatielle prosessiasema. Suunnittelutyön tavoitteena oli luoda paketti, jonka avulla saadaan hankittua tarvittavat laitteet sekä antaa valmiudet, kuinka asema rakennetaan sille varatulle paikalle.

Opinnäytetyö koostuu pienoisrautatieympäristön esittelystä ja paneutuu tarkemmin prosessiaseman kokoamiseen tarvittavaan laitelistaan sekä asennuslayoutiin ja itse prosessiin. Työssä käydään myös läpi haasteita, joita kohdattiin työn edetessä sekä kuinka niitä selviteltiin ja ratkaistiin.

2 TOTEUTUSYMPÄRISTÖ JA LAITTEISTO

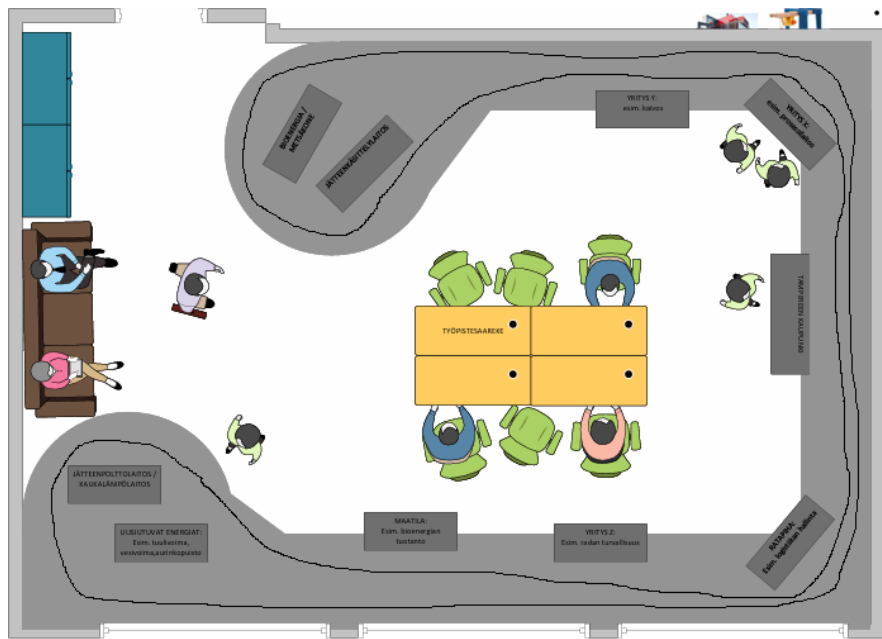
2.1 Pienoisrautatieympäristö

Työ toteutettiin yhdelle asemapaikoista Tampereen ammattikorkeakoululla kehitteillä olevaan pienoisrautatieympäristöön. Oppimisympäristö rakennetaan erityisesti sähkö- ja automaatiotekniikan opiskelijoille käytännön harjoituksia varten. Pienoisrautatie on rakennusvaiheessa, mutta on jo käytössä oppimista edistäviä harjoitteita varten, kuten suunnittelu- ja rakennustyöt. Asemapaikkoja on tulossa noin kymmenen, mutta määrä voi muuttua oppimisympäristön toteutuksen edetessä. Kuvassa 1 näkyy rakenteilla oleva oppimisympäristö.



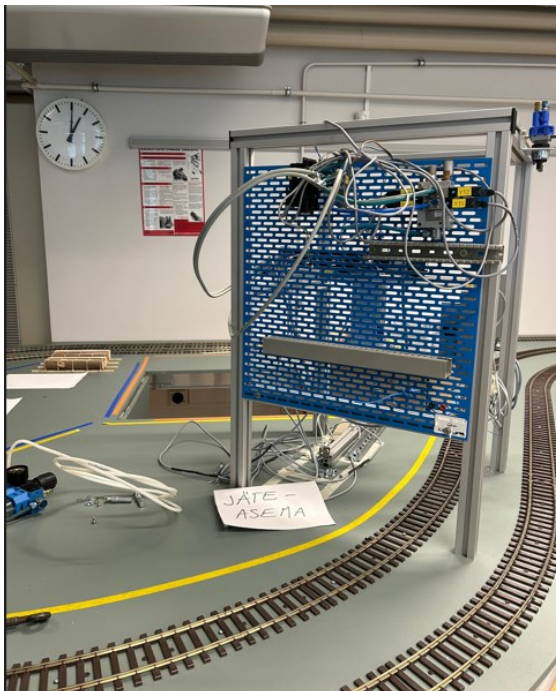
KUVA 1. Pienoisrautatie rakennusvaiheessa. (Kuva: Mikko Mustonen)

Toteutuspaikkana toimii luokkahuone Tampereen ammattikorkeakoululta tunnuksella A2-24, joka on suuruudeltaan noin 60 neliometriä. Itse pienoisrautatie kulkee kolmea seinää pitkin, ja pienoisrautatien alla kulkee kaapelihylly, joka helpottaa sähköistysten toteutusta tässä projektissa. Rautatie muodostaa luokkahuoneen kiertävän kaaren, johon sisältyy myös huoltoraide. Raiteesta löytyy useita risteyskohtia, ja koko matkalta löytyy rinnakkaiset raiteet, jotka mahdollistavat, että asemapaikoille päästään tulo- ja paluusuunnista. Rataympäristö ylhäältä ja havainne-viivat rataverkosta kuvassa 2.



KUVA 2. Kuva rataverkosta ylhäältä. (Kuva muokattu: Mikko Mustonen)

Radan varrella olevien asemapaikkojen on tarkoitus muodostaa kokonaisuus rataverkon kanssa, jota pitkin kulkeva veturi voi kuljettaa asemapaikoilta saatavia tuotteita, kuten prosessiaseman vesiprosessin lopputuotetta. Asemapaikkoja on suunnitella monelta eri osa-alueelta, kuten kaukolämpöverkko, kaivos ja tuuli-voimala. Kuvassa 3 jäteaseman paikka pienoisrautatien varrella.



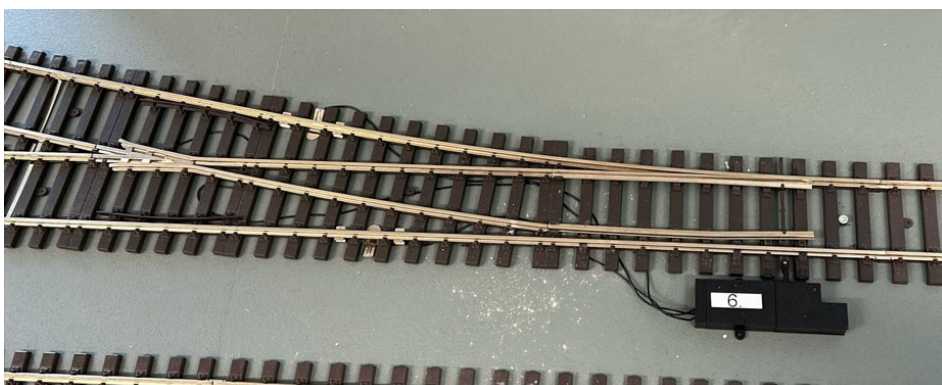
KUVA 3. Jäteasema toteutuksessa. (Kuva: Mikko Mustonen)

Pienoisveturin pituus on noin 72 senttimetriä, ja sen perässä kulkee tällä hetkellä neljä vaunua, ja yhden vaunun pituus on noin 38 senttimetriä. Kuvassa 4 esitetään veturi ja sen vaunut.



KUVA 4. Veturi ja vaunut. (Kuva: Mikko Mustonen)

Pienoisrautatietä löytyy vaihekohtia, joissa raiteet risteävät. Risteyskohdat ovat kytketty, Märklin digital ratayksikköön, joka ohjaa risteyskohdassa valittavan raitteen. Kuvassa 5 yksi pienoisrautaien risteyskohta.



KUVA 5. Pienoisrautatien risteyskohta. (Kuva: Mikko Mustonen)

2.2 Märklin Digital

Märklin on saksalainen leluvalmistaja, jonka tarina alkoi vuonna 1859. Ennen pienoisrautatietarvikkeita Märklin tunnettiin erilaisista nukkeleluista sekä lelu-hevoskärryistä. (Über Märklin. n.d.)

Märklin digital on digitaalijärjestelmä pienoisrautateiden ohjaukseen. Etuja digitaalijärjestelmästä löytyy esimerkiksi, että eri vetureita ja laitteita voidaan ohjata riippumatta toisistaan. Johdotuksien ja kytkentöjen määrät pienenevät järjestelmän ansiosta. Digitaalijärjestelmä tarvitsee myös ratayksikön, joka on yhteydessä radan laitteistoon. Ratayksikkö syöttää samanaikaisesti vetureiden käyttövirran sekä ohjaustiedot digitaalimuodossa raiteisiin. Ratayksikkö kuvattuna kuvassa 6. (Märklin Digital antaa mahdollisuuksia. n.d.)



KUVA 6. Märklin ratayksikkö. (Kuva: Mikko Mustonen)

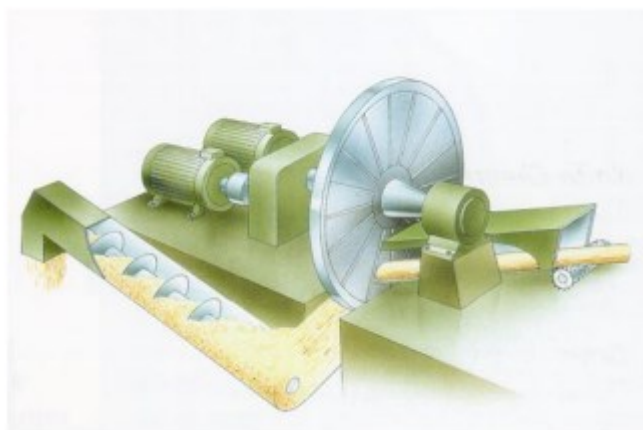
3 SELLUN VALMISTUS

Sulfaattiselluksi kutsutaan sellua, jonka valmistamiseen käytetään sulfaattimenetelmää. Sulfaattisellu on valtaosa maailmassa valmistetusta sellusta. Puuhakkeesta tehdään sellua keittämällä sitä valkolipeän kanssa korkeassa lämpötilassa. Tässä opinnäytetyön luvussa keskitytään sellun keiton eri vaiheisiin. (Sulfaattisellu. 28.4.2015)

3.1 Puunkäsittely ja keitto

Puun saapuessa sellutehtaalle se vastaanotetaan ja varastoidaan eri lajikkeiden ja tuoreuden mukaan. Talviolosuhteiden aikaan on tärkeää huomata, että puu täytyy sulattaa enne kuorimista. Suomessa on käytössä vesisulatus ja se toimii syöttökuljettimen tai kuorimarummun avulla, jossa vesi sulattaa puun pinnan. Kun todetaan, että puu on sulaa eikä sisällä jäätä voidaan se toimittaa kuorintaan.

Kuorinta nimensä mukaan tarkoittaa puuaineksesta kuoren poistamista. Kuorintaan on kehitelty erilaisia laitteita, joita ovat esimerkiksi kumipyöräkannatteiset ja rullastokannatteiset kuorimarummut. Kuorinnan jälkeen erotetaan kuoret ja kaikki puuaineksesta eroava, kuten roskat ja metallit, jonka jälkeen ne haketetaan. Puusta haketetaan tasakokoista haketta, tarkoittaen että hakkeen koko ei eroa suuresti ja puru sekä muut jäämät ovat pieniä. Kuvassa 7 Vaakasyöttöinen kiekkohakku.



KUVA 7. Vaakasyöttöinen kiekkohakku. (Kuva: KnowPulp)

Hake seulotaan haketuksen jälkeen, missä liian suuret palaset laitetaan takaisin haketukseen ja liian pienet puun palaset sijoitellaan muihin tarkoituksiin. Seulonnan jälkeen hake varastoidaan keittoa varten. (Woodhandling. n.d.)

Keittovaiheessa haketta syötetään keittimeen ja siihen lisätään valkolipeää. Valkolipeä on kemikaaliseos, joka koostuu natriumhydroksidista ja natriumsulfidista. Jatkuvatöimissä keitossa hake ja kemikaalit lisätään keittimen yläosaan ja poistetaan alapäästä. Hake syötetään keittimeen ja sitä käsitellään valkolipeällä. Mustalipeä poistetaan ja lopputuotteena on sellu. Mustalipeä on keitossa reagoinnut valkolipeää, jota voidaan käyttää jäteliemenä, ja se siirretään haihduttimiin ja soodakattilan käsittelyyn. (Cooking. n.d.)

3.2 Pesu ja lajittelu

Pesuvaiheessa nimensä mukaisesti massasta pestään pois siihen liuenneita aineita. Massa siis pestään keiton jälkeen ja sen tavoitteena on orgaanisten ja epäorgaanisten aineiden talteenotto. Massa halutaan puhdistaa jatkokäsittelyä varten ensinnäkin massan käsittelyn helpottamiseksi sekä erilaisten kulutuksien ja jätevesiin menevän aineksen vähentämiseksi. Pesusta irtoava jäteliuos otetaan talteen ja uusiokäytetään.

Pesumenetelmien tärkeimpiä toimintoja ovat laimennus, sakeutus, syrjäytys sekä uuttuminen. Laimennus tarkoittaa likaisen massan sekoittamista veden kanssa ja vesi erotetaan massasta. Syrjäytyspesussa massan lävitse imetään tai paineistetaan nestettä lävitse. Puhtaampi neste syrjäyttää likaisemman nesteen pois massasta sakeuden säilyessä samana. Kun kuidun sisällä on likaisempaa nestettä kuin pintapuolella, tapahtuu uuttumista eli diffuusiota. (Washing. n.d.)

Pesun jälkeen alkaa lajittelu, jossa erotetaan epäpuhtaudet hyvästä massasta. Lajittelu on yksi tärkeimmistä vaiheista, sillä yksikin tikku tai epäpuhtaus massassa voi aiheuttaa ongelmia paperikoneella. Lajittelu tapahtuu lajittimessa, jossa on kaksi virtausta, jotka ovat hyväksytyt ja hylätty virtaus. Hyväksytyt kulkeutuu sihtirummun läpi eteenpäin ja hylätty poistetaan jatkokäsittelyyn. (Screening. n.d.)

4 PROSESSIASEMA

4.1 Prosessiaseman suunnittelu

Prosessiasema on yksi pienoisrautatien asemapaikoista. Prosessiasema sijoituu keskivaiheille rautatietä, kaivosaseman ja Tampereen kaupungin väliin. Prosessiaseman suunnittelu lähti käyntiin esisuunnittelulla, jossa paneuduttiin asiaan ja mietittiin, kuinka prosessiasemasta saataisiin hyödyllinen sekä opetuksellinen. Päästiin ajatukseen, että prosessiasema voisi simuloida panosmaista sel-lunkeitto prosessia, jonka jälkijalostuksena voitaisiin luoda esimerkiksi Takon kar-tonkitehdas viimeistelemään Tampereen kaupungin maisemaa oppimisympäris-tössä. Opettajilta saatua dokumenttia hyväksi käyttäen alettiin kokoamaan pro-sessia.

Itse prosessin suunnittelun jälkeen siirryttiin konkreettisiin asioihin, kuten asen-nuslayout sekä laitelistan laatiminen. Ennen tätä viimeisteltiin prosessi piirtämällä siitä PI-kaavio. Asennuslayoutia valmisteleviä töitä käytiin tekemässä pienoisrau-tatieympäristössä, kuten ottamassa mittoja sekä tutustumassa alueeseen, johon prosessiasema rakennetaan. Haasteita ilmeni käytössä olevan alueen leveydestä, mutta alueen korkeutta hyödyntämällä ongelmat alkoivat ratketa. Kuvassa 8 prosessiaseman suunniteltu paikka ylhäältä ja kuvassa 9 edestä kuvattuna. Ku-vissa punaiset teipit rajaavat alueen.



KUVA 8. Prosessiaseman paikka ylhäältä. (Kuva: Mikko Mustonen)



KUVA 9. Prosessiaseman paikka edestä kuvattuna. (Kuva: Mikko Mustonen)

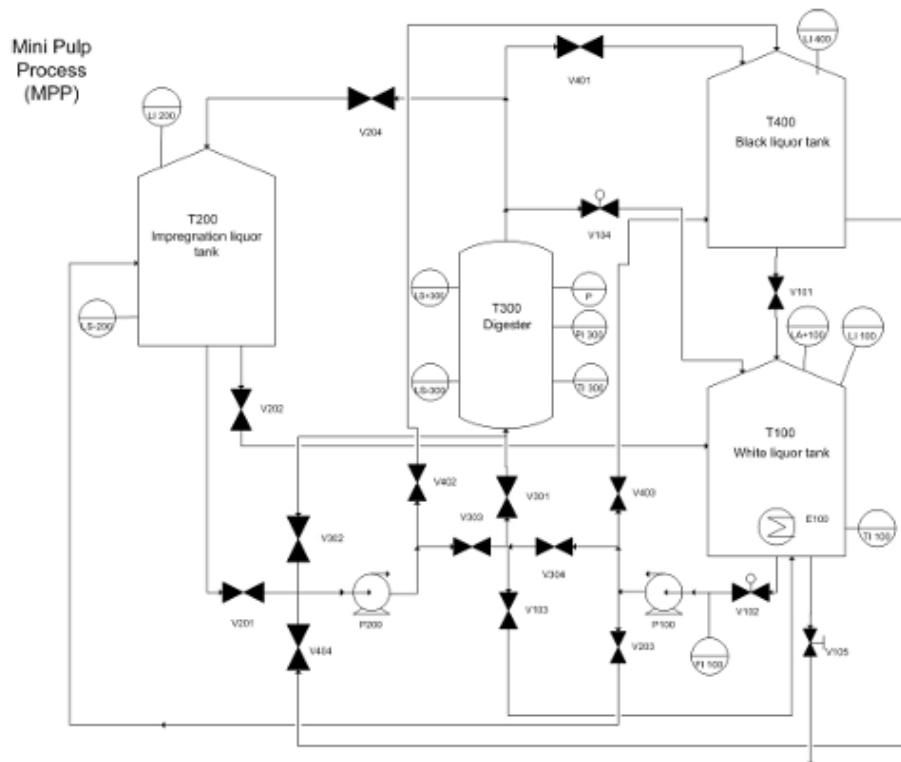
Laitelistan kokoaminen aloitettiin kartoittamalla laitteiden kriteereitä eli mitä vaatimuksia prosessi asettaa laitteille. Aluksi määriteltiin putkikoko, johon päädyttiin hiukan tutkailemalla pumppujen liitoskokoja sekä millä putkikoolla muita samantyyppisiä vesiprosesseja on rakennettu. DN 20 putkikoko soveltuu sopivaksi, kun

prosessin tarkoituksena on siirtää ainetta säiliöstä toiseen, joten ei tarvita tarkempaa mitoitusta maksimipaineen kautta. Putkikoon määrittämisen jälkeen siirryttiin laitteiden valitsemiseen. Laitteiden valinnat perustuivat putkikokoon ja laitteiden toiminnallisuuksiin. Pumppujen valinnoissa haluttiin jäljitellä teollisuutta itse prosessin taustan vuoksi, minkä takia keskipakopumput osuivat valintaan. Venttiileissä mietittiin niiden toiminnallisuutta ja näin päästiin valintoihin on/off-venttiilit sekä säätöventtiilit. Laitelistasta muodostui perusteellinen Excel-listaus, josta löytyy käyttäjälle olennaiset tiedot. Laitelistasta lisää myöhemmin tässä opinnäytetyössä.

4.2 Prosessi

Sellun panostuotannossa perusajatuksena on se, että raaka-ainetta eli panosta käsitellään kolmella eri lipeällä painesäiliössä, joten prosessiin tarvitaan 4 säiliötä. Prosessi voidaan jakaa viiteen eri vaiheeseen, jotka ovat kyllästys, käsittely mustalipeällä, käsittely valkolipeällä, keittäminen sekä tyhjennys. Kyllästys vaiheessa T-2 säiliöstä pumpataan seosta T-3 säiliöön ja seos käsitellään tietyssä paineessa. Käsittely mustalipeällä toteutetaan pumppaamalla T-4 säiliöstä seosta T-3 tankkiin ja palautetaan mahdolliset ylimäärät takaisin säiliöön T-2. Käsittely valkolipeällä vaiheessa T-3 säiliössä oleva seos pumpataan säiliöön T-1 keittoa varten ja oikeanlämpötilan saavutettua seos voidaan laskea junan kyytiin manuaalisesti toimivan palloventtiilin kautta.

Alkuperäisen prosessin selkeyttäminen onnistui loppujen lopuksi kohtalaisen helposti. Prosessin tapahtumat, kun saatiin pidettyä toteutuksessa, eli mistä ja mihin suuntaan seosta pumpataan sekä milloin seos on valmista lastattavaksi junaan. Lopputuloksessa onnistuttiin. Kuvassa 9 alkuperäinen minipanosprosessin PI-kaavio, jota sovellettiin. (Sellun panostuotanto. 3.3.2010.)



KUVA 10. Minipanosprosessin PI-kaavio. (Kuva: Sellun panostuotanto. 3.3.2010.)

4.3 PI-kaavio

Prosessien esittämiseen ja havainnollistamiseen käytetään PI-kaavioita. Kirjaimet P ja I tulevat sanoista putkitus ja instrumentointi. PI-kaavioissa esitetään putkitus, laitteet, kuljettimet ja säätöpiirit. Positiointi, laitenumerot ja laitetunnukset esitetään myös PI-kaavioissa. Kaikki PI-kaavioissa käytettävät piirrosmerkit ja linjat löytyvät standardeista. Kuvassa 10 yleinen NC-venttiilin piirrosmerkki.



KUVA 11. Kuva yleisestä NC-venttiilin piirrosmerkistä. (Kuva: Vertex)

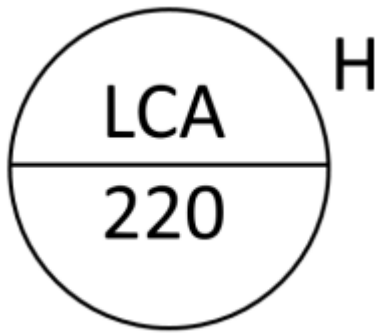
PI-kaavioissa kirjainten merkitys on standardoitu, sekä mittaussuureilla sekä valvomolaitteilla on omat kirjaintunnuksensa. Ensimmäinen kirjain kertoo mittaussuureen eli mitä mitataan tai säädetään. Satunnaisissa tapauksissa sama kirjain voi

viitata kahteen eri asiaan. T-kirjain (T=temperature) ensimmäisenä viittaa lämpötilaan, mutta T-kirjaimen tullessa ensimmäisen kirjaimen jälkeen se viittaa läheteeseen, kuten PT tarkoittaa painelähetintä (pressure transmitter). Seuraavat kirjaimet kertovat minkälaiseen laitteeseen signaali on kytketty. Kytkeviä laitteita ovat esimerkiksi säädin (C=controller) ja piirturi (R=recorder). Taulukossa 1 mitaussuureiden kirjaintunnuksia. (Kirjainten merkitys PI-kaaviossa. n.d.)

| MITTAUSSUUREIDEN KIRJAINNUKSET | | |
|--------------------------------|--|------------------------|
| | 1. kirjaimena | seuraavana kirjaimena |
| D = density | tiheys | ero (difference) |
| E = electric | sähköinen suure, esim. tehon mittaus | anturi (element) |
| F = flow | virtaus | suhde esim. suhdesäätö |
| L = level | pinnankorkeus | |
| M = moisture | kosteus | |
| P = pressure | paine | |
| Q = quality | laatu (yleismerkintä, kun suureella ei ole kirjaintunnusta / kirjaintunnus laitetaan ympyrän ulkopuolelle) | laskuri (quantity) |
| R = radioactivity | radioaktiivisuus | piirturi (recorder) |
| S = speed | nopeus | kytkin (switch) |
| T = temperature | lämpötila | lähetin (transmitter) |
| V = viscosity | viskositeetti | |
| W = weight | paino, massa | |
| Z | | lukitustoiminta |

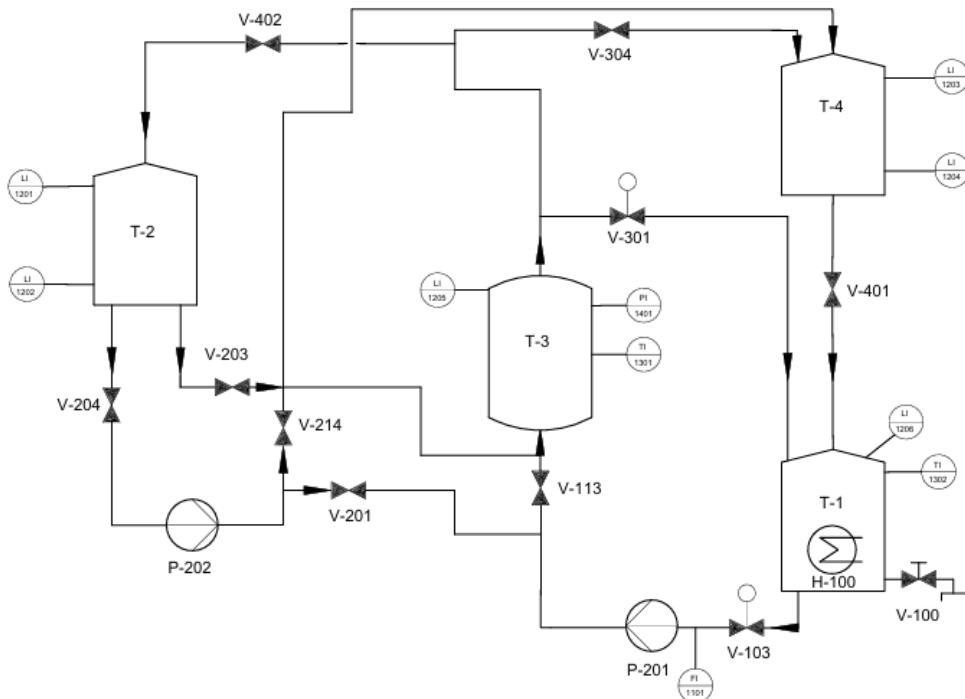
TAULUKKO 1. Mittaussuureiden kirjaintunnuksia. (Taulukko: Keuda)

Hälytykset (A=alarm) merkitään aina viimeisenä kirjaimena. Tarkennuksena ympyrän ulkopuolelle merkitään, onko kyse ylä- vai alarajan hälytyksestä. H eli high on yläraja ja L eli low on alaraja ja merkkäus kuvan 12 mukaan. (Kirjainten merkitys PI-kaaviossa. n.d.)



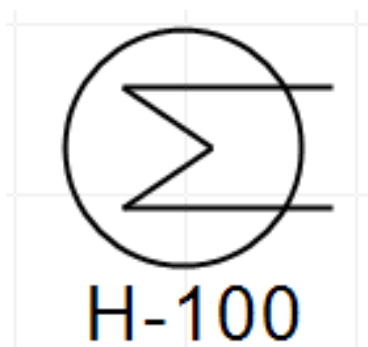
KUVA 12. Kuva pinnankorkeuden säätimestä ylärajahälytyksellä. (Kuva: Keuda)

Tämän prosessin PI-kaavion piirtämiseen käytettiin Vertex G4 PI 2024 30.0 ohjelmistoa. Työn toteutuksen mahdollisti Vertexin tarjoama opiskelijalisenssi, jota voi käyttää määrätyn ajan. PI-kaavion kokoamista helpotti paperille piirretty luonnos. Aluksi haettiin tarvittavat laitteet piirtoalustalle ja piirrettiin putkilinjat niiden välille. Putkilinjoihin vahvistettiin pumppausuuntia osoittavat nuolet. Kuvassa 13 prosessiaseman prosessista piirretty PI-kaavio.

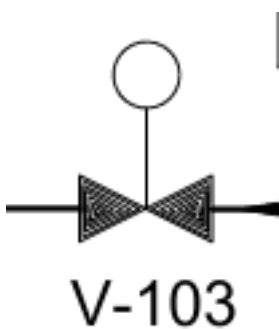


KUVA 13. PI-kaavio prosessiaseman vesiprosessista. (Kuva: Mikko Mustonen)

Seuraavaksi kuvat piirrosmerkeistä selityksien kanssa kuvan 13 kaaviosta.



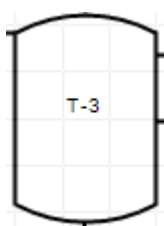
KUVA 14. Lämmitin H-10. (Kuva: Mikko Mustonen)



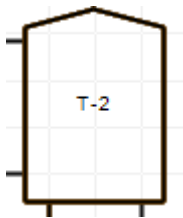
KUVA 15. Säätoventtiili V-103. (Kuva: Mikko Mustonen)



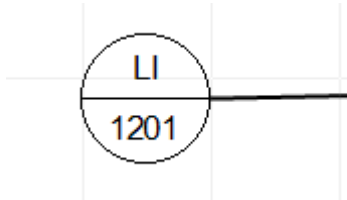
KUVA 16. Keskipakopumppu P-201. (Kuva: Mikko Mustonen)



KUVA 17. Painesäiliö T-3. (Kuva: Mikko Mustonen)



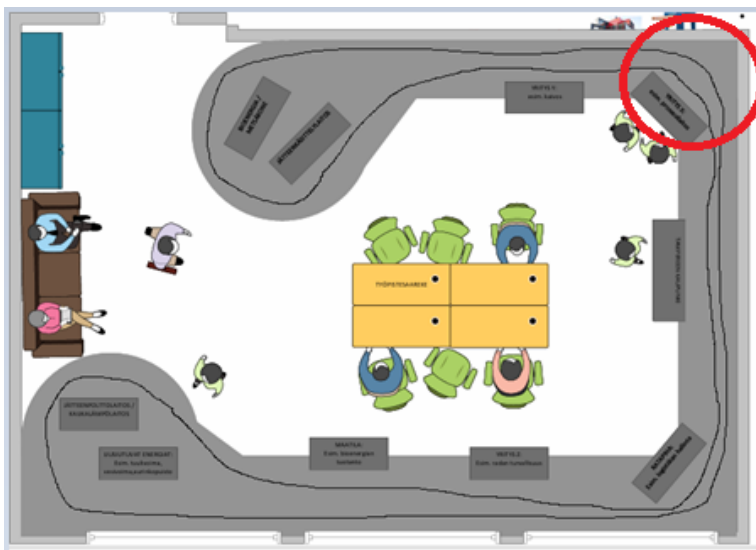
KUVA 18. Säiliö T-2. (Kuva: Mikko Mustonen)



KUVA 19. Pinnanmittausanturi 1201. (Kuva: Mikko Mustonen)

4.4 Asennuslayout

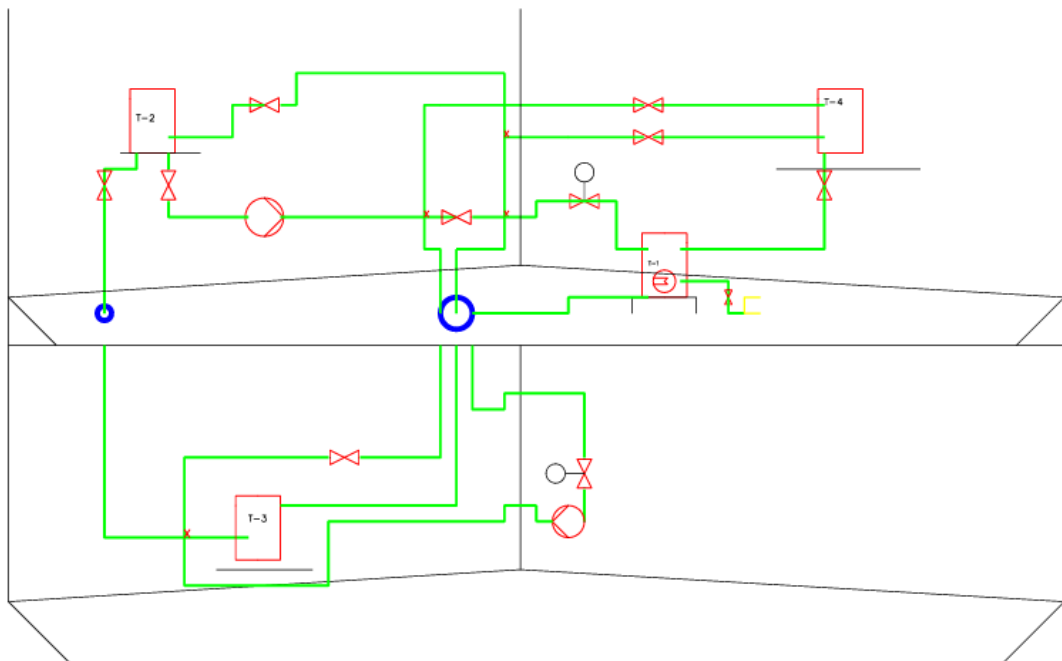
Asennuslayout tarkoittaa suunnitelmaa, jolla kartoitetaan tässä tapauksessa prosessiaseman laitteiden asennuspaikat. Asennuslayoutin suunnittelu aloitettiin paikan päällä suorittamalla mittaukset, kuinka suuri tila on käytettävissä. Prosessiasemalle varattu tila on junaraiteen toisessa seinän viereisessä kulmassa, joka näkyy ympyröitynä kuvasta 20.



KUVA 20. Prosessiaseman paikka. (Kuva muokattu: Mikko Mustonen)

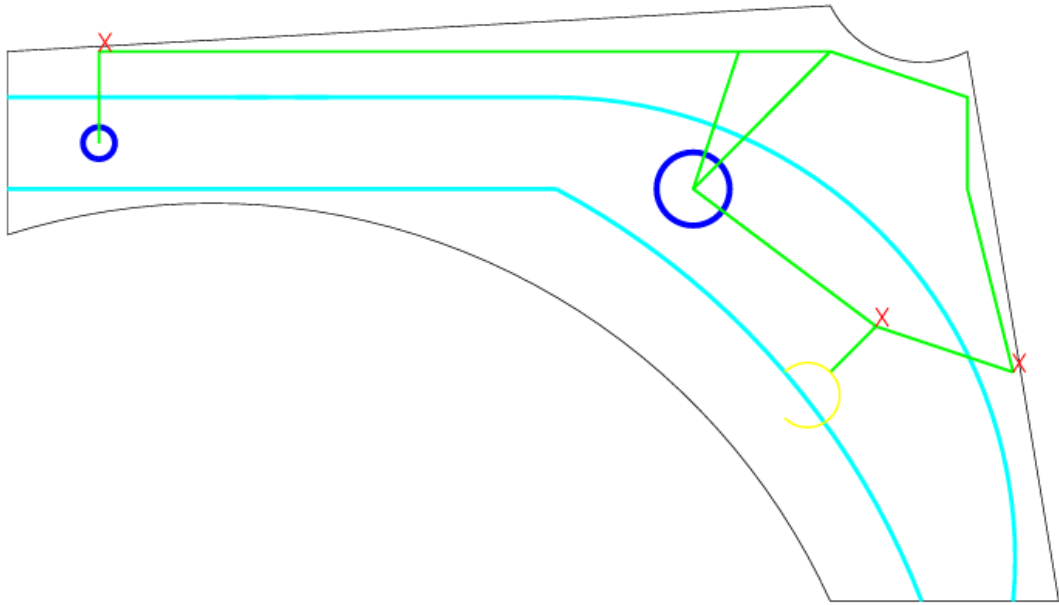
Prosessiaseman paikka oli mittausten perusteella pienen tuntuinen, kun kulmauksen vasemmalle puolelle vaakatasoon jää tilaa noin 108 cm ja oikealle puolelle vaakatasoon noin 100 cm. Nämä mitat otettu junaraide-tason yläpuolelta. Suunnittelun edetessä, vaihtoehdoksi ilmeni käyttää pöydän alapuolella olevaa tilaa sekä suorittaa putkituksen vientiä pöydän lävitse. Läpiviennit voidaan suorittaa poraamalla ympyräterällä sopivan kokoiset läpiviennit putkistoille.

Asennuslayoutin tavoitteena tässä projektissa oli havainnollistaa prosessin rakentajalle, kuinka prosessi olisi järkevin sijoittaa rakennuspaikalle. Asennuslayoutit piirrettiin käyttämällä CADMATIC 2024 ohjelmistoa. Kuvassa 21 on piirrettynä asennuslayout kohtisuoraan huoneen kulmausta kohti. Kuvassa vihreät linjat kuvaavat putkilinjoja, siniset ympyrät kohtia, joissa putkilinjat viedään pöydän lävitse ja punaiset ruksit kohtia, joissa putkilinjat risteävät, muutoin lomittain menevät putkilinjat ovat omia linjojaan. Keltainen "haarukka" prosessin lopussa T-1 säiliön jälkeen kuvaa kohtaa, josta lopputuote voidaan laskea junan kyytiin. Säiliöiden alla olevat viivat kuvaavat niille rakennettavia kannakkeita, huomaten että toisin kuin säiliöt T-2 ja T-4, T-1 säiliö sijoitetaan rautatietason päälle.



KUVA 21. Asennuslayout sivulta. (Kuva: Mikko Mustonen)

Kuvassa 22 havainnoidaan layout ylhäältäpäin kuvattuna. Tähän kuvaan on merkattu vaaleansinisellä junaraiteiden sijainnit, putkilinjat vihreällä, keltainen ”haarukka” kuvaa jälleen lastauskohtaa sekä läpiviennit putkistoille merkattu sinisillä ympyröillä, mutta punaiset raksit kuvaavat pöydän yläpuolelle sijoitettavia säiliöitä. Tämä kuva on luotu ilman muita toimilaitteita selventämään, kuinka putkilinjat kulkevat raidetason yläpuolella.



KUVA 22. Layout yhtäältä kuvattuna. (Kuva: Mikko Mustonen)

5 LAITTEET

5.1 Keskipakopumppu

Keskipakopumppu on tehokas ja luotettava pumppausratkaisu, joka soveltuu etenkin nesteiden siirtämiseen. Pumpun toiminta perustuu syöttötehon muuntamisen kineettiseksi energiaksi pumppupesässä pyörivän juoksupyörän avulla. Nesteen tullessa sisääntuloaukkoon, pumppu vetää sen sisäänsä keskipakovoiman avulla. Pumpuista löytyy monia erilaisia malleja käyttökohteiden mukaan. (Kuinka keskipakopumppu toimii? n.d.)

Pumpun valintaa tähän prosessiin aloitettiin miettimällä mikä olisi oikea tyyppi pumpulle. Valinta kohdistui keskipakopumppuihin teollisuuden sovelluksien sekä nesteiden kanssa erityisen toimivuuden vuoksi. Valinta kohdistui Calpeda NM 1/AE 3-V tyyppisiin keskipakopumppuihin. Pumppu on tiiviisti kytketty ja sen akseli on kytketty suoraan pumppuun. Pumpussa on yksi juoksupyörä, joten sen toimivuus säilyy sekä pysty- että vaaka-asennossa. Kuvassa 23 on vastaava pumppu. Pumppu on tarkoitettu puhtaille nesteille ja kiintoainepitoisuus saa olla enintään 0,2 %, mikä tarkoittaa, että sadassa grammassa nestettä vain 0,2 grammaa saa olla kiinteää ainetta.



KUVA 23. Calpeda NM 1/AE 3-V keskipakopumppu. (Kuva: Veistokone Oy)

Pumpun liitännät ovat 1", joten vaaditaan adapterit 1"- $\frac{3}{4}$ ", prosessin putkikoon ollessa DN 20. Pumpun imun kokonaisnosto on jopa 7 metriin, joka on reilusti

riittävä. Pumpun maksimivirtaama on 4200 litraa tunnissa eli 70 litraa minuutissa, joten puolellakin teholla pumpun virtaama on optimaalinen. Pumpun käyttöjännite on kolmivaiheista vaihtovirtaa, joten sitä ohjaamaan valittiin taajuusmuuttaja, josta lisää seuraavassa kappaleessa. (Calpeda NM 1/AE 3-V Keskipakopumppu. n.d.)

5.1.1 Taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttaja ohjaa sähkömoottoria muuttamalla sen tehonsyötön taajuutta sekä jännitettä. Taajuusmuuttajan ohjattaessa tehonsyöttöä sen toimintaa kutsutaan usein nopeudenohjaukseksi, koska taajuusmuuttajan toimintojen seurauksena on moottorin nopeuden muutokset. Oikeantyyppisellä taajuusmuuttajalla on mahdollista syöttää 3-vaihemoottoria, vaikka saatavilla olisi vain 1-vaihevirtaa. (Mikä on taajuusmuuttaja? n.d.)

Taajuusmuuttajan valintaa tehdessä otettiin huomioon pumpun moottorin teho ja, moottorin käyttämä virta eli 3-vaihevirta. Kuvan 24 Yaskawa TM 0,55 V1000 sarjan laite on taajuusmuuttaja 1-vaihesyötöllä 3-vaihemoottoreille, joten taajuusmuuttaja voidaan kytkeä perus 1-vaiheverkkoon, jossa kulkee vaihe, suojavaika sekä nollajohdin. Pumpun moottorin tehon ollessa 0,37 kw Yaskawan taajuusmuuttaja kykenee toimimaan raskaallakin käytöllä sen teholuokituksen ollessa 0,55/0,75 kw. Taajuusmuuttajan muodostama 3-vaiheverkko kytketään pumpun moottoriin kolmiokytkentänä. Taajuusmuuttaja kytketään edelleen automaatiojärjestelmän IO:n kanssa. Laitteiden liitännöistä myöhemmin opinnäytetyössä. (TM 0,55 V taajuusmuuttaja. n.d.)



KUVA 24. Yaskawa TM 0,55 V1000 Taajuusmuuttaja. (Kuva: Finnparttia Sähkötukku)

5.2 Venttiilit

Venttiili on laite, joka säätelee nesteiden, kaasun tai höyryn virtausta putkistossa. Venttiili toimii avaamalla, sulkemalla tai säätelemällä virtausta. Venttiilin sisällä on manuaalisesti tai automatiikalla liikkuva osa, joka estää tai sallii virtauksen. Venttiilien käyttökohteita ovat monet eri prosessit ja laitekokonaisuudet esimerkiksi teollisuudessa, jossa tarvitaan tarkkaa hallintaa nesteiden ja kaasujen käsittelyssä. Venttiilejä on erilaisia malleja ja ne voidaan luokitella niiden toimivuuden tai käyttötarkoituksen perusteella. Seuraavissa kappaleissa perehdytään neljään eri venttiilityyppiin, jotka sisältyvät prosessiaseman suunnitelmaan. (Mikä on venttiili ja miten ne toimivat? n.d.)

5.2.1 Banjo- ja vinoistukkaventtiili

Prosessiaseman on/off -venttiili kokonaisuus toteutetaan Burkert tyypin 2000 vinoistukkaventtiileillä, joita ohjataan tyypin 6012 3/2-tie banjoventtiileillä. Kuvassa 25 on Burkertin vinoistukkaventtiili, jossa on paineilmaohjattu mäntätoimilaite sekä 2/2-tie-venttiilirunko. Vinoistukkaventtiileissä on myös suuri virtauksen kestävyys. Dn 20 prosessiliitännällä olevissa malleissa virtauskestävyys on jopa 8.5 m³/h. Venttiilien 2/2-tie rungot valmistetaan punametallista tai tarkkuusvaletusta teräksestä.

Venttiilin sisällä sijaitsee kallistunut istukka ja banjoventtiilin ohjatussa istukan ylös, virtaus avautuu. Venttiileitä on saatavilla DN 20 putkikokoon kierrelitännällä. Kyseisiin venttiileihin on myös saatavana erilaisia lisävarusteita, kuten asentonäyttöjä tai käsikäyttöisiä hätäohituksia. (Tyyppi 2000 - paine ilmaohjattu 2/2-tie vinoistukkaventtiili. n.d)



KUVA 25. Kuva vinoistukkaventtiilistä toimilaitteella. (Kuva: Burkert Finland Oy)

Vinoistukkaventtiili tarvitsee banjoventtiilin ohjausta varten. Banjoventtiili on termi mäntäventtiilille, jossa on banjokiinnitys. Tähän tarkoitukseen erinomainen vaihtoehto on kuvassa 26 esitettävä Burkert tyyppin 6012 banjoventtiili, jossa on banjoruuvi-ratkaisu suora-asennusta varten pneumaattiselle käyttölaitteelle eli tässä tapauksessa vinoistukkaventtiilille. Käytännössä siis vinoistukkaventtiili on laite, jota banjoventtiili sulkee ja avaa. (Tyyppi 6012- suoratoiminen 3/2-tie magneettiventtiili. n.d.)



KUVA 26. Burkert 6012 banjoventtiili (Kuva: Burkert Finland Oy)

Kuvassa 27 nähdään banjototeutus, joka on siis käytännössä banjon muotoinen ruuvi, jossa on reikä minkä lävitse tässä tapauksessa paineilma pääsee kulkemaan. Kuvan 27 toteutus vain havainnollistaa banjoruuvi periaatteen.



KUVA 27. Kuva banjototeutuksesta. (Kuva: CompBrake)

5.2.2 Säätöventtiili

Säätöventtiileiksi kutsutaan venttiileitä, joilla voidaan säätää prosessin painetta, alipainetta, lämpötilaa tai virtauksen määrää. Säätöventtiilille valitaan toimilaite, joka voi olla pneumaattisesti, hydraulisesti tai sähköisesti toimiva. Säätöventtiilin ohjaus voi tapahtua esimerkiksi väylän kautta, milliampeeri signaalin tai jänniteviestin avulla. (Säätöventtiilit. n.d.)

Prosessiaseman säätöventtiili kokonaisuus toteutetaan servo-ohjatuilla kuvan 28 Burkert tyyppin 6223 2/2-tie proportionaaliventtiileillä, joihin liitetään kuvan 29 tyyppin 8605 signaalimuunnin. Valintakriteereinä toimivat prosessiliitännät eli putkikoko ja virtauksen kestävyys, kuten aiemmin on/off-venttiilien valinnoissa. Täytyy myös huomioida, ettei prosessissa kulkevaa ainetta lämmitetä yli +90 Celsius asteen.

Tyyppin 6623 venttiin pieni hystereesi ja hyvä säätöherkkyys takaavat mainiot säätöominaisuudet. Proportionaaliventtiin asennettava tyyppin 8605 signaali-muunnin muuntaa ulkoisen signaalin PWM signaaliksi (pulse-width modulation), jolla ohjataan venttiin asentoa. Jotta signaali-muunnin ja propoortionaaliventtiili voidaan integroida ylemmän portaan ohjaukseen, täytyy sen tukea CAN-väylää. CAN-lyhenne tulee sanoista Controller Area Network. Vaihtoehtoisesti tyyppi 8605 voidaan varustaa ylimääräisellä I/O-piirilevyllä ja tämä mahdollistaa yhteistyön CAN-väylää tukemattoman PLC:n kanssa. Venttiin käyttäytyminen näissä tulosignaaleissa voidaan konfiguroida. (8605 Signaali-muunnin propoventtiilille. n.d.)



KUVA 28. Kuva tyyppin 6223 propoortionaaliventtiilistä. (Kuva: Burkert Finland Oy)



KUVA 29. Kuva tyyppin 8605 signaali-muuntimesta. (Kuva: Burkert Finland Oy)

5.2.3 Palloventtiili

Prosessin päätepiste saavutetaan T-1 säiliön jälkeen tulevassa palloventtiilissä. Palloventtiilin tarkoituksena on mahdollistaa käyttäjälle lastaus junaan, sen saapessa prosessiasemalle. Vesiprosessin tuottaessa oikeanlaatuinen lopputuote, seos voidaan laskea junan kyytiin manuaalisesti.

Kuvassa 30 esitellään tyypin 2651 palloventtiili, joka on manuaalisesti toimiva venttiili, mutta on yhdistettävissä toimilaitteeseen. Palloventtiilin materiaali on ruostumatonta terästä. Palloventtiilin toiminta perustuu sen sisällä olevaan pallonmuotoiseen sulkuelimeen, joka venttiilin toimiessa joko avaa tai sulkee virtauksen. (2-tie Palloventtiili. n.d)



KUVA 30. Tyypin 2651 palloventtiili. (Kuva: Burkert Finland Oy)

5.3 Lämmitin

Prosessin säiliöön T-1 sijoitetaan lämmitin, jotta säiliössä olevaa nestettä voidaan lämmittää. Säiliöön asennettava lämmitin on sähköinen uppolämmitin, joka on suunniteltu upotettavaksi vesisäiliöön. Se toimii muuntaen sähköenergiaa lämmöksi ja lämmittää sen ympäröivää elementtiä eli tässä tapauksessa vettä. Näillä ominaisuuksilla tekee siitä kannettavan ja kätevän ratkaisun erilaisiin vedenlämmitystilanteisiin. (Mikä on uppolämmitin ja mitä se maksaa? 26.9.2024)

5.3.1 Lämmitinvastus

Prosessiaseman prosessiin valittava lämmitinvastus on kuvan 31 Dernord 2,5 kw uppolämmitin BSP-asennuskierteellä. Lämmittimen teho on 2,5 kilowattia ja lämmittimen vastuksen pituus on 275 millimetriä. Lämmittimen valintaa tehdessä laskettiin aluksi lämmitysaikoja, jotta osataan valita oikean tehoinen vastus.

Esimerkkitilanteessa otettiin tarkasteluun 40 litraa vettä, ja kuinka paljon tehoa vaatii sen lämmitys 20 °C asteesta 40 °C asteeseen puolessa tunnissa. Lasku toteutettiin kaavalla numero 1. (Uppolämmitin 2,5 kw. n.d.)

$$Q = \frac{c * m * \Delta t}{T} \quad (1)$$

Kaavassa:

Q = teho

c = aineen ominaislämpökapasiteetti, joka on vedellä 4,186 kJ/(kg°C)

m = aineen massa

Δ t= lämpötilanmuutos

T= käytettävä aika

$$Q = \frac{4,186 \text{ kJ}/(\text{kg}^\circ\text{C}) * 40\text{kg} * 20^\circ\text{C}}{1800 \text{ s}} = 1,86\text{kw}$$

Kaavaa soveltaen edellä mainittuun tilanteeseen tarvittava teho olisi siis 1,86 kw, joten kyseinen 2,5 kw vastus on riittävä tähän lämmitykseen.



KUVA 31. Dernord 2,5 kw uppolämmitin. (Kuva: AliExpress)

5.3.2 Kontaktori

Kontaktori on sähköisesti ohjattu kytkinlaite, jota käytetään sähkövirran kytkemiseen ja katkaisemiseen sähköpiireissä. Tehokuormia kytkettäessä päälle tai pois hyvin usein, silloin kontaktori on siihen tarkoitukseen oikea väline. (Mikä on kontaktori? 6.6.2023)

Vesiprosessin lämmittimelle kontaktoriksi valittiin kuvassa 32 oleva ABB ESB16-11N-01 kontaktori. Valintakriteerinä oli lämmittimen käyttämä virta, joka selvitetiin käyttämällä kaavaa numero 2.

$$\frac{P}{U * I} \Rightarrow I = \frac{P}{U} \quad (2)$$

Kaavassa:

P on teho

U on jännite

I on virta

ABB:n kyseistä kontaktoria käytetään yksittäisten kuormien ohjaamiseen 16 ampeeriin asti. Lämmittimen käyttämä virta:

$$I = \frac{2500 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 10,87 \text{ A}$$

Näiden laskujen perusteella voidaan todeta, että kontaktori on sopiva.



KUVA 32. Kuva ABB ESB16-11N-01 kontaktorista. (Kuva: ABB)

5.3.3 Termostaatti

Elektroninen termostaatti valvoo lämpötilaa erittäin tarkasti. Vastuksen arvo eli lämpötila mitataan mikroprosessorilla, joka saa signaalin myös termostaatin lämpötilasta. Algoritmin avulla se saa mikroprosessorilta tiedon, kuinka paljon lämpöä tarvitaan ja lähettää ohjaussignaalin elektroniselle vaimennuskytkimelle, joka johtaa tai katkaisee virran lämmitykselle. Jos halutun lämpötilan ja vastuksen lämpötilan ero on suuri, virtaa kulkee jatkuvasti. Kun lämpötila ja haluttu lämpötila alkavat olla linjassa, termostaatti säätelee virtaa ja lämpötilan nousu tasoittuu. (Miksi valita elektroninen termostaatti sähköpatteriin? n.d.)

Termostaatti valitaan ohjaamaan lämmitintä. Kuvassa 33 oleva AKO-15226 digitaalinen DIN-kisko termostaatti soveltuu sekä jäähdetyksen että lämmityksen ohjaukseen. Termostaatin mittausalueen minimi on -50°C ja maksimi $+999^{\circ}\text{C}$, joten hyvin riittävä. Kyseisessä termostaatissa on relelähtö ja siihen sopivia tuloja ovat

PT100, PTC, NTC ja K-tyyppin anturit. Termostaatissa on RS485 Modbus väyläportti, jonka avulla se voidaan yhdistää Modbus protokollaa tukevaan automaatiojärjestelmään. (Elektroninen termostaatti AKO-15226. n.d.)

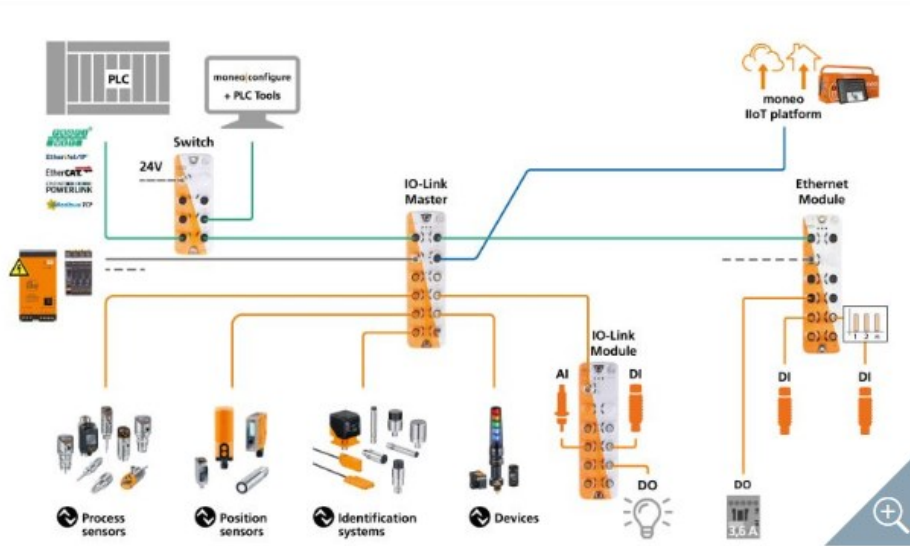


KUVA 33. AKO-15226 elektroninen termostaatti. (Kuva: Wexon Oy)

5.4 Mittalaitteet ja IO-Link-master

Prosessiaseman vesiprosessin mittalaittekokonaisuus suoritetaan IO-Link-laittekokonaisuudella. Tämä tarkoittaa sitä, että mittalaitteiden sekä PLC:n välissä on IO-Link-master, joka yhdistää kokonaisuuden. IO-Link kokonaisuutta rakentaessa täytyy ottaa huomioon, että kaikki masteriin yhdistettävät laitteet ovat IO-Link-laitteita. Kun käytetään perinteisiä antureita, niiden mittausarvoja muunnellaan monia kertoja analogiseen ja digitaaliseen muotoon ennen niiden lopullista tilaa ohjausjärjestelmässä. IO-Link siirtää datan kokonaan 24 V signaalina ja on siten immuuni mittausarvojen virheille toisin kuin perinteiset tyylit.

Data voidaan siirtää normaalien teollisuuskaapeleiden kautta, joten suojattuja kaapeleita ja niihin liittyviä maadoituksia ei enää tarvita. IO-Link teknologian ansiosta kalliit analogiatulokortit voidaan myös unohtaa. IO-Link-masterien ansiosta laitteet voidaan liittää kattavaan määrään ohjausjärjestelmäinfrastruktuureja, joissa on esimerkiksi Profinet-liitäntä. Kuvassa 34 esitetään esimerkki, kuinka laaja kokonaisuus saadaan yksinkertaisesti toteutettua IO-Linkin avulla. (IO-Link maailmanlaajuinen tiedonsiirto standardi. 2024.)



KUVA 34. IO-Link arkkitehtuuri. (Kuva: Ifm Electronic Oy)

5.4.1 IO-Link-master

IO-Link-master toimii käytävänä (gateway) kenttäväylän ja IO-Link-anturien välillä. IO-Link-master laitetta käytetään siis tiedonsiirtoon esimerkiksi prosessiparametrejä varten. Anturien liitännänä toimii M-12-liitoskaapelit ilman suojausta. IO-Link-masteriin voidaan liittää mallin mukaan jopa 8 IO-Link-anturia ja syöttää yhteensä 3,6 ampeeria virtaa. Anturien tiedot siirretään digitaalisesti ja tämän takia ei aiheudu ulkoista häiriötä. (Kestävä IO-Link-master. 2024)

Ifm AL1102 on IO-Link-master Profinet-liitännällä. Laitteessa on liitännä kahdeksalle IO-Link laitteelle ja sen kestävä kotelo on soveltuva haasteellisiin teollisuusolosuhteisiin. Tulojen ja lähtöjen kokonaislukumäärä laitteessa on 16 ja edelleen konfiguroitavissa. Kuvan 36 EBC115 y-haaroittimien avulla voidaan kytkeä kaksi anturia yhteen porttiin. Laitteessa on A ja B portteja. Portit ovat määritellyt liitettävien laitteiden mukaan. A portit ovat tarkoitettu pienitehoisille laitteille kuten antureille ja B laitteet suuremmille tehoille esimerkiksi toimilaitteille.



KUVA 35. Ifm AL1102 IO-Link-master. (Kuva: Ifm electronic Oy)

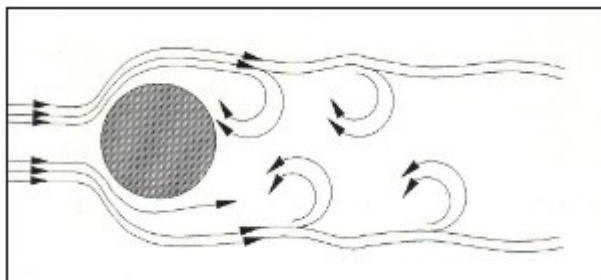


KUVA 36. EBC115 y-haaroin. (Kuva: Ifm electronic Oy)

5.4.2 Virtausmittaus

Virtausmittauksella tarkoitetaan jonkin aineen liikkeen määrää tietyssä kohdassa putkistoa tai kanavaa. Mittaamalla saadaan selville, kuinka paljon ainetta virtaa jossakin ajassa. Virtausmittaus on tärkeä mittaus monessa paikassa. Esimerkkinä vesijohtoverkostoissa virtausmittauksella saadaan selville vedenkulutus. Virtausmittaukselle on monenlaisia mittaustapoja ja tämän prosessin virtausmittari käyttää vortex-mittausta. Vortex-mittarissa on virtauseste, jonka vuoksi syntyy

pyörteitä ja pyörteiden syntymistäajuus on verrannollinen virtausnopeuteen. (Vortex-virtauksenmittaus. n.d.)



KUVA 37. Havainnointi vortex-toteutuksesta. (Kuva: Keuda)

Kuvan 38 Ifm SV7200 vortex-virtausmittari on varustettu binääri- tai taajuuslähdöllä sekä se on yhteensopiva IO-Linkin kanssa. Mittarista löytyy myös näyttö, joten parametointi on mahdollista paikallisesti sekä IO-Link liitännän kautta. Kyseiselle mittarille sopivat aineet ovat vesi, deionisoitu vesi sekä jäähdytysvesi. Virtausmittarin prosessiliitäntä sopii prosessiaseman DN 20 kokoon sekä sen mittausalue 5–100 litraa minuutissa on riittävä. Mitattavan aineen lämpötila-alue on -10–90 °C sekä mittarista löytyy oikosulku- sekä ylikuormitussuojaus. (Vortex-virtausmittari näytöllä. n.d.)



KUVA 38. Vortex-virtausmittari SV7200. (Kuva: Ifm electronic Oy)

5.4.3 Pinnankorkeuden mittaus

Pinnankorkeuden mittauksella tarkoitetaan jonkin nesteen tai kiinteän aineen pinnan korkeuden tai tason mittaamista. Tämä mittaus tehdään yleensä jossain asiassa, kuten säiliö tai siilo. Pinnankorkeuden mittaus on tärkeää tilanteissa, kuten

säiliöiden täyttöasteen seuranta. Muita pinnanmittauksen kohteita ovat muun muassa säiliöiden ylitäyttöjen ehkäiseminen. Pinnankorkeuden mittaukseen on monenlaisia sovellutuksia, kuten prosessiaseman toteutukseen valitut kapasitiivisesti ja mikroaalloilla toimivat anturit.

Kapasitiivisesti toimivan pinnankorkeuden mittausanturin toiminta perustuu tuotannon kannalta tarkkailtavan etäisyyden tai tason muuntamiseen analogiseksi tai digitaalseksi signaaliksi. Anturi havaitsee sähkökentän muutokset sen aktiivisen alueen läheisyydessä ja muuntaa ne signaaliksi. (Kapasitiiviset anturit. n.d)

Mikroaaltotutkan avulla toimiva pinnankorkeuden mittaus tapahtuu sähkömagneettisen pulssin avulla. Anturi lähettää pulssin kohti mitattavaa pintaa ja muuntaa pulssin matkassa kuluvan ajan etäisyydeksi. Kun itse anturi ei ole kosketuksissa mitattavan aineen kanssa, vähenee huoltotarve suuresti. Mittausmenetelmän ollessa EX-hyväksytty, voidaan sitä käyttää paloherkissäkin tiloissa. (Mikroaaltotutka. 2009)

Prosessiin valittava, kuvassa 39 oleva Ifm KQ1001 on kapasitiivisesti toimiva anturi jatkuvaan pinnankorkeuden valvontaan. Anturilla mittaus suoritetaan ei-metallisten ja johtamattomien pintojen takaa. Tämän tyylin avulla ei synny ylimääräisiä rasituksia, joita ilmenisi anturin ollessa kosketuksissa mitattavan aineen kanssa. Tämän pinnankorkeuden mittausanturin mittausalue on 200 mm, joten näitä antureita asentaessa 2 peräkkäin saadaan mittausalueeksi 400 mm. Anturin tiedonsiirto tapahtuu IO-Linkin välityksellä. Anturi havaitsee myös prosessin karstoittumisen ja voi signaloida sen eteenpäin. (Anturi jatkuvaan pinnankorkeuden valvontaan. 2024)



KUVA 39. Kapasitiivinen pinnanmittausanturi KQ1001. (Kuva: Ifm electronic Oy)

Kuvan 40 Ifm LR3000 on anturi jatkuvaan pinnankorkeuden valvontaan teollisuuden säiliöissä ja astioissa. Sen toiminta perustuu aiemmin kuvailtuun mikroaaltotutkaan. Se sopii veden, öljyjen ja jäähdytysnesteiden pinnankorkeuden mittaukseen. LR3000 on modulaarinen kokonaisuus, jossa on itse vahvistinyksikkö ja siihen asennettava mittaukko. Mittapuikko ei kuulu pakettiin vaan se pitää hankkia erikseen. Ifm:ltä löytyy mallin E43205 mittapuikkoja, joiden avulla mittausalue on <math><700\text{ mm}</math> ja mittapuikkoa voidaan lyhentää astian koon mukaan. LR3000 anturi on IO-Link-laite. Sallittu prosessilämpötila on



KUVA 40. Pinnanmittausanturi LR3000. (Kuva: Ifm electronic Oy)

5.4.4 Lämpötilanmittaus

Lämpötilanmittausta voidaan suorittaa monella tyylillä ja moneen eri tarkoitukseen. Tässä prosessissa lämpötilanmittauksella valvotaan ja mitataan prosessissa kulkevan nesteen lämpötilaa. Lämpötilanmittaus suoritetaan nesteestä, joten valittavan anturin on oltava uppoasennettava. Anturille valitaan vahvistinyksikkö tiedonsiirtoa varten.

Prosessin kummatkin lämpötilanmittaukset suoritetaan kuvan 42 lfm TM4599 uppoasennettavilla antureilla, jotka varustetaan kuvan 41 lfm TR7439 vahvistinyksiköillä. Anturi asennetaan säiliön sisään ja se mittaa säiliössä olevan nesteen lämpötilaa. Anturista tieto kulkee edelleen vahvistinyksikköön, josta tieto etenee IO-Link yhteyden kautta PLC:hen. TM4599 anturin toiminta perustuu PT100 anturiin. Anturin mittausalue on -50–140 °C ja mitattavan aineen lämpötila jatkuvassa mittauksessa saa olla enintään 100 °C ja hetkellisesti 140 °C. Vahvistinyksiköstä löytyy painikkeet parametrintiin ja näyttö sekä automaattinen anturin tunnistus. (Vahvistinyksikkö näytöllä PT100/PT1000-lämpötila-antureille TR7439. 2024)



KUVA 41. TR7439 vahvistinyksikkö lämpötila-anturille. (Kuva: lfm electronic Oy)

TM4599 anturista löytyy G ½ prosessiliitännä, jolla se voidaan asentaa säiliön runkoon kiinni. Sallittu paine anturin toiminnalle on 16 bar.



KUVA 42. TM4599 uppoasennettava lämpötila-anturi. (Kuva: Ifm electronic Oy)

5.4.5 Paineenmittaus

Paineenmittausta suoritetaan prosesseissa yleensä, jotta muut käytössä olevat laitteet pysyvät ehjänä tai jos prosessin onnistumiselle on määritetty tietty painealue. Prosessin T-3 säiliön paineenmittaus toteutetaan kuvan 43 Ifm PQ812 paineanturin avulla. Paineanturista löytyy IO-Link liitäntä tiedonsiirtoon. Prosessiin liitäntä löytyy anturin takaa, joka on kokoa G 1/8. PQC812 on suunniteltu mitaamaan suhteellista painetta, mikä tarkoittaa anturin vertaavan mitattavaa painetta ympäristön paineeseen. Tämä tekee siitä erinomaisen laitteen säiliöiden sisäisen paineen seurantaan. Painealue ylittää 20 bar asti ja mitattavan aineen lämpötila saa vaihdella 0–60 °C välillä. Mitattava aine on säiliössä oleva ilmanpaine vedenpinnan ja kannen välillä. (Paineanturi paineilmasovellutuksiin. 2024)



KUVA 43. Paineanturi PQC812. (Kuva: Ifm electronic Oy)

5.5 Laitelista ja laitteiden liitännät

Vesiprosessin laitteiden valitsemisen ohessa rakentui laitelista, joka kertoo käyttäjälle olennaiset tiedot laitteista. Laitelistan tarkoitus on toimia oppaana, jota lukemalla päästään laitteiden tietoihin ja määrittelyihin. Laitelistaus muodostettiin Excel-ohjelmalla, johon listattiin jokaisen laitteen tiedot. Excel-taulukkoa aloitetaan lukemaan sarakkeesta E, joka kertoo laitelistassa olevan laitteen position. Sarakkeesta E juoksevasti vasemmalta oikealle selviää mikä laite on kyseessä, laitteen valmistaja, laitteen tyyppi, käyttääkö laite tasa- vai vaihtovirtaa, laitteen käyttöjännite sekä laitteen toimintatapa kuvan 44 mukaan. Laitelistan alaosiassa on myös kerrottuna muutamia huomioita, esimerkiksi IO-link laitteille tarvittavat liitântäkaapelit.

| Positio | Laitte | Valmistaja/toimittaja | Tyyppi | AC/DC | Käyttöjännite | Toimintatapa |
|---------|-----------------|-----------------------|-------------|-------|---------------|---------------|
| P-201 | Keskipakopumppu | Calpeda | NM 1/AE 3-V | AC | 400V | Sähkömoottori |

KUVA 44. Laitelistan ensimmäinen rivi. (Kuva: Mikko Mustonen)

Laitelistauksessa toimintatapa sarakkeen jälkeen on merkattuna, mitä liitântöjä laitteeseen tulee. Liitännät käsittelevät laitteiden analogiatulot (analog input) ja -lähdöt (analog output) sekä digitaalitulot (digital input) ja -lähdöt (digital output). Jokainen liitântätyyppi on omalla sarakkeellaan ja laitteen kohdalle on merkattu numeroin kyseisen liitännän lukumäärä laitetta kohden.

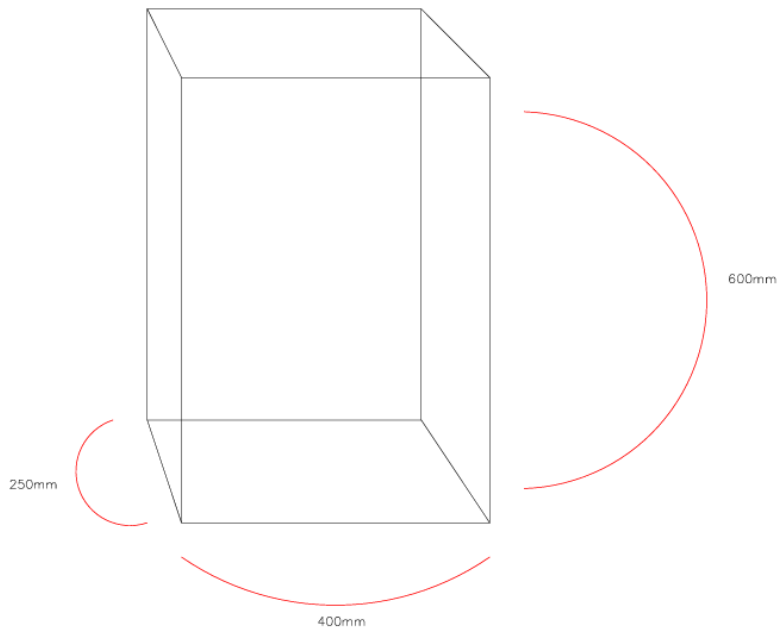
Taajuusmuuttajien kohdalla on merkattuna 1 kpl analogiatulo, 2 kpl analogialähtöjä, 1 kpl digitaalitulo ja 1 kpl digitaalilähtö. Liitännät on suunniteltu tyyliä, että analogisella tulolla saadaan pumpun nopeustieto. Analogialähdöillä säädetään pumpun nopeutta ja voidaan muuttaa pumpun pyörimissuuntaa.

Banjoventtiileille tuodaan 2 kpl digitaalituloja sekä 1 kpl digitaalilähtö. DO liitännällä käsketään venttiiliä auki ja DI liitännöillä venttiilin tila- ja asentotieto. Säätoventtiilit liitetään analogiatulolla, jonka avulla saadaan venttiilin asentotieto. Analogialähtö, jolla säädetään venttiilin asentoa. DO liitännällä venttiili aktiiviseksi ja DI liitännällä venttiilin tilatieto. Lämmittimen liitännät kohdistuvat kontaktoriin ja termostaattiin. Kontaktori liitetään digitaalilähdöllä sekä -tulo. Lähdöllä ohjataan kontaktoria auki tai kiinni ja tulolla tuodaan tilatieto. Termostaatti kytketään logiikkaan RS485 Modbus väyläporttia käyttäen ja tämä mahdollistaa lämpötilan säädöt vastukseen.

5.6 Säiliöt

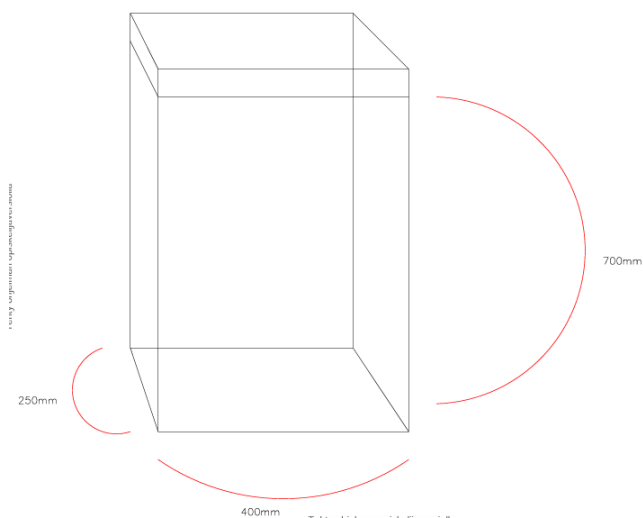
Prosessin neljä säiliötä päädyttiin suunnittelemaan pintapuoleisesti itse, kun niiden perusteelliseen hankkimiseen alkoi kulumaan liikaa aikaa opinnäytetyön aikataulun suhteen. Säiliöiden materiaaliksi valitaan PE-HD-muovi, sen sitkeyden ja sopivan lämmönkestävyyden vuoksi. Vesiprosessia ei alustavasti saada suojattua niin hyvin etteikö se alkaisi keräämään levää, joten käytettäväksi aineeksi täytyy valita tislattu vesi.

Säiliötä T-2 suunnitelmaessa otettiin huomioon siihen tulevat mittaukset, sekä minikälaisilla mitoilla säiliö saavuttaa optimaalisen tilavuuden. Säiliölle rakennetaan kannatin ja se asennetaan pöytätason päälle seinustaan prosessin vasempaan reunaan. Säiliö voidaan jättää avoimeksi, kun kyseiseen säiliöön ei asenneta mitään, mikä vaatisi kannen. Kun säiliö asennetaan seinälle, suunniteltiin siitä hiukan pidempi mikä jakaa säiliön massaa kannakkeelle. Mitoilla 250 mm x 400 mm x 600 mm säiliön tilavuudeksi tulee tasan 60 litraa. Kuvan 21 prosessin layout-suunnitelmaa tutkiessa huomataan, että säiliöllä T-4 on samat olosuhteet ja mittaukset, joten T-4 säiliö voidaan toteuttaa samalla tavalla.



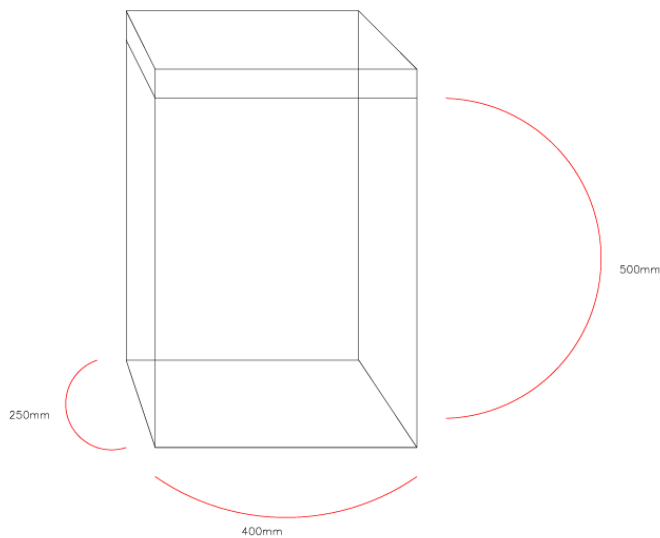
KUVA 45. Havainnekuva säiliöiden T-2 ja T-4 rakenteesta. (Kuva: Mikko Mustonen)

T-3 säiliön suunnittelussa kiinnittyy huomio siihen asennettavaan paineenmittaukseen, joten siitä on suunniteltava keräämään painetta. Säiliöstä rakennetaan siis kannellinen. Prosessin layoutin mukaan kuvassa 21 säiliö asennetaan junaraidetason alapuolelle kannattimen päälle, jotta putkilinjoista toinen voidaan liittää säiliön pohjaan nesteen liikkuvuuden parantamiseksi. Pöytäta-son alapuolella on korkeussuunnassa tilaa noin 115 cm, joten 70 cm säiliölle tila on riittävä kannakkeineen. Mitoilla 250 mm x 400 mm x 700 mm saadaan tilavuudeksi 70 litraa.



KUVA 46. Havainnekuva T-3 säiliön rakenteesta. (Kuva: Mikko Mustonen)

Prosessin viimeiseen säiliöön T-1 asennetaan lämmitin, joka täytyy huomioida säiliön mitoituksessa. Vastuksen pituuden ollessa 270 mm täytyy sille antaa tilaa hyvin. T-1 säiliö asennetaan pienoisorautatien päälle omalle alustalle kannakkeiden varassa, joten rautatie kulkee sen alapuolelta. Säiliöstä ei ole välttämätöntä tarvetta tehdä kannellista, mutta lämmittimen kannalta ajateltuna kannellinen säiliö varastoi lämpöä tehokkaammin. Mitoilla 250 mm x 400 mm x 500 mm saadaan tilavuudeksi 50 litraa, joten myös aiemmin lasketut lämmitysajat ovat riittävät, kun tämän kokoisella säiliöllä lämmitettävä määrä on noin 30 litraa.

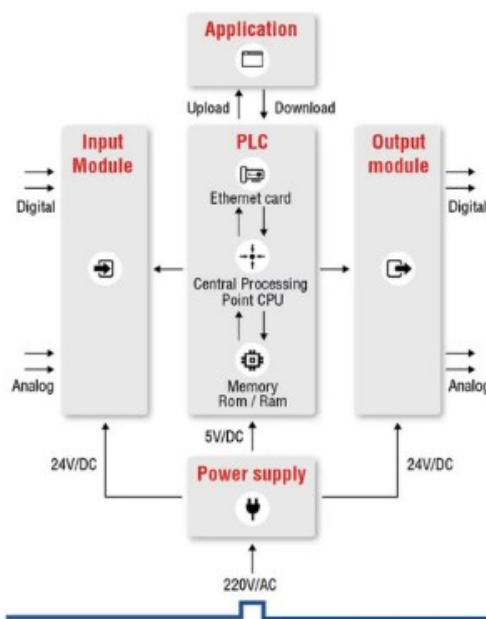


KUVA 47. Havainnekuva T-1 säiliön rakenteesta. (Kuva: Mikko Mustonen)

6 PLC

6.1 PLC automaatiojärjestelmässä

Ohjelmoitava logiikkaohjain eli PLC (programmable logic controller) on tietokone, joka on suunniteltu reaaliaikaiseen ohjaukseen. Se sisältää digitaalisia ja analogisia tuloja ja lähtöjä, joiden avulla se voi ohjata niihin kytkettyjä laitteita. PLC:tä käytetään laajasti teollisuudessa prosessien automatisointiin, koneiden ohjaukseen ja tiedonkeruuseen. Kuvassa 48 kuvataan PLC:n rakenne, johon sisältyy input sekä output moduulit. Input moduuli vastaanottaa tietoa ja output moduuli lähettää tietoa. Kuvassa 48 ylhäällä olevan "application" eli käyttösovelluksen avulla voidaan ladata logiikkaohjelma PLC:hen, jonka mukaan PLC lähettää tietoa ja käskyjä eteenpäin laitteille. (What is the definition of "PLC"? n.d.)



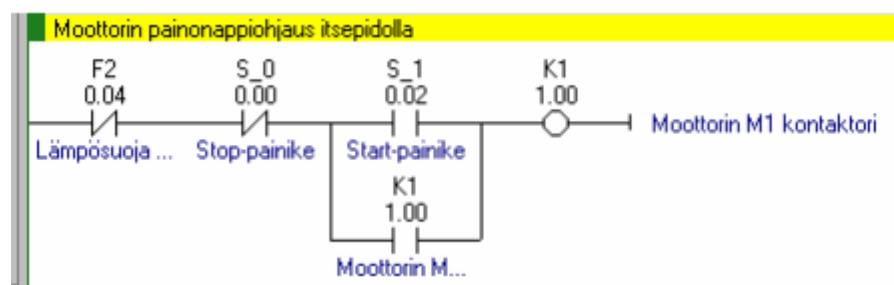
KUVA 48. Kuva PLC:n rakenteesta. (Kuva: Unitronics)

PLC:n ulkonäkö ja koko voi vaihdella suuresti riippuen sen tehtävästä ja käyttökohteesta. Nykypäivän PLC voi olla pieni, yksinkertainen laite tai suuri ja monimutkainen järjestelmä. Pienimmät PLC:t ovat mikrokontrolleri- tai SoC-piiriin perustuvia tietokoneita, jotka on rakennettu yhdelle piirille. Suuremmissa logiikoissa on useita erilaisia komponentteja, jotka on asennettu erillisiin runkoihin. Nämä ovat automaatiojärjestelmiä varten, jotka tarvitsevat suuren laskentakapasiteetin

ja paljon liitäntöjä. Suurimmat PLC:t muistuttavat ulkonäöltään tavallisia tietokoneita erityisominaisuuksilla. (PLC:n rooli teollisessa ohjauksessa 12.5.2021)

6.2 Logiikkaohjelmointi

Ohjelmitava logiikka tarvitsee toimiakseen ohjelman, jonka mukaan se antaa käskyjä ja tietoja eteenpäin. Ohjelmointi ja ohjelmien rakentaminen suoritetaan yleisesti tietokoneeseen asennettavalla ohjelmistolla. Ohjelmointiin on olemassa myös standardi IEC 1131-3, mutta sen jäykkä noudattaminen on harvinaista. Perinteisiä ohjelmointitapoja ovat relekaaviot eli ladder (LD), logiikkakaaviot (FBD) tai käskylistat (STL). Kuvassa 48 nähdään yksinkertainen relekaavio, joka simuloi moottorin painonappiohjausta itsepidolla.



KUVA 49. Logiikkaohjelman pätkä relekaaviona tehtynä. (KUVA: Omron)

Ohjelma voidaan kirjoittaa ilman logiikkaa, mutta yleensä sen testaus vaatii logiikan. Tietokoneen ja logiikan välille muodostetaan yhteys esimerkiksi sarjaportin avulla ja tietokoneelta ladataan ohjelma logiikkaan ja testataan. (Cx-One ja logiikkaohjelmointi. 2009)

6.3 PLC: valinta prosessiasemaan

PLC:n valinta prosessiasemalle sisälsi muutamia kriteereitä, kuten PLC:n täytyy tukea IO-Linkkiä ja, että kyseisen PLC:n omaksumisesta olisi mahdollisimman paljon hyötyä opiskelijoille, jotka sitä opettelevat käyttämään. Tampereen ammattikorkeakoululla on panostettu Siemensin logiikoiden sekä TIA Portal-ohjelmointiympäristön opiskeluun. Siemens tarjoaa valtavan määrän hyviä vaihtoehtoja logiikoista, joiden osaamisesta varmasti on hyötyä tuleville opiskelijoille.

Kuvassa 49 esitetään Siemensin Simatic S7-1200 ohjausjärjestelmän keskusyksikkö, joka on suunniteltu keskisuurien sekä pienten automaatiojärjestelmien ohjaukseen. Simatic S7-1200 sarjan keskusyksikkö on varustettu Profinet-liitännällä, joka on olennainen osa IO-Link-masterin kytkennässä. Kyseinen logiikka tukee myös Modbus protokollaa, jota käytetään termostaatin liitännässä. Keskusyksiköstä itsestään löytyy enintään 14 kpl digitaalituloja ja 10 kpl digitaalilähtöjä. Tästä huomataan, ettei se ole riittävä prosessiaseman tuloihin ja lähtöihin. Ongelmasta päästään kuitenkin helposti eroon lisäämällä erillinen signaalimoduuli pakettiin, joita keskusyksikköön voidaan lisätä jopa 8 kpl. (Siemens Simatic S7-1200 Logiikkasarja. n.d.)



KUVA 50. Simatic S7-1200 keskusyksikkö (CPU). (KUVA: OEM Finland Oy)

7 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli suunnitella prosessiasema Tampereen ammattikorkeakoulun kehitteillä olevaan pienoisrautatieympäristöön. Prosessiasemalle varatulle paikalle pienoisrautatien varressa suunniteltiin vesiprosessi, joka simuloi yksinkertaisemmassa muodossa sellun panostuotantoa. Prosessiasemalle suunniteltiin ja piirrettiin prosessia mallintava PI-kaavio sekä prosessin rakentamista varten hahmoteltiin asennuslayout. Exceliin muodostettiin laitelistaus, josta löytyy tarvittavat tiedot prosessin laitehankintoihin. Tuloksena syntynyt paketti antaa valmiudet prosessiaseman rakentamiselle ja pohjan sen edelleen kehittämistä varten.

Opinnäytetyön alussa käydään läpi rakenteilla olevan oppimisympäristön laitteistoa ja siihen rakennettavia asemapaikkoja. Lisäksi tutustuttiin pienoisrautatien laitteiston valmistajaan Märkliniin ja sen tuottamaan pienoisrautatien ohjausjärjestelmään. Teoriaosiossa käydään läpi sellunkeiton vaiheita ja mitä toimintoja se pitää sisällään. Teoriaosion jälkeen opinnäytetyössä käsitellään itse prosessiaseman suunnittelua. Osiossa käydään läpi suunnittelun eri vaiheet ja paneudutaan asioihin, jotka vaikuttivat päätöksien tekoon työn edetessä. Itse prosessin suunnittelun jälkeen kartoitettiin asennuslayout asemalle ja aloitettiin kokoamaan prosessiin vaadittavia laitteita. Laitteiden valinnat suoritettiin erilaisten itse määrittämien kriteerien mukaan sekä kysellen mielipiteitä laitteiden valmistajilta ja toimittajilta. Viimeisimpänä suunnittelutyönä määriteltiin säiliöt prosessiin sekä prosessissa käytettävä ohjelmoitava logiikka.

Opinnäytetyön alkuperäisessä rajauksessa työhön kuului vielä sähkö- ja automaatiokuvien piirtäminen, mutta se osoittautui liian aikaa vieväksi kokonaisuudeksi.

Jatkotöinä tälle asemalle tulee vielä sähkö- ja automaatiokuvien piirtäminen sekä itse prosessin rakentaminen. Prosessiaseman valmistuessa voidaan aloittaa tuottamaan harjoitustöitä, jotka liittyvät logiikkaohjelmointiin tai itse järjestelmään perehtymiseen ja prosessiteollisuuden näkökulmien havainnointiin.

LÄHTEET

What is the definition of "PLC"? n.d. Unitronics. Verkkosivu. Viitattu 9.10.2024. <https://www.unitronicsplc.com/what-is-plc-programmable-logic-controller/>

Mikä on venttiili ja miten ne toimivat? n.d. Finkova. Verkkosivu. Viitattu 10.10.2024. <https://finkova.fi/mika-on-venttiili-ja-miten-ne-toimivat/>

Tyyppi 6012- suoratoiminen 3/2-tie magneettiventtiili. n.d. Burkert Finland Oy. Verkkosivu. Viitattu 10.10.2024. <https://www.burkert.fi/fi/type/6012>

Tyyppi 2000 - paineilmaohjattu 2/2-tie vinoistukkaventtiili. n.d. Burkert Finland Oy. Verkkosivu. Viitattu 10.10.2024. <https://www.burkert.fi/fi/type/2000>

PLC:n rooli teollisessa ohjauksessa. 12.5.2021. Jody Muelaner. Verkkosivu. Viitattu 10.10.2024. <https://www.digikey.fi/fi/articles/the-role-of-plcs-in-industrial-control-and-test-and-measurement>

Märklin Digital antaa mahdollisuuksia. n.d. Märklin Club of Finland. Verkkosivu. Viitattu 14.10.2024. <http://www.marklinclub.fi/digital.htm>

Über Märklin. n.d. Gebr. Märklin & Cie GmbH. Verkkosivu. Viitattu 14.10.2024. <https://www.maerklin.de/de/unternehmen/ueber-maerklin>

Sellun panostuotanto. 3.3.2010. Pekka Alho. Outi Laitinen. Viitattu 14.10.2024.

Kirjainten merkitys PI-kaaviossa. n.d. Keuda. Verkkosivu. Viitattu 15.10.2024 <https://pinja.keuda.fi/mod/resource/view.php?id=351397>

Kuinka keskipakopumppu toimii? n.d. Axflow. Verkkosivu. Viitattu 16.10.2024. <https://www.axflow.com/fi-fi/luettelo/tuotteet/pumput/keskipakopumput>

Calpeda NM 1/AE 3-V Keskipakopumppu. n.d. Veistokone Oy. Verkkosivu. Viitattu 16.10.2024. <https://www.veistokone.fi/shop/kmv-3010001-calpeda-nm-1-ae-3-v-keskipakopumppu-17879#attr=>

Mikä on taajuusmuuttaja? n.d. Danfoss Oy. Verkkosivu. Viitattu 16.10.2024. <https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>

TM 0,55 V taajuusmuuttaja. n.d. Finnparttia Sähkötukku. Verkkosivu. Viitattu 16.10.2024. <https://www.finnparttia.fi/TM-055-V>

Säätöventtiilit. n.d. Sääto Oy Ab. Verkkosivu. Viitattu 16.10.2024. <https://saato.fi/tuote-kategoria/saatoventtiilit/>

8605 signaalimuunnin propoventtiilille. n.d. Burkert Finland Oy. Verkkosivu. Viitattu 21.10.2024.

<https://www.burkert.fi/fi/products/magneetti-saatoventtiilit/saati-met/316530#technische-details>

2-tie Palloventtiili. n.d. Burkert Finland Oy. Verkkosivu. Viitattu 21.10.2024.

<https://www.burkert.fi/fi/products/prosessiventtiilit/auki-kiinni-venttiilit/palloventtiilit/kasikayttoiset/276478>

Mikä on uppolämmitin ja mitä se maksaa? 26.9.2024. Jiangsu Weineng Electric Co. Ltd. Verkkosivu. Viitattu 21.10.2024. <http://fi.wnh-heater.com/info/what-is-an-immersion-heater-and-what-does-it-c-100841215.html>

Uppolämmitin 2,5 kw. n.d. Aliexpress. Verkkosivu. Viitattu 21.10.2024.

https://www.aliexpress.us/item/1005001640220052.html?src=google&src=google&albch=shopping&acnt=298-731-3000&isdl=y&slnk=&plac=&mtctp=&albbt=Google 7 shopping&aff_platform=google&aff_short_key=UneMJZVf&gclsrc=aw.ds&albagn=888888&ds_e_adid=&ds_e_matchtype=&ds_e_device=c&ds_e_network=x&ds_e_product_group_id=&ds_e_product_id=en1005001640220052&ds_e_product_merchant_id=107896547&ds_e_product_country=FI&ds_e_product_language=en&ds_e_product_channel=online&ds_e_product_store_id=&ds_url_v=2&albc=21554396823&albag=&isSmbAutoCall=false&needSmbHouyi=false&gad_source=1&gclid=Cj0KCQjw99e4BhDiARlsAISE7P-OMuP8iC8AKsckMsXVml2WpCEs5KP55tVQvoIkrg-UzB5cYY98N4aAouuEALw_wcB&gatewayAdapt=glo2usa

Sulfaattisellu. 28.4.2015. Forest news. Verkkosivu. Viitattu 21.10.2024.

<https://forest.fi/fi/sanasto/sulfaattisellu-kraft-pulp/>

Woodhandling. n.d. KnowPulp. Verkkosivu. Viitattu 21.10.2024.

https://www.knowpulp.com/www/english/kps/ui/process/fiberline/wood_handling/ui.htm

Cooking. n.d. KnowPulp. Verkkosivu. Viitattu 21.10.2024.

https://www.knowpulp.com/www/english/kps/ui/process/fiberline/cooking/1_process/ui.htm

Washing. n.d. KnowPulp. Verkkosivu. Viitattu 22.10.2024.

https://www.knowpulp.com/www/english/pulping/general/3_washing/frame.htm

Screening. n.d. KnowPulp. Verkkosivu. Viitattu 22.10.2024.

https://www.knowpulp.com/www/english/pulping/general/4_screening/frame.htm

Mikä on kontaktori? 6.6.2023. Beny New Energy. Verkkosivu. Viitattu 22.10.2024. <https://www.beny.com/fi/what-is-a-contactor/>

Miksi valita elektroninen termostaatti sähköpatteriin? n.d. Purmo Group. Verkkosivu. Viitattu 22.10.2024 <https://www.purmo.com/fi-fi/the-indoors/radiaattorit/miksi-valita-elektroninen-termostaatti-sahkopatteriin>

Elektroninen termostaatti AKO-15226. n.d. Wexon Oy. Verkkosivu. Viitattu 22.10.2024. <https://www.wexon.fi/fi/ako-15226-elektroninen-termostaatti-din-kisko-asennus-2-kosketinta-230-vac-ei-sisalla-anturia200021.html>

IO-Link maailmanlaajuinen tiedonsiirto standardi. 2024. Ifm electronic Oy. Verkkosivu. Viitattu 24.10.2024 <https://www.ifm.com/fi/fi/shared/technologien/io-link/io-link-maailmanlaajuinen-avoin-tiedonsiirtostandardi>

Kestävä IO-Link-master. 2024. Ifm electronic Oy. Verkkosivu. Viitattu 24.10.2024. <https://www.ifm.com/fi/fi/shared/productnews/2017/hmi/kestava-io-link-master>

Vortex-virtauksenmittaus. n.d. Keuda. Verkkosivu. Viitattu 24.10.2024. <https://pinja.keuda.fi/mod/page/view.php?id=351408>

Vortex-virtausmittari näytöllä. n.d. Ifm electronic Oy. Verkkosivu. Viitattu 24.10.2024. <https://www.ifm.com/fi/fi/product/SV7200>

Kapasiiviset anturit. n.d. Schluter. Verkkosivu. Viitattu 24.10.2024. <https://schluter-automation.de/fi/kapazitive-sensoren>

Mikroaaltotutka. 2009. Labkotec Oy. Pdf-dokumentti. Viitattu 24.10.2024. https://labkotec.fi/wp-content/uploads/step_oy_polttooljyn_pinnanmittaus.pdf

Anturi jatkuvaan pinnankorkeuden valvontaan KQ1001. 2024. Ifm electronic Oy. Verkkosivu. Viitattu 24.10.2024. <https://www.ifm.com/fi/fi/product/KQ1001>

Anturi jatkuvaan pinnankorkeuden valvontaan LR3000. 2024. Ifm electronic Oy. Verkkosivu. Viitattu 24.20.2024. <https://www.ifm.com/fi/fi/product/LR3000>

Vahvistinyksikkö näytöllä PT100/PT1000-lämpötila-antureille TR7439. 2024.Ifmelectronic Oy. Verkkosivu. Viitattu 25.10.2024.<https://www.ifm.com/fi/fi/product/TR7439>

Paineanturi paineilmasovellutuksiin. 2024. Ifm electronic Oy. Verkkosivu. Viitattu 30.10.2024. <https://www.ifm.com/fi/fi/product/PQC812>

Cx-One ja logiikkaohjelmointi. 2009. Omron. Pdf-dokumentti. Viitattu 30.10.2024. https://www.myomron.com/downloads/9.local%20material/finnish/cx-one%20ja%20logiikkaohjelmointi%202009_2.pdf

Siemens Simatic S7-1200 Logiikkasarja. n.d. OEM Finland Oy. Verkkosivu. Viitattu 30.10.2024. <https://www.oem.fi/tuotteet/logiikat-ja-kaytot/logiikat/simatic-s7-1200-730258>

LIITTEET

Liite 1. Prosessiaseman suunnitelman dokumentit.

1 (7)



Prosessiaseman dokumentit

Oppimisympäristön asemapaikan suunnitelma

Junahuoneen prosessiaseman dokumenttistausta

Sisältö:

1000- Järjestelmä

1001_Jarjestelma_layout_ylhaalta

1002_Jarjestelma_layout_sivu

2000- Prosessi

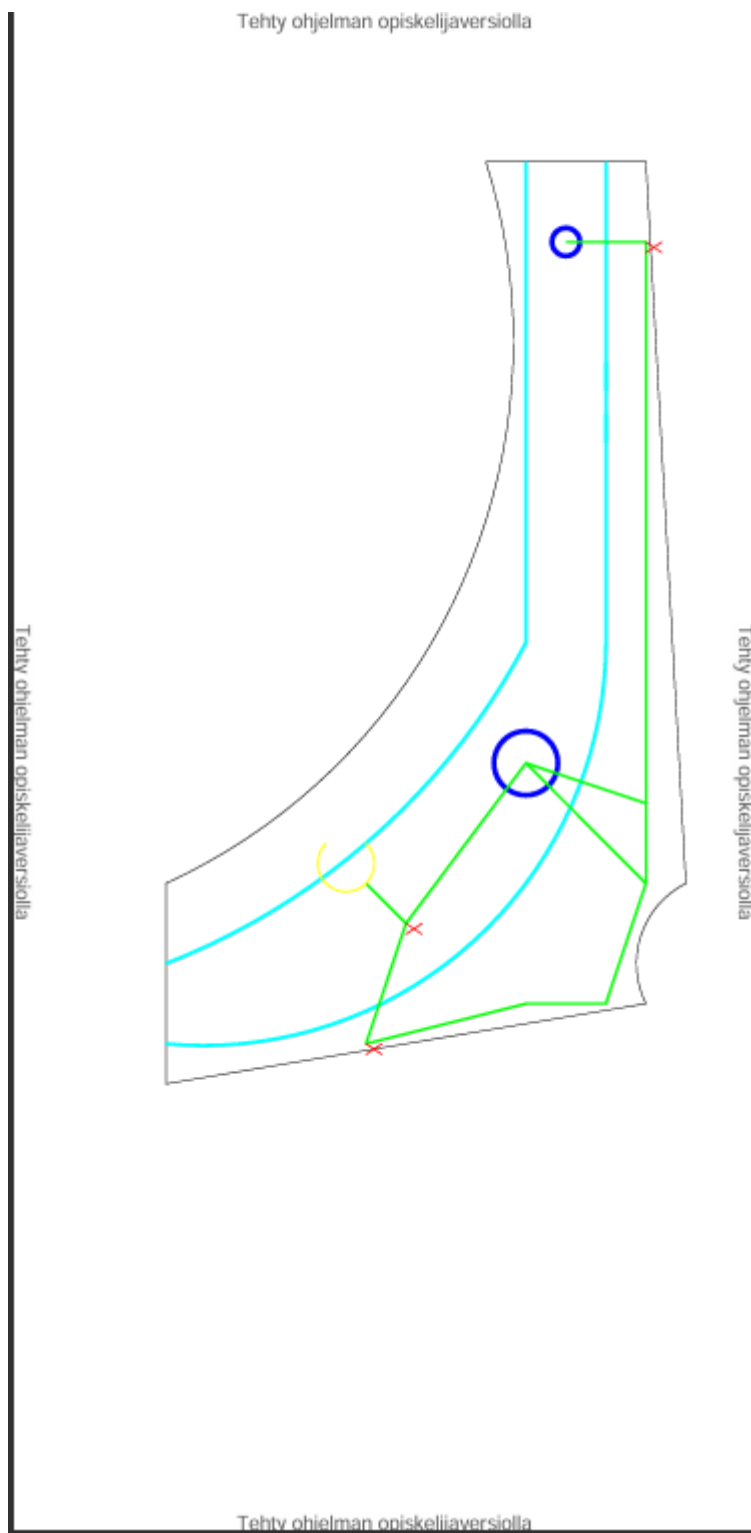
2001_Proessin_PI-kaavio

3000- Laitteet

3001_Laitelistaus

1001_Järjestelmä_Layout_ylhäältä

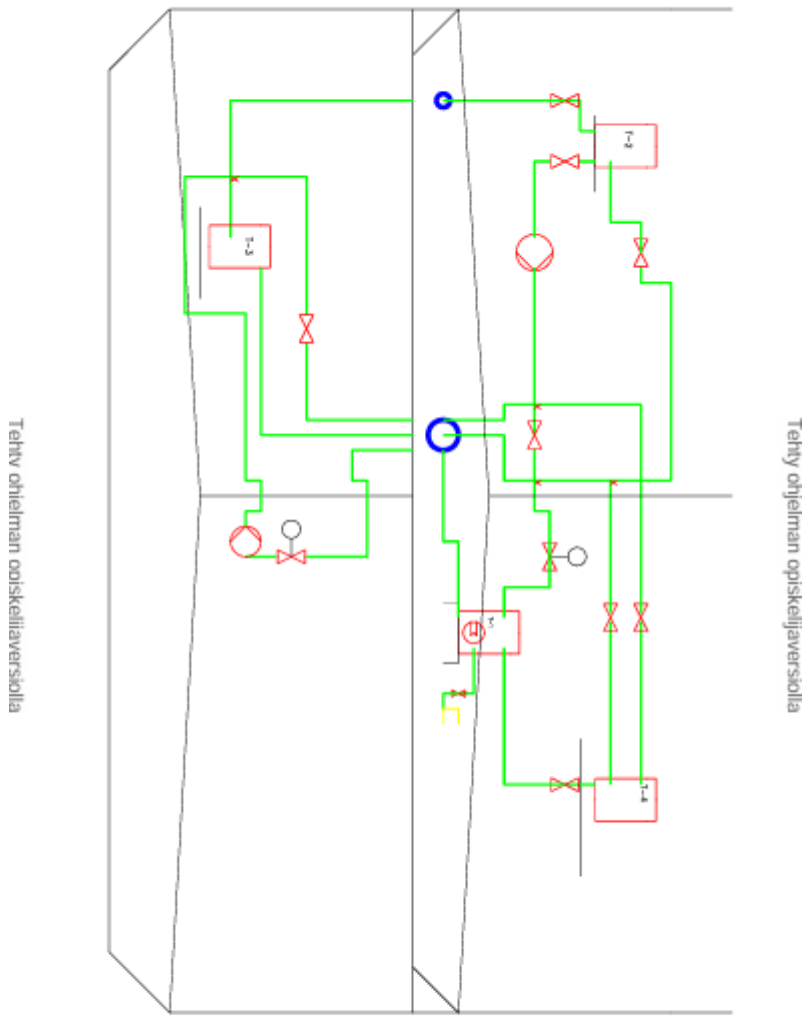
3 (7)



1002_Jarjestelma_layout_sivu

4 (7)

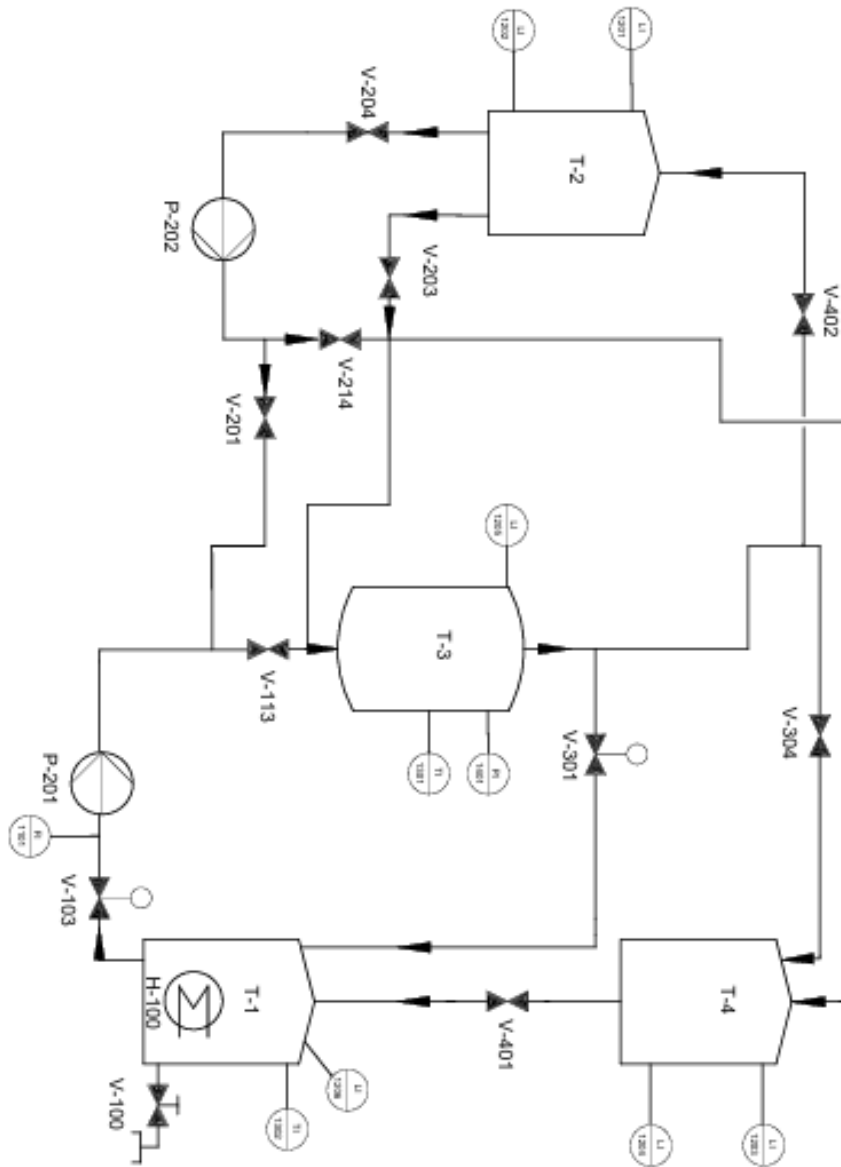
Tehty ohjelman opiskelijaversiolla



Tehty ohjelman opiskelijaversiolla

2001_Proessin_PI-kaavio

5 (7)



| HALOKA | Verkkolohkotilille ID:K:romaker Terveystieteiden Mielis-eritykselle | Kansainvälinen alajärjestöjäsen PT200, PTC, NIC ja K-Syysin M22 lähtökappeli | Bankin Bankin In | 2007 EBC150 | AC | D-200V |
|--------|--|---|------------------------|----------------|----|--------|
|--------|--|---|------------------------|----------------|----|--------|