

Riku Hekkala

**MITTAUSJIGIN SIIRTORATKAISUN SUUNNITTELU
LAADUNVALVONNAN AUTOMATISOINNISSA**

**MITTAUSJIGIN SIIRTORATKAISUN SUUNNITTELU
LAADUNVALVONNAN AUTOMATISOINNISSA**

Riku Hekkala
Opinnäytetyö
Syksy 2020
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, tuotantotekniikka

Tekijä: Riku Hekkala

Opinnäytetyön nimi suomeksi: Mittausjigin siirtoratkaisun suunnittelu laadunvalvonnan automatisoinnissa

Opinnäytetyön nimi englanniksi: Designing a transfer solution to automated quality control

Työn ohjaaja: Kimmo Rantapirkola

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: syksy 2020

Sivumäärä: 36 + 5 liitettä

Opinnäytetyössä suunniteltiin oululaiselle Sähkö-Rantek Oy:lle automatisoidun laadunvalvonnan siirtoratkaisu. Kappaleiden laadunvalvonta suoritetaan tällä hetkellä manuaalisesti koordinaattimittauskoneen avulla. Tavoitteena oli suunnitella automatisoitu ratkaisu koneistuksesta tulevien kappaleiden laadun tarkastukseen. Yritys jakoi projektin kolmeen opinnäytetyöhön. Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin mittausjigin siirtoratkaisu. Tavoitteena oli saada koneistetut kappaleet siirrettyä varastosta koordinaattimittauskoneelle testaukseen ja takaisin automaattisesti.

Siirtoratkaisu varaston ja mittahuoneen välillä suoritetaan Robotizen GoPal 400 -mobiilirobotilla. Mobiilirobotin kartoittaminen ja käyttöönotto suunniteltiin. Sen käyttämään teknologiaan ja lisäosiin tutustuttiin tarkemmin. Koordinaattimittauskoneelle suunniteltiin laite, joka mahdollistaa tuotteiden vastaanottamisen automaattisesti. Teorian puolelta tutustuttiin mobiilirobottien ja saksalaisen Zeissin koordinaattimittauskoneiden historiaan.

Mobiilirobotti kartoitettiin työtilaan ja sen komentojen teko käytiin läpi. Mobiilirobotin liikkumisesta työtilassa tehtiin suunnitelma. Koordinaattimittauskoneelle suunniteltiin eri versioita syöttölaitteesta. Lopullinen suunnitelma syöttölaitteesta siirtää mitattavat kappaleet koordinaattimittauskoneelle paineilman avulla. Voimansiirrolle luotiin paineilmakeaavio. Syöttölaitteen ja mobiilirobotin turvallisuusriskejä pohdittiin. Suunnitelman perusteella pystytään rakentamaan mittausjigin siirtoratkaisu mobiilirobotin avulla automatisoituun laadunvalvontaan.

Asiasanat: laadunvalvonta, automatisointi, mobiilirobotti, koordinaattimittauskone, siirtoratkaisu

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering, Production Engineering

Author: Riku Hekkala

Title of thesis: Designing a transfer solution to automated quality control

Supervisor: Kimmo Rantapirkola

Term and year when the thesis was submitted: fall 2020

Pages: 36 + 5 appendices

Topic of this thesis was to design automated quality control of machined products. It was made for Finnish company called Sähkö-Rantek. Company has separated this project into three different topics. Topic of this thesis is moving the jig that holds the products from KUKA-robot to coordinate measuring machine with a mobile robot. Now the company's quality control is done by employees moving the product from warehouse and mechanically feeding them to the coordinate measuring machine. Employees time could be used more efficiently if this assignment could be automated.

The first task was to watch and research the quality control and machines that are used for it. Theory part of this thesis work is done by looking at mobile robots in general and more closely to Robotize GoPal 400. In this document is also researched how to get started with mobile robot, mapping it to the environment and programming the orders and stations. Coordinate measuring machine that is used in this project is Zeiss Accura which is researched in this document too. New device is designed which enables the jig to be moved on the right place on the coordinate measuring machine.

Different designs are considered for feeding the jig to the coordinate measuring machine. Safety is considered for the mobile robot and also for the device that feeds the jig to the coordinate measuring machine. Mobile robot is programmed and tested at the real workplace. Mobile robot's path and commands are planned. Building and using of the feeding device is planned for the coordinate measuring machine.

Keywords: mobile robot, quality control, coordinate measuring machine, quality control

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
SISÄLLYS	5
SANASTO	7
1 JOHDANTO	8
2 SÄHKÖ-RANTEK OY	9
3 MOBIILIROBOTIT	10
3.1 Mobiilirobottien historiaa	10
3.2 Mobiilirobottien käyttö	10
3.3 Robotize	11
3.4 Mobiilirobotti GoPal 400	11
3.5 LiDAR-teknologia	12
3.6 AUX-sovitin	12
3.7 Mobiilirobotin tekniset tiedot	13
4 MOBIILIROBOTIN KÄYTTÖÖNOTTO	14
4.1 Mobiilirobotin kartoittaminen	14
4.2 Mobiilirobotin ohjelmointi	14
4.3 Mobiilirobotin suunnitelma	15
4.4 Mobiilirobotin käyttöönotto työpisteellä	17
4.5 Mobiilirobotti ja turvallisuus	18
5 KOORDINAATTIMITTAUSKONE	20
5.1 Zeiss ja koordinaattimittauskoneet	20
5.2 Accura-koordinaattimittauskone	21
6 SYÖTTÖLAITTEEN SUUNNITTELU	22
6.1 Syöttölaite	22
6.2 Suunnittelu	22
6.2.1 Ensimmäinen suunnitelma	23
6.2.2 Toinen suunnitelma	24
6.2.3 Kolmas suunnitelma	24
6.2.4 Lopullinen suunnitelma	25
6.3 Voimansiirron suunnittelu	28

6.3.1 Pneumatiikka	28
6.3.2 Pneumatiikkakaavio	29
6.4 Kuulajohteet	30
6.4.1 Kuulajohteiden vaunujen valinta	31
6.4.2 Kuulajohteiden kiskojen valinta	31
6.5 Syöttölaite ja turvallisuus	32
7 YHTEENVETO	33
LÄHTEET	34
LIITTEET	
Liite 1 GoPal AUX interface	

SANASTO

mittausjigi	alusta, joka pitää kappaleen paikallaan mittauksen ja kuljetuksen aikana
teollisuusrobotti	teollisuudessa käytössä oleva, tietokoneohjattu robotti

1 JOHDANTO

Laadunvalvonta on tärkeä osa nykypäivän yrityksiä ympäri maailmaa. Monet yritykset käyttävät siinä apuna koordinaattimittauskoneita, jotka pystyvät havaitsemaan mikrometrisiä virheitä kappaleissa. Projektin tilaajana on oululainen Sähkö-Rantek Oy. Projektin tavoitteena on suunnitella automatisoitu ratkaisu koneistettujen kappaleiden testaukseen ennen kuin ne menevät maalaukseen ja lopulta kokoonpanoon.

Jokaisesta koneistetusta erästä on valittava muutamia satunnaisia kappaleita, joiden laatu varmistetaan koordinaattimittauskoneella. Tähän asti työntekijän on pitänyt hakea varastosta yksi kappale kerrallaan koordinaattimittauskoneelle. Yhden tuotteen mittaaminen kestää noin 10 minuuttia. Seuraavaksi tuote tulee viedä takaisin varastoon. Tilaava yritys haluaa automatisoida tämän työvaiheen. Automatisoitu ratkaisu vapauttaisi työntekijän turhalta odottamiselta, ja sallisi yöllä tapahtuvan laadunvalvonnan.

Yritys rajasi projektin kolmeen osaan. Jokainen osa on tärkeä kokonaisuuden kannalta, joten ryhmien on tehtävä tiivistä yhteistyötä. Ensimmäinen aihe on mittausjigin suunnittelu (1). Toinen aihe on mittausjigin siirtoratkaisu, Kolmantena aiheena on mittausjärjestelmän integraatio FMS-järjestelmään (2). Tässä opinnäytetyössä käydään läpi toisena mainittua aihetta eli mittausjigin siirtoratkaisua.

Opinnäytetyössä käytetään mobiilirobottia mittausjigin siirtämiseen. Teollisuusrobotti laittaa mittausjigin ja mittaukseen menevät kappaleet mobiilirobotin päälle. Mobiilirobotti poistuu teollisuusrobotin suojahäkistä, kun se on tunnistanut mittausjigin ja kappaleiden painon. Seuraavaksi mobiilirobotti menee mittahuoneeseen. Mittahuoneessa mobiilirobotin tulee saada jigi oikealle kohdalle koordinaattimittauskoneelle. Koordinaattimittauskoneelle suunnitellaan syöttölaite, joka mahdollistaa mittausjigin siirtämisen automaattisesti. Seuraavaksi koordinaattimittauskone suorittaa testauksen koneistetuille kappaleille. Mobiilirobotti vie kappaleet takaisin teollisuusrobotille testauksen päätyttyä.

2 SÄHKÖ-RANTEK OY

Sähkö-Rantek Oy on Oulussa vuodesta 1989 toiminut asiakasräätälöityjen sähkölaitteiden toimittaja. Sähkö-Rantekin asiakkaita ovat Euroopan johtavat sähkökoneiteollisuuden yritykset. (3.) Yrityksen toiminta perustuu asiakaslähtöisyyteen ja toimialan erikoistumiseen. Siellä työskentelee tällä hetkellä yli 40 kokenutta erikoisosaaajaa. (4.)

Yrityksellä on kolme työpistettä. Yksi tärkeimmistä työpisteistä on koneistus. Siellä valmistetaan erilaisia kokonaisuuksia ja koneistettuja osia. Koneistuksessa on käytössä Makinon ja Mori-Seikin työstökoneita uudessa 3 000 m²:n kokoisessa hallissa. (5.) Käämintä on työpiste, jossa tehdään käämittyjä komponentteja asiakkaiden tilausten mukaan. Kääminnäissä valmistetaan pieniä käämittyjä sähkömoottoreita, mutta sieltä pystytään toimittamaan komponentteja kymmenien megawattien tehoisiin moottoreihin. (6.) Kokoonpano on viimeinen työpiste, jossa usein yhdistyvät käämityt ja koneistetut kappaleet. Siellä valmistetaan myös muun muassa hissien sähkömekaanisia jarruja ja nostomagneetteja. (7.)

3 MOBIILIROBOTIT

Mobiilirobotit ovat robotteja, jotka on suunniteltu liikkumaan paikasta toiseen. Niitä löytyy moneen eri käyttötarkoitukseen, kuten avaruuden ja merenpohjan tutkimiseen. Teollisuudessa mobiilirobotteja käytetään yleisimmin kuormalavojen tai tuotteiden siirtämisessä. Mobiilirobotit ohjelmoidaan ja kartoitetaan työskentelytilaan, jonka jälkeen ne pystyvät itsenäiseen työhön. (8.)

Mobiilirobotit käyttävät sensoreita ja kameroita havaitsemaan yllättävät esteet ja paikantamaan sijaintinsa. Sensorit voidaan jakaa kahteen kategoriaan: sisäiset aistit ja ulkoiset aistit sekä passiivinen ja aktiivinen. Sisäisiin sensoreilla mitattaviin arvioihin kuuluvat mobiilirobotin sisäiset arvot, kuten lämpötila ja sähkövaraus. Ulkoisiin kuuluvat kaikki sensoreilla huomioitavat asiat mobiilirobotin ympäristössä, kuten etäisyydenmittaus. Passiivisiin kuuluu tieto, joka annetaan mobiilirobotille. Aktiivisiin kuuluu mobiilirobotin lähettämä tieto, joka yleensä palaa takaisin mobiilirobotille. (9, s. 89–90.) Mobiilirobotteja ohjataan yleensä langattomasti erillisen ohjelmiston tai ohjelmistoverkoston avulla (8).

3.1 Mobiilirobottien historiaa

Kuten monet keksinnöt, myös mobiilirobotit kehittyivät paljon sodan takia. Toisessa maailmansodassa haluttiin liikuttaa pommeja viholliskohteisiin ilman ihmisen läsnäolo. Myös 1980-luku oli robottien kehityksessä tärkeää aikaa. Tietokoneiden yleistyessä mobiilirobotteja pystyttiin ohjelmoimaan helpommin, ja niiden käyttö lisääntyi yrityksissä. Kuluttajamarkkinat ihastuivat robotteihin samoihin aikoihin elokuvien ja videopelien ansiosta. Tietotekniikan edistyessä myös mobiilirobottien teknologia kehittyi nopeasti. (10.)

3.2 Mobiilirobottien käyttö

Mobiilirobotit ovat liikkuvia robotteja, jotka teollisuudessa yleensä kuljettavat kuormalavoja tai tavaroita. Mobiilirobotteja voi kuitenkin nähdä nykyään myös kotiloissa. Esimerkiksi robotti-imurien omistajat joutuvat kartoittamaan sen työtilaan, kuten mobiiliroboteille tehdään teollisuudessakin. Mobiilirobotteja käytetään nykyään myös harrastustoiminnassa. Niiden yleistyminen pienissä yrityksissä on

auttanut parantamaan kilpailukykyä. Mobiilirobotteja löytyy lukuisista yrityksistä ympäri maailmaa. Niiden käyttö tulee lisääntymään ja kehittymään tulevaisuudessa paikkoihin, joita on edes mahdotonta vielä kuvitella. (8.)

3.3 Robotize

Opinnäytetyössä käytetään Oulun ammattikorkeakoululta löytyvää Robotizen GoPal 400 -mobiilirobottia, koska sen ominaisuudet sopivat tähän projektiin. Robotize on tanskalainen robottisoluja ja mobiilirobotteja tuottava yritys, jonka tilat sijaitsevat Lyngbyssä. Robotize on erikoistunut helposti ohjelmitaviin mobiilirobotteihin, jotka on varustettu nosto-ominaisuudella. (11.)

3.4 Mobiilirobotti GoPal 400

Robotizen kehittämä GoPal 400 -mobiilirobotti on suunniteltu liikuttamaan kuormalavoja sille tarkoitettujen asemien välillä. Nappia painamalla GoPal 400 pystyy suorittamaan yksinkertaisia noutoja ja hakuja asemien välillä. Mobiilirobotti voidaan ohjelmoida osaksi laajempaa verkostoa, joka koostuu useammista mobiiliroboteista ja asemista. Robotizen GoPal 400 -mobiilirobotti on esitetty kuvassa 1 (12).



KUVA 1. Robotizen mobiilirobotti GoPal 400 (12)

Gopal 400 -mobiilirobotti kuljettaa kuormalavoja asemien välillä. Kuormalavojen liikuttamisessa mobiilirobotti käyttää hyväkseen nosto-ominaisuuttaan, joka kykenee nostamaan liikutettavan tuotteen 160 mm:n korkeuteen. Asemia löytyy myös hissillä ja liukuhihnalla varustettuina (13). Mobiilirobotti pystyy pyörähtä-

mään ympäri paikoillaan, ja se pystyy ohittamaan esteen ilman törmäystä. Mobiilirobotti etsii uuden reitin tai palaa ennalta määrätyle pisteelle, jos se ei pysty suorittamaan sille määrättyä käskyä.

Mobiilirobotin ohjelmointi alkaa ympäristön kartoituksesta. Kartoittamisessa mobiilirobotti kytketään langattomasti puhelimeen, jonka avulla sitä pystytään ohjaamaan. Mobiilirobotin kamera kuvaa ympäristöä, jolloin kartta piiryy sovellukseen reaaliaikaisesti. Kartta pitää seuraavaksi puhdistaa kuvanmuokkausohjelmalla, jonka jälkeen siihen lisätään tarvittavat asemat.

Mobiilirobotti käyttää hyväkseen LiDAR-teknologiaa, jonka avulla se pystyy parantamaan muistiin ladattua karttaa, ja olemaan vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa (14). LiDAR on lyhenne sanoista light detection and ranging, joka tarkoittaa valoon perustuvaa havainnointi- ja etäisyydenmittausta (15).

3.5 LiDAR-teknologia

LiDAR toimii samalla periaatteella kuin tavallinen tutka, mutta siinä käytetään valoa etäisyyksien mittaamisessa. LiDAR lähettää lasersäteitä, jotka etenevät suoraviivaisesti. Lasersäteet heijastuvat takaisin, kun ne kohtaavat esteen. Takasin heijastuvista lasersäteistä vastaanottava anturi pystyy laskemaan etäisyyden esteeseen, ja päättelemään sen muodon. (16.)

LiDARia käytettiin jo 1960-luvulla. Se kuitenkin yleistyi vasta 1970-luvulla, kun tarvittava teknologia kehittyi. Sitä alettiin käyttämään ilmailussa, jossa sen avulla pystyttiin luomaan yksityiskohtaisia kuvia maanpinnasta. Nykyään LiDARia käytetään yleisimmin mobiiliroboteissa. Sitä käytetään myös muissa itsestään ohjautuvissa järjestelmissä, joissa ympäristön ymmärtäminen ja kartoittaminen on tärkeää. (16.)

3.6 AUX-sovitin

Robotize on kehittänyt AUX-sovittimen, joka pystytään liittämään palvelimen kautta koko järjestelmään. AUX tulee sanoista auxiliary interface eli ylimääräinen käyttöliittymä. AUX-sovittimen avulla mobiilirobotti pystytään yhdistämään muihin työtilassa oleviin sähkölaitteisiin, kuten automaattioviin ja palohälyttimiin. AUX-

sovitin voidaan yhdistää sähkölaitteisiin, jotka pystyvät käyttämään 24 V:n DC-kytkentää.

Opinnäytetyössä suunnitellaan AUX-sovittimen yhdistäminen automaattioviin ja syöttölaitteeseen, joka mahdollistaa automatisoinnin. Sovittimessa on kuusi porttia. Tällä periaatteella luodaan yhtenäinen verkko kaikkien sähkölaitteiden välille, jotka kuuluvat tähän projektiin. AUX-sovittimen tiedot löytyvät liitteestä 1.

3.7 Mobiilirobotin tekniset tiedot

Robotizen GoPal 400 -mobiilirobotti on 1 400 mm pitkä, 860 mm leveä ja 315 mm korkea. Siinä on 160 mm:n nosto-ominaisuus ja se painaa 175 kg. Mobiilirobotti käyttää litium-rautafosfaattiakkua, jonka ansiosta se pystyy latautumaan nopeasti. Mobiilirobottiin pystytään ohjelmoimaan akun varaustason tarkkailujärjestelmä, joka ehdottaa mobiilirobotin latausta tietyssä varaustasossa. (17.)

Mobiilirobotti voidaan ohjelmoida ajamaan suoraan laturiasemaan, jos akun varaustaso menee liian matalaksi. Katkonaiset lataukset eivät vahingoita mobiilirobotin akkua. Akku kestää noin 5 000 latausta, ja yhdellä latauksella se toimii 4–8 tuntia tai 20 km riippuen työolosuhteista ja maastosta. (13.)

4 MOBIILIROBOTIN KÄYTTÖÖNOTTO

Mobiilirobotin käyttöönotto on tehty nykyisissä malleissa yksinkertaiseksi. Käytönnoton helppous ja yksinkertaisuus ovat myyntivaltteja teollisuudessa, jossa aika on rahaa.

4.1 Mobiilirobotin kartoittaminen

Mobiilirobotin kartoittaminen aloitettiin tutustumalla sen käyttöohjeisiin, ja osallistamalla Oulun ammattikorkeakoulun tarjoamaan koulutukseen. Mobiilirobotin kartoittamisessa ensimmäinen tehtävä oli yhdistää se WLANin kautta puhelimeen. Yhdistämisen jälkeen mobiilirobotia pystyi ohjaamaan puhelimen kautta. Mobiiliroboti piirsi karttaa työtilasta kolmen kameran avulla, joista kaksi löytyy robotin etuosasta ja yksi takaosasta (13). Kartta oli raakaversio kaikista esteistä ja asioista mobiilirobotin työtilassa.

Kartta siirrettiin kuvanmuokkausohjelmaan, kun se oli tarpeeksi yksityiskohtainen. Kuvanmuokkausohjelmassa kaikki turhat pisteet poistettiin ja työtilan rajoja vahvistettiin. Seuraavaksi muokattu ja alkuperäinen kartta siirrettiin mobiilirobotille palvelimen kautta. Lyhyen päivityksen jälkeen mobiilirobotin muistissa oli kartta työtilasta, jota se pystyy itse päivittämään tarvittaessa.

4.2 Mobiilirobotin ohjelmointi

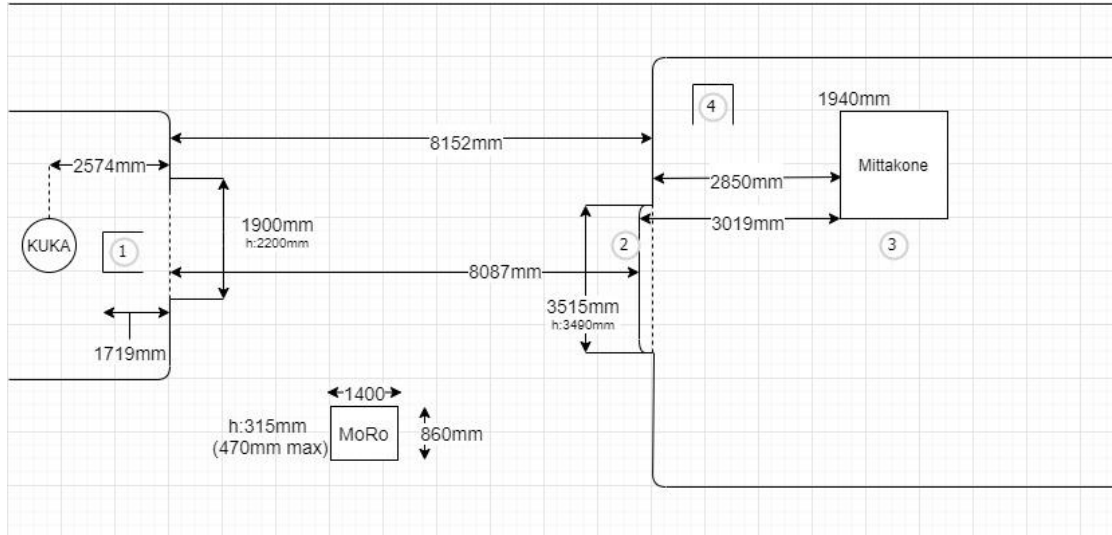
Kun mobiiliroboti oli kartoitettu työpisteeseensä, sille pystyttiin antamaan tehtäviä ja ohjelmoimaan eri asemien paikat. GoPal 400 -mobiilirobotilla on tavallisesti kaksi asemaa. Sille on mahdollista ostaa myös lisäasemia. Lisäasemia ovat nostinasema ja liukuhihnallinen aseman, myös latauspiste on yksi asemista (12). Mobiiliroboti pystyy paikantamaan asemat, kun ne on lisätty karttaan. Saapuessaan aseman luo se asettuu oikeaan ajolinjaan päästäkseen aseman sisälle.

Asemien reunoilla on palat heijastinteippiä, joiden avulla mobiiliroboti huomaa asemien tarkat sijainnit. Näiden asemien välille luodaan erilaisia työkäskyjä, joita mobiiliroboti suorittaa yksi kerrallaan.

Mobiilirobotin ohjelmointi on sille erityisesti tehdyllä palvelimella, joka pystytään liittämään reitittimeen. Palvelimen avulla mobiilirobotin käyttöliittymää pystytään hallitsemaan. Käyttöliittymässä mobiilirobotin karttaan tehtiin lopulliset muokkaukset, kuten automaattiovien ja AUX-sovittimen lisääminen. Käyttöliittymässä myös luodaan kaikki erilaiset käskyt, joista muodostuu lopulta koko suunnitelma mobiilirobotille.

4.3 Mobiilirobotin suunnitelma

Mobiilirobotille oli tehtävä suunnitelma, joka koostuu sille määräytyistä käskyistä. Suunnitelmassa kerrotaan miten mobiilirobotin pitäisi liikkua työtilassa. Työtila on näkyvässä kuvassa 2, jossa mobiilirobotti on lyhennetty sanoihin MoRo. Mobiilirobotti aloittaa työpäivänsä latauspisteeltä, jotta sen akut ovat täynnä. Ensimmäiseksi mobiilirobotti suuntaa kohti KUKA:n valmistaman teollisuusrobotin häkkiä pisteelle 1. Pisteelle 1 on asennettava automaattiovi, joka liitetään AUX-sovittimeen. Häkkiin voidaan myös tehdä matala aukko, josta mobiilirobotti pystyy kulkemaan.



KUVA 2. Työtilan pohjapiirustus lintuperspektiivistä

Mobiilirobotti ajaa häkin sisälle, jossa se pysähtyy teollisuusrobotin eteen. Häkkiin on asetettava alkuperäinen asema korotettuna tai omatekoinen korkeampi asema. Teollisuusrobotti nostaa jiggin aseman päälle, josta mobiilirobotti pystyy

sen noutamaan. Seuraavaksi teollisuusrobotti tuo varastosta yhden tai useamman koneistetun kappaleen jigin päälle.

Mobiilirobotti peruuttaa ulos häkistä, kun se on tunnistanut kappaleiden painon. Tämän jälkeen mobiilirobotti jatkaa kohti mittahuonetta. Mittahuone on noin kahdeksan metrin päässä häkistä. Mittahuoneen ovella mobiilirobotti lähettää signaalin, joka aukaisee automaattisen nosto-oven pisteellä 2. Pisteelle 2 on myös asennettava automaattinen nosto-ovi. Mobiilirobotille ei pystytä tekemään avonaista kulkureittiä mittahuoneeseen, koska mittahuoneen lämpötila on tarkkaan määritetty.

Mittahuoneessa mobiilirobotti ajaa kohti mittapöytää, jossa koordinaattimittauskoneelle on asennettava syöttölaite. Mobiilirobotin paikka syöttölaitteessa on määriteltävä tarkasti. Mobiilirobotti havaitsee syöttölaitteen sijainnin siinä olevien heijastinteipin palojen perusteella. Pisteellä 3 mobiilirobotti laskee mittausjigin syöttölaitteelle.

Mittauksen aikana mobiilirobotti joutuu odottamaan pisteellä 4, joka on myös latausasema. Yhden kappaleen tarkastaminen kestää noin 10 minuuttia koordinaattimittauskoneella. Latausasema merkitään mobiilirobotin pysäköintipisteeksi, jotta sen akut latautuisivat odottaessa. Latausasemalla mobiilirobotti tekee kaiken odottamisen käskyjen välissä. Mobiilirobotti saa tiedon mittauksen päättymisestä, jonka jälkeen se lähtee noutamaan jigia. Jigia noudettaessa mobiilirobotti ajaa takaisin syöttölaitteelle, ja nostaa nostimensa. Mobiilirobotti peruuttaa pois syöttölaitteelta, kun jig on jäänyt nostimen päälle. Tämän jälkeen mobiilirobotti ajaa pois mittahuoneesta.

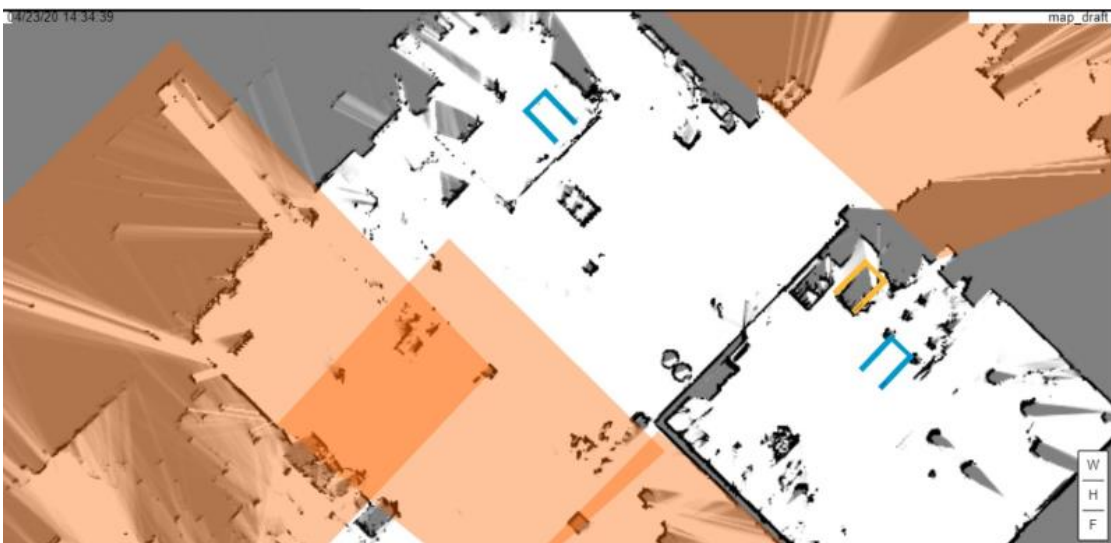
Lopuksi mobiilirobotti ajaa takaisin teollisuusrobotin häkkiin. Häkissä teollisuusrobotti ottaa tuotteet mittausjigin päältä ja palauttaa ne takaisin varastoon. Tämän jälkeen mobiilirobotti on suorittanut yhden täyden työkierron, ja yrityksen laadunseurantajärjestelmään on tallentunut mittatieto mitatun kappaleen osalta. Tietoa käytetään tuotannon- ja laadunohjaukseen. Mobiilirobotti jää odottamaan seuraavaa koneistettujen kappaleiden erää, josta sen työ alkaa alusta. Oulun ammattikorkeakoululta lainattiin mobiilirobotia, kun suunnitelma oli valmiina.

4.4 Mobiilirobotin käyttöönotto työpisteellä

Mobiilirobotti tuotiin lopulliselle työpisteelle, kun sen kartoittaminen ja ohjelmointi oli opeteltu. Mobiilirobotti purettiin sopivaan nurkkaan hallissa, jossa se ei olisi muiden edessä. Aluksi mobiilirobotin latausasemalle ja palvelimelle piti löytää sopiva paikka. Latausasema laitettiin hallin päässä olevaan nurkkaan, jossa oli tarpeeksi sähköpistokkeita myös palvelimelle. Palvelin yhdistettiin reitittimeen ja käytössä olevaan kannettavaan tietokoneeseen. Mobiilirobotti yhdisti itsensä automaattisesti tähän palvelimeen.

Mobiilirobotin kartoittamisen jälkeen huomattiin signaalin olevan liian heikko työalueella, joten palvelimen paikkaa ja samalla latausasemaa siirrettiin. Tällä kertaa ne päätettiin sijoittaa mittahuoneeseen, jossa itse työnteko suurimmaksi osaksi tapahtuu. Tämä lyhensi mobiilirobotin kulkemaa matkaa varaston ja mittakoneen välillä. Lyhyempi matka palvelimen ja työtilan välillä paransi signaalin voimakkuutta.

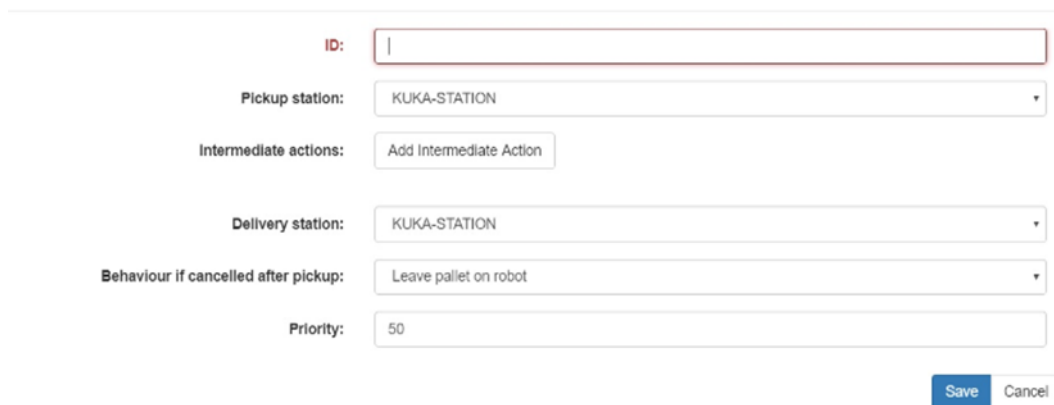
Mobiilirobotti kartoitettiin uudestaan tähän pienempään tilaan. Samalla piirrettiin selvät rajat alueille, joihin mobiilirobotti ei saa mennä. Tämä kartta näkyy kuvassa 3, jossa mobiilirobotilta kielletyt alueet on merkitty punaisena. Karttaan merkittiin myös nosto-ovien, AUX-sovittimen ja eri asemien paikat. Latausasema näkyy kartassa oranssina ja muut asemat sinisinä.



KUVA 3. Kartta mobiilirobotin työtilasta

Mobiilirobotin käskyt tehtiin yksi kerrallaan, joista yhdessä muodostuu sen koko työsuunnitelma. Käskyjen luonti aloitettiin valitsemalla ensimmäiseksi mobiilirobotti, joka suorittaa käskyn. Seuraavaksi valittiin asema, jolta mobiilirobotti noutaa tuotteet. Tämän jälkeen valittiin asema, jolle tuotteet viedään. Käskyissä valittiin myös varasuunnitelma mobiilirobotille, jos tuotteiden haku tai vienti ei ole mahdollista. Käskyjen luonti näkyy kuvassa 4.

Create Basic Order



The screenshot shows a web form titled "Create Basic Order". It contains several input fields and buttons:

- ID:** A text input field with a red border and a vertical cursor.
- Pickup station:** A dropdown menu with "KUKA-STATION" selected.
- Intermediate actions:** A button labeled "Add Intermediate Action".
- Delivery station:** A dropdown menu with "KUKA-STATION" selected.
- Behaviour if cancelled after pickup:** A dropdown menu with "Leave pallet on robot" selected.
- Priority:** A text input field containing the number "50".
- At the bottom right, there are two buttons: "Save" (blue) and "Cancel" (white).

KUVA 4. Mobiilirobotin käskyjen luonti

Mobiilirobotin käskyistä oli myös mahdollista tehdä yksityiskohtaisempia. Mobiilirobotin käyttäytyminen automaattiovien edessä voitiin määritellä. Nouto tai vienti pystyttiin ajastamaan. Käskyille pystyttiin myös asettamaan tärkeysluokka, joiden mukaan mobiilirobotti suorittaisi tehtävät tärkeysjärjestyksessä.

4.5 Mobiilirobotti ja turvallisuus

Turvallisuutta on tärkeä miettiä, kun tehdään töitä liikkuvien koneiden kanssa. Mobiilirobotti on varustettu luotettavilla turvamekanismeilla, mutta on silti hyvä miettiä mahdollisia vaaratilanteita. Yleisin pelko mobiiliroboteissa on törmäysvaara, koska sen alueella liikkuu työntekijöitä. GoPal 400 -mobiilirobotti on varustettu kameroilla ja lasersensorilla, jotka auttavat estämään törmäykset. Nosto- tai laskuliike hidastuu, jos mobiilirobotti havaitsee liikettä lähellä. Mobiilirobotti pysäyttää nostimen, jos hätäjarrut laukeavat. Mobiilirobotissa on hätäjarrut, jotka aktivoituvat kevyestäkin kosketuksesta puskuriin. Hätäjarrut on mahdollista vapauttaa ainoastaan manuaalisesti mobiilirobotin kyljessä sijaitsevasta painikkeesta.

Mobiilirobotin kartoituksessa mietittiin myös turvallisuutta. Karttaan merkittiin pääsykielleyksi kaikki alueet, joihin mobiilirobotin ei tarvitse mennä. Tämä estää mobiilirobottia liikkumasta alueille, joissa on enemmän liikennettä. Mobiilirobotin kulkuväylällä olevat pakolliset asiat, kuten kulkuaukot, asemat ja syöttölaite tulisi merkitä heijastinteipillä. Heijastinteipin avulla mobiilirobotti pystyy paremmin hahmottamaan sijaintinsa. Mobiilirobotin ajorata tulisi merkitä varoitusteipillä, jotta työntekijät pystyvät välttämään turhaa liikkumista alueella. Työntekijöille olisi hyvä pitää koulutus, jossa keskustellaan yleisimmistä mobiilirobottiin liittyvistä vaaratilanteista.

5 KOORDINAATTIMITTAUSKONE

Projektissa käytetään Sähkö-Rantekin tiloista löytyvää Zeissin Accura-koordinaattimittauskoneita. Koordinaattimittauskone pystyy liikuttamaan tunnistintaan, jonka avulla se havaitsee avaruudellisia koordinaatteja mitattavassa kappaleessa. Tavallisesti mittauskoneen mittapää liikkuu kolmella eri akselilla. Koordinaattimittauskoneita on myös saatavilla neljällä akselilla, jossa neljäs liikkumissuunta on kiertosuunta. Koordinaattimittauskone mittaa kappaleen koskettamalla sitä hellästi mittapäällään, jolloin se kerää tietoa yhdestä kohdasta kerrallaan. Mittaus voi tapahtua myös skannaamalla koko kappale kerralla, jolloin tietoa kerätään yhtenäisesti suuremmalta pinnalta. (18, s. 295–298.)

Zeiss on saksalainen yritys, joka suunnittelee, tuottaa ja myy muun muassa mitatusteknologiaa, mikroskooppeja, lääketieteellistä teknologiaa, silmälasien linsejä, kameroita ja kiikareita. Yritys on jaettu neljään eri osastoon: teollisuuden laadullinen tutkimus, lääketieteellinen tekniikka, kuluttajamarkkinat ja puolijohde valmistustekniikka. Se toimii tällä hetkellä yli 40 maassa, ja sen toimitusjohtajana toimii Karl Lamprecht. (19.)

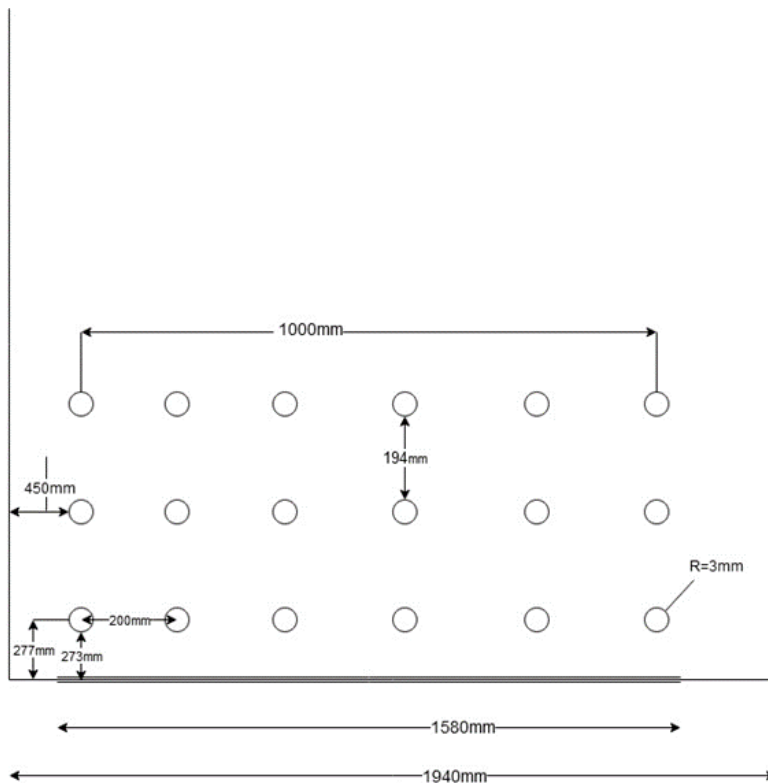
5.1 Zeiss ja koordinaattimittauskoneet

Zeiss rakensi ensimmäiset mittakoneensa vuonna 1890, kun Ernst Abbe suunnitteli koneen, jolla pystyttiin mittaamaan tarkasti materiaalien paksuuksia. 1920-luvulla Zeiss alkoi kehittää teollisuutta mullistavia mittakoneita, kuten ensimmäinen mittaava mikroskooppi. Tätä ennen yritys suunnitteli ensimmäisen pituutta mittaavan koneen. Vuonna 1963 Zeiss kehitti ensimmäisen digitaalisen mittakoneen, joka antoi vastaukset digitaaliselle näytölle. (20.)

Vuonna 1973 Zeiss julkaisi ensimmäisen koordinaattimittauskoneensa, joka oli liitetty tietokoneeseen. Tämä laite pystyi 0,5 µm:n tarkkuuteen, ja sille oli oma tietokoneohjelmisto. Tämä mittakone mahdollisti ensimmäistä kertaa kappaleiden kolmiulotteisen mittaamisen. Zeiss tuottaa nykyään useampia erilaisia koordinaattimittauskoneita, ja tämä kaikki alkoi Ernst Abben ponnisteluista yli sata vuotta aiemmin. (21.)

5.2 Accura-koordinaattimittauskone

Projektissa on käytössä Accura-koordinaattimittauskone. Tämä koordinaattimittauskone pystyy mikrometrin tarkkuudella määrittämään poikkeamat kappaleissa. Siinä on paljon eristystä, joka estää lämmön siirtymisen mittahuoneeseen, jotta mittaustulos ei vääristy. (22.) Accuran mittapöytä on tehty graniitista. Painava mittapöytä estää mitattavien tuotteiden tärisevän mittauksen aikana. Mittapöydän mitat on esitetty kuvassa 5.



KUVA 5. Mittapöydän koko

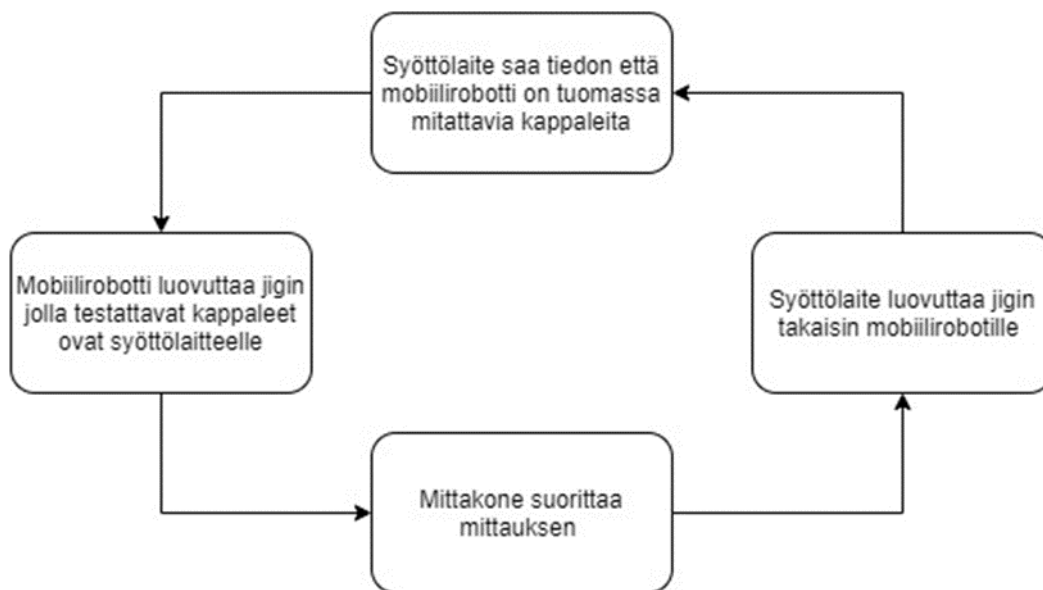
Mittakoneen graniittisella kivipöydällä on reikiä M12-kierteillä, jotta siihen on mahdollista asentaa lisälaitteita ja jigejä. Kivipöydän reiät sijaitsevat 200 mm:n päässä toisistaan, ja niitä on kuusi kappaletta rivissä. Näiden reikien avulla suunnitellaan syöttölaitteen kiinnitys.

6 SYÖTTÖLAITTEEN SUUNNITTELU

Projektin tarkoituksena on suunnitella automatisoitu tuotteiden laadunvalvonta koordinaattimittauskoneella. Tuotteet on saatava mobiilirobotilta koordinaattimittauskoneelle automaattisesti.

6.1 Syöttölaite

Syöttölaitteen suunnittu aloitettiin tutkimalla vaadittavia ominaisuuksia. Laitteen pitää olla helppokäyttöinen ja sen täytyy toimia mobiilirobotin kanssa. Kuvassa 6 on esitetty suunnitelma, miten syöttölaitteen tulisi toimia. Eri mittalaitteiden valmistajien lisäosia tutkittaessa kävi ilmi, ettei tällaista laitetta ole vielä olemassa. Syöttölaitteen suunnitteluun käytettiin työnantajan tarjoamaa Autodesk Fusion CAD -ohjelmaa.



KUVA 6. Syöttölaitteen suunnitelma

6.2 Suunnittelu

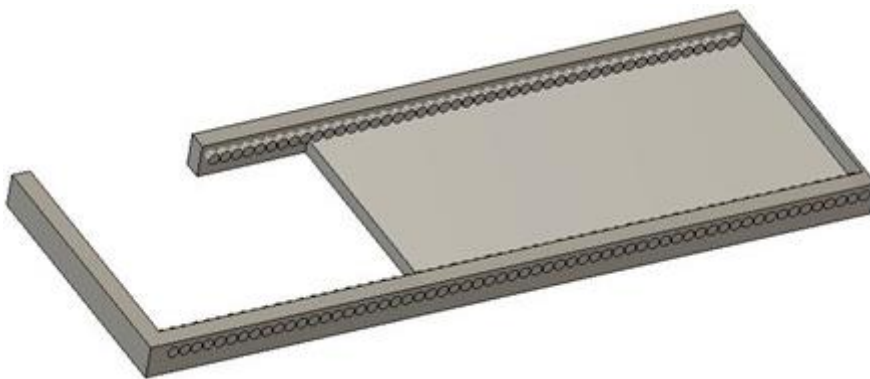
Syöttölaitteen suunnitteluun varattiin paljon aikaa, jotta se toimisi halutulla tavalla. Koordinaattimittauskoneiden valmistajilta ei löytynyt automaattisesti toimivaa syöttölaitetta.

Manuaalinen ratkaisu ei toimisi tässä projektissa, koska tavoitteena oli suunnitella täysin automatisoitu ratkaisu. Näistä syntyi kuitenkin ideoita mistä aloittaa. Syöttölaite suunniteltaisiin kuljettamaan koko jigä, jotta mitattavat kappaleet saadaan aina samalle kohdalle mittapöydälle. Tämä mahdollistaa saman mittausohjelman käyttämisen eri mittauskerroilla.

6.2.1 Ensimmäinen suunnitelma

Suunnittelu aloitettiin sopimalla projektin jäsenten kanssa mittausjigin leveys, joka määrittelee syöttölaitteen leveyden. Jigistä päätettiin tehdä 800 mm leveä. Syöttölaitteen tulee olla tarpeeksi pitkä, jotta mobiilirobotti pystyy ajamaan kokonaan sen alle. Mittakoneen päälle tulee jäädä myös riittävästi alustaa, jotta mittausjigi saavuttaa oikean kohdan mittapöydällä.

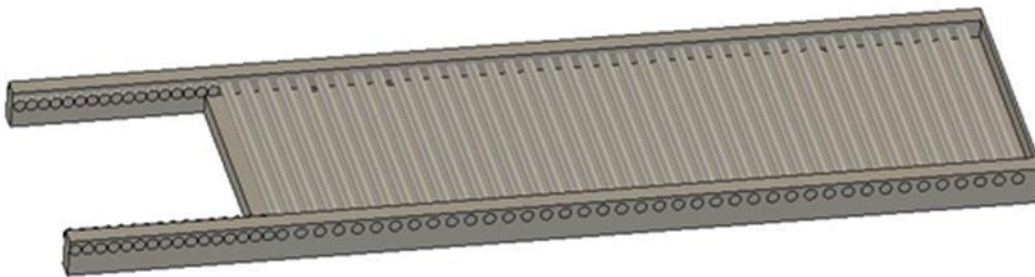
Ensimmäisessä suunnitelmassa jigä liikkuisi rullien päällä mittauspaikalle. Tämä suunnitelma on esitetty kuvassa 7. Mobiilirobotti kuljettaisi mittausjigin oikealle kohdalle, jonka jälkeen se laskisi jigä syöttölaitteen sivulla olevien lyhyiden rullien päälle. Lyhyet rullat mahdollistaisivat yhtenäisen laitteen. Suunnitelmassa jigä liikuttamiseen tarvittava voimansiirto suoritettaisiin sähköisesti tai paineilmalla. Suunnitelman ongelmana on mobiilirobotin sijainti lastauksessa, koska se joutuisi kääntymään syöttölaitteen sisällä viedessään jigä. Myös rullien pieni koko aiheuttaisi epätasaisuutta, ja näistä syistä tämä versio hylättiin.



KUVA 7. Ensimmäinen suunnitelma syöttölaiteesta

6.2.2 Toinen suunnitelma

Seuraavaan suunnitelmaan, joka on esitetty kuvassa 8, otettiin kaikki parhaat puolet edellisestä versiosta. Alkuun jätettiin lyhyet rullat, joiden avulla mobiilirobotti pystyisi ajamaan tarpeeksi syväälle. Rullat kuljettaisivat mittausjigin eteenpäin leveämmille rullille ja lopulta oikealle mittauskohdalle. Tässä suunnitelmassa voimansiirto suoritettaisiin sähköisesti tai paineilmalla. Mobiilirobotti ajaisi suoraan mittakoneelle, jolloin turhien liikkeiden määrä vähenisi.

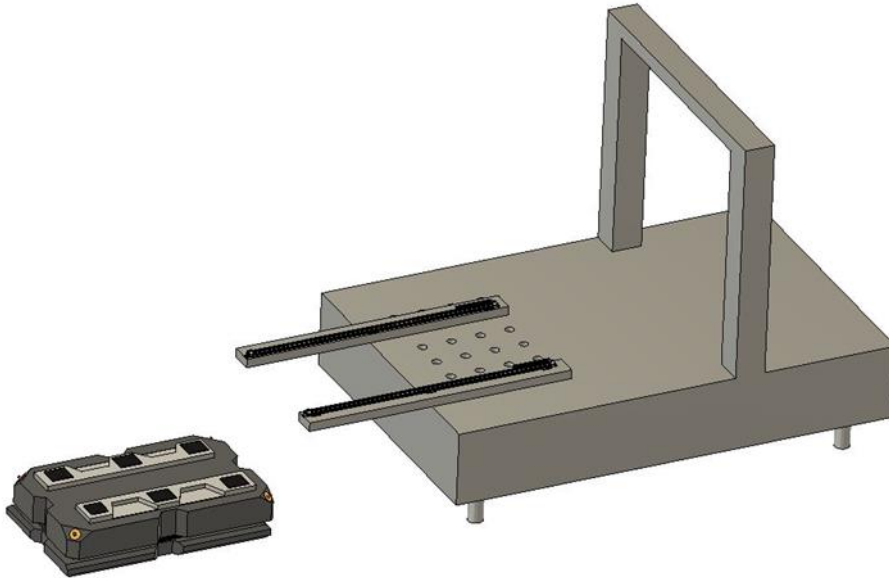


KUVA 8. Toinen suunnitelma syöttölaitteesta

Toisessa syöttölaitesuunnitelmassa huomattiin myös ongelmia, joita voisi esiintyä myöhemmässä vaiheessa. Laakerit voisivat jumittua käytön aikana. Mittausjigi voisi joutua väärään kohtaan, koska syöttölaitteen runko on korkeammalla kuin rullat. Tämä versio hylättiin, koska rullat aiheuttaisivat tärinää, ja jo yhden jumittuminen voisi aiheuttaa mittausjigin putoamisen.

6.2.3 Kolmas suunnitelma

Seuraava versio on esitetty kuvassa 9. Tässä suunnitelmassa ei ole rullia aiheuttamassa tärinää, vaan jigi kulkisi tasaisesti paineilmalla toimivien pitkien männätömien sylinterien päällä. Sylinterien alle tulisi paksut tukiraudat. Tukiraudat kiinnitettäisiin mittakoneen graniittiseen mittapöytään, ja niiden tarkoitus on estää paineilmasynterierien vääntyminen mittausjigin painosta.



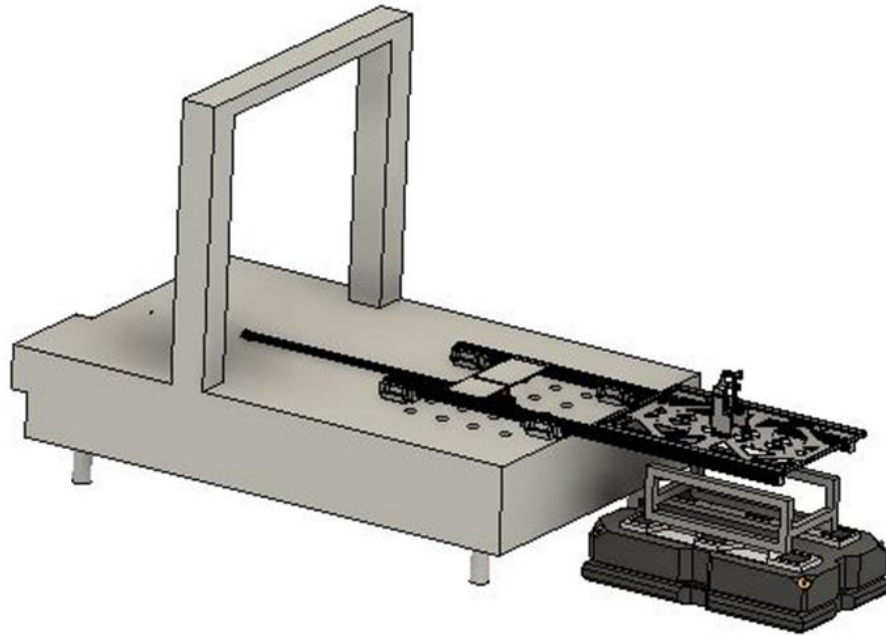
KUVA 9. Kolmas suunnitelma syöttölaitteesta ja mobiilirobotti

Sylinterit liikkusivat toiseen päähän, kun mobiilirobotti on laskenut mittausjigin oikealle kohdalle mäntien päälle. Seuraavaksi mittakone suorittaisi mittauksen kappaleille, jotka ovat jigin päällä. Mittauksen loputtua syöttölaite saisi käskyn liikuttaa jigi toiseen päähän, josta mobiilirobotti hakisi sen.

Kolmannen syöttölaitesuunnitelman ongelmaksi koituisi paineilma sylinterien sijainti, koska sylinterien alle olisi laitettava tukiraudat. Tukiraudat eivät saisi koskea mobiilirobottiin lastauksen yhteydessä. Tukiraudat olisivat myös epäkäytännölliset, koska ne olisivat koko ajan mittakoneen edessä. Tukiraudat vaikeuttaisivat muuta työskentelyä samassa tilassa. Sylinterit olisi vaikea saada liikkumaan yhtä aikaa, koska paineilma ei välttämättä etene samanaikaisesti kumpaankin sylinteriin.

6.2.4 Lopullinen suunnitelma

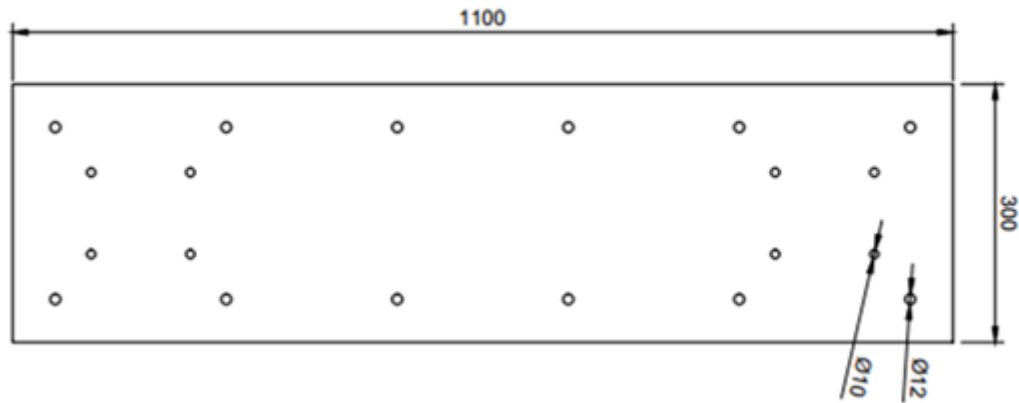
Suunnittelun edetessä huomattiin parempi tapa tehdä syöttölaite Sähkö-Rantekin insinöörien avulla, ja suunnitelma muuttui huomattavasti. Uudessa suunnitelmassa kiskot vetäytyvät mittakoneen päälle, jotta syöttölaite ei ole työntekijöiden haittana mittahuoneessa. Lopullinen suunnitelma on esitetty kuvassa 10.



KUVA 10. Lopullinen suunnitelma syöttölaitteesta, mobiilirobotti, koropala ja mitausjigi

Lopullinen syöttölaitteensuunnitelma on edullisempi toteuttaa, koska männättömät sylinterit on korvattu kuulajohteilla. Kuulajohteita ohjaa yksi pitkä männätön sylinteri, jolle ei tule kantokuormaa. Lopullisessa suunnitelmassa on kaksi 2 500 mm pitkä kuulajohdetta, jotka kestävät raskaita kuormia. Kuulalaakerit asennetaan vaunujen kiinnityspuoli alaspäin mittakoneen päälle.

Mittakoneen kivipöydän ja kuulajohteiden vaunujen väliin tulee kaksi kappaletta metallilevyä. Metallilevy on esitetty kuvassa 11, jossa mitat ovat millimetreinä. Metallilevyt suunniteltiin ja piirrettiin CAD-ohjelmalla. Metallilevyihin tulee 12 mm:n reiät, joiden avulla se pystytään kiinnittämään mittakoneen kivipöytään. Levyihin tulee myös 10 mm:n kierteillä olevat reiät, joihin kuulajohteiden vaunut kiinnitetään. Levyistä suunniteltiin 8 mm paksut, jotta kierteistä tulee tarpeeksi syvät. Niihin piirrettiin useampia reikiä, jotta levy saadaan varmistettua mahdollisimman tukevasti mittapöytään. Metallilevyjen tärkein tehtävä on estää koordinaattimitauskoneen kiven vaurioituminen.



KUVA 11. Metallilevy

Kuulajohteet yhdistetään toisiinsa keskeltä, jotta voimansiirtoon käytettävä sylinteri pystyy liikuttamaan kuulajohteita yhtäaikaaisesti. Tässä suunnitelmassa voimansiirto suoritetaan yhdellä 2 000 mm:n iskulla toimivalla männättömällä paineilmasylinterillä. Sylinteri kiinnitetään mittapöydällä olevaan metallilevyyn, joka mahdollistaa mittausjigin liikuttamisen oikealle kohdalle.

Mobiilirobotin päälle on rakennettava koropala. Mittausjigi ei nouse tarvittavan korkealle ilman koropala, koska mobiilirobotin nostokyky on vain 160 mm. Koropala tulee mobiilirobotin nostinten päälle, johon se kiinnitetään metallisella reikänauhalla. Koropalan ja mobiilirobotin väliin pystyttiin suunnittelemaan pysyvä kiinnitysratkaisu, koska tätä mobiilirobotia käytetään vain mittausjigin liikuttamisessa.

Koropalan päälle tulee liikuteltava mittausjigi. Mittausjigi on tarkoitus saada mitatakoneen päälle, joten siihen ei pystytä suunnittelemaan pysyvää kiinnitystä. Mittausjigi painaa noin 40 kg, kun siinä on mitattavia kappaleita päällä. Koropalan ja mittausjigin väliin tulee kumimattoa, joka estää mittausjigiä putoamasta äkkijarrutuksessa. Koropala suunniteltiin alumiiniprofiilista, koska se on kestävä ja kevyttä. Lopullisen suunnitelman valmistuttua pystyttiin aloittamaan voimansiirron suunnittelu. Voimansiirto suoritetaan pneumatiikalla. Syöttölaite on suurimmaksi osaksi suunniteltu valmiina löytyvistä osista.

6.3 Voimansiirron suunnittelu

Syöttölaitetta suunniteltaessa käytiin läpi erilaisia mekanismeja, jotka toimisivat jigin syöttämisessä mittakoneelle. Liikkeen on oltava tasaista, mutta silti tarpeeksi voimakasta liikuttamaan mittausjigä. Voimansiirroksi valikoitui pneumatiikka, koska paineilma kykenee voimakkaaseen ja tasaiseen liikkeeseen.

Paineilmalla toimiva syöttölaite on yksinkertainen toteuttaa. Sähkö-Rantekin ti-loissa käytetään paineilmaa, joten siellä on valmiina paineilmajärjestelmä. Järjestelmä ulottuu myös mittahuoneeseen, jossa syöttölaite tulee sijaitsemaan. Paineilma ei aiheuta sotkua mittahuoneessa tai vääristä mittaustuloksia. Mittahuoneessa lämpötilaa ja ilman kosteutta tarkkaillaan koko ajan, jotta mittaustulokset pysyvät johdonmukaisina.

6.3.1 Pneumatiikka

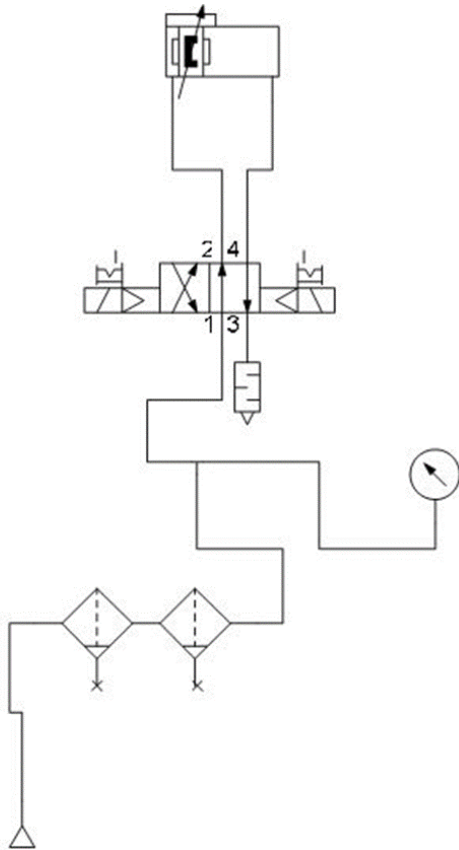
Veli Hulkkonen kirjoittaa kirjassaan pneumatiikka 1: ”Pneumatiikka on jonkin energianmuodon muuttamista pneumaattiseksi energiaksi ja pneumaattisen energian edelleen muuttamista mekaaniseksi työksi” (23, s. 10). Pneumatiikka tarkoittaa paineilman käyttöön perustuvaa tekniikkaa, ja koneautomaatiossa sitä käytetään yleisimmin rotaatio- ja lineaariliikkeiden tekemiseen. Se on yleisesti käytössä oleva voimansiirto muoto, koska paineilma on helppokäyttöinen ja sen kustannukset ovat matalat. (24.)

Pneumatiikassa voimansiirto syntyy, kun poltto- tai sähkömoottorin luoma mekaaninen energia muutetaan kompressorin kautta pneumaattiseksi energiaksi eli paineilmaksiksi. Paineilma johdetaan sen jälkeen joko suoraan tai erilaisten lisäosien kautta moottoreihin tai sylintereihin, jonka jälkeen paineilmaasta tulee mekaanista työtä.

Jotta pneumatiikka olisi helpompi ymmärtää niin pneumaattiset laitteet, järjestelmät ja erilaiset varusteet voidaan kuvata piirrosmerkein. Piirrosmerkeistä muodostuu pneumatiikkakaavio. Piirrosmerkit kuvaavat pelkästään, miten laite toimii. Piirrosmerkit on määritetty standardissa ISO 1219-1. Se sisältää hydrauliset ja pneumaattiset tehonsiirtojärjestelmät ja komponentit. Piirrosmerkit ja piirikaaviot. (25.)

6.3.2 Pneumatiikkakaavio

Pneumatiikkakaavion tekeminen aloitettiin etsimällä oikeat laitteet ja venttiili, jotka löytyivät pneumatiikka laitteiden valmistajien sivuilta. Pneumatiikkakaavion tekemiseen käytettiin Scheme Editor -ohjelmistoa (26). Syöttölaitteen pneumatiikkakaavio on esitetty kuvassa 12.



KUVA 12. Syöttölaitteen pneumatiikkakaavio

Alhaalta ylöspäin kaaviota tarkastellessa ensimmäisenä on paineilman tuottaja. Paineilma kohtaa seuraavaksi huoltoyksikön, joka sisältää vedenerottimen ja painemittarin. Seuraavaksi paineilma kulkee sähköllä ohjattavaan 5/2-suuntaventtiiliin. 1–2 portti aukeaa, kun venttiili saa sähköisesti komennon syöttää ilmaa sylinterille. Mäntä kulkee toiseen ääripäähän, kun sylinteriin virtaa ilmaa. Mäntä palaa takaisin alkuasentoon, kun venttiili saa uuden komennon. Lopuksi ilma poistuu 3–4 portin kautta äänenvaimentimeen.

Venttiiliksi valittua sähkökäyttöinen 5/2-suuntaventtiili, koska siitä löytyy useampia portteja. Näiden porttien avulla sylinteri pystytään liittämään venttiiliin ja tarvittaviin lisäosiin, kuten äänenvaimentimeen. Pneumatiikka on yritetty tehdä mahdollisimman yksinkertaisesti, jotta suuria ongelmia ei tulisi. Venttiiliksi valittiin sähköllä toimiva, jotta tietokone pystyy ohjaamaan sylinterin liikettä. Tämä mahdollistaa automatisoidun ratkaisun. Järjestelmään on kytkettävä varoventtiili, jotta siihen ei synny ylipainetta. Taulukossa 1 on kerrottu paineilmasylinterin arvoja (27).

TAULUKKO 1. Paineilmasyylinterin arvoja (27)

OPS-P50 SYLINTERI						
Teoreettinen Voima (6 bar)	Todellinen Voima (6 bar)	Momentti X-suunnassa (max)	Momentti Y-suunnassa (max)	Momentti Z-suunnassa (max)	Maksimi kuorma	Paino (2m)
1178 N	1000 N	10 Nm	115Nm	15Nm	1200N	14.85kg

6.4 Kuulajohteet

Lopullisessa suunnitelmassa päädyttiin käyttämään kuulajohteita, joiden avulla tukirauodoista pystyttiin luopumaan. Kuulajohteiden kiskot kestävät tarpeeksi pystysuuntaistavoimaa kannattelemaan mittausjigiä täyteen lastattuna. Kuulajohteet ovat 2 500 mm pitkiä, jotta ne tulevat tarpeeksi ulos mittapöydältä. Pitkien kuulajohteiden avulla mobiilirobotti pystyy tuomaan mittausjigin oikealle kohdalle syöttölaitteeseen. Tarpeeksi kiskoa jää myös mittakoneen kiven päälle, jotta ne eivät taipuisi toisessa päässä mittausjigin painosta. Kuulajohde on esitetty kuvassa 13, joka saatiin mekanexin sivuilta (28).



KUVA 13. Syöttölaitteessa käytettävä kuulajohde (28)

Kuulajohteiden päihin asennetaan kartiopalat, jotka sopivat mittausjigissä oleviin reikiin. Kartiopalojen avulla mittausjigi saadaan kiinnitettyä syöttölaitteeseen. Kohdistinpaloista suunniteltiin kartion muotoiset, jotta mittausjigiä ei tarvitse las-

kea täydellisesti oikealla kohdalla. Kartiopalat sallivat muutaman millimetrin pairoitusvirheen, kun mobiilirobotti ajaa syöttölaitteelle. Kuulajohteiden päihin laiteaan roikkumaan jäykät liinat, joihin tulee palat heijastinteippiä. Liinat taipuvat mukana, jos mobiilirobotti osuu niihin. Näiden heijastinteippien avulla mobiilirobotti havaitsee syöttölaitteen sijainnin.

Kuulajohteita löytyy monenlaisiin käyttötarkoituksiin. Kuulajohteiden vaunujen ja kiskojen valinta oli suunniteltava huolella. Vääränlainen kuulajohde ei toimisi halutulla tavalla. Pahimmassa tapauksessa vääränlainen kuulajohde voi aiheuttaa laitteiden rikkoutumisen.

6.4.1 Kuulajohteiden vaunujen valinta

Kuulajohteiden vaunuiksi valittiin lopulta HGW55HCZ0H. HG tarkoittaa tässä mallia. Seuraava W kertoo vaunun muodon, joka tässä tapauksessa tarkoittaa laipallista vaunua. Numero 55 on mallin koko. Seuraava H kertoo, että vaunu on tarkoitettu raskaille kuormille. C on vaunun kiinnitystapa, ja tässä se pystytään tekemään joko ylä- tai alapuolelta. Z0 on vähäinen esikuormitus, joka vaikuttaa kuulajohteen jäykkyyteen. Viimeinen kirjain H kertoo vaunun tarkkuuden. (29.)

6.4.2 Kuulajohteiden kiskojen valinta

Kuulajohteiden kiskoiksi valittiin HGR55R2500H. HG tarkoittaa mallia. Seuraava R kertoo, että raiteen pystyy vaihtamaan tarvittaessa. Numero 55 kertoo mallin koon. Seuraava R kertoo raiteiden kiinnityspuolen, ja tässä tapauksessa kiinnitys on alhaalta. Tämä mahdollistaa kohdistuskartiopiikkien asentamisen. Seuraavaksi tulee raiteen pituus millimetreinä. Viimeinen kirjain kertoo kiskojen tarkkuusluokan. Kuulajohteiden kiskot kestävät 139.36 kN kuorman, joka estää niiden taipumisen mittausjigin painosta. Muita tärkeitä arvoja on kerätty taulukkoon 2. (29.)

TAULUKKO 2. Kuulajohteiden ominaisuuksia (29)

HGW55HC Kuulajohde (1kpl)					
Dynaaminen kuorma	Staattinen kuorma	Momentti X-suunnassa	Momentti Y-suunnassa	Momentti Z-suunnassa	Paino (2x vaunu & 2.5m kisko)
139.35 kN	196.20 kN	4.88 kN-m	4.57 kN-m	4.57 kN-m	49,62kg

6.5 Syöttölaite ja turvallisuus

Syöttölaitteen turvallisuuteen on hyvä käyttää aikaa, koska se suunniteltiin pelkästään tälle projektille. Kuulajohteet tulevat ulos mittapöydältä vain, kun mobiilirobotti on tuomassa tai viemässä mittausjigiä. Muuten syöttölaite on lepoasennossa kokonaan mittapöydällä, jottei se ole kenenkään häiritsevä mittahuoneessa. Syöttölaitetta liikuttava paineilmasylinteri on syvällä mittakoneen päällä. Sylinteriin voidaan lisätä muovinen suoja, joka parantamaan turvallisuutta sylinterin liikkuessa. Kuulajohteiden raiteiden ja vaunujen välissä on vain millimetrien rako. Kaikki muut kohdat, jotka voivat aiheuttaa litistymisvaaran on suojattava suojalevyillä.

Syöttölaitteen voimasiirtoa suunniteltaessa turvallisuus oli tärkeää. Paineilmalla toimiva järjestelmä on todella turvallinen, koska paloriski on käytännössä olematon. Syöttölaitteen venttiili lukittautuu, jos järjestelmä menettää virran. Varoventtiili estää ylipaineen muodostumisen järjestelmään. Paineilmajärjestelmästä karkaa vain ilmaa, jos siihen syntyy vuoto. Työntekijöille olisi hyvä pitää koulutus, jossa ohjeistetaan käyttämään syöttölaitetta turvallisesti.

7 YHTEENVETO

Projektin aiheena oli suunnitella koneistettujen kappaleiden laadunvalvonnan automatisointi. Yritys jakoi projektin kolmeen opinnäytetyöhön. Tässä opinnäytetyössä keskityttiin suunnittelemaan mittausjigin siirtoratkaisu. Työn tavoitteena oli kehittää tapa, jolla koneistetut kappaleet saataisiin mittahuoneeseen. Mittahuoneessa kappaleet tuli saada koordinaattimittakoneelle tarkastettavaksi.

Suunnittelu aloitettiin miettimällä kappaleiden siirtoratkaisua ja siinä päädyttiin käyttämään mobiilirobottia. Mobiilirobotin kartoittamisen ja ohjelmoinnin opetteluun meni oma aikansa. Seuraavaksi mobiilirobotti tuotiin työskentelytilaan. Työskentelytilassa mobiilirobotti kartoitettiin oikeaan paikkaan, ja sille ohjelmoitiin ase-
mien sijainnit. Myös mobiilirobotin käskyjen tekoon tutustuttiin.

Toisena ongelmana tässä työssä oli suunnitella ratkaisu, jolla mobiilirobotti saisi siirrettyä mittausjigin koordinaattimittauskoneelle. Tätä laitetta mietittäessä suunniteltiin monia erilaisia syöttölaitteita, joista kaikki paitsi lopullinen versio hylättiin. Syöttölaite päätettiin lopulta tehdä kuulajohteista ja voimansiirto suoritettaisiin paineilmalla.

Työtä vaikeutti muiden projektin jäsenten kanssa aikataulutusta ja maailmalla oleva pandemiatila, joka johtui Covid-19-viruksesta. Näistä huolimatta, työn tilaaja sai lopulta valmiin suunnitelman. Suunnitelmalla pystytään luomaan siirtoratkaisu koneistettujen kappaleiden automatisoinnissa. Tähän kuuluivat mobiilirobotin käyttöönotto, syöttölaitteen osat ja rakennusohjeet.

Työ tarjosi tarpeeksi haasteita monipuolisuutensa takia. Se myös opetti toimimaan osana projektiryhmää, sekä yksilön vastuuta. Yritysten kanssa kanssakäyminen opetti myös toimimaan hankkijana ja ostotarjousten tekijänä. Työn aikana automaation tarpeellisuus tulevaisuuden yrityksissä tuli myös tutuksi.

LÄHTEET

1. Heikkilä, Miika 2020. Koordinaattimittauskoneen jiggin suunnittelu. Opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan osasto.
2. Kotajärvi, Risto 2020. Automaattisen laadunhallintajärjestelmäarkkitehtuurin määrittely. Valmisteilla oleva opinnäytetyö. Oulu: Oulun ammattikorkeakoulu, tekniikan osasto.
3. Kokonaisuuksia & kustomointia. Oulu: Sähkö-Rantek. Saatavissa <https://www.rantek.fi/>. Hakupäivä 15.4.2020.
4. Yritys. Oulu: Sähkö-Rantek. Saatavissa: <https://rantek.fi/yritys/>. Hakupäivä 12.5.2020.
5. Koneistus. Oulu: Sähkö-Rantek. Saatavissa: <https://www.rantek.fi/palvelumme/koneistus/>. Hakupäivä 12.5.2020.
6. Kääminta. Oulu: Sähkö-Rantek. Saatavissa: <https://rantek.fi/palvelumme/kaaminta/>. Hakupäivä 12.5.2020.
7. Kokoonpano. Oulu: Sähkö-Rantek. Saatavissa: <https://rantek.fi/palvelumme/kokoonpano/>. Hakupäivä 12.5.2020.
8. Rouse, Margaret. – Brush, Kate 08/2019. Mobile robot (mobile robotics). Saatavissa: <https://internetofthingsagenda.techtarget.com/definition/mobile-robot-mobile-robotics>. Hakupäivä 18.2.2020.
9. Siegrawart, Roland – Nourbakhsh, R, Illah 2004. Introduction to Autonomous Mobile Robots. Cambridge, Massachusetts. The MIT Press.
10. Mobile robot. 2020. Wikipedia. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Mobile_robot. Hakupäivä 15.4.2020.
11. About Robotize. Robotize. Saatavissa: <http://www.robotize.com/about/>. Hakupäivä 2.3.2020.

12. Download material. Robotize. Saatavissa: <http://www.robotize.com/about/download-material/>. Hakupäivä 11.5.2020.
13. Approved and safe pallet stations. Robotize. Saatavissa: <http://robotize.com/our-products/accessories/>. Hakupäivä 5.5.2020.
14. GoPal 400. Wevolver. Saatavissa: <https://www.wevolver.com/wevolver.staff/gopal.400/>. Hakupäivä 15.4.2020.
15. Sanakirja verkossa. Glosbe. Saatavissa: <https://fi.glosbe.com/en/fi/LIDAR>. Hakupäivä 29.4.2020.
16. Kerns, Mike 2019. LIDAR: The Use of Light Detection and Ranging Technology 2019. Ohio: Lumitex. Saatavissa: <https://www.lumitex.com/blog/lidar-technology>. Hakupäivä 29.4.2020.
17. GoPal 400 - Data Sheet. Robotize. Saatavissa: <http://www.robotize.com/media/1236/gopal400-data-sheet-2018-03-09.pdf>. Hakupäivä 15.4.2020.
18. Leach, Richard. 2014. Fundamental Principles of Engineering Nanometrology, 2nd Edition. William Andrew Publishing 2014.
19. Zeiss at a glance. Zeiss. Saatavissa: <https://www.zeiss.com/corporate/us/about-zeiss.html>. Hakupäivä 15.4.2020.
20. History of Industrial Metrology. Zeiss. Saatavissa: <https://www.zeiss.com/corporate/int/about-zeiss/history/technological-milestones/industrial-metrology.html>. Hakupäivä 15.4.2020.
21. History. Zeiss. Saatavissa: <https://www.zeiss.com/metrology/about-us/history.html>. Hakupäivä 15.4.2020.
22. ZEISS ACCURA. Zeiss. Saatavissa: <https://www.zeiss.fi/metrology/products/systems/coordinate-measuring-machines/bridge-type-cmms/accura.html>. Hakupäivä 15.4.2020.
23. Hulkkonen, Veli 1988. Pneumatiikka 1. Keuruu: Otava.

24. Ellman, Asko – Hautanen, Juha – Järvinen, Kari – Simpura, Antti 2002. Pneumatiikka. Helsinki: Edita Prima Oy.
25. SFS-ISO 1219-1. 2015. Hydrauliset ja pneumaattiset tehonsiirtojärjestelmät ja komponentit. Helsinki: Metalliteollisuuden Standardisointiyhdistys.
26. Circuit diagram software. Aventics. Saatavissa: <https://www.aventics.com/en/service/engineering-tools/circuit-diagram-software/>. Hakupäivä 15.4.2020.
27. Modular Pneumatic Linear Drive Systems 2016. Parker Hannifin Ltd. Saatavissa: <https://www.parker.com/portal/site/PARKER/menuitem.bc659799d3cf5c6315731910237ad1ca/?vgnextoid=af487f71ad65e210VgnVCM10000048021dacRCRD&vgnnextfmt=FI>. Hakupäivä 7.5.2020.
28. CAD-konfiguraattori. Mekanex. Saatavissa: <https://www.mekanex.fi/tuotteet/lineaarijohteet/kuulajohteet>. Haettu 15.4.2020.
29. Linear guideway HG series G99TE17-1306. Hiwin. Saatavissa: https://www.mekanex.se/wp-content/uploads/hg_linear_guideway.pdf. Hakupäivä 28.5.2020.
30. Robotize ApS Support Team 2020. Using robotize brochures in my thesis work [#111399]. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Riku Hekkala. 28.5.2020

GoPal® System

Installation note for GoPal AUX interface



Robotize ApS

Document no.: 011099

Rev. B 07.10.2019



1 General

Prior to connection to the customer installation (automatic doors, fire alarm, etc.) the individual ports of the GoPal AUX interface must be configured by way of changing jumpers internally to required signal input / output.

The base dimension of the GoPal AUX interface is (L x W x H): 201 x 122 x 80 mm (including mounting flanches).

2 Jumper configuration

Each input- and output- port have two blocks of jumpers associated, one for the input port and one for the output port.

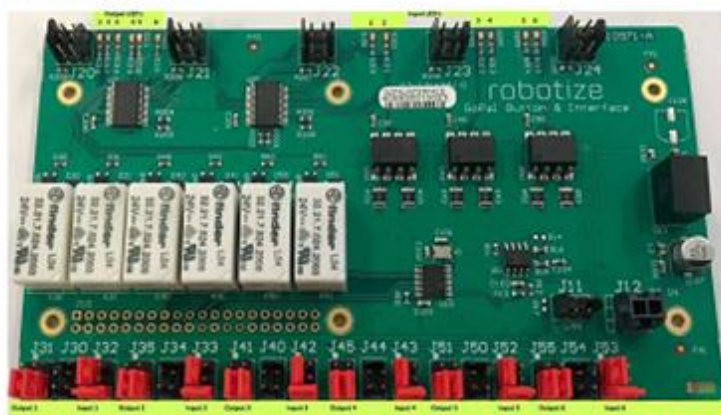


Figure 1 AUX interface PCB with jumpers in default position.

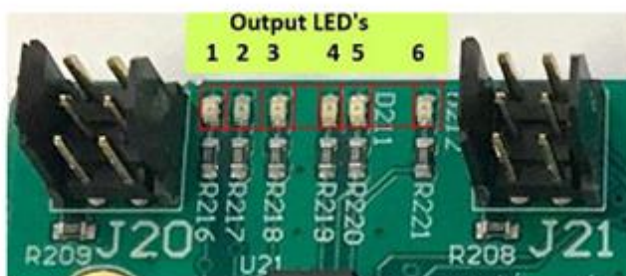


Figure 2 Output LED's

robotize



Figure 3 Input LED's

Gopal AUX interfaces are shipped with the default jumper settings set to accept 24VDC on the input as active signal, and the outputs is NO (normally open) 0V.

This mean that when an output is on it will provide 0V on the output, and floating when off Inputs are on when 24VDC is connected to the input and off when floating.



Figure 4 Jumper blocks

2.1 Input port jumper settings

Input ports can be configured to accept either 24VDC or 0VDC as input active signal.

The input jumper blocks are identified:

J32, J33, J42, J43, J52 and J53

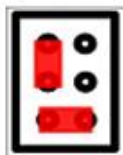


Figure 5 - 24V Input



Figure 6 - 0V input

Table 1 - Jumper view as figure 1



2.2 Output port jumper settings

Output ports can be configured to output either 24VDC or 0VDC and normally open (NO) or normally closed (NC).

The output jumper blocks are identified:

J31, J35, J41, J45, J51 and J55

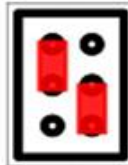


Figure 7 - NO 0V

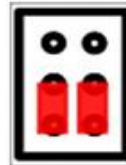


Figure 8 - NC 0V

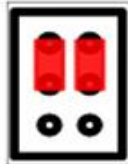


Figure 9 - NO 24V

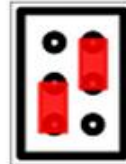


Figure 10 - NC 24V

Table 2 - Jumper view as figure 1



3 Electrical Input / Output interface

The GoPal AUX interface requires 230VAC, interface is fused with a 1AT ϕ 5x20mm fuse.

The Gopal AUX interface is equipped with 6 ports each with their own M8 socket wired according to the industrial standard of sensors wiring.

The signals are:

Port No.	Pin	Function	Options selectable by changing jumpers per port
1 - 6	1	24VDC out	Load max. 1A
	2	Output	NO 24VDC, NC 24VDC, NO GND, NC GND Relay contact max. 0.5A per output.
	4	Input	24VDC in, 0V DC in (Optocoupled)
	3	GND	

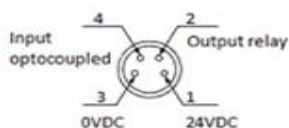


Figure 11 M8 socket on AUX interface, seen from outside

4 Network interface

The GoPal AUX interface can connect to the GoControl server by means of WLAN and is configured by inserting a USB stick containing the configuration generated by the GoControl server. See the installation manual for details