



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Lassi Koivisto

YHTEISTYÖROBOTIN KÄYTTÖÖNOT- TO TESTAUSSOLUSSA

Ampner Oy

Tekniikka
2019

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Lassi Koivisto
Opinnäytetyön nimi	Yhteistyörobotin käyttöönotto testaussolussa
Vuosi	2019
Kieli	suomi
Sivumäärä	47
Ohjaaja	Mika Billing

Tämä opinnäytetyö on tehty vaasalaiselle Ampner Oylle. Työn tarkoituksena oli suunnitella ja luoda konseptimalli yhteistyörobotilla automatisoidusta piirilevyjen testaussolusta. Tavoitteena oli, että valmiin mallin pohjalta, yritys pystyy fyysisesti toteuttamaan automatisoidun testaussolun.

Vaatimuksina työssä oli suunnitella ja mallintaa robotille ja piirilevytelineelle siirreltävät paikoilleen lukittavat kärret, sekä suunnitella miten testauslaitteen käyttöturvallisuus toteutetaan. Mallinnettujen komponenttien pohjalta oli tarkoitus luoda layout sekä simulaatio-ohjelma, jossa piirilevyjen testaus toteutetaan automatisoidusti yhteistyörobotin avulla.

Lopputulokseksi saatiin työn vähimmäisvaatimukset täyttävä automatisoitu testaussolu, josta solun toimintaperiaate käy kätevästi ilmi.

ABSTRACT

Author	Lassi Koivisto
Title	Initialization of Collaborative Robot in a Testing Cell
Year	2019
Language	Finnish
Pages	47
Name of Supervisor	Mika Billing

This thesis was made for the company Ampner Oy in Vaasa. The purpose of this thesis was to design and create a concept model for a collaborative robot automated circuit board testing cell. The aim was that the company can build an automated testing cell based on the finished model.

The requirements for the project were to design and model the lockable carts for the robot and for the PCB rack, and to design the implementation of the test device. Based on the modeled components, the purpose was to create a layout as well a simulation program where the testing of the circuit boards are automated by the collaborative robot.

The end result was an automated test cell that meets the minimum requirements of the thesis, from which the cellular principle of operation can easily be seen.

Keywords	Collaborative robot, automation, testing cell, layout and simulation program
----------	---

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	7
2	AMPNER OY.....	8
3	YHTEISTYÖROBOTIIKKA.....	9
	3.1 Yhteistyö- ja teollisuusrobottien väliset erot	9
	3.2 Historiaa.....	10
	3.3 Tulevaisuus	11
4	SUUNNITTELU	13
	4.1 Mekaniikkasuunnittelu.....	14
5	TYÖN KUVAUS JA RAJAUS.....	16
	5.1 Työn kuvaus.....	16
	5.2 Työn rajaus.....	16
6	TYÖSSÄ KÄYTETYT OHJELMISTOT JA LAITTEET.....	18
	6.1 Siemens NX10	18
	6.2 Visual Components 4.0.....	18
	6.3 UR10-Robotti.....	18
	6.4 Testauslaite	19
	6.5 Testiasema.....	20
7	TYÖN TOTEUTUS	22
	7.1 Työn aloitus	22
	7.2 Lukitus- ja kohdistusmekanismin suunnittelu.....	22
	7.3 Robotin kärryn suunnittelu ja mallinnus.....	27
	7.3.1 Kärryn korkeudensäätö	30
	7.4 Korttiteline ja korttitelineen kärry	33
	7.5 Käyttöturvallisuus	35
	7.6 Robotin tarttujan valinta	39
	7.7 Lopullisen layoutin ja simulaation luominen.....	41
	7.7.1 Layoutin luominen	41

7.7.2 Simulaation luominen	42
8 YHTEENVETO	46
LÄHTEET.....	47

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Avustava nostolaite testattavana General Motorsin tehtaalla.	11
Kuva 2. Insinöörin suunnitteluprosessi.	14
Kuva 3. UR10-yhteistyörobotti.	19
Kuva 4. Testauslaite ja testattava piirikortti.	20
Kuva 5. Yritykseltä saadun testiaseman 3D-malli.	21
Kuva 6. Räjätyskuva kohdistus ja lukitusmekanismista.	23
Kuva 7. Testauslaite asennettuna testiaseman päälle, L-palat paikoillaan.	24
Kuva 8. Testauslaite ja robotin kärry toisiinsa yhdistettynä.	25
Kuva 9. Kärryn ja testauslaitteen kohdistus-lukitus (ilman sokkia).	26
Kuva 10. Kärryn ja testauslaitteen kohdistus.	27
Kuva 11. Minitecin alumiiniprofiileilla kasattu robotin kärryn runko.	29
Kuva 12. Valmis robotin kärry.	30
Kuva 13. Kammella säädettävä pumppu, sekä neljä korkeussäätösylinteriä.	32
Kuva 14. Pöydän jalkaan upotettu sylinteri.	33
Kuva 15. Mallinnettu korttiteline ja siirreltävä kärry.	35
Kuva 16. Allen-Bradley GuardShiel Micro 400.	37
Kuva 17. Testaussolu, jossa turvakehikko, valoverhot ja suojalevyt paikoillaan.	38
Kuva 18. Räjätetty testaussolu.	39
Kuva 19. Testattava kortti ja nuolilla merkatut tarttujan tarttumispisteet.	40
Kuva 20. Lopullinen Visual Components 4.0:lla viimeistelty layout.	42
Kuva 21. Robotin paikoituspisteet.	44
Kuva 22. Valmis robottiohjelma.	45

1 JOHDANTO

Yhteistyörobotiikka on nykypäivän teollisuudessa jatkuvasti suosiotaan kovalla vauhdilla kasvattava trendi. Yhä useammat yritykset investoivat tuotannossaan yhteistyöroboteihin, jotka työskentelevät tuotannon erilaisissa tehtävissä ihmisten apuna.

Tämä opinnäytetyö tuli ajankohtaiseksi, kun kohdeyritys, jolle tämä työ tehdään, pyrkii vastaamaan tulevaisuuden tarpeisiin, tarjoamalla asiakkaille pidemmälle vietyjä automatisoituja ratkaisuja piirilevyjen testauksessa. Kiireellisestä aikataulusta johtuen, tämä projekti on kuitenkin jäänyt taka-alalle, joten se on päätetty ulkoistaa.

Työ oli erittäin laaja, joten se jaettiin tehtäväksi kahden opiskelijan kesken. Toinen opiskelijoista perehtyy omassa työssään enemmän robotiikkaan ja kaikkeen siihen liittyvään, kun taas toinen opiskelijoista, tässä tapauksessa minä, sain tehtäväkseni testaussolun mekaanisen osuuden.

Tässä opinnäytetyössä on saatuja lähtötietoja hyväksi käyttäen suunniteltu ja mallinnettu robotille ja korttitelineelle sopivat kärryt, asiaankuuluvilla siirreltävyys sekä kohdistus- ja lukitusmekanismeilla. Testauslaitteen käyttöturvallisuuden suunnittelu, oli myös keskeinen tekijä tässä projektissa. Lisäksi robotille tuli valita tai mahdollisesti suunnitella työhön parhaiten soveltuva tarttuja. Lopuksi kaikkien suunniteltujen ja mallinnettujen komponenttien pohjalta, luotiin testaussolun layout sekä simulointiohjelma, Visual Components 4.0 -ohjelmalla. Valmista työtä on tarkoitus käyttää konseptimallina, testaussolua fyysisesti tulevaisuudessa valmistettaessa.

Työ tehtiin Vaasan ammattikorkeakoulussa, Technobothnian tiloissa. Työtä tehdessäni sain koululta käyttööni Siemens NX10- sekä Visual Components 4.0 -ohjelmat.

2 AMPNER OY

Ampner Oy on vuonna 2012 perustettu vaasalainen teollisuuspalveluyritys, jonka keskeinen toimiala on sähkötekniinen suunnittelu. Yritys tarjoaa asiakkailleen tuotteita ja palveluja energialähteiden verkkoon liittämiseksi sekä teollisia testausjärjestelmiä. Lisäksi yritys luo älykkäitä ratkaisuja erilaisten energialähteiden hallintaan, testaukseen ja laadun varmistamiseen. Yhtiöllä on apunaan vuosien kokemus, viimeisin teknologia ja korkea ammattitaito.

Yritys pyrkii jatkuvasti kehittämään ja luomaan parempia ideoita ja ratkaisuja asiakkaiden toiveiden täyttämiseksi.

Ampner Oy:n tytäryhtiö Testcom Oy on erikoistunut teollisuuden testaus- ja laadunvalvontajärjestelmien tuottamiseen teho- ja automaatioalalle. /1/

Yrityksen liikevaihto vuonna 2017 oli 1 946 000 euroa. Työntekijöitä yrityksellä on 18 kpl. /2/

3 YHTEISTYÖROBOTIIKKA

Yhteistyörobotiikka ja yhteistyörobotit ovat tämän päivän teollisuudessa jatkuvas-
ti suosiotaan ja nousuaan kasvattava trendi, jota yhä useampi yritys käyttää hyö-
dyksi toiminnassaan jollain tavalla. Pelkästään nimi ”yhteistyörobotti” kertoo kai-
ken oleellisen, robotti on suunniteltu työskentelemään yhdessä ihmisten kanssa.
/3/

3.1 Yhteistyö- ja teollisuusrobottien väliset erot

Suurimmat erot perinteisten teollisuusrobottien ja yhteistyörobottien välillä ovat:

- Yhteistyötoiminto. Toisin kuin isot ja kankeat teollisuusrobotit, yhteistyö-
robotti ei tarvitse turva-aitoja ympärilleen vaan työskentelee samassa tilas-
sa kanssakäymisessä ihmisten kanssa, toimien ihmisten apuna.
- Toinen merkittävä ero on se, että ihmiset voivat keskittyä päätoimiseen
työtehtäväänsä yhteistyörobotin tehdessä yksinkertaisempia ja helpompia
tehtäviä samaan aikaan. Tämä on myös taloudellisesti kannattavaa, koska
yhteistyörobotti ei tarvitse jatkuvaa valvontaa.
- Kolmas ja tärkein asia on turvallisuus. Yhteistyörobotit on suunniteltu
työskentelemään turvallisesti ihmisten rinnalla. Yhteistyörobotin liikkeit
ja voimat ovat paljon pienemmät verrattuna teollisuusrobotteihin ja pysäh-
tyvät välittömästi, jos meinaavat aiheuttaa vaaratilanteen.
- Merkittävä ero on myös helppo ohjelmoitavuus. Toisin kuin teollisuusro-
botti, yhteistyörobotin ohjelmoimiseen ei tarvita erityisiä tietokoneohjel-
mointitaitoja. Yhteistyörobotit ovat kykeneviä oppimaan, mikä mahdollis-
taa robottien ohjelmoimisen taluttamalla. Taluttaessa robotin käsivartta,
robotti muistaa talutetut liikeradat ja osaa jälkeinpäin toistaa ne. Tämän
toiminnon ansiosta ohjelmoijan ei tarvitse olla robotiikan ammattilainen,
vaan ohjelmointiin kykenee käytännössä kuka tahansa.
- Etenkin yritysten näkökulmasta merkittävin ero on varmasti yhteistyöro-
botin edullisuus. Hinnaltaan yhteistyörobotit ovat paljon teollisuusrobotte-
ja edullisempia ja yhteistyörobotin helpon ohjelmoitavuuden ja siirreltä-

vyyden ansiosta robottia on helppo käyttää monissa erilaisissa projekteissa ja työtehtävissä, mikä tekee yhteistyöroboteista paljon tuottoisampia. /3/

3.2 Historiaa

Ensimmäiset versiot yhteistyöroboteista syntyivät vuonna 1996 Northwesternin yliopiston professorien J. Edward Colgaten ja Michael Peshkinin työn seurauksena. Näistä syntyneistä laitteista käytettiin nimitystä ”älykkäät avustuslaitteet”. Näiden laitteiden suunnitteleminen tuli ajankohtaiseksi, kun Yhdysvaltalainen autonvalmistaja General Motors sai 90 luvun alussa työturvallisuus- ja työterveysvirasto OSHA:lta kehotuksen aloittaa projekti, jonka tarkoituksena olisi suunnitella ja kehittää avustavia laitteita autoteollisuuteen, työergonomia ongelmien vähentämiseksi.

General Motors nimitti insinööriensä Prasad Akellan vastuuhenkilöksi tähän projektiin. Akella ja hänen tiiminsä hankkivat asiantuntijoita yliopistoista ympäri Yhdysvaltoja työskentelemään tämän projektin parissa. Northwesternin yliopistosta General Motorsin tuki meni Colgatelalle ja Peshkinille, joiden tutkimustyön tuloksena syntyivät ensimmäiset yhteistyörobotit.

Colgate ja Peshkin etsivät keinoa parantaa työntekijöiden työergonomiaa robottien avulla, ilman että robotit itsessään aiheuttaisivat vaaratilanteita ihmisille. He saivat ajatuksen, että robotit ja ihmiset voisivat työskennellä yhteistyössä rinta rinnan. Turvallisuuden ja parhaan mahdollisen hyödyn varmentamiseksi, robotti pystyisi kannattelemaan suurtakin kuormaa, mutta ei pystyisi liikuttamaan tätä, ei ilman, että käsky tulee ihmiseltä.

Aluksi tätä keksittyä laitetta kutsuttiin ”ohjelmoitavaksi rajoitelaitteeksi” (programmable constraint machine), mutta myöhemmin laitteesta alettiin käyttää nimitystä yhteistyörobotti, koska laitteessa korostuu ihmisen ja robotin välinen yhteistyö. Tätä Colgaten ja Peshkinin kehittämää laitetta pidetään siis yhteistyörobotin ensimmäisenä versiona. /4/



Kuva 1. Avustava nostolaite testattavana General Motorsin tehtaalla.

3.3 Tulevaisuus

Yhteistyörobotiikkamarkkinat ovat tänä päivänä vielä varsin uusi tuttavuus, mutta tälle saralle on odotettavissa valtava kasvu seuraavien seitsemän vuoden aikana. Yhteistyörobotit kehittyvät päivä päivältä yhä enemmän ja niiden käytännöllisyys ja hyödyllisyys teollisuudessa kasvaa jatkuvasti.

Yhä useammat maailmanlaajuisesti toimivat robottivalmistajat pyrkivät kehittämään markkinoille omia yhteistyörobottimallejaan, etteivät jäisi tällä jatkuvasti suosiotaan kasvattavalla markkina-alueella kilpailijoidensa jalkoihin.

Loup Venturesin vuoden 2018 alkupuolella julkaiseman raportin mukaan maailmanlaajuisen robotiikan menot nousevat 13 miljardiin dollariin vuoteen 2025 mennessä. Yhteistyörobottien muodostama osuus tästä 13 miljardista on tällä hetkellä vain 3 %, mutta vuonna 2025 tämän osuuden oletetaan nousevan 34 %.

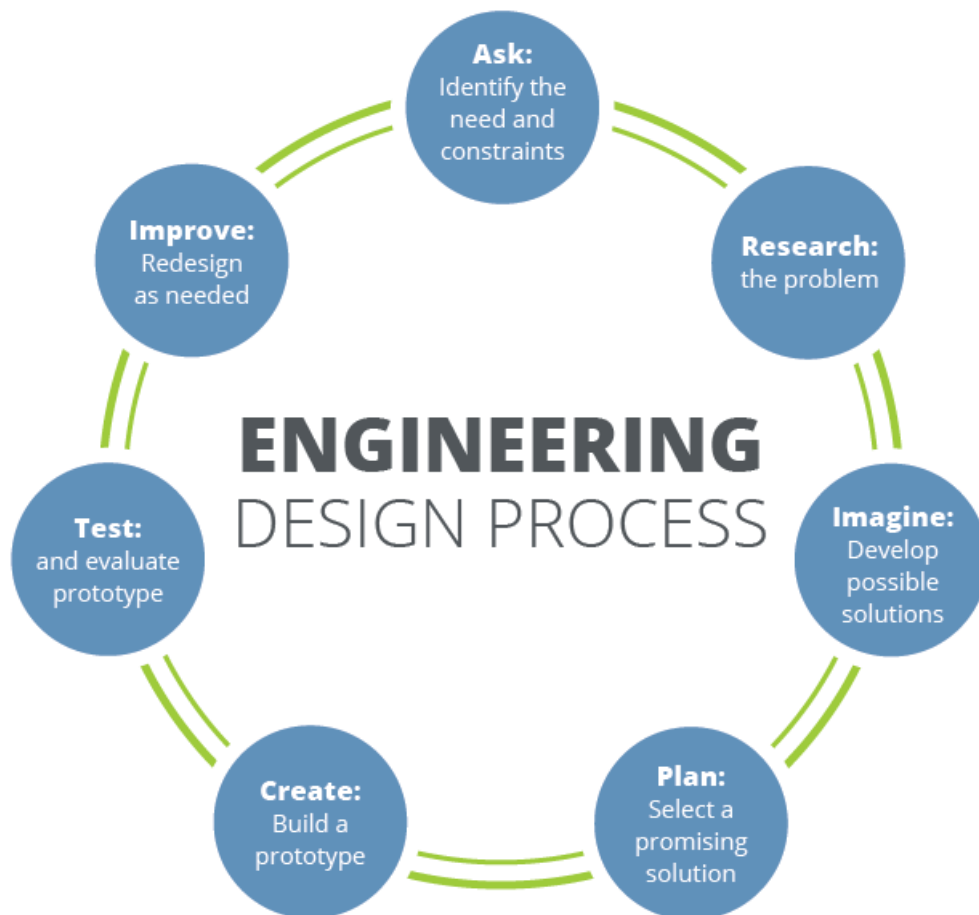
Merkittävimpiä tekijöitä yhteistyörobotiikan suosion kasvamiselle ovat etunenässä niiden jatkuvasti laskeva hintansa. Nykypäivänä monet yhteistyörobotit ovat saa-

tavilla alle 45 000 dollarilla, jonka ansiosta jo pelkkä edullinen hinta, antaa yrityksille hyvän lähtökohdan ja perustelun investoida yhteistyörobottiin. Toinen merkittävä asia suosion kasvamiselle on niiden nopea ja helppo ohjelmitavuus. Tämän johdosta robotit on helppo asettaa ja ohjelmoida toimintakuntoon, joka puolestaan lisää robotin joustavuutta, mikä tarkoittaa sitä, että robotit voivat suorittaa erilaisia tehtäviä virheettömästi ja parantaa investoinnin tuottoa yritykselle entisestään. /5/

4 SUUNNITTELU

Suunnittelu on hyvin laaja käsite. Suunnittelutyötä on monenlaista ja sen voi jakaa moneen eri osa-alueeseen, kuten mekaniikkasuunnitteluun, sähkösuunnitteluun, ohjelmistosuunnitteluun ja esimerkiksi pneumatiikka sekä hydrauliikkasuunnitteluun. Lisäksi kaikki edellä mainitut osa-alueet sisältävät monia pienempiä osakokonaisuuksia. Mekaniikka ja erilaiset rakenteet ovat tässä opinnäytetyössä keskeisessä roolissa, joten tässä luvussa on keskitytty pelkästään mekaniikkasuunnitteluun yleisellä tasolla.

Seuraavalla sivulla (**Kuva 2.**) on kuvattu insinöörin suunnitteluprosessi ja sen sisältämät työvaiheet. Insinöörin suunnittelutyö lähtee liikkeelle sillä, että suunnittelija tunnistaa työn tarpeellisuuden. Eli miksi tämä työ tehdään ja mitä siihen kuuluu? Toinen vaihe prosessissa edetessä on mahdollisen ongelman tunnistaminen, joka suunnittelutyön lopputuloksella pyritään ratkaisemaan. Seuraavassa vaiheessa insinööri pohdiskelee ja listaa ylös mahdollisia ratkaisuja. Tämän jälkeen ylös kirjaamistaan vaihtoehtoista, suunnittelija valitsee mielestään parhaan, jonka varaan hän suunnittelutyötä alkaa rakentamaan. Prosessin kaksi seuraavaa kohtaa pitävät sisällään työvaiheet, jossa valikoimansa parhaan mahdollisen vaihtoehdon pohjalta, insinööri pyrkii suunnittelemaan prototyypin ja testaamaan sen toimivuuden ja käyttökelpoisuuden. Viimeisessä työvaiheessa, testattuaan prototyypin käyttökelpoisuuden ja toimivuuden, insinööri miettii mahdolliset kehitys ja parannus toimenpiteet, joita prototyyppi vielä vaatii, ennen kuin suunnittelutyön tulos antaa vastauksen ongelman ratkaisemiseksi.



Kuva 2. Insinöörin suunnitteluprosessi.

4.1 Mekaniikkasuunnittelu

Mitä mekaniikkasuunnittelu tarkoittaa ja mitä kaikkea mekaniikkasuunnitteluun kuuluu? Mekaniikkasuunnittelu on paljon laajempi käsite, mitä ulkopuolinen voi kuvitellakaan. Vasta koulusta valmistunut insinöörikään ei välttämättä vielä tiedä kuinka laaja-alueisesta tehtävästä loppujen lopuksi on kyse.

Jos haluaisi lyhyesti ilmaista mitä mekaniikkasuunnittelu on ja mitä mekaniikkasuunnittelija tekee, niin kyseessä on henkilö, joka jonkinlaisen idean tai lähtötiedon pohjalta suunnittelee ja tätä kautta kehittää toimivan fyysisen tuotteen, tai vastaavasti, pyrkii suunnittelun kautta kehittämään ja parantelemaan, jotain jo

olemassa olevaa tuotetta tai kokonaisuutta. Tämä voi kuulostaa yksinkertaiselta ja helpolta, mutta mekaniikkasuunnittelussa on mietittävä monta pikkutarkkaa asiaa suunnittelutyötä tehdessä. Mekaniikkasuunnittelijan on prosessin aikana mietittävä esimerkiksi mahdollisten ruuvien kokoa ja miettiä miten erilaiset kappaleet sopivat yhteen. Suunnittelijan on myös pyrittävä siihen, että tuotteen valmistus tulee mahdollisimman halvaksi toteuttaa, laadusta siltikään tinkimättä.

Täytyy kuitenkin muistaa, että työelämässä mekaniikkasuunnittelijan ei tarvitse tätä kaikkea kuitenkaan tehdä yksin. Varsinkin nykypäivänä lähes aina, mekaniikkasuunnittelijan kanssa työskentelee yhteistyössä elektroniikkasuunnittelija. Yhteistyössä mekaniikka- ja elektroniikkasuunnittelija pyrkivät miettimään, miten tuotteeseen saadaan kaikki tarvittava elektroniikka mahtumaan mukaan ja millaisia käytännön toimenpiteitä se mekaniikkasuunnittelijalta vaatii. /6/

5 TYÖN KUVAUS JA RAJAUS

5.1 Työn kuvaus

Tässä opinnäytetyössä tarkoituksena oli suunnitella Ampner Oy:lle toimiva ratkaisu piirilevyjä testaavan testausaseman automatisoimiseksi yhteistyörobotin avulla. Tavoitteena on, että valmista opinnäytetyötä apuna käyttäen, yritys pystyy fyysisesti toteuttamaan toimivan automatisoidun testaussolun. Tärkeitä keskeisiä huomioitavia asioita projektissa oli käyttöturvallisuus sekä kehitellä robotille kärry, jota on mahdollista myös siirrellä. Lisäksi kärryn korkeutta tulisi pystyä jonkin verran säätämään, että robottia voi tarpeen vaatiessa siirrellä ja käyttää eri paikoissa.

5.2 Työn rajaus

Työ oli erittäin laaja, joten se jaettiin tehtäväksi kahden opiskelijan kesken. Toisen opiskelijan tehtäväksi työssä kuului robotiikka, joka sisälsi robotin ohjelmoinnin ja opastuksen, miten ohjelmoinnin voi suorittaa, robotin suorittaman työvaiheen animaation luomisen, robotin käyttöturvallisuuden määrittelyn sekä kommunikoinnin robotin ja testiaseman välillä.

Toisen opiskelijan, eli tässä tapauksessa minun tehtäväkseni tässä työssä jäi mekaaninen osuus, joka käytännössä sisälsi robotin kärryn suunnittelun ja kärryn testiasemaan kiinnittymisen suunnittelun, korttitelineen valinnan ja suunnittelun sekä jonkinlaisen kärryn suunnittelun telineen alle, robotin tarttujan valinnan, testauslaitteen käyttöturvallisuuden suunnittelun, sekä luoda layout ja animaatio Visual Component 4.0 avulla, jossa kaikki valitut ja suunnitellut komponentit ovat paikoillaan. Lisäksi tarkoituksena oli, että valmista opinnäytetyötä hyväksi käyttäen, yritys pystyy fyysisesti valmistamaan asiakkaalle toimivan automatisoidun testaussolun. Alla eriteltyinä omat työvaiheeni tässä projektissa:

- Robottisolun 3D mallinnus (robotille teline ja kärry, liittyminen testiasemaan, sopivan tarttujan valinta, turva- sekä suojakomponentit paikoilleen)

- Korttitelineen valinta/suunnittelu
- Robottisolun toiminnan simuloiminen Visual Component 4.0 -ohjelmalla (robotti ottaa piirilevyn telineestä, laittaa testauslaitteeseen ja vie testin jälkeen toiseen telineeseen tai vastaavaan).

6 TYÖSSÄ KÄYTETYT OHJELMISTOT JA LAITTEET

Seuraavassa osuudessa on lueteltu ja kuvailtu lyhyesti tietokoneohjelmat ja laitteet, joita tässä opinnäytetyössä on käytetty. Tässä työssä käytetyt laitteet eivät olleet fyysisesti käytössä, vaan ainoastaan niiden 3D-mallit, joita tarvittiin layoutin ja simulointiohjelman luomisessa, sekä apunaturva-, kiinnitys- ja kohdistuskomponentteja ja -laitteita suunniteltaessa.

6.1 Siemens NX10

NX10 on Siemens PLM Softwaren kehittämä 3D-mallinnusohjelmisto, jossa on mukana CAD-, CAM-, CAE- ja PLM-ominaisuudet. NX on yksi eniten käytetyistä mallinnusohjelmistoista. Muita samantyyllisiä ohjelmia ovat esimerkiksi Solid Edge, Autodesk Inventor ja Solidworks. /7/

6.2 Visual Components 4.0

Visual Components on johtavia 3D-simulointiohjelmistoja maailmassa. Sadat yritykset ympäri maailmaa käyttävät ohjelmistoa mm. layoutin suunnitteluun ja tuotannon simulointiin. Ohjelma on erittäin suosittu ja käytetty esimerkiksi autoteollisuudessa. /8/

6.3 UR10-Robotti

Universal Robots on vuonna 2005 perustettu tanskalainen maailman johtava yhteistyörobottien valmistaja. Yrityksen kolme merkittävintä ja samalla päätuotetta ovat UR-sarjan käsivarsiyhteistyörobotit UR3, UR5 ja UR10. /9/

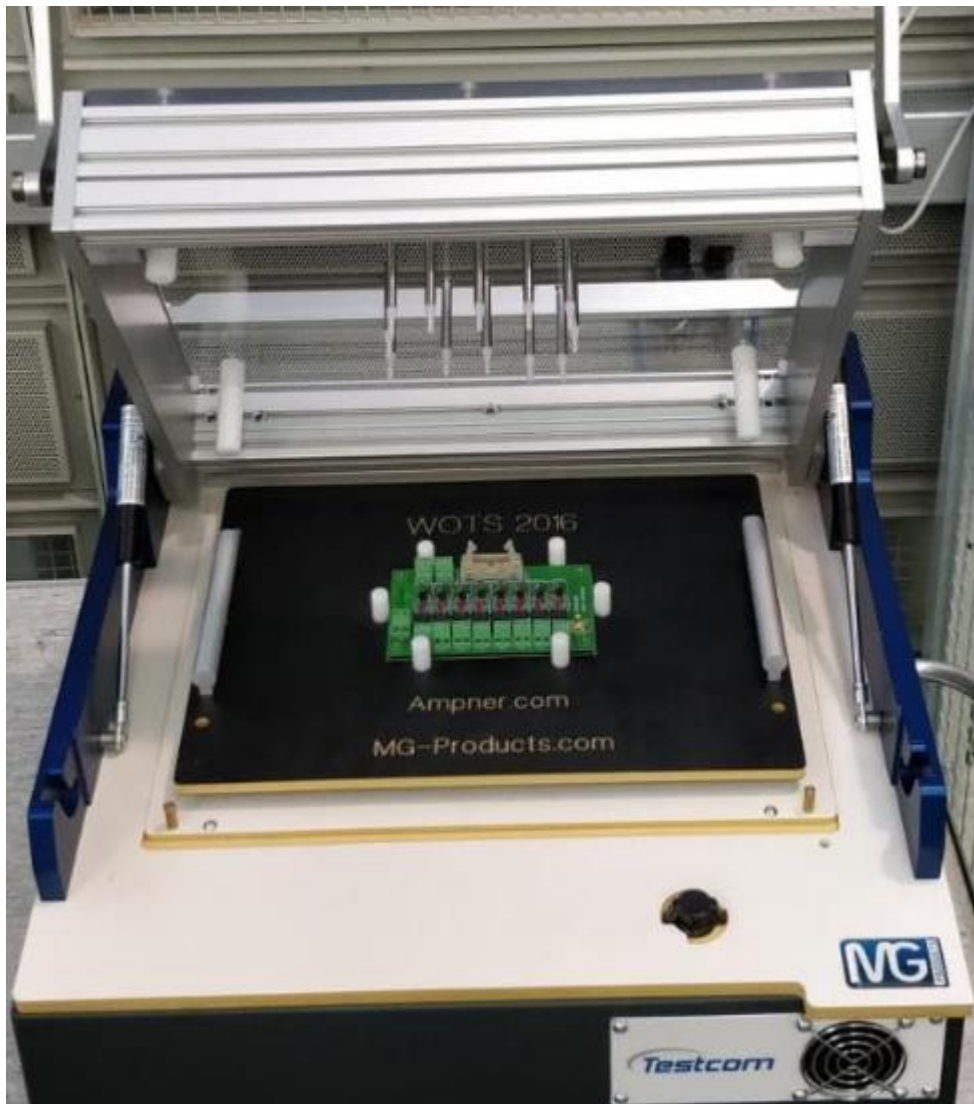
UR10 on Universal Robotsin suurin yhteistyörobotti, jonka maksimikuorma on 10 kg. 1,3 metrin ulottuvuutensa ansiosta erittäin käyttökelpoinen työskentelemään myös laajemmalla alueella. Robotti soveltuu erinomaisesti esimerkiksi pakkaukseen tai kokoonpanoon. /10/



Kuva 3. UR10-yhteistyörobotti.

6.4 Testauslaite

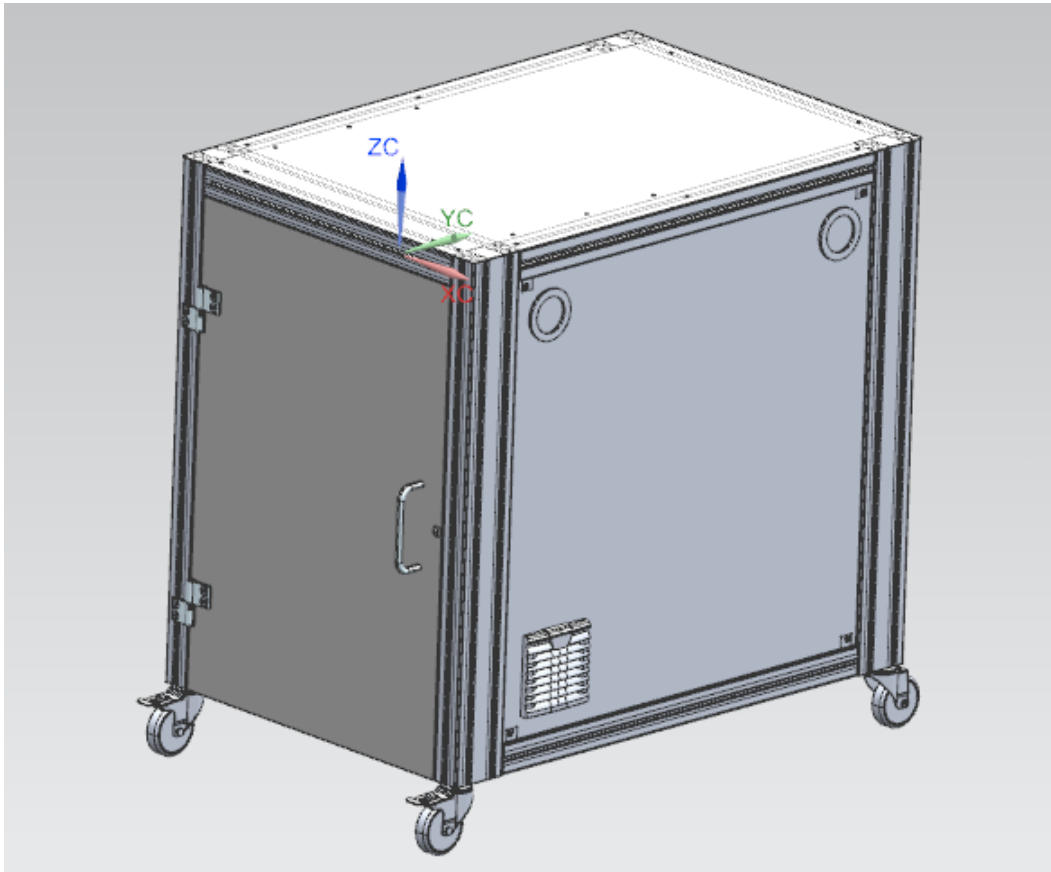
Nykyaikaisen elektroniikan standardit edellyttävät, että tuotteelle on taattava korkealaatuinen sähkötestaus. Tämä taas edellyttää luotettavaa sähköliitintä testauslaitteen ja testattavan tuotteen välillä. Juuri tähän tarkoitukseen MG Products on kehittänyt lineaarisia testisovittimia: MG-sarjan testisovittimet. Näiden testisovittimien luotettavuus ja tarkkuus määritellään mekaanisella rakenteella ja sen takia testaussovittimissa käytetään kiinteitä alumiinisia osia. /11/



Kuva 4. Testauslaite ja testattava piirikortti.

6.5 Testiasema

Lähtötietona tähän työhön sain yritykseltä 3D-mallin pyörillä siirreltävästä sekä paikalleen lukittavasta testiasemasta, jonka päälle testauslaite tuli opinnäytetyössä asettaa. Testiaseman 3D-mallia käytettiin apuna lukitus-kohdistusmekanismia suunniteltaessa sekä layoutin ja simulointiohjelman luomisessa.



Kuva 5. Yritykseltä saadun testiaseman 3D-malli.

7 TYÖN TOTEUTUS

7.1 Työn aloitus

Työ polkaistiin käyntiin aloituspalaverilla Ampner Oy:n tiloissa Vaasan Runsoris-sa, jossa käytiin läpi mitä tällä opinnäytetyöllä halutaan saavuttaa ja mitä työvai- heita se sisältää. Yritykseltä sain myös tarvittavat lähtötiedot, joiden avulla pääsen työssä alkuun. Palaverissa sovittiin myös, että raportoin ohjaajalleni yrityksessä kerran viikossa työn edistymisestä.

Työn aikaansaannosten läpikäymiseksi, sovimme ohjaajan kanssa läpikäyntipala- vereista kahden viikon välein, jolloin menen käymään firmalla ja annan tilannera- portin.

Lähtötietona yritykseltä sain 3D-mallit testiasemasta, testauslaitteesta sekä ennak- koon valitun korttitelineen valmistajan tuotekuvauksen sekä piirustukset, joiden pohjalta tätä työtä varten itse mallinsin havainnollistavan kuvan layoutia ja simu- lointiohjelmaa varten.

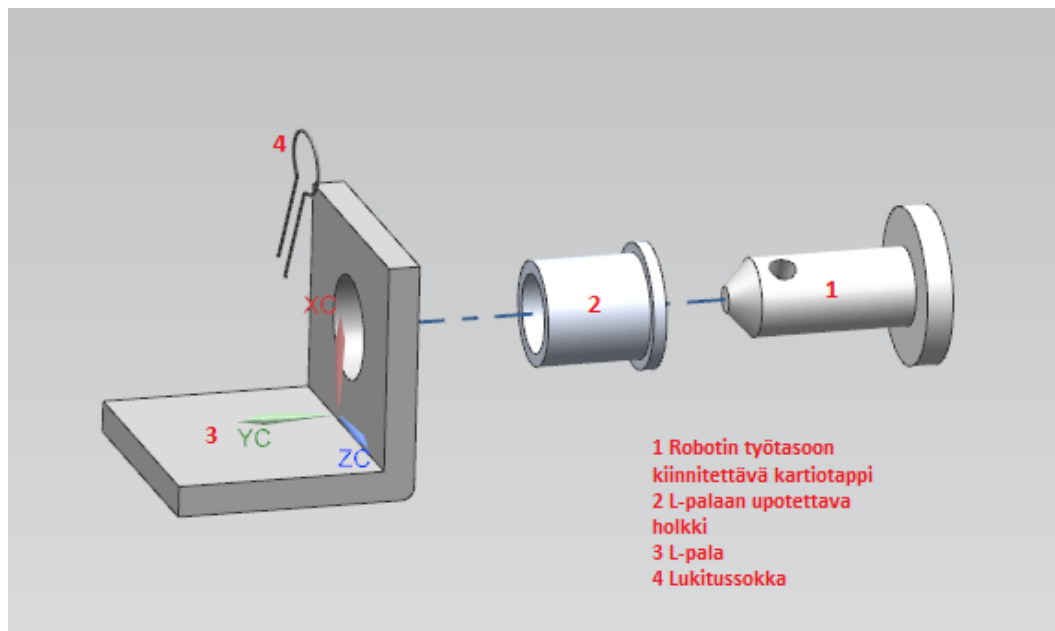
7.2 Lukitus- ja kohdistusmekanismin suunnittelu

Ennen kuin lähdin miettimään millaiselle työtasolle tai kärrylle yhteistyörobotti työssä tullaan asettamaan, päätin lähteä liikkeelle, miettimällä, miten robotin työ- tason ja testauslaitteen saisi kohdistettua ja lukittua keskenään riittävän yksinker- taisesti ja riittävän tarkasti, jotta robotin työpisteet pysyvät samoina.

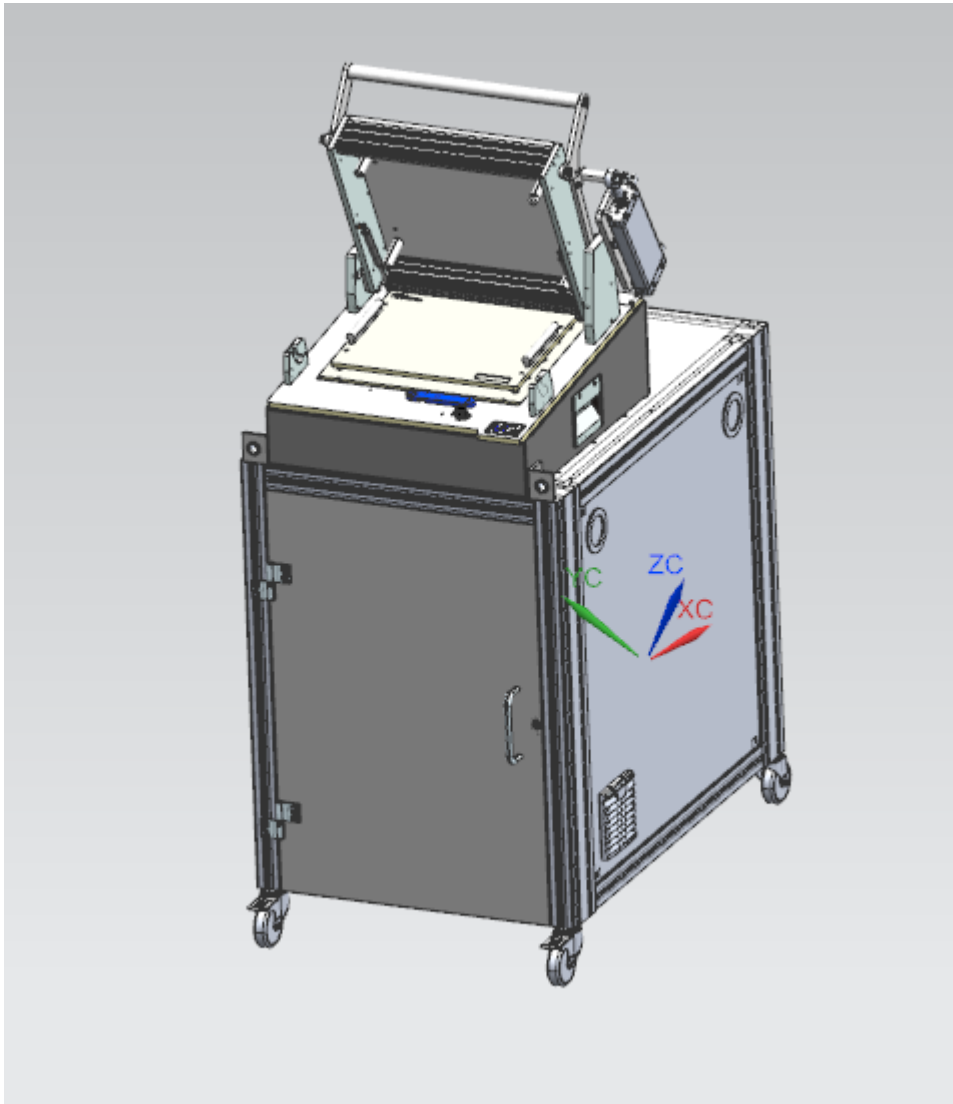
Internetiä apuna käyttäen kartoitin erilaisia ratkaisuvaihtoehtoja. Tutkimustyön tuloksena, pidin kahta vaihtoehtoa parhaimpana. Ensimmäinen vaihtoehto oli kohdistuksen ja lukituksen toteuttaminen pystysuoraan robottikärryn kanteen kiinnitetyillä hampailla tai tapeilla, jotka korkeutta säätämällä laskettaisiin tes- tauslaitteessa sijaitseviin vastakappaleisiin. Toisessa vaihtoehdossa kohdistus ja lukitus suoritettaisiin vaakasuoraan robottikärryn kanteen kiinnitetyillä kartiota- peilla ja testauslaitteen kylkiin, koneistettuihin L-paloihin kiinnitetyillä vastakap- paleilla (**Kuva 6.**). Keskustelin asiasta myös ohjaajani kanssa palaverissa ja pää- dyimme tässä projektissa ratkaisuun, että lukitus toteutetaan vaakasuoraan asenne-

tuilla koneistetuilla L-paloilla. Lukitus tässä kyseisessä vaihtoehdossa suoritetaan sokkien avulla. Molemmat vaihtoehdot vaikuttivat fiksuilta ja se, että tässä projektissa päädyttiin jälkimmäiseen vaihtoehtoon, ei poissulje ensimmäisen vaihtoehdon käyttämistä testaussolun fyysisessä toteutuksessa. Muutos on täysin mahdollinen, koska se ei aiheuta suuria muutoksia tai toimenpiteitä tämän projektin muihin työvaiheisiin. Molemmissa vaihtoehdoissa kohdistus ja lukitus toteutuvat kätevästi samalla.

Mallinsin kohdistukseen ja lukitukseen tarvittavat osat NX10-ohjelmalla ja tein myös komponenteista kokoonpano ja räjäytyskuvat toimintaperiaatteen selventämiseksi.

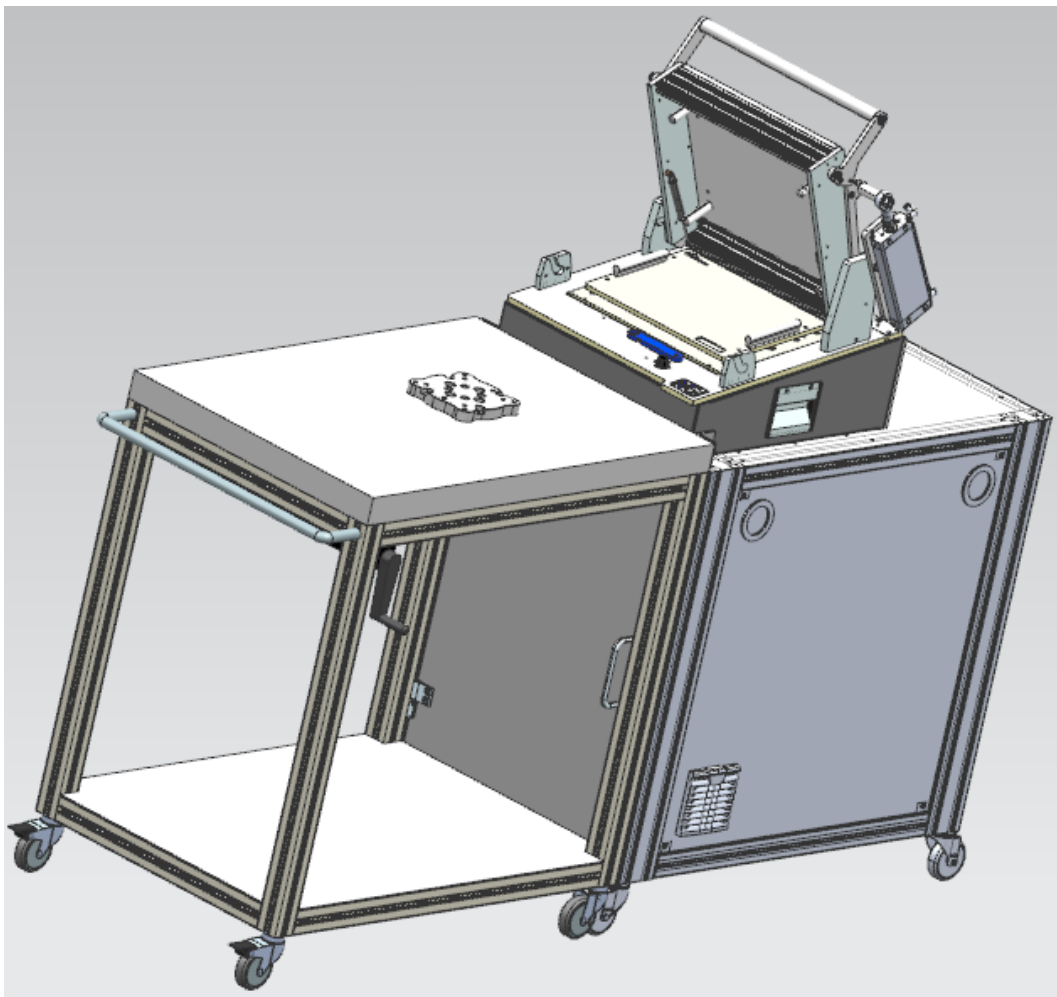


Kuva 6. Räjäytyskuva kohdistus ja lukitusmekanismista.

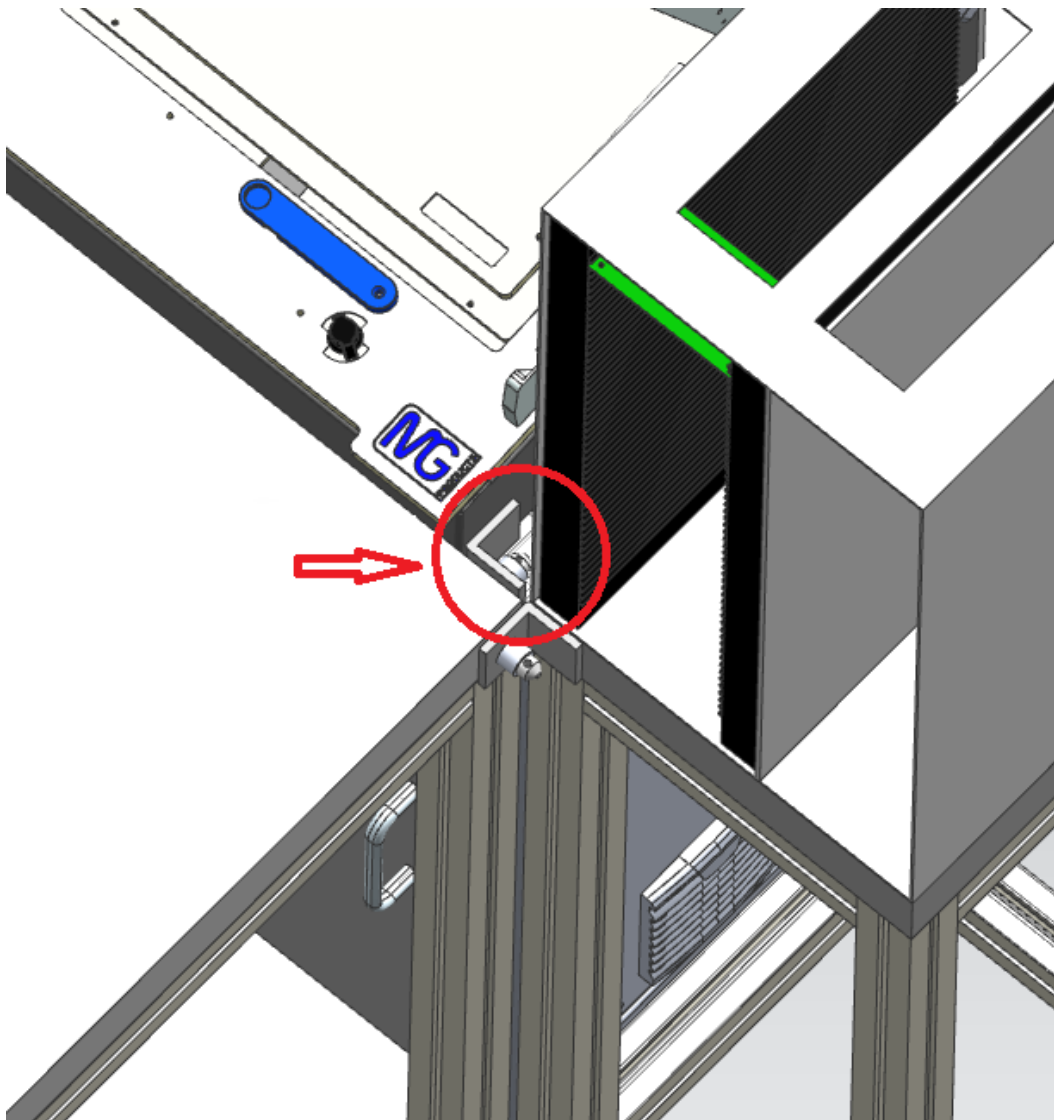


Kuva 7. Testauslaite asennettuna testiaseman päälle, L-palat paikoillaan.

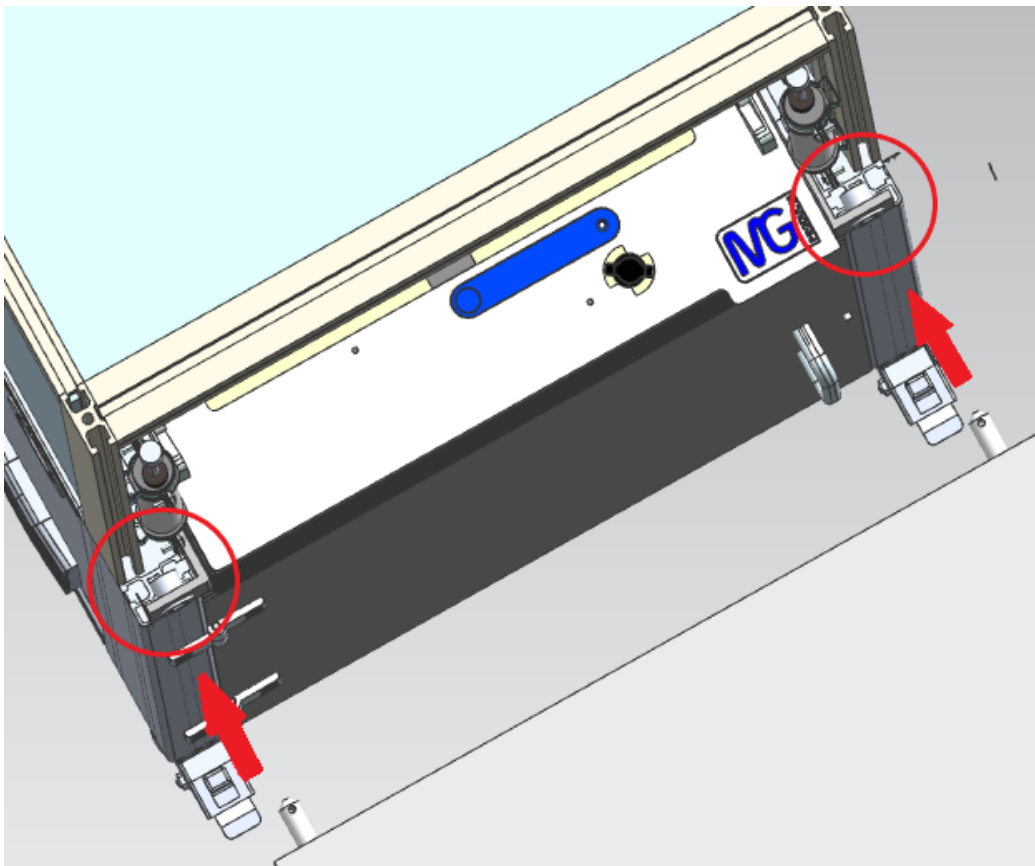
Lopputuloksena saatiin toimiva ratkaisu pöydän ja testauslaitteen yhdistämiseksi, jossa L-palat ovat kiinnitettynä laitteen molemmille puolille ja vastaavasti kartiotapit ovat kiinnitettynä robotin kärryn korkeussäädettävän kannen etureunaan, L-palojen kanssa samaan kohtaan. Alapuolella lisättyinä kolme havainnollistavaa kuvaa robotin kärryn ja testauslaitteen yhteen liittämistä.



Kuva 8. Testauslaite ja robotin kärry toisiinsa yhdistettynä.



Kuva 9. Kärryn ja testauslaitteen kohdistus-lukitus (ilman sokkia).



Kuva 10. Kärryn ja testauslaitteen kohdistus.

7.3 Robotin kärryn suunnittelu ja mallinnus

Kärryn suunnittelu, jonka päälle robotti tulisi asentaa, käynnistyi myös etsimällä internetistä valmiita ratkaisuja. Joitain hyviä vaihtoehtoja löytyikin, mutta en halunnut suoraa kopioida valmista internetistä löytyvää vaihtoehtoa.

Merkille pantavia ja huomioitavia asioita kärryn suunnittelussa oli, että kärryn on oltava riittävän tukeva, ettei kärry pääse heilumaan, kun robotti työskentelee sen päällä. Lisäksi kärryn tulisi olla siirreltävä eli kärryssä tulisi olla pyörät, että sitä pystyy tarpeen vaatiessa siirtämään paikasta toiseen. Siirreltävän kärryn pyörät tulisi pystyä myös lukitsemaan. Robotin kontrolliboksille olisi myös hyvä olla kärryssä paikka.

Ensimmäisenä internetistä mieleeni tullut vaihtoehto oli tavallinen siirreltävä saksinostopöytä, jonka päälle robotti asetettaisiin, mutta se ei vaikuttanut siltä mitä haettiin, koska siinä ei esimerkiksi ole tilaa kontrolliboksille ja ei ole takeita onko kyseinen vaihtoehto riittävän tukeva robotin alustaksi. Lisäksi korkeussäätöön liittyvät tekijät eivät tukeneet tätä vaihtoehtoa. Olettaessa edellä mainitut asiat huomioon, viisaimmalta ratkaisulta vaikutti suunnitella ja mallintaa kärry itse, että vaaditut vähimmäiskriteerit täyttyvät.

Seurantapalaverissa ohjaajani kanssa pohdimme, että kärryn voisi toteuttaa samoilla valmiilla profiileilla ja komponenteilla, joita on käytetty myös mm. testausaseman – sekä laitteen mallinnuksessa ja valmistuksessa. Mallia kärryn mallintamiseen kannattaisi tässä tapauksessa ottaa testausasemasta. Testausaseman kaltainen rungon malli ja rakenne olisi sopiva ratkaisu myös robotin kärrylle. Tässä ratkaisussa toteutuisi kärryn siirreltävyys pyörien ansiosta sekä rakenne olisi myös huomattavasti tukevampi, jos vertaa esimerkiksi edellä mainitsemaani saksinostopöytään.

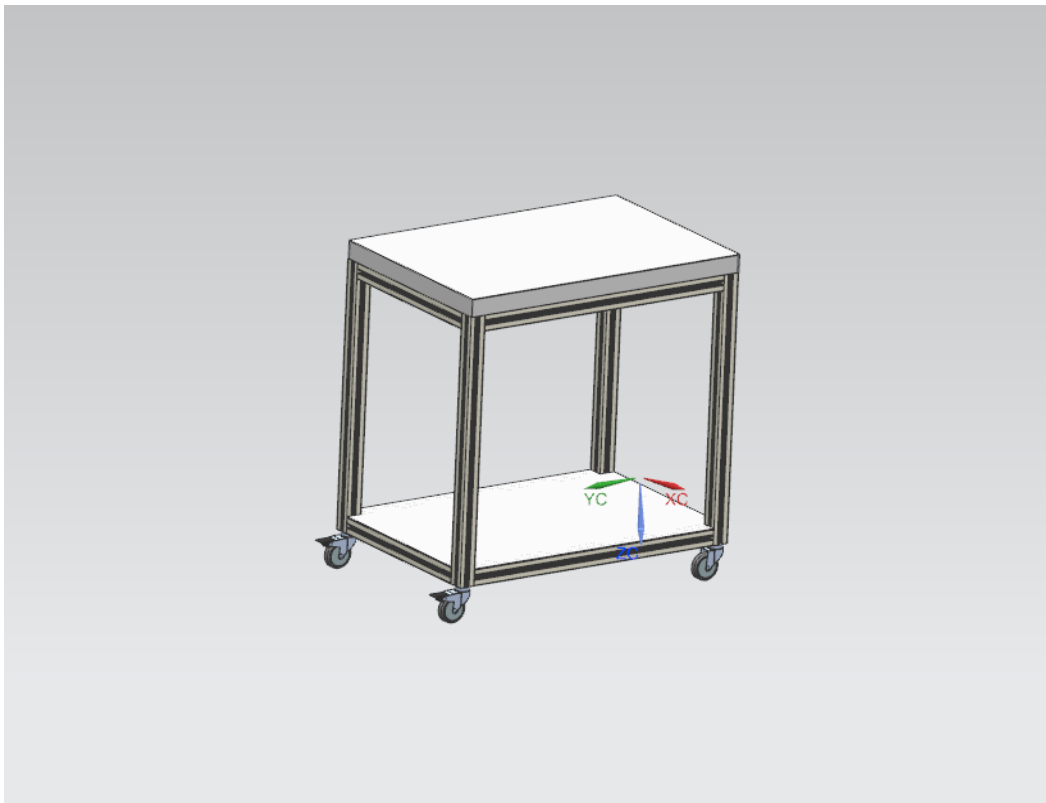
Täten päädyimme ratkaisuun, jossa mallinnan kärryn sekä robotille, että korttitelineelle, käyttäen hyödyksi Minitecin valmiita komponentteja. Ampner Oy käyttää todella paljon kyseisiä profiileja ja komponentteja omissa suunnittelutöissään ja ne ovat erittäin yleisesti käytettyjä osia koneenrakennuksessa, joten niiden käyttäminen myös tässä projektissa oli tältä pohjalta erittäin turvallinen valinta.

Etsin Minitecin osaluettelosta mielestäni sopivan profiilin, jonka avulla NX10-ohjelman kokoonpano sovelluksella kasasin robotin kärryn rungon, joka muistutti rakenteeltaan tarkoituksen mukaisesti testausasemaa, jonka 3D-mallin olin aiemmin ohjaajaltani lähtötietona saanut. Kärryn mitat on jäljitelty suoraan testausasemasta.

Minitecin valmiiden profiilien ja komponenttien käyttö osoittautui loppujen lopuksi hyvin yksinkertaiseksi. Osaluettelosta sai tallennettua koneelle haluamansa profiilin tai komponentin 3D-mallin STEP-tiedostona, jonka sai NX10-ohjelman Import komennolla käännettyä oikeaan mallinnusohjelmalle sopivaan muotoon. Kärryn runkoon käytetyt alumiiniprofiilit sai muokattua haluamansa mittaiseksi

käyttämällä NX10-ohjelman Move Face -komentoa. Kuten aiemmin edellä mainitsin, niin NX10-kokoonpano sovellusta käyttämällä, alumiiniprofiileista sai yksi osa kerrallaan kasattua haluamansa laisen kokoonpanon. Tässä tapauksessa robotikärryn rungon, johon lisäsin myös Minitecin osaluettelosta valmiit pyörät, kaksi jarrullista ja kaksi ilman jarrua. Näitä profiileja ja osia käyttämällä, saatiin kärryn runko mallinnettua.

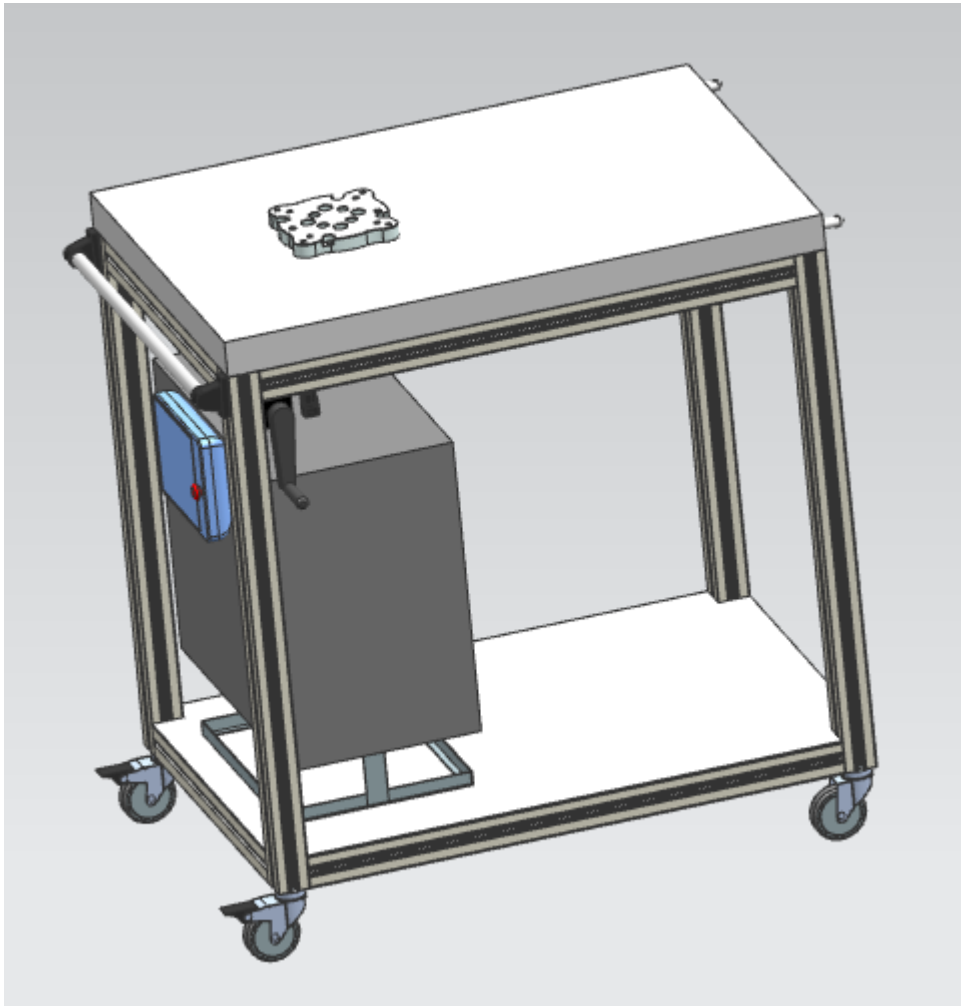
Kärryn jatkokehityksessä ja kärryä fyysisesti valmistettaessa on myös kiinnitettävä huomiota mahdollisiin tukirakenteisiin, joita mahdollisesti on lisättävä, että kärystä tulee riittävän tukeva. Lisäksi erilliset maahan laskettavat tassut kärryn pohjaan pyörien lisäksi, takaisivat tukevamman ja jämsäkämmän alustan robotin liikkumiselle.



Kuva 11. Minitecin alumiiniprofiileilla kasattu robotin kärryn runko.

Kärryn kannen, pohjalevyn ja työntökahvojen mallintamisessa ei ole käytetty valmiita komponentteja, vaan kyseiset osat on mallinnettu itse, vaikkakin valmiita

komponentteja tähänkin tarkoitukseen löytyy. Robotin kontrolliboksin ja ohjaimen mallinsin mukaan lopulliseen kokoonpanoon. Kärryn pohjalevy on nimennetty omaan robotin kontrolliboksin asennusta varten.



Kuva 12. Valmis robotin kärry.

7.3.1 Kärryn korkeudensäätö

Kärryn korkeuden säädössä huomioitavia asioita olivat säädön tarkoitukseen kuuluva riittävä tarkkuus. Tämä seikka poissulki sähkökäyttöisen korkeuden säädön vaihtoehdon, koska sähköiset korkeuden säädöt eivät ole ikinä riittävän tarkkoja. Ainoa vaihtoehto tähän tarkoitukseen olisi täten manuaalisesti korkeussäädettävä kärry. Säädön tulisi myös tapahtua portaattomasti, että säätö olisi riittävän tarkka.

Toinen merkille pantava asia korkeuden säätöä suunniteltaessa oli, että säätövaran ei tarvitse olla suuri. Tässä tapauksessa n. 50 mm säätö riittäisi hyvin.

Erilaisia vaihtoehtoja läpi käydessä, yksi vaihtoehto ratkaisumalliksi oli erillinen saksinostin, mutta se tuntui hieman kaukaa haetulta, koska esimerkiksi polkimella säädettävät saksinostimet eivät ole ikinä riittävän tarkkoja, koska liike ei tapahdu portaattomasti. Lisäksi tuntui hankalalta alkaa lisätä Minitecin profiileilla kasatun karryn rungon päälle erillistä saksinostinta. Ottaen myös huomioon kuinka pienestä säätövarasta oli kyse, tuntui tässäkin suhteessa saksinostin huonolta vaihtoehdolta.

Alusta asti järkevimmältä vaihtoehdolta tuntui kammella manuaalisesti säädettävä korkeuden säätö. Internetistä löytyi mielestäni tähän tarkoitukseen sopiva ratkaisu. Kyseessä on siis kammella säädettävä järjestelmä, joka koostuu hydraulisesta pumpusta, joka aktivoi liikkuvia yksitoimisia sylintereitä, jotka sisältyvät pöydän jalkoihin. Tällä järjestelmällä saa toteutettua tasaisen portaattoman korkeudensäädön. Läpi käymieni järjestelmien suurin sallittu kuorma on myös tähän tarkoitukseen riittävä, joten sekään ei muodostu ongelmaksi.

Hydraulisen pumpun ja sylintereiden käyttö on käytännössäkin kätevä ratkaisu, koska Minitecin alumiiniprofiilien rakenne on onttu sisältä, jolloin sylinterit on helppo upottaa pöydän jalkojen sisään. Sopivaa profiilia karrujen valmistamiseen etsiessä on huomioitava kuitenkin, että alumiiniprofiilien sisäinen tila on riittävän suuri, että sylinterit mahtuvat sisään.



Kuva 13. Kammella säädettävä pumppu, sekä neljä korkeussäätösylinteriä.

Korkeussäätöä suunniteltaessa ja siitä läpikäyntipalaverissa puhuttaessa, päätimme, että on järkevää toteuttaa korkeussäätö samanlaisella menetelmällä sekä robotin kärryssä, että korttitelineen kärryssä.

Kammella säädettäviä korkeudensäätöratkaisuja tarjoaa mm. American Sales Development sekä Ergonomic Partners, joiden tuotekuvauksista löytyy lisää yksityiskohtia.



Kuva 14. Pöydän jalkaan upotettu sylinteri.

7.4 Korttiteline ja korttitelineen kärry

Kuten edellä mainitsin, sain tähän projektiin lähtötietona jo ennakkoon valitun korttitelineen piirustukset. 3D-mallia ei ollut saatavilla, joten saamieni piirustusten avulla minun oli itse mallinnettava korttiteline. Korttitelineen mallinnuksessa ei ollut olennaista, että se muistuttaa täsmälleen valmistajan tekemää piirustusta, jokaista yksityiskohtaa myöten, vaan tähän tarkoitukseen oli riittävää, että mallinnettu teline vastaa kooltaan ja korttihampailtaan piirustusten vastaavia mittoja.

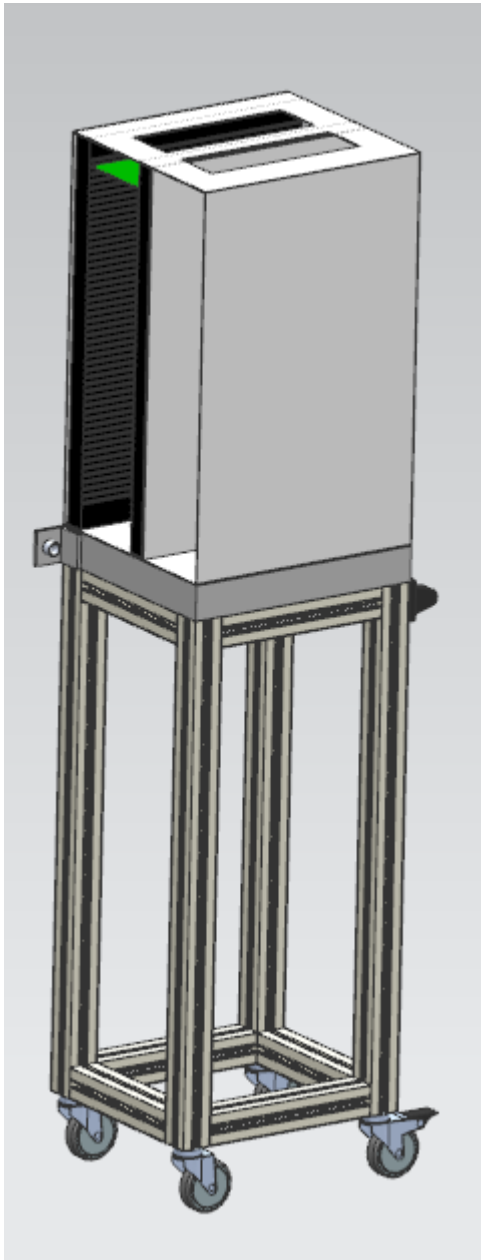
Mallinsin ensin korttitelineen rungon piirustusten mittojen mukaan, jonka jälkeen mallinsin telineen korttihampaat erikseen myös annettujen mittojen mukaan. Kun sekä runko, että hampaat oli mallinnettu, yhdistin ne toisiinsa NX10 ohjelman koonpano toiminnolla.

Seurantapalaverissa sovimme, että korttitelineitä olisi lopullisessa layoutissa kaksi, yksi kummallakin puolella testiasemaa. Toisesta telineestä (oikealta puolelta) robotti ottaa kortin simulointiohjelmassa ja asettaa sen testauslaitteeseen. Kortin käytyä testissä, robotti siirtää kortin toiseen telineeseen (vasemmalle puolelle) toisella puolella testiasemaa. Molemmat telineet ovat samanlaisia.

Myös korttitelineillä on oltava siirreltävä kärry. Jos yhteistyörobotti siirretään johonkin toiseen paikkaan, on oltava mahdollista siirtää myös korttitelineet samaan paikkaan. Tämä tarkoittaa käytännössä myös sitä, että korttitelineen kärryissä on oltava myös korkeussäätö sekä kohdistus, koska telineet on saatava paikoitettua samalle etäisyydelle ja korkeudelle robotin kanssa, ettei robotille tehtyyn ohjelmaan tule heittoa.

Sen kummemmin muita vaihtoehtoja edes miettimättä, päätimme että korttitelineen kärry olisi järkevä tehdä tarkasti jäljitellen robotin kärryä, koska tuntuu turhalta alkaa miettiä samaan soluun jotain muuta ratkaisua, tässä tapauksessa tosin korttitelineen leveys - ja pituussuunnan mittoja sekä robotin kärryn korkeus mittoja noudattaen. Tällä periaatteella korttitelineen kärry myös toteutettiin. Kohdistus toteutetaan myös samalla tavalla kuin robotin kärryssä, L-paloilla ja kartiotapeilla.

Kuten edellisessä osiossa jo mainitsin, niin korkeussäätö toteutetaan samalla tavalla, kuin robotin kärryn kanssa.



Kuva 15. Mallinnettu korttiteline ja siirreltävä kärry.

7.5 Käyttöturvallisuus

Yksi tärkeä huomioitava asia tässä opinnäytetyössä oli käyttöturvallisuus. Oli kyseessä minkäläinen projekti tahansa, niin aina tärkein asia on, että työn pystyy suorittamaan turvallisesti ilman henkilövahinkoja.

Omalle vastuualueelleni turvallisuuden suhteen tässä projektissa jäi testauslaitteen käyttöturvallisuus. Käytännössä tarkoittaen sitä, ettei testauslaitteen ollessa toiminnassa, kukaan pysty jättämään raajojaan testauslaitteen kannen väliin.

Käyttöturvallisuutta miettiessäni ja vaihtoehtoja läpi käytäessä, alusta asti parhaalta ja helpoimmalta ratkaisulta tuntui valoverhon käyttö. Valoverhot ovat teollisuudessa erittäin yleisesti ja monessa eri tehtävässä käytettyjä turvallisuuslaitteita ja valoverhon käyttäminen tuntui kaikkein luotettavimmalta ja turvallisimmalta ratkaisulta.

Sopivaa valoverhoa valittaessa, sain valinnan tekemiseen hyvän ohjeen ohjaajaltani yrityksestä. Aina kannattaa valita standardi ja yleisesti käytetty laite. Tämän pystyy päättämään jo siitäkin, että eniten käytetyistä laitteista löytyy käytännössä aina myyjän sivuilta valmiit 3D-mallit, ilman erillistä mallien tiedustelua sähköpostitse tai puhelimitse.

Valoverhoksi valikoitui Allen-Bradleyn GuardShield Micro 400 -valoverho. Tämä oli myös siinä mielessä helppo ja turvallinen valinta, koska Ampnerilla on jo ennestään kokemusta Allen-Bradleyn valoverhoista, aiemmissa projekteissaan.

Micro 400 -valoverho on tarkoitettu käytettäväksi vaarallisen alueen turvaamiseksi, ettei kukaan saa sormiaan tai kättään tai muutakaan ruumiinosaa vaaralliselle alueelle. Valoverho tunnistaa sormen 14 mm kohdalla sormen ylittäessä vaarallisen alueen rajan /12/.

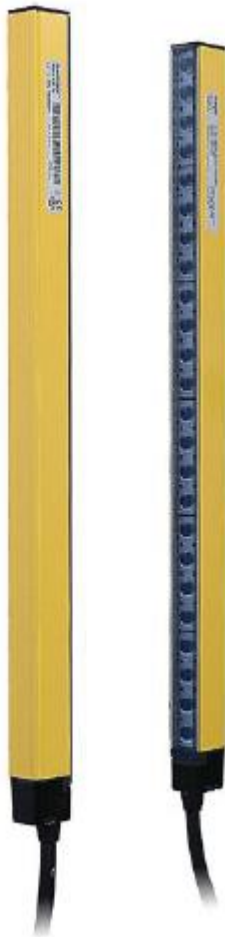
Valoverhon suojaaman alueen korkeus on 150 mm:stä aina 1200 mm asti /11/. Leveyssuunnassa suoja-alue on 0-5 m, mutta tässä käyttötarkoituksessa noin 550 mm riittää /12/.

Micro 400-valoverhon saa asentaa vain asiaan pätevä henkilö. Sama asia pätee myös mahdolliseen valoverhon huoltoon tai säätöön.

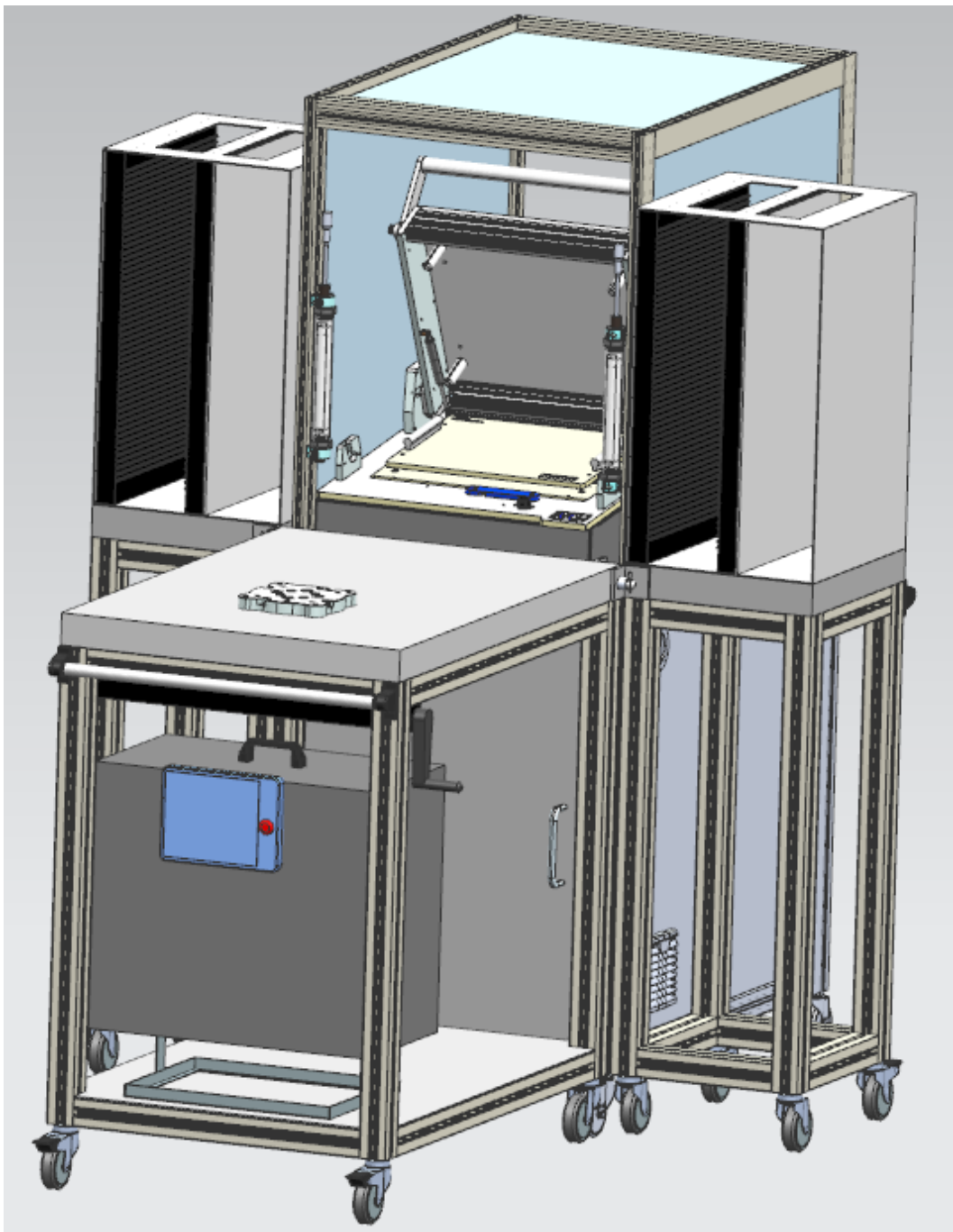
Valoverhoa asentaessa on huomioitava, että vaaralliselle alueelle ei pysty työntämään mitään ruumiinosaa muuta, kuin valoverhon läpi, eli tässä tapauksessa suoraan testauslaitteen edestä. Tämän johdosta testauslaitteen molemmille sivuille,

sekä yläpuolelle on asennettava suojamuovilevyt, ettei laitteeseen pysty työntämään raajoja sivuilta tai ylhäältä, vaan ainoa mahdollinen reitti on suoraan edestä.

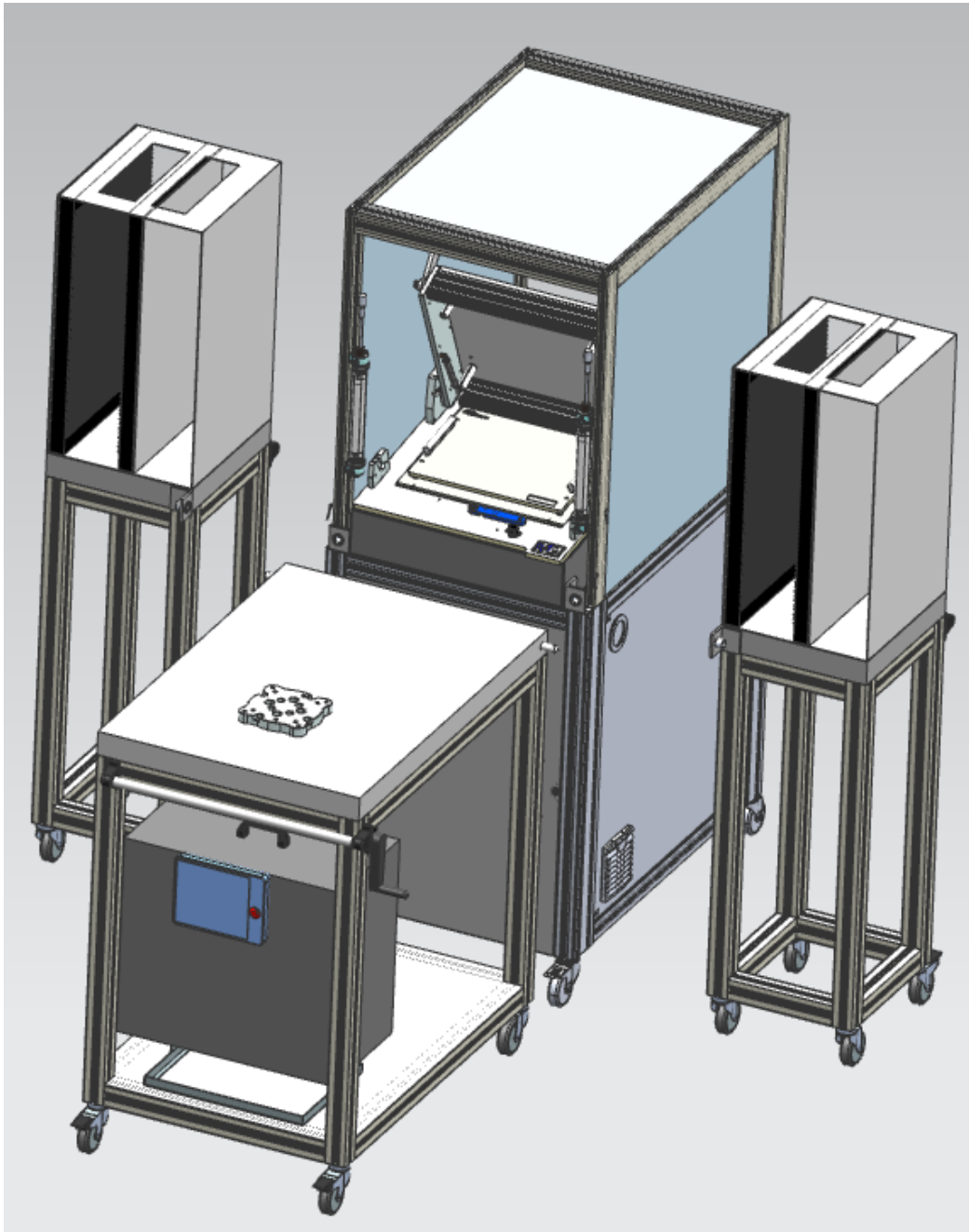
Testauslaitetta tulee pystyä käyttämään myös fyysisesti ilman robottia, jonka takia myös testauslaitteen päällä on oltava suojalevy, ettei testauslaitteen kansi avautuessaan aiheuta vaurioita ihmisen leukaan tms. Suojalevyjen toteuttamiseksi, mallinsin Minitecin profiileilla testauslaitteen ympärille kehikon, joiden väliin suojalevyt asennetaan. Valoverhot kiinnitetään Minitecin alumiiniprofiiliin, turvakehikon etureunaan.



Kuva 16. Allen-Bradley GuardShiel Micro 400.



Kuva 17. Testaussolu, jossa turvakehikko, valoverhot ja suojalevyt paikoillaan.



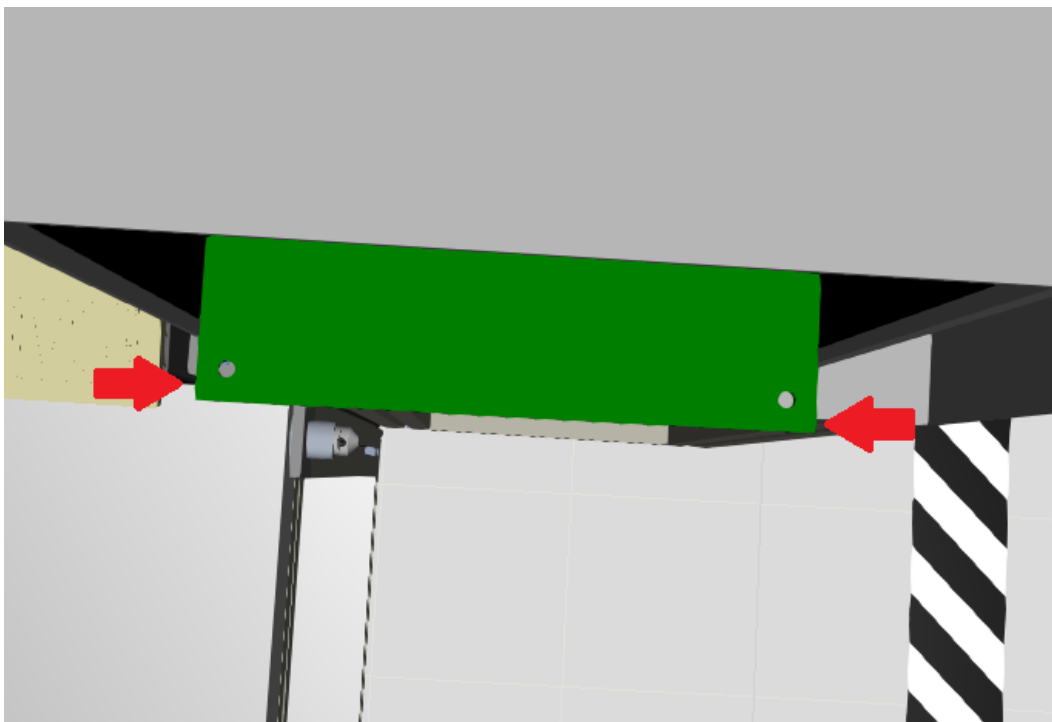
Kuva 18. Räjätetty testausolu.

7.6 Robotin tarttujan valinta

Koska testattavia kortteja on monia erikokoisia, valmiissa testausolussa ei voi olla vain yhtä tarttujaa. Tästä johtuen, tässä osiossa on eritelty erilaisia ominaisuuksia ja vaatimuksia, mitä tarttujilta ja korttitelineeltä vaaditaan.

Yhdistävä tekijä, joka pätee jokaiselle testattavalle kortille, on se, että tarttujan on tartuttava korttiin aina kulmista, ettei kortin päällä oleva elektroniikka vaurioidu. Lisäksi kortin testauslaitteesta pois ottaminen muodostuisi hankalaksi, jos tarttuja tarttuisi korttiin keskeltä. Tarttujien valinnassa on huomioitava, että leuat aukeavat riittävästi, että tarttuja saa tukevan otteen kortin kulmista.

Korttitelineeltä nämä edellä mainitut ominaisuudet vaativat mekanismin, joka työntää testattavaa korttia aina hieman ulospäin telineestä, jotta tarttuja saa otteen kortista. Lähtötietona saadun korttitelineen manuaalin mukaan, tällaista toimintoa ei ainakaan vakiona telineestä löydy, joten on oltava yhteydessä valmistajaan ja tiedusteltava onko tällainen toiminto mahdollinen. Alla havainnollistava kuva kortista ja tarttujan tarttumispisteistä.



Kuva 19. Testattava kortti ja nuolilla merkatut tarttujan tarttumispisteet.

7.7 Lopullisen layoutin ja simulaation luominen

Kun kaikki tarvittavat osakokonaisuudet oli NX10-ohjelmalla mallinnettu ja yhteen liitetty, oli jäljellä vielä Visual Components 4.0 -ohjelmalla tehtävä lopullinen layout, eli miltä valmis testaus solu ja -ympäristö voisivat mahdollisesti valmiina näyttää, sekä simulaatiovideon luominen, jossa UR10-robotti tekee kortille vaaditut toimenpiteet.

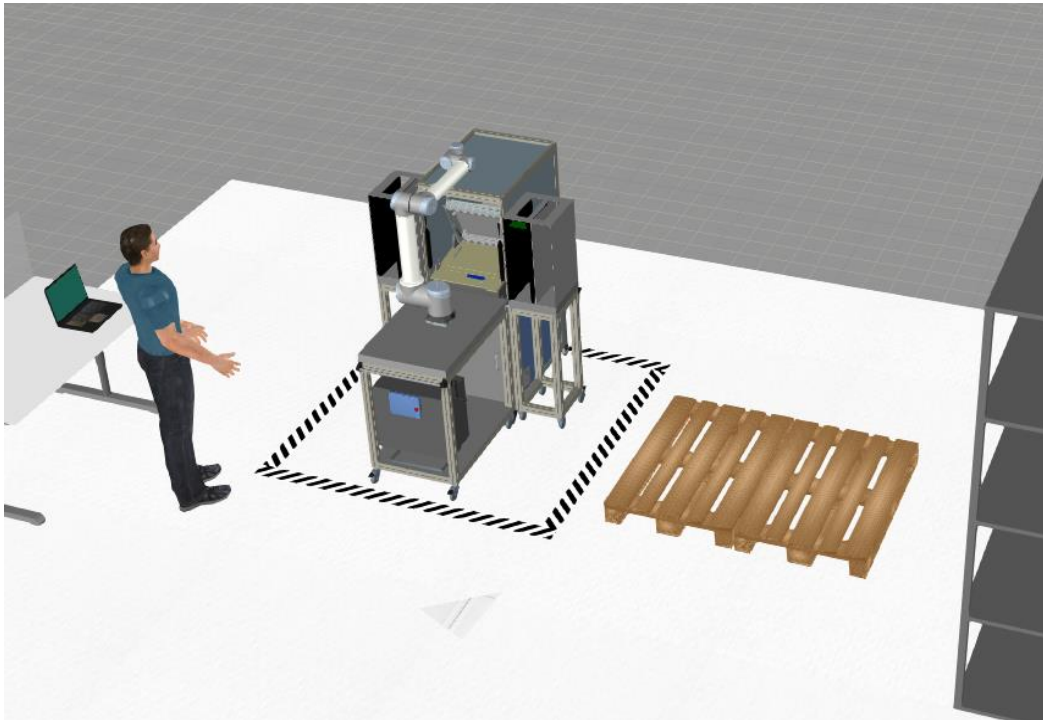
Visual Components 4.0 oli minulle täysin vieras ohjelma, joten aluksi kului todella paljon aikaa opetusvideoita katsomalla ja videoissa tapahtunutta itse kyseisellä ohjelmalla perässä toistamalla. Visual Componentsin sivuilta löytyvien videoiden avulla pääsi hyvin sisälle, miten ohjelman perustoiminnot toteutetaan. Lopuksi, kun ohjelman käyttöä oli aikansa videoiden avustuksella harjoitellut, layoutin viimeisteleminen ja simulaation toteuttaminen tapahtuivat varsin vaivattomasti.

7.7.1 Layoutin luominen

Visual Componentsilla toteutettavaa layoutia varten NX10:llä mallinnettu testausaseman kokoonpano oli muutettava STEP-tiedostomuotoon. Tämän jälkeen STEP-tiedostona, se oli helppo siirtää Visual Components ohjelmaan käyttäen Import komentoa.

Siirrettyssä NX-kokoonpanotiedostossa oli kaikki komponentit valmiina paikoillaan, ainoastaan UR10-robotti puuttui. Alusta asti suunnitelmana oli käyttää lopullisessa layoutissa Visual Componentsin kirjastosta löytyvää UR10-robottia. Lisäksi pyrkimyksenä oli luoda mahdollisimman realistisen näköinen toimintaympäristö testaus solulle, joten lisäsin kirjastosta layoutiin vielä hyllyn, trukkilavoja, valkoisen lattiapohjan, yhden ihmisen kuvastamaan työntekijää sekä työpöydän, jonka päällä on kannettava tietokone. Lisäksi lattiaan testaus solun ympärille lisäsin rajatun turva-alueen.

Layoutin ympäristö ei ole kopio mistään jo olemassa olevasta työympäristöstä. Ympäristön luomisessa on käytetty omaa mielikuvitusta, pyrkimyksenä luoda layoutista mahdollisimman realistisen näköinen, kuten edellä jo mainittiin.



Kuva 20. Lopullinen Visual Components 4.0:lla viimeistelty layout.

7.7.2 Simulaation luominen

Haastavampi osuus Visual Componentsilla toteutettavista toimenpiteistä oli robotin simulaation luominen, jossa yhteistyörobotti ottaa ensin kortin oikeanpuoleisesta korttitelineestä, asettaa kortin testauslaitteeseen, siirtyy pois valoverhon suojaamalta alueelta ja odottaa, että kortti on testattu, jonka jälkeen ottaa kortin testistä ja siirtää vasemmalla puolella olevaan telineeseen.

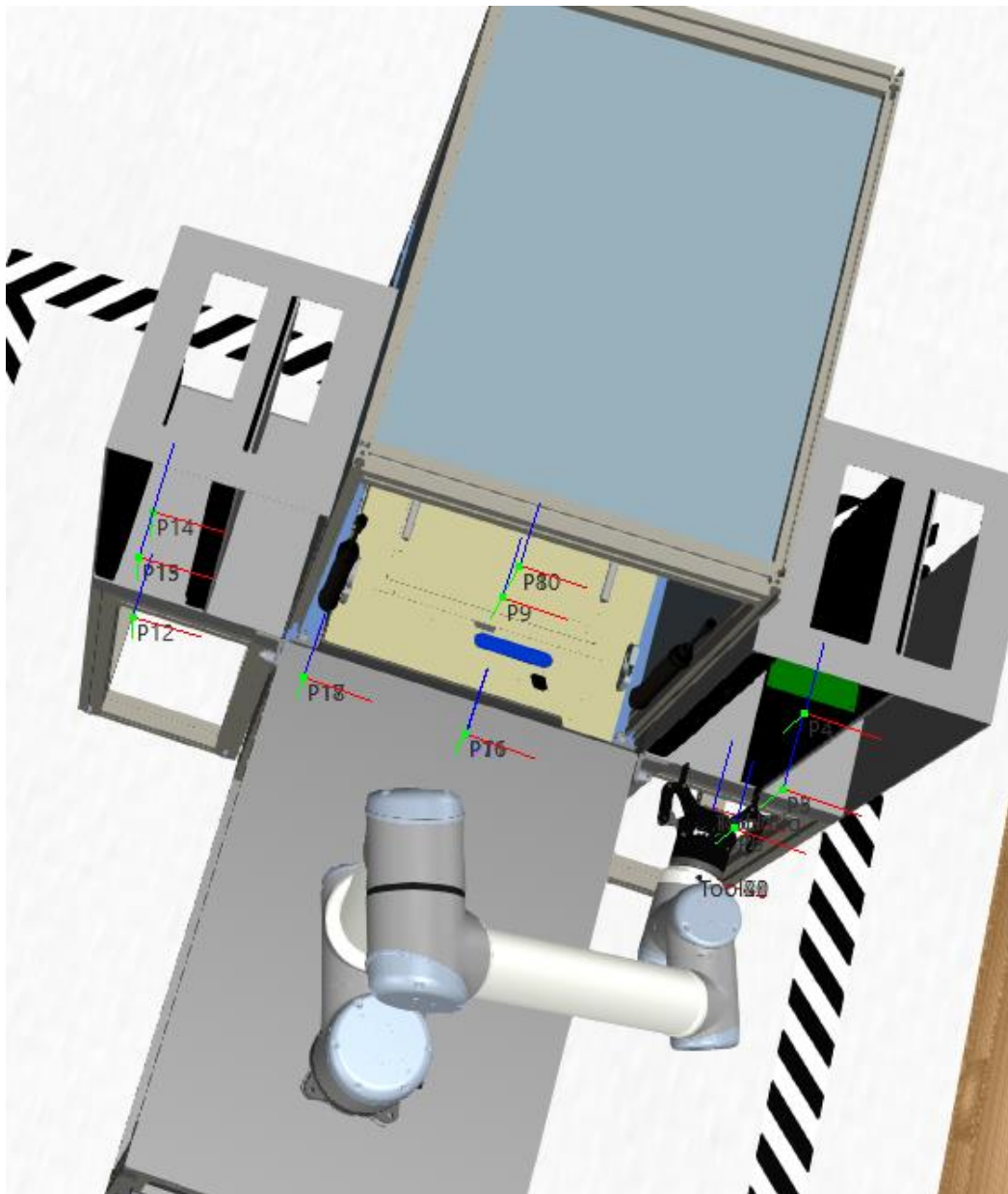
Ennen kaikkea simulaation tekoa harjoiteltaessa, Visual Componentsin opetusvideoista oli suuri apu, että näki käytännössä, kuinka robotin ohjelmat toteutetaan. Ensiksi harjoittelin videoiden avulla kaikista helpoimpien robottiohjelmien tekemistä, joissa ei käytetty mitään muuta, kuin pelkästään robottia ja yhtä siirreltävää kappaletta, kuten esimerkiksi pahvilaatikkoa tai tölkkiä, joka siirrettiin yksinkertaisesti vain paikasta A paikkaan B.

Kun robottiohjelman tekemisen perusasiat olivat hallussa, oli aika tehdä testausso-
lun robotin ohjelma. Hyvin nopeasti ohjelmaa tehtäessä huomasin, että tässä ta-

pauksessa on turvallisinta käyttää point-to-point-liikekomentoja, että robotin työkalu ja vapausasteet liikkuvat tarkalleen niistä kohdista, joista itse halusin. Point-to-point-komentojen avulla, saatiin varmistettua, että robotin akselit ja työkalu eivät leikkaa minkään testaussolun pinnan tai robotin itsensä läpi. Edellä mainituilla komennoilla robotin liike on hieman kulmikasta mutta se ei ole tässä vaiheessa olennaista, kunhan robotin liikkeet tapahtuvat turvallisesti ja testaussolun toimintaperiaate tulee ilmi.

Visual Components-ohjelmalla robottiohjelmaa tehdessä olisi aina suotavaa käyttää lineaariliikekomentoa kaikissa muissa kohdissa, paitsi lähestymispisteisiin robotilla siirryttäessä. Tämä sen takia, että robotin liikeradat näyttäisivät mahdollisimman suoraviivaisilta ja jouhevilta. Aluksi kokeilin käyttää ohjelmassa lineaariliikettä, mutta sen käytössä ilmeni ongelmia, koska robotti tekee tällöin suoraviivaisen liikkeen haluttuun kohteeseen, leikkaamalla samalla muun muassa turvakehikon läpi. Myös robotin tarttuja pyöri tahattomasti joissain kohdissa ohjelmaa, lineaariliikettä käytettäessä. Näitä edellä mainittuja ongelmia ilmetessä, päädyin tässä vaiheessa ratkaisuun, jossa on vain point-to-point-komentoja.

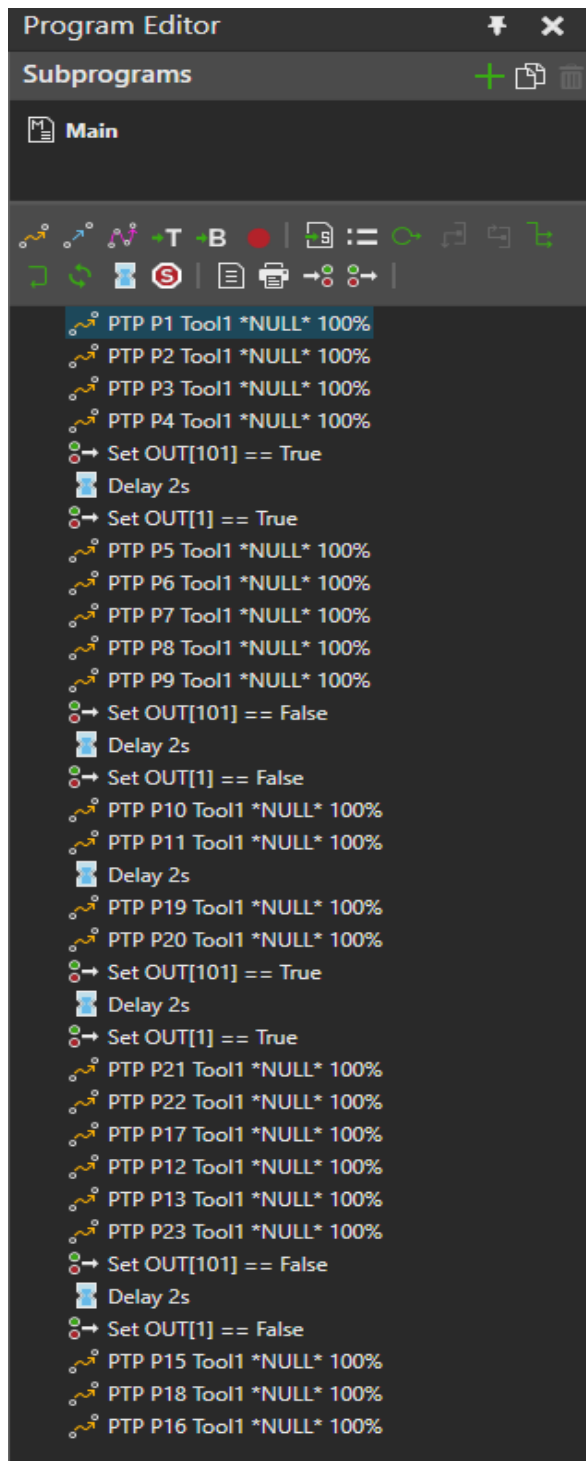
Valmiissa robottiohjelmassa robotin paikoituspisteet ja liikeradat on siis tehty point-to-point-komennolla. Lisäksi robotin tarttujan sulkeutuessa ja avautuessa, sekä myös ohjelman vaiheessa, jossa testauslaite testaa korttia, on käytetty Delay eli viivekomentoa, jonka avulla robotille on luotu kahden sekunnin viive.



Kuva 21. Robotin paikoituspisteet.

Oikeastaan ainut robotiikkaan itseensä liittyvä asia tässä opinnäytetyössä on robotin simulaatio-ohjelman tekeminen, joka tuli edellä pääpiirteittäin käytyä läpi, eikä siihen tässä työssä sen enempää ole syvennyttykään.

Valmiista robotin simulaatiosta on tallennettu useampi video, joista asiakas näkee, kuinka testaussolun automatisointi yhteistyörobotilla on mahdollista toteuttaa. Alla vielä kuva valmiista robotin ohjelmasta.



Kuva 22. Valmis robottiohjelma.

8 YHTEENVETO

Työssä oli tavoitteena suunnitella yhteistyörobotilla automatisoitu testaussolu. Oli suunniteltava robotille ja korttitelineille siirreltävä ja paikoitettava kärry, suunnitella miten solun käyttöturvallisuus toteutetaan ja lopuksi näiden pohjalta luoda lopullinen havainnollistava layout sekä tehdä robotisoidun testaussolun toimintasimulaatio, josta ilmenee robotin solussa tekemät toimenpiteet. Robotin tarttujatyökaluja tarvitaan käytännön versioon useampia, koska korttien koko vaihtelee, joten tässä työssä on käyty läpi ainoistaan tarttujilta vaadittavia ominaisuuksia.

Mielestäni projekti toteutui loppujen lopuksi varsin hyvin ja kaikki tärkeimmät jo ennakkoon määritetyt työvaiheet tuli toteutettua. Kun testaussolua joskus ruvetaan fyysisesti valmistamaan, on selvää, että joitain parannuksia ja pieniä muutoksia joudutaan tekemään, eikä kaikkiin yksityiskohtiin tässä vaiheessa ole perehdyttykään. Työn tarkoituksena oli antaa hyvät lähtökohdat ja luoda pohja, josta on hyvä lähteä rakentamaan fyysistä testaussolua, eli käytännössä luoda konseptimalli, josta myös asiakas näkee, kuinka testaussolu on mahdollista toteuttaa ja kuinka robotilla suoritettava kortin testaus toimii.

Tämä opinnäytetyö antoi itselle hyvän käytännön kuvan realistisesta suunnitteluprojektista. Sain työelämää silmällä pitäen paljon arvokasta oppia, kuinka tällaisia projekteja hoidetaan ja kuinka paljon yksityiskohtia ja pikkutarkkoja asioita suunnittelutyössä on mietittävä.

Sain myös paljon käytännön kokemusta mm. NX10- ja Visual Components -ohjelmien käytöstä.

Aikataulun kanssa oli ongelmia läpi koko projektin erinäisistä syistä johtuen, mutta kaikki tuli lopulta kuitenkin valmiiksi.

LÄHTEET

- /1/ About Us. Viitattu 22.10.2018. <https://ampner.com/about-us/>
- /2/ Finder. Lainattu 22.10.2018.
<https://www.finder.fi/Insin%C3%B6%C3%B6ritoimisto+suunnittelutoimisto+elektroniikalle/Ampner+Oy/Vaasa/yhteystiedot/2674964>
- /3/ Generationrobots. Viitattu 22.10.2018.
<https://www.generationrobots.com/blog/en/collaborative-robots-traditional-robots-5-key-differences/>
- /4/ Engineering. Viitattu 22.10.2018. <https://www.universal-robots.com/about-universal-robots/news-centre/the-history-behind-collaborative-robots-cobots/>
- /5/ Robotics. Viitattu 22.10.2018. <https://www.robotics.org/blog-article.cfm/Collaborative-Robots-Market-Update-2018/84>
- /6/ Mekaniikkasuunnittelu. Viitattu 11.1.2019.
<https://mekaniikkasuunnittelu.com/mita-mekaniikkasuunnittelija-oikeastaan-tekee/>
- /7/ PLM Automation. Viitattu 21.11.2018.
<https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/>
- /8/ Visual Components. Viitattu 21.11.2018.
https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_Components
- /9/ Universal Robots. Viitattu 21.11.2019. <https://www.universal-robots.com/about-universal-robots/our-history/>
- /10/ Boxon. Viitattu 21.11.2018. <https://www.boxon.com/automation/universal-robots/ur10-robot>
- /11/ Ampner. Viitattu 21.11.2018. <https://ampner.com/test-fixtures/>
- /12/ Rockwellautomation. Viitattu 4.5.2019.
https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/445l-um003_-e

