

Ville-Pekka Vilmunen

PINTAKALVOJEN ASENNUKSEN AUTOMATISOINTI

PINTAKALVOJEN ASENNUKSEN AUTOMATISOINTI

Ville-Pekka Vilmunen
Opinnäytetyö
Kevät 2019
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikka, tuotantotekniikka

Tekijä: Ville-Pekka Vilmunen
Opinnäytetyön nimi suomeksi: Pintakalvojen asennuksen automatisointi
Opinnäytetyön nimi englanniksi: Automate surface membrane assembly
Työn ohjaaja: Heikki Takalo-Kippola
Työn valmistuslukupäivä ja -vuosi: kevät 2019
Sivumäärä: 34 + 4 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin 9Solutions Oy:lle, joka valmistaa pilviteknologioihin perustuvia henkilöturva-, hoitajakutsu-, kulunhallinta- ja paikannusratkaisuja sekä sairaaloille että palvelukodeille. Työssä tutkittiin kollaboratiivisen robotin eli cobotin soveltuvuutta vaikeaan ja hitaaseen turvapainikkeen pintakalvojen asentamiseen. Työssä tehtiin myös protomalli pintakalvon asennuksesta kollaboratiivisella robotilla. Protomallin tavoitteena oli saada toimiva ohjelma vähintään yhdelle pintakalvon asennukselle ulkokuoren päälle.

Nykyisiä pintakalvoja olisi ollut cobotilla erittäin vaikeaa, ellei mahdotonta irrottaa ja asentaa ulkokuoren päälle. Siksi pintakalvojen valmistaminen muutettiin uudelleenlaiselle arkille, josta pintakalvot olisi helpompi irrottaa cobotilla. Työssä suunniteltiin pintakalvoille ja ulkokuorille myös paikoitusjigejä, joiden toimivuutta testattiin protomallissa. Jigit suunniteltiin käyttäen Solidworksin 3D-suunnitteluohjelmaa. Jigit valmistettiin Oulun ammattikorkeakoulun konelaboratoriossa laboratoriohenkilöstön avustuksella. Myös cobotille käytettävä imukupitarttuja saatiin myös konelaboratoriosta. Seuraavaksi kollaboratiivisen robotin ympärille rakennettiin alumiiniprofiilista työpiste, johon jigit asennettiin. Lopuksi cobotti ohjelmoitiin asentamaan pintakalvon ulkokuoren päälle.

Tulokseksi saatiin useita onnistuneita asennuksia ja tietoa cobotin asennusajoista ja asioista, joissa on vielä kehitettävää. Asennetuista pintakalvoista otettiin neljä samalla ohjelmalla tehtyä erää lähemmin tarkastettaviksi. Näissä neljässä 12 kappaleen erissä 65 %:ssa asennuksista oli pieniä asennusvirheitä, joiden järjestyksessä ei ollut logiikkaa. Asennusvirheiden aiheuttajaksi todettiin se tilanne, jossa pintakalvo irtoaa pintakalvoarkista eri tavalla kuin se on ohjelmaa tehdessä irronnut. Lopuksi tuloksia kuten asennusnopeutta vertailtiin nykyisen käsinasennuksen kanssa ja laskettiin, paljonko säästöä cobotilla asennuksissa voitaisiin saavuttaa. Cobotilla säästettäisiin yhden asennuksen aikana 58 senttiä ja nykyisellä turvapainikkeiden volyymilla cobotin takaisinmaksuaika olisi noin kaksi vuotta. Jotta takaisinmaksuaikaa saataisiin lyhennettyä ja käyttötunteja pidennettyä, pitäisi cobotille keksiä muitakin työtehtäviä.

Asiasanat: yhteistyörobotiikka, mekaniikkasuunnittelu, joustava automaatio, prototyyppimalli

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree programme in Mechanical Engineering, Production Technology

Author: Ville-Pekka Vilmunen
Title of thesis: Automate surface membrane assembly
Supervisor: Heikki Takalo-Kippola
Term and year when the thesis was submitted: spring 2019
Pages: 34 + 4 appendices

This thesis was made to 9Solutions Oy, which produce cloud-based personal security, nursing, access management and tracking solutions for hospitals and service homes. The subject to the thesis was to investigate the suitability of a collaborative robot for the installation of difficult and slow surface membrane assembly on security badge. The goal was also to make a prototype model for installing a surface membrane with cobot. The goal of protomodel was to get a working program for at least one surface membrane assembly to outer shell, where surface membrane is to be mounted.

The current surface membranes would be very difficult for the cobot to remove and install. So, the preparation of the surface membrane was changed to new kind of sheet, from which the surface membranes would be easier to remove by the cobot. The project also designed positioning jigs for surface membranes and outer shells, the functionality of these jigs was tested in a prototype. The jigs were designed using Solidworks 3D design software. The jigs were manufactured at Oulu University of Applied Sciences with the help of lab staff. The suction cup gripper for cobot was also obtained from the school's lab. Next, an aluminium profile workstation was built around the collaborative robot where the jigs were installed. Finally, the cobot was programmed to mount the surface membrane on the outer shell.

The result was many successful installations and information of cobot installation times and issues that still need to be developed. Four of the batches made with the same program were checked for further inspection of the installed surface membranes. In these four 12-piece batches, 65% of the installations had minor installation errors that were not logically ordered. The installation errors were caused by a situation where the surface membrane is detached from the sheet in a different way, since it was detached when programmed. Finally, the results such as the installation speed, were compared with the current manual installation and the savings on cobot installations were calculated. With the current volume of companion tags, the cobot's payback period would be about two years. To shorten the payback period and to increase the number of hours of use, the cobot should come up with other work tasks.

Keywords: robotics, collaborative robot, cobot, mechanical design, flexible automation, protomodel

ALKULAUSE

Tämä opinnäytetyö on tehty 9Solutions Oy:lle. Haluan kiittää yritystä mielekkästä aiheesta. Yhteistyörobotiikka kehittyy ja yleistyy tulevaisuudessa, joten sen parissa työskenteleminen on ollut erittäin hyödyllistä ja mielenkiintoista.

Erityiskiitos opinnäytetyön ohjaajille tuotannonjohtaja Teemu Sivoselle ja lehtori Heikki Takalo-Kippolalle sekä mekaniikkasuunnittelija Sasu Törmäselle. Heiltä saatu apu ja palaute oli tärkeää tämän opinnäytetyön onnistumisen kannalta. Kiitos myös kaikille Oulun ammattikorkeakoulun konelaboratorion henkilöstölle avusta opinnäytetyön aikana. Lisäksi haluan kiittää perhettäni ja ystäviäni tuesta ja kannustamisesta opinnäytetyön aikana.

Oulussa 10.5.2019

Ville-Pekka Vilmunen

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
ALKULAUSE	5
SISÄLLYS	6
SANASTO	8
1 JOHDANTO	9
2 TURVAPAINIKE	10
2.1 Kokoonpanon nykytilanne	10
2.2 Pintakalvot	11
2.3 Ulkokuoret	12
3 ROBOTIIKKA	13
3.1 Ihminen ja robotti	14
3.2 Turvallisuus	14
3.3 Vuorovaikutteinen robotiikka	15
3.4 Esimerkki ihmisen ja cobotin yhteistyöstä	15
3.5 Universal Robots	16
3.5.1 Uuden sukupolven URe-sarja	17
3.5.2 UR+	18
4 COBOTLINJAN PROTOMALLIN SUUNNITTELU	19
4.1 Pintakalvoarkki	19
4.2 Jigit	20
4.2.1 Solidworks	20
4.2.2 Pintakalvo jigi	21
4.2.3 Ulkokuoren jigi	22
4.3 Tarttuja	23
4.4 Layout	24
4.5 Ohjelman kuvaus	25
4.6 Protomallin tulokset	26
5 TULOSTEN VERTAILU	29
6 KEHITYSIDEAT	30

7 POHDINTA	31
LÄHTEET	33
LIITTEET	
Liite 1 Pintakalvoarkki piirustus	
Liite 2 Pintakalvo jigi piirustus	
Liite 3 Ulkokuori jigi piirustus	
Liite 4 Protomallin ohjelma	

SANASTO

cobotti	kollaboratiivinen robotti (collaborative robot)
jigi	Kappaleen paikoittamiseen vaadittava alusta
protomalli	Prototyypimalli

1 JOHDANTO

Työ tehtiin 9Solutions Oy:lle. Yritys on perustettu vuonna 2009, ja yrityksen liikevaihto oli 6 miljoonaa euroa vuonna 2018. 9Solutions on oululainen ihmisten ja laitteiden paikannukseen perustuvien terveydenhuollon turvallisuus- ja viestintäratkaisuiden markkinajohtaja Suomessa. 9Solutions valmistaa pilviteknologioihin perustuvia henkilöturva-, hoitajakutsu-, kulunhallinta- ja paikannusratkaisuja sekä sairaaloille että palvelukodeille. Yritys valmistaa myös älykkäitä turvapuhelin- ja poistumisvalvontaratkaisuja kotihoitoon. 9Solutions-järjestelmää käyttää yli 1 100 terveydenhuollon organisaatiota niin palvelu-oloissa, sairaaloissa kuin kotihoidossakin. (1.)

Tämä työ keskittyy 9solutionin turvapainikkeessa olevan pintakalvotarran asentamiseen ja sen automatisointiin. Pintakalvotarran asentaminen on monotonista ja tarkkaa työtä, joka on erittäin uuvuttavaa, koska pintakalvotarra on halkaisijaltaan vain 3,5 cm, ympyrän mallinen ja se on asennettava turvapainikkeen ulkokuoreen juuri oikeassa asennossa. Turvapainikkeen ulkokuoreessa, johon tarra asennetaan, on kaksi pientä reikää ledivaloille, ja pintakalvotarroissa on näiden reikien päälle kaksi läpinäkyvää ympyrän mallista kohtaa. Näiden läpinäkyvien kohtien pitää olla täysin oikeassa paikassa ulkokuoren päällä, jotta ledivalo näkyy käyttäjälle pintakalvon läpi. Sen lisäksi pintakalvotarran täytyy olla asennettuna juuri keskelle ulkokuorta, koska muuten pintakalvo lähtee nousemaan ulkokuoren reunan päälle ja irtoaa käytössä.

Tämän opinnäytetyössä tutkitaan yhteistyörobotin soveltuvuutta pintakalvotarrojen asentamiseen ja tehdä myös protomalli pintakalvon asennuksesta Oulun ammattikorkeakoulun Universal Robotsin cobotilla. Protomallin tavoitteena on tehdä toimiva ohjelma vähintään yhdelle pintakalvon asennukselle.

2 TURVAPAINIKE

Turvapainike (Companion tag) on potilaan tai asukkaan turvapainike, joka kulkee käyttäjän mukana (kuva 1). Turvapainikkeessa on muun muassa reaaliaikainen paikannus, kaksi vapaasti ohjelmoitavaa painiketta, rauhoitusvalo ja aktiivisuustunnistin. Turvapainikkeeseen on saatavissa erilaisia rannekkeita ja kaulanauha helpottamaan turvapainikkeen mukana kulkemista. Turvapainike on valmistettu helposti puhdistettavista materiaaleista, jotta se olisi helppo puhdistaa eikä siten kantaisi haitallisia epäpuhtauksia mukanaan. (2.)



KUVA 1. Turvapainike (2)

Tyypillisiä käyttökohteita turvapainikeille ovat hoitajan kutsuminen, aluevalvonta, kulunhallinta, aktiivisuusseuranta ja paikantaminen. Turvapainikkeita voidaan käyttää kotihoitossa, palveluasumisessa, sairaaloissa ja terveyskeskuksissa. Turvapainike toimii kaikissa 9Solutions-teknologiaan perustuvissa ympäristöissä. Turvapainike sisältää virtalähteenä pariston, jonka kesto on 1 - 2 vuotta käyttötilanteen mukaan. (2.)

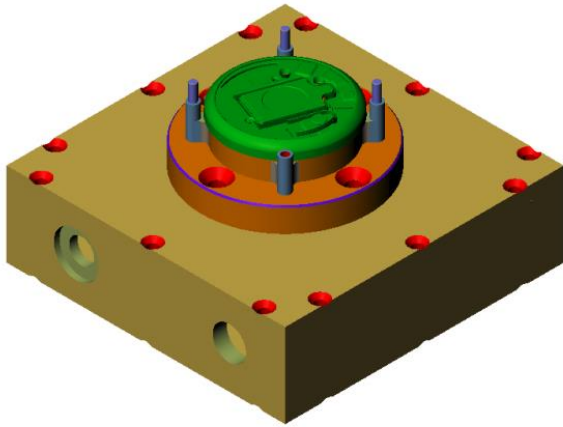
2.1 Kokoonpanon nykytilanne

9Solutions käyttää turvapainikkeiden ja muidenkin tuotteiden kokoonpanossa sopimusvalmistajaa. Sopimusvalmistaja asentaa pintakalvon tagin ulkokuoreen käsin käyttäen apuna asennukseen avustamiseksi tehtyä jigiiä tai sitten vapaalla kädellä asentamalla. Pintakalvon asennukseen suunniteltu jigii on tehty helpottamaan pintakalvon asennusta mutta työ on silti hidasta, puuduttavaa ja vaatii jatkuvaa tarkkuutta.

Tämän hetkinen pintakalvojen asennusaika on käsin asennettuna keskimäärin 0,74 min/kpl eli 44,4 s. Täysin käyttökelvottomaksi pintakalvoja menee karkeasti yksi sadasta ja pintakalvoja joudutaan välillä uudelleen asettelemaan. (3.)

2.2 Pintakalvot

Nykyiset käsin asennettavat pintakalvotarrat ovat 40 mm x 40 mm alustalla, joka on suunniteltu ulkokuoren jigin kanssa yhteensopivaksi. Jigiä käytetään siten, että pintakalvon alustan kulmissa olevat reiät asennetaan jigissä oleviin tappeihin ja kalvo liu'utetaan tappeja pitkin ulkokuoren päälle (kuva 2).



KUVA 2. Jigi pintakalvon asentamiseen

Ennen nykyisiä käsin asennettavia pintakalvoja pintakalvot valmistettiin 190 mm x 150 mm alustalle, jossa on 12 pintakalvoa. Pintakalvot irrotettiin alustasta ja asennettiin vapaalla kädellä ulkokuoren päälle. Aiemmissa pintakalvoissa on ollut ongelmina alustan materiaali, joka on välillä lähtenyt pintakalvon mukana pintakalvoa irrottaessa. Jos alustan materiaalia on irronnut alustasta pintakalvon liimapuolelle, se täytyy vielä erikseen irrottaa, ja se hidastaa pintakalvon asentamista entistä enemmän.

2.3 Ulkokuoret

Ulkokuorissa on kaksi painiketta ja kaksi reikää ledivaloille (kuva 3). Pintakalvoissa on vastaavasti muodot näille painikkeille ja läpinäkyvät aukot rei'ille. Ulkokuoren painikkeet ovat taipuvia kohtia ulkokuoressa, joita painettaessa kohdat taipuvat ja painavat niiden alapuolella sijaitsevia kytkimiä.



KUVA 3. Turvapainikkeen ulkokuori

Ulkokuoren sisäpuolella on kaksi pientä piirilevyn paikoitustappia, joita voidaan käyttää opinnäytetyössä itse ulkokuoren paikoittamiseen. Valmis pintakalvoinen ulkokuori asennetaan tagin alaosaan, johon elektroniikka on asennettu. Ulkokuori napsahtaa kiinni turvapainikkeen alaosaan, kun niitä painetaan yhteen.

3 ROBOTIIKKA

Robottiikka on nykypäivänä yksi suurimmista puheenaiheista, oli sitten kyse minkä tahansa alan robotiikasta, ja robotiikka onkin listattu yhdeksi tulevaisuuden megatrendeistä. Robotiikalla on erittäin kovat odotukset, ja sen on odotettukin kehittyvän tulevaisuudessa jopa samanlaiseen asemaan kuin Internet. (4.)

Robottiikalle on suuret odotukset erityisesti eurooppalaisen ja kotimaisen valmistavan tuotannon tehostajana. Kotimaisen teollisuuden kannalta haasteina ovat pienet valmistussarjat ja jatkuvasti muuttuvat tuotteet. Piensarjatuotantoa ajatellen tehokkaan robotoinnin haasteina ovat järjestelmän yksittäiseen tuotteeseen liittyvät investoinnit, mukaan lukien ohjelmointi, uuden tuotteen ylös ajaminen ja muuttuvaan ympäristöön sopeutuminen, kuten muutokset prosessissa tai tuotteissa. Jotta robotiikkaa pystyttäisiin täysin hyödyntämään nykyaikaisessa piensarjatuotannossa, sen ohjelmointi on oltava nopeaa ja joustavaa sekä prosessin laatu täytyisi olla tasaista. (5; 6.)

Robotteihin suhtaudutaan hieman kaksijakoisesti, koska sen pelätään vievän monilta työpaikan, mutta yleensä robotin saavuttua yritykseen työntekijä siirretään muihin työtehtäviin ennemmin kuin irtisanotuksi. Teollisuus joutuu kuitenkin toimimaan kovan kansainvälisen kilpailun olosuhteissa ja varsinkin korkeiden kustannusten maissa tuotanto täytyy tehdä tehokkaammin, järkevämmiin ja paremmin. Tehokkaamman tuotannon saavuttamiseksi on syytä käyttää kaikkia tekniikan tuomia mahdollisuuksia mukaan lukien robotiteknikkaa. Robotiikka on perustellusti yksi avaintekniikoista suomalaisen teollisuuden tehostamisessa. (6.)

Yksi kansainvälisesti ajankohtainen tutkimusaihe on ihmisen ja robotin välinen yhteistyö. Tavoitteena on yhdistää ihmisen hahmottamis- ja päättelykyky robotin tuottavuuteen, toistettavuuteen ja virheettömyyteen. Vuorovaikutteisuuden toimimiseen liittyy monia teknisesti vaativia ja turvallisuuteen liittyviä haasteita. Suurimpia riskejä robottien kanssa on törmäämisvaara ja puristumisvaara, jotka ovat ennen ratkaistu turva-aidoilla ja täten robotit ja ihmiset ovat eroteltu täysin. Vuorovaikutteisten robottien uuden turvatekniikan avulla näistä aidoista voidaan luopua. Vuorovaikutteiset robotit ovat teollisuusrobotteja

paljon pienempiä ja niillä on huomattavasti vähemmän voimaa, mutta ne ovat huomattavasti myös turvallisempia ja helppokäyttöisempiä. (6; 7.)

3.1 Ihminen ja robotti

Perinteisen teollisuusrobotin ja ihmisen välisiä yhteistyön tilanteita on lähinnä robotin ohjelmointi, häiriöiden selvittelyä, materiaalinkäsittelyä ja joissain tapauksissa varsinaista ihminen-robotti yhteistyötä prosessin yhteydessä. Perinteiset lähtökohdat yhteistyölle on, että ihminen ja robotti erotetaan toisistaan. Teollisuusrobotin ja ihmisen välinen yhteistyö on kuitenkin mahdollistettu esimerkiksi pyörähdyspöydillä ja välitysikkunoilla, mutta ihmisen astuessa robotin turva-aitojen sisäpuolelle robotti joutuu keskeyttämään työkiertonsa ja ohjelman joutuu pysäyttämään. Solun uudelleenkäynnistäminen vaatii servojen ja ohjelman uudelleenkäynnistämisen, joka on hidasta ja hankalaa jatkuvasti tehtyinä, mikä taas laskee tuotannollista tehokkuutta. Erillisellä sallintalaitteella on kuitenkin mahdollista sallia robotille hidas liike, alle 250 mm/s, jos ollaan robotin työalueella. (9, s. 7.)

Useissa tehtävissä kuitenkin parhaaseen tulokseen päästään, kun robotin ja ihmisen parhaimmat puolet saadaan yhdistettyä, jolloin ihmisen ja robotin täytyy työskennellä tiiviissä yhteistyössä. Jotkin työtehtävät voivat olla hyvinkin vaikeita automatisoida, jolloin paras ja yksinkertaisin ratkaisu on ihminen-robotti yhteistyö (9, s. 12). Teollisuusrobottien kanssa yhteistyö on haastavaa turvallisuussyistä, joiden vuoksi on kehitetty voimatunnuksella varustettuja yhteistyörobotteja, jotka tunnistavat törmäystilanteen ja pysähtyvät automaattisesti.

3.2 Turvallisuus

Robotin ja ihmisen välisessä yhteistyössä suurimmat vaarat ovat liikkuvan robotin törmäminen ihmiseen, puristumisvaara ja lentävät esineet, kipinät yms. Vuoteen 2006 asti analysoiduissa robotiikan tapaturmatutkimuksissa tapaturmia on sattunut 33 kappaletta vuodessa. Vakavia robottitapaturmia on sattunut yhteensä 25 ja kuolemaan johtaneita tapaturmia on sattunut kolme. Vakavista tapaturmista 23/25 on johtunut puristumisista. Robotin isku on harvoin aiheuttanut vakavan tapaturman. (9, s. 8.)

Robottiikkaan on kehitetty erilaisia turvallisuutta parantavia lisälaitteita, kuten turvaskannereita ja konenäköpohjaisia turvajärjestelmiä. Turvaskanneri on esimerkiksi optinen anturi, joka pyyhkii ympäristöään viuhkamaisesti infrapunasäteellä ja mittaa säteisiin osuneiden kohteiden etäisyydet. Turvaskannerin pyyhkimä alue on erittäin laaja ja mittaetäisyys on useita metrejä. Skannerin alueelle voidaan tietokoneella helposti graafisesti määrittää useita ja erilaisia varoitus- ja suojakenttiä. (9, s. 31.)

3.3 Vuorovaikutteinen robotiikka

Kollaboratiivinen robotti (collaborative robot, cobot) on vuorovaikutteinen robotti, joka on suunniteltu työskentelemään yhteistyössä ihmisten kanssa samassa tilassa. Cobotin ympäristöä ei tarvitse eristää turva-aidoilla, eikä cobotin tarvitse pysähtyä ihmisen tullessa cobotin työalueelle. Cobotit tekevät tuotannon automatisoinnista helppoa, joustavaa ja edullista. Vuorovaikutteiset robotit menestyvät parhaiten tarkoissa ja toistuvissa tehtävissä, jolloin työntekijän voi vapauttaa näistä yksinkertaisista ja monotonisista työtehtävistä palkitsevimpiin työtehtäviin. (8).

Vuorovaikutteiset robotit ovat pienikokoisia verrattuna perinteiseen teollisuusrobottiin ja täten vaativat paljon vähemmän tilaa ympärilleen. Pienen kokonsa vuoksi yhteistyörobottien kantokuorma on myös paljon pienempi kuin perinteisellä teollisuusrobotilla. Cobottien ohjelmoitavuus on myös erittäin helppoa verrattuna isoon teollisuusrobottiin, ja ohjelmointi pystyy tekemään henkilö, jolla on vähän kokemusta robotiikasta.

Vuorovaikutteisuuden avulla saadaan yhdistettyä ihmisen hahmottamis- ja päättelykyky robotin tuottavuuteen, toistettavuuteen ja virheettömyyteen. Kevyet yhteistyörobotit ovat joustavasti käyttöönotettavia ja ohjelmoitavia. (7.)

3.4 Esimerkki ihmisen ja cobotin yhteistyöstä

Yritys nimeltä SHAD on Euroopan johtava moottoripyörien lisätarvikkeiden valmistaja, joka etsii robottiratkaisua avuksi kasvavaan kysyntään. Robotin vaatimuksena olisi työskennellä linjalla, jossa olisi muuttuvia tuotteita ja olisi tiiviissä yhteistyössä ihmisten kanssa. SHAD valitsi robotikseen Universal Robotsin UR5-mallin, koska se on helppokäyttöinen, mahtuisi pieneen tilaan ja pystyisi työskentelemään ilman kalliita turva-aitoja. Kokoonpanossa on robotti ja ihminen tekevät tiivistä yhteistyötä, jossa ihminen asentaa

robotille osan, johon robotti ruuvaa 35 ruuvia ja ihminen siirtyy kokoonpanon toiseen työvaiheeseen. Lopputuloksena SHAD poisti työntekijältä yksitoikkoisen ja aikaa vievän työvaiheen kokoonpanosta ja nopeutti kokoonpanoa puolella. (10.)

3.5 Universal Robots

Universal Robots on tanskalainen kollaboratiivisten robottien valmistaja ja on markkinojohtaja ja liikkeelle paneva voima tämän kehittyvän tekniikan sisällä (11). Universal Robotsilla on kolme päätuotetta: Ur3, Ur5 ja Ur10 (kuva 4). Robottien painokuormat ovat mallien mukaiset, eli UR3:n painokuorma on 3 kg, UR5:n 5 kg ja Ur10:n 10 kg. Robottien ulottuvuus kasvaa myös mallien koon mukaan. UR3-robotti eroaa muista malleista siten, että viimeinen nivel pyörii äärettömästi, kun muiden mallien viimeinen nivel pyörähtää 360° suuntaansa, eli yhteensä 720°. (12, s. 18.)



KUVA 4. Universal Robots (7, linkki products)

Robotit ovat helposti ohjelmitavia ja ohjelmointi tapahtuu usein kosketusnäytöllisen ohjelmointipäätteen kautta, jossa on myös graafinen käyttöliittymä. Robotin käyttöliittymä on tehty käyttäjäystävälliseksi ja helposti opittavaksi, jotta täysin kokematonkin käyttäjä kykenee ohjelmoimaan monenlaisia sovelluksia ilman koulutusta. Robotin liikeradat voi-

daan opettaa joko liikuttelemalla robottia ohjelmointipääteestä tai sitten opettamalla robotille liikkeitä. Opetuksessa robotin käsivarresta otetaan kiinni ja siirretään robotti haluttuun asentoon ja tämä asento tallennetaan ohjauspääteessä. Tämän jälkeen opetetaan seuraava asento ja niin edelleen, kunnes haluttu ohjelma on valmis.

UR-robotit ovat kehitetty kaikenkokoisiin yrityksiin mutta erityisesti pienten ja keskisuurten yritysten tarpeita silmällä pitäen. Yritysten, jotka ovat riippuvaisia joustavasta automaatiosta ja tarvitsevat investoinnilleen nopeaa takaisinmaksuaikaa. Universal Robotsin roboteilla on keskimäärin 6kk takaisinmaksuaika. Universal Robotsin jälleenmyyjiä Suomessa ovat Universal Robots Finland, Posicraft Oy, Vsa-service oy, Servicepoint Oy ja Oy Machine Tool Co. (13; 8.)

Universal Robotsin robotin ominaisuudet perinteiseen robottiin verrattuna ovat huomattavat. Universalin roboteissa on erittäin herkkä sisäänrakennettu törmäystunnistin, jonka ansiosta robotin voi asentaa ihmisten sekaan ilman turvahäkkiä ja se täyttää silti EU:n turvastandardit. UR robotit ovat edullisempia ja helppokäyttöisempiä kuin perinteinen robotti. Yksi merkittävimmistä ominaisuuksista on, että UR robottien käyttöjännite on 230 V. Robottiin pystyy siis kytkemään virrat tavallisesta pistorasiasta, kun taas perinteinen robotti vaatii voimavirtaa toimiakseen. UR-robottien toistotarkkuus on $\pm 0,1$ mm, kun perinteisillä teollisuusroboteilla tarkkuus on noin $\pm 0,05$ mm. (9, s. 16.)

3.5.1 Uuden sukupolven URe-sarja

Universal Robots julkaisi Automatica 2018 -messuilla uuden e-sarjan robotit, jotka ovat entistä kehittyneempiä. URe-sarjan roboteissa on parempaa edellisiin verrattuna muun muassa parantunut toistotarkkuus, sisäinen voima-anturointi ja uusi ohjelmointipaneeli, jossa uusi käyttöjärjestelmä. Parannukset helpottavat ja nopeuttavat robotin käyttöönottoa ja mahdollistavat uusia käyttömahdollisuuksia. (11.)

URe-sarjan robottien toistotarkkuus on $\pm 0,03$ mm, kun taas vanhemman mallin toistotarkkuus on $\pm 0,1$ mm. Sisäinen voima-anturointi mahdollistaa erilaiset voimatunnistukset robotin työtehtävissä, kuten ruuvaaminen tiettyyn momenttiin, tai tunnistelua vaativat työtehtävät. Tulevaisuudessa pystytään valmistamaan erilaisia tarttuvia, jotka käyttävät sisäistä voima-anturointia hyväkseen. (14, s. 23.)

3.5.2 UR+

Robotti on vain yksi osa kokonaisuutta ja työtehtävästä riippuen robotti tarvitsee oikeanlaisen tarttujan tai muita lisälaitteita työn suorittamiseksi. Universal Robotsilla on UR+, joka on verkossa sijaitseva sivusto, jossa näytetään kaikki Universal Robotsin testaamat ja toimiviksi todetut sovellukset. Sovelluksiin kuuluu muun muassa erilaisia tarttujia, kameroita, lisätarvikkeita ja sovelluksia, joilla voi muokata robotin toimivuutta erilaisiin työtehtäviin. (15.)

UR+:sta löytyvät sovellukset ovat useiden eri yritysten valmistamia laitteistoja tai ohjelmistoja, jotka on kehitetty helppokäyttöisiksi ja helposti asennettaviksi. Ennen kaikkea tuotteet ovat luotettavia ja niistä kaikista löytyy tarkat tiedot ja tilastot asennettavuudesta, ohjelmoitavuudesta ja toiminnallisuudesta.

4 COBOTLINJAN PROTOMALLIN SUUNNITTELU

Protomalli suunniteltiin siten, että robotti ja ihminen tekevät yhteistyötä, eikä ole tarkoitus täysin automatisoida pintakalvojen asennusta, vaan tehostaa tuotantoa mahdollisimman taloudellisesti. Protomalli tehtiin Oulun ammattikorkeakoulun kalustolla ammattikorkeakoulun konelabrassa UR10-robotilla. Työhön olisi riittänyt Universal Robotsin UR3 mutta kyseistä cobotia ei ollut Oulun ammattikorkeakoululla käytössä. Protomallissa opinnäyte-työntekijä vaihtoi robotille asennettavat pintakalvoarkit ja ulkokuoret jigihin ja robotti asensi pintakalvot ulkokuoriin.

4.1 Pintakalvoarkki

Nykyiset ja aiemmat, käsin asennettavat pintakalvot eivät soveltuneet robotilla asennettavaksi. Robotille soveltuva ratkaisu pitäisi olla useamman pintakalvon paketti, jotta robotti voisi asentaa useamman pintakalvon ilman operaattorin avustusta. Aiemmin käytössä olleita pintakalvoarkkeja testattiin robotilla ja ongelmiksi havaittiin arkin repeäminen pintakalvoa irrotettaessa robotin imukupitarttujalla sekä joihinkin pintakalvojen liimapuolelle jäi ohut kerros taustamateriaalia.

Robotille sopivien pintakalvojen valmistuksesta keskusteltiin pintakalvojen sopimusvalmistajan kanssa. Sopimusvalmistajalle ehdotettiin erilaisia vaihtoehtoja, mitkä soveltuisivat hyvin robotille. Alkuperäisenä suunnitelmana oli valmistaa pintakalvot rullattavalle nauhalle, jota erillinen syöttölaite rullaisi mutta sopimusvalmistajalla ei ollut sopivaa laitteistoa nauhan valmistamiseksi.

Lopuksi päädyttiin valmistamaan testierä 200 mm x 160 mm pintakalvoarkkeja (kuva 5), johon yhteen arkkiin mahtuu 12 pintakalvoa. Pintakalvoarkin materiaali muutettiin ja pintakalvoihin vaihdettiin myös liimapinta, jonka pitäisi helpottaa pintakalvon irtoamista, kun siitä tartutaan kohtisuoraa ylhäältä päin. Pintakalvoarkkiin muutettiin lisäksi neljä kohdistusreikiä, joita käytettäisiin arkin paikoittamiseen jigillä (liite 1).



KUVA 5. Pintakalvoarkki

4.2 Jigit

Opinnäytetyöhön suunniteltiin yhteensä kolme jigä, joilla on merkittävä rooli robottisolun suunnittelussa. Jigien tehtävänä on pitää kokoonpanossa käytettäviä komponentteja paikoillaan sillä välin, kun robotti hoitaa työvaiheen. Operaattorin tehtävänä on asettaa komponentit jigeihin ja ottaa valmiit tuotteet pois jigeistä.

4.2.1 Solidworks

Tässä opinnäytetyön jigien suunnittelutyökaluna käytettiin Solidworksiä. Solidworks on suosittu 3D-suunnitteluohjelma, joka tarjoaa täyden valikoiman 3D-työkaluja, joiden avulla voit luoda, simuloida, julkaista ja hallita tietoja. Solidworks on perustettu joulukuussa 1993, ja sen tuotteet ovat helppoja oppia ja käyttää. Solidworksiä käyttää yli kaksi miljoonaa tuotesuunnittelijaa ja -insinööriä 182 300 organisaatiossa eri puolilla maailmaa,

niin pienten muovituotteiden kuin suurten metsäkoneidensuunnitteluun ja kehittämiseen.
(16.)

4.2.2 Pintakalvo jigi

Pintakalvon paikoittamiseksi ja paikallaan pitämiseksi suunniteltiin pintakalvoarkille alusta ja sen päälle kansi. Pintakalvoarkki asetetaan alustan päälle (kuva 6) ja pintakalvoarkin kohdistusreiät menevät alustan kohdistustappeihin. Kohdistustapit leikattiin sopivan mittaisiksi valmiista 5 mm paksuisesta kohdistustapista.



KUVA 6. Pintakalvojigin alusta ja kohdistustapit

Pintakalvojigin alustaan asennetun pintakalvoarkin jälkeen pintakalvoarkin päälle asetetaan kansi (kuva 7), jossa on jokaiselle pintakalvolle oma reikänsä. Kansi asettuu paikoilleen alustan kohdistustappien avulla. Jigit suunniteltiin Solidworksillä yksinkertaisiksi ja helppokäyttöisiksi (liite 2).



KUVA 7. Pintakalvojigin kansi

Pintakalvoarkin alusta koneistettiin POM:sta eli polyasetaalista. Polyasetaali on mittatarkka materiaali, jota on helppo koneistaa. Alusta koneistettiin Oulun ammattikorkeakoulun konelaboratoriossa käyttäen 5-akselista Haas UMC-750 CNC-koneistuskeskusta. Pintakalvoarkin päälle asennettavan kannen valmistusmenetelmäksi valittiin 3D-tulostus Oulun ammattikorkeakoulun konelabrassa.

4.2.3 Ulkokuoren jigi

Ulkokuoren jigin suunnittelussa oli tärkeää tutkia ulkokuoren piirustuksia ja jigiä, joka on suunniteltu pintakalvon käsin asentamiseen. Ulkokuoren paikoitus toteutuu ulkokuoren sisäpuolella olevien 3 mm pituisiin tappien avulla. Ulkokuoren jigissä on näille tapeille pienet reiät, johon tapit uppoavat. Tämä lukitsee ulkokuoren liikkumismahdollisuudet x- ja y-akselissa.

Ulkokuoren jigi koneistettiin samalla työstökeskuksella ja tehtiin samasta materiaalista kuin pintakalvojen alusta jigikin. Ulkokuorelle valmistettiin ensin yhden ulkokuoren kokoinen jigi, jolla pystyttiin testaamaan jigin toimivuutta ja pintakalvon asentamista robotilla. Myöhemmin ulkokuorille valmistettiin isompi jigi (liite 3) (kuva 8), johon mahtuu 12 ulkokuorta. Jigiin tehtiin 12 paikkaa, koska pintakalvoarkissa on 12 pintakalvoa.



KUVA 8. Ulkokuorien jigi

4.3 Tarttuja

Paineilma on helppokäyttöinen väliaine, koska ilmaa on aina saatavilla ja kompressorilla saadaan paine nousemaan. Pneumatiikka sopii koneautomaatioon silloin kun käsitellään keveitä kappaleita, vaaditaan pehmeää tartunta ja siirtoa tai silloin, kun vaaditaan hygieenistä järjestelmää. Pneumatiikalla voidaan toteuttaa automaatiota edullisesti ja järjestelmä on helppo rakentaa ja sitä voi helposti muokata myöhemmin. (17, s. 3 - 4.)

Pintakalvoista pystyy tarttumaan ainoastaan imukuppitarttujalla, joten oikeanlainen imukuppitarttuja tarvittiin työn suorittamiseksi. Oulun ammattikorkeakoulun konelaboratoriosta löytyi työhön sopiva Schmalzin valmistama vacuum end effector set, josta voitaisiin koota oikeanlainen imukuppitarttuja. Schmalzin vacuum end effector setistä pystyy koamaan erilaisia imukuppitarttuja kokonaisuuksia, ja setistä löytyy selkeät ohjeet halutun tarttujan kokoamiseen (kuva 9). Imukuppitarttujasettiä pystyy hyödyntämään monenlaisissa eri tehtävissä, joissa tarvitaan imukuppitarttujaa.

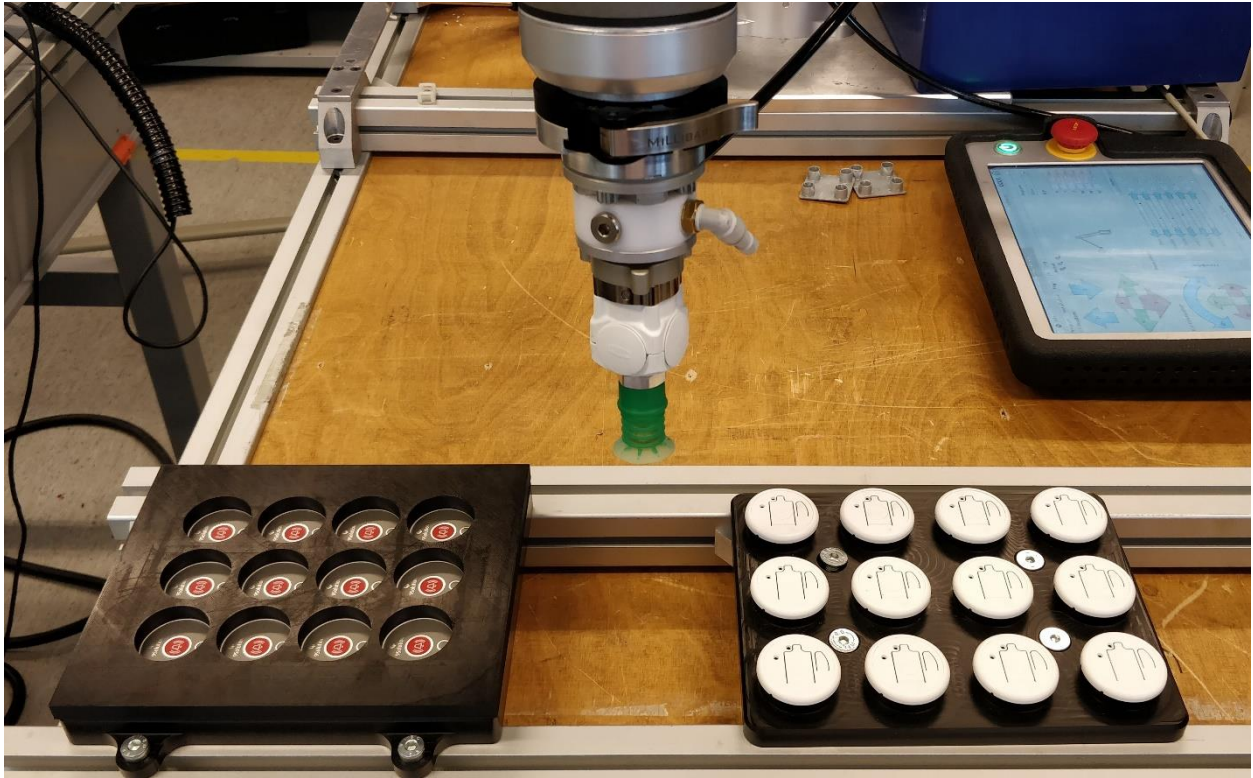


KUVA 9. Schmalzin tarttujasetti (18)

Tässä opinnäytetyössä Schmalzin tarttujasetistä kasattiin yhden imukupin tarttuja. Yhden imukupin tarttujaa käytettiin, koska protomalli haluttiin pitää erittäin yksinkertaisena, joka helpottaa siten ihmisen ja robotin asennustarkkuuden ja -nopeuden vertailua.

4.4 Layout

Oulun ammattikorkeakoulun konelaboratoriossa jokaiselle roboteille on tehty oma pöytänsä, jossa on tilaa robotille työskennellä. Robotin työpöydälle leikattiin ja kiinnitettiin alumiiniprofiilista alusta jigeille, joihin kiinnitettiin pintakalvoarkit ja tagin ulkokuoret. Protomallin layoutissa (kuva 10) pintakalvot ja ulkokuoret asetettiin vierekkäin, jotta robotin ei tarvitsisi tehdä pitkiä liikeratoja.



KUVA 10. Protomallin layout

Todellisessa työpisteessä cobotin ympärille voitaisiin asentaa usempi kuin yksi pintakalvo- ja ulkokuorijigi, ja cobotti siirtyisi aina valmiin 12 kappaleen asennuksen jälkeen uusille pintakalvoille ja ulkokuorille. Operaattorin tehtävänä on asentaa uudet pintakalvot ja ulkokuoret jigeihin sekä siirtää valmiit ulkokuoret eteenpäin kokoonpano linjalla.

4.5 Ohjelman kuvaus

Robotin ohjelmana käytettiin Universal Robotsin ohjausyksiköstä valmista pallet ohjelmaa (liite 4). Pallet ohjelmassa robotille opetettiin pintakalvon irrottaminen ja asentaminen ja tämän jälkeen jokaisen pintakalvon ja ulkokuoren paikat. Pintakalvon irrottamisessa vobotti painaa imukupin pintakalvoa vasten ja kytkee imun päälle, jonka jälkeen nostaa pintakalvon irti. Pintakalvon asentamisessa cobotti laskee imukupissa olevan pintakalvon ulkokuoren päälle ja puhalttaa paineilmalla pintakalvon kiinni ulkokuoreen. Ilman puhallusta pintakalvot eivät asetu kunnolla ulkokuoren päälle. Pintakalvojen ja ulkokuorien

paikkojen opetuksessa oli haasteena saada cobotin imukuppitarttuja täysin keskelle pintakalvoja ja ulkokuoria. Kun paikat oli opetettu, robotti osasi irrottaa automaattisesti pintakalvot ja asentaa ne ulkokuorille.

4.6 Protomallin tulokset

Cobotti asensi yhteensä 13 erää pintakalvoja, jokaisessa erässä on 12 kappaletta valmiita ulkokuoria. Ensimmäiset 9 erää menivät protomallin testaamiseen ja loput neljä erää saatiin valmiiksi samalla ohjelmalla ja annettiin yritykselle tarkastettaviksi. Nämä neljä erää olivat kaikki silmällä katsottuna erinomaisia, joten lisäeriä ei katsottu tarpeellisiksi.

Protomallissa robotilla käytettiin 50 % nopeutta robotin maksiminopeudesta. Protomallissa 12 kappaleen asentamiseen kului yhteensä aikaa 3 minuuttia. Tähän on laskettu uuden pintakalvoarkin ja uusien ulkokuorien asentaminen jigeihin. Robotin varsinainen työaika pintakalvojen asennuksessa oli 1 min 55 s. Protomallissa robotin asennusaika yhden pintakalvon kohdalla 50 % nopeudella oli 9,58 s.

Protomallilla saatiin valmistettua neljä testierää yritykselle tarkasteltaviksi (taulukko 1). Tarkasteltavissa pintakalvoissa suurimmassa osassa eli 65 %:ssa oli pieniä asennusvirheitä. Asennusvirheitä oli kolmea tyyppiä:

1. Pintakalvo oli hieman kierossa, jolloin ledireikien kohdat ei ollut täysin kohdillaan ja valo ei pääse pintakalvon lävitse halutulla tavalla (taulukko 1, x).
2. Pintakalvo ei ole täysin keskellä, jolloin pintakalvo nousee reunan päälle ja tuote ei ole enää välttämättä vesitiivis (taulukko 1, y).
3. Asennuksessa on edelliset kaksi virheasennusta (taulukko 1, xy)

TAULUKKO 1. Neljän testierän tulokset

Pintakalvo	Erä 1	Erä 2	Erä 3	Erä 4
1	x	x	OK	xy
2	x	x	x	x
3	x	xy	OK	OK
4	OK	x	OK	xy
5	xy	xy	x	OK
6	OK	x	x	x
7	OK	x	x	xy
8	xy	xy	x	y
9	xy	xy	y	y
10	OK	x	OK	OK
11	OK	OK	OK	OK
12	y	xy	OK	OK

Vaikka asennusvirheitä oli paljon, virheiden suuruusluokka oli mitoiltansa pieniä, noin kymmenesosamillien suuruisia. Jos pintakalvo ei ole keskellä ulkokuorta, jää pintakalvon toiselle puolelle tyhjä tila ja toisella puolella pintakalvo lähtee nousemaan ulkokuoren reunan päälle. Vaikka pintakalvo ei olisi täysin keskellä ulkokuorta, se ei kuitenkaan välttämättä nouse toiselta puolelta reunan päälle ja tuote on edelleen vesitiivis (kuva 11). Virheet pintakalvon kierrossa tarkoittaa, että pintakalvoissa olevat kohdat ledivaloille eivät olleet täysin kohdillaan ulkokuoressa olevien reikien kanssa. Jos pintakalvo on kierossa, ledivalo ei näy pintakalvon lävitse täysin ympyrän muotoisena. Yritys päättää kuitenkin lopuksi, mitkä asennuksista ovat hylättyjä ja mitkä hyväksytään.



KUVA 11. Virheasennus, erä 4 pintakalvo 8

Koska virheiden järjestyksessä ei ole minkäänlaista logiikkaa, tehtiin asennuksesta vielä lisätutkimusta. Cobotin ohjelmassa ja sen opettamisessa ei voida todeta virheitä, koska muuten kaikissa erissä esimerkiksi pintakalvo nelosessa pitäisi olla ainoastaan samantyyppisiä tuloksia. Virheiden aiheuttajaksi todettiin se tilanne, jossa pintakalvo irtoaa pintakalvoarkista. Pintakalvo liikahtaa hieman imukuppitarttujassa, kun se irtoaa pintakalvoarkista ja se aiheuttaa tämän kokoluokan virheet. Lisäksi pintakalvojen irrottamiseen vaadittiin suurta imutehoa, jotta pintakalvo lähtisi imukupin mukana. Tällöin imukuppi rutistaa pintakalvoa, jolloin myös imukupin aiheuttama rutistus voi aiheuttaa virheitä asennuksessa. Jos pintakalvo irtoaa eri tavalla kuin ohjelmaa tehdessä se on irronnut, tulee virheasennuksia. Pitää myös muistaa, että protomallissa käytetyn Universal Robotsin cobotin annettu toistotarkkuus on $\pm 0,1$ mm. Jos virheet ovat 0,1 mm suuruisia, voi virheistä syyttää cobotin toistotarkkuutta.

5 TULOSTEN VERTAILU

Protomallin tulosten perusteella pystytään vertailemaan pintakalvon käsin asennuksen asennusaikaa ja cobotin asennusaikaa sekä laskemaan paljonko aikaa ja rahaa säästyisi cobotilla. Todellisessa työkohteessa cobotin ympärillä olisi vähintään kaksi työpistettä, jossa cobotti asentaa pintakalvoja. Joten cobotin työaikaan ei tarvitse laskea operaattorin pintakalvoarkkien ja ulkokuorien jigeihin asentamiseen kuluva aikaa, koska cobotti siirtyy toiselle työpisteelle asentamaan pintakalvoja sillä välin. Jos cobotin yhden pintakalvon asennusaika on 9,58 s/kpl ja käsin asentamisella 44,4 s/kpl, säästettävä aika yhden pintakalvon asentamisessa on näiden kahden asennusajan erotus, eli 34,82 s/kpl.

Sopimusvalmistajalla teetetyn työn hinnaksi oletetaan 1 €/minuutti ja säästettävä aika yhden pintakalvon kohdalla on 34,82 s/kpl, ja minuuteissa 0,58 min/kpl. Näiden tietojen perusteella yhden cobotilla asennetun pintakalvon asennuksessa säästetään rahallisesti 58 senttiä per pintakalvo. Yhden kahdeksan tunnin työpäivän aikana cobotilla tehty säästö pintakalvojen asennuksessa on 1 740 €, olettaen että cobotti tekee töitä 100 % ajasta (kaava 1). Tämän säästön saavuttamiseksi pintakalvoja pitää asentaa 3 000 kappaletta kahdeksan tunnin aikana.

$$\frac{t}{w} \times m = x$$

KAAVA 1

t = työpäivän kesto

w = cobotin yhden pintakalvon asennusaika

m = säästö yhden pintakalvon asennuksessa

x = säästö yhden työpäivän aikana

6 KEHITYSIDEAT

Konseptin toimivuuden parantamiseksi voitaisiin tarvittaessa lisätä useita eri parannuksia, kuten pintakalvoarkin muuttaminen. Pintakalvoarkin ongelmaksi havaittiin tässä työssä, että pintakalvot eivät irtoa arkista joka kerta tai ne irtoavat vastustellen. Kaikkien pintakalvojen pitäisi irrota joka kerta samalla tavalla ja helposti, jotta jokainen asennus onnistuisi ja asennukset olisivat tasalaatuisia.

Toinen kehitysmahdollisuus konseptissa olisi jigien kehittäminen nopeakäyttöisimmäksi ja paremmiksi. Pintakalvo jigien alustan ja kannen yhteistoiminnan parantamiseksi niihin voitaisiin lisätä saranat ja pikalukitus, jotta jigi olisi yhtenäinen ja lukittuisi kiinni siksi aikaa, kun cobotti irrottaa pintakalvoja. Ulkokuoren jigiä voisi parantaa muuttamalla ulkokuorien asentoa siten, että cobotin ei tarvitsisi tehdä pientä kiertoliikettä sen jälkeen, kun se on pintakalvon irrottanut pintakalvoarkista.

Kolmas kehitysmahdollisuus olisi konenäön mukaan ottaminen konseptiin. Konenäöllä voitaisiin tehdä laaduntarkistusta ja lisäämällä ohjelmaan uusi vaihe, jossa konenäkö tarkistaa pintakalvojen ja ulkokuorien paikat ja cobotti tarttuu niistä konenäön antamien paikkojen perusteella. Konenäkö todennäköisesti hidastaisi reilusti cobotin tämän hetkistä asennusaikaa, koska cobotti joutuu silloin odottelemaan konenäön antamia tuloksia.

Neljäs kehitysmahdollisuus olisi pintakalvojen muuttaminen. Suurin osa protomallin virheistä johtui siitä, että pintakalvoissa olevat läpinäkyvät ympyrän muotoiset kohdat eivät olleet täysin kohdillaan ulkokuorissa olevien ledireikien kanssa. Tämä on virhe, koska ledivalo ei tällöin näy pintakalvon lävitse täysin pyöreänä. Virheet olivat mitoiltansa erittäin pieniä, joten tämä virhe voitaisiin mahdollisesti poistaa, jos pintakalvoissa olevia läpinäkyviä kohtia suurennettaisiin halkaisijaltaan yhdellä millillä.

Yksi kehitysmahdollisuus olisi myös automatisoida koko työvaihe, jossa ulkokuoret ja pintakalvot tulisivat cobotille jonkinlaisen syöttölaitteen avulla. Josta cobotti sitten itse asettaisi komponentit jigeihin, suorittaisi työvaiheen ja siirtäisi valmiit ulkokuoret pois jigeistä. Operaattoreiden ainoaksi tehtäväksi jäisi varmistaa, että cobotilla on tarpeeksi komponentteja asennettavaksi.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli pääpiirteissään tutkia yhteistyörobotin soveltuvuutta pintakalvojen asennukseen ja tehdä siitä protomalli. Protomalliin suunniteltiin yhteensä kolme jigiä käsiteltäville komponenteille ja koottiin sopiva imukuppitarttuja pintakalvojen asentamiseen. Työssä käytettiin Oulun ammattikorkeakoulun konelaboratoriossa sijaitsevia Universal Robotsin yhteistyörobotteja ja protomallissa käytetty cobotti oli UR10.

Tuloksena saatiin paljon uutta tietoa yhteistyörobotin soveltuvuudesta työtehtävään ja protomallilla saatiin tehtyä useita asennuksia. Protomallin tulokset ylittivät alkuperäisen protomallin tavoitteen, joka oli cobotin ohjelmointi vähintään yhdelle pintakalvo- ja ulko-kuori parille. Protomallilla saatiin asennettua yhteensä 48 pintakalvoa tarkasteltavaksi yritykselle. Tarkastettavaksi viedyistä pintakalvoista suurin osa sisälsi pieniä asennusvirheitä. Tällaisenaan konsepti ei olisi toimiva, sillä virheasennuksista pitäisi päästä kokonaan eroon. Jotta konseptista saisi toimivan ja järkevän investoinnin kohteen, pitäisi konseptia kehittää nykyistä toimivammaksi ja luotettavaksi.

Pintakalvojen asennuksessa ei ole oikeastaan yhtään toleranssia, ja jotta konseptista saisi täysin toimivan, pitäisi pintakalvojen irrota erittäin helposti. Suurin osa virheistä aiheutui pintakalvon irrotuksessa, jossa pintakalvo irtoaa väärin ja eri tavoin pintakalvoarkista. Jos pintakalvo ei ole täysin halutulla tavalla imukupissa, aiheuttaa se tarpeeksi heitelyä asennuksessa virheiden aikaansaamiseksi.

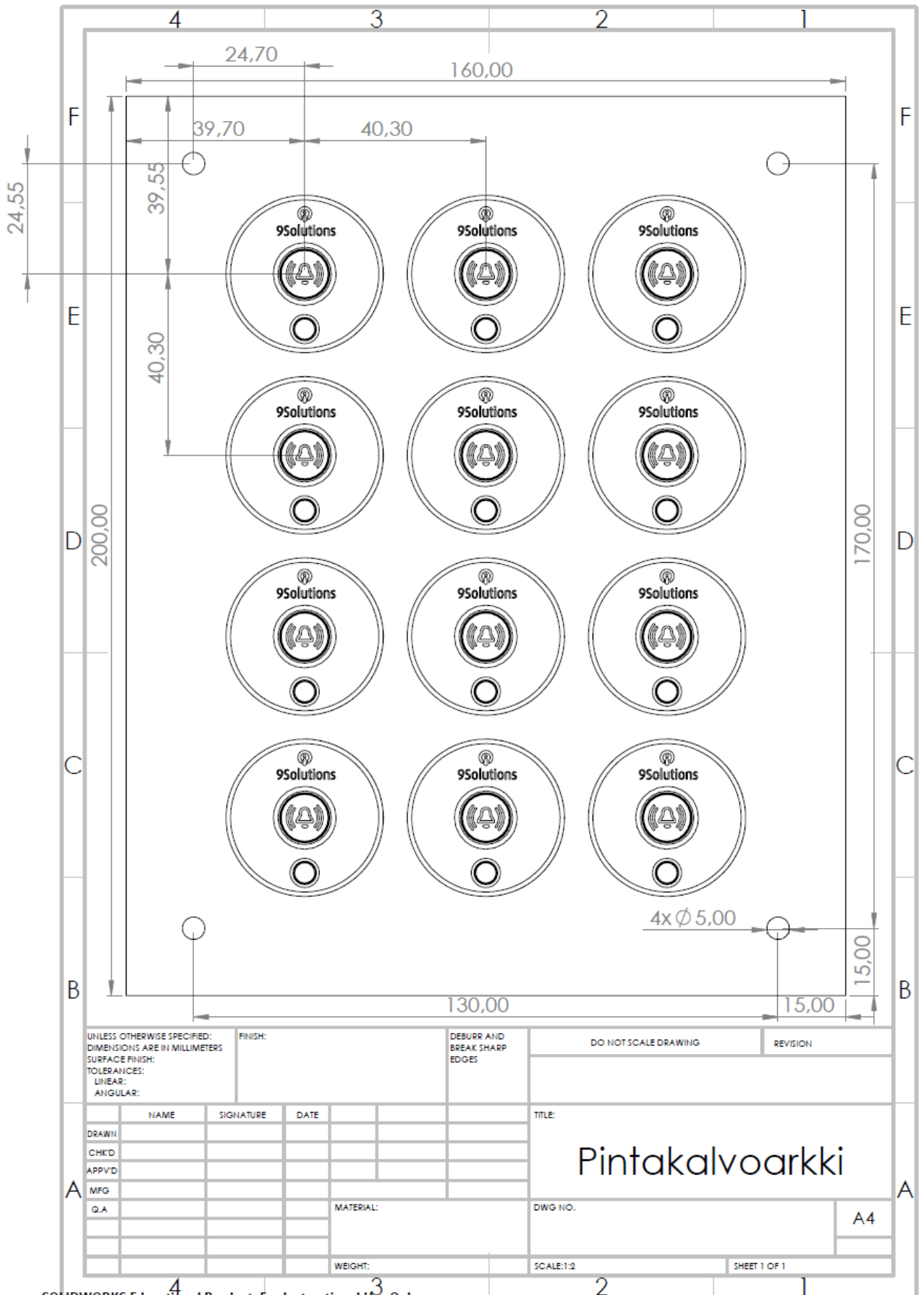
Cobotille pitäisi keksiä muitakin käyttökohteita, että investointi olisi kannattava ja yritys investoisi kollaboratiiviseen robottiin. Esimerkiksi tähän työhön parhaiten sopivaan UR3e-mallin pitäisi asentaa täysin onnistuneesti noin 40 000 pintakalvoa, jotta se maksaisi takaisin koko cobottisolun, ja tämän hetkiselä turvapainikkeiden volyymilla siihen menisi noin kaksi vuotta. Takaisinmaksuaikaa voisi lyhentää huomattavasti, jos solusta saataisiin operaattori kokonaan pois, sillä tämän hetkiselä asetuksilla solu vaatii operaattorin toimiakseen. Lisäkustannuksia cobotin käytössä on muun muassa cobotin sähkönkulutus ja mahdolliset määräaikaishuollot ja muut huollot, jos cobotti hajoaa.

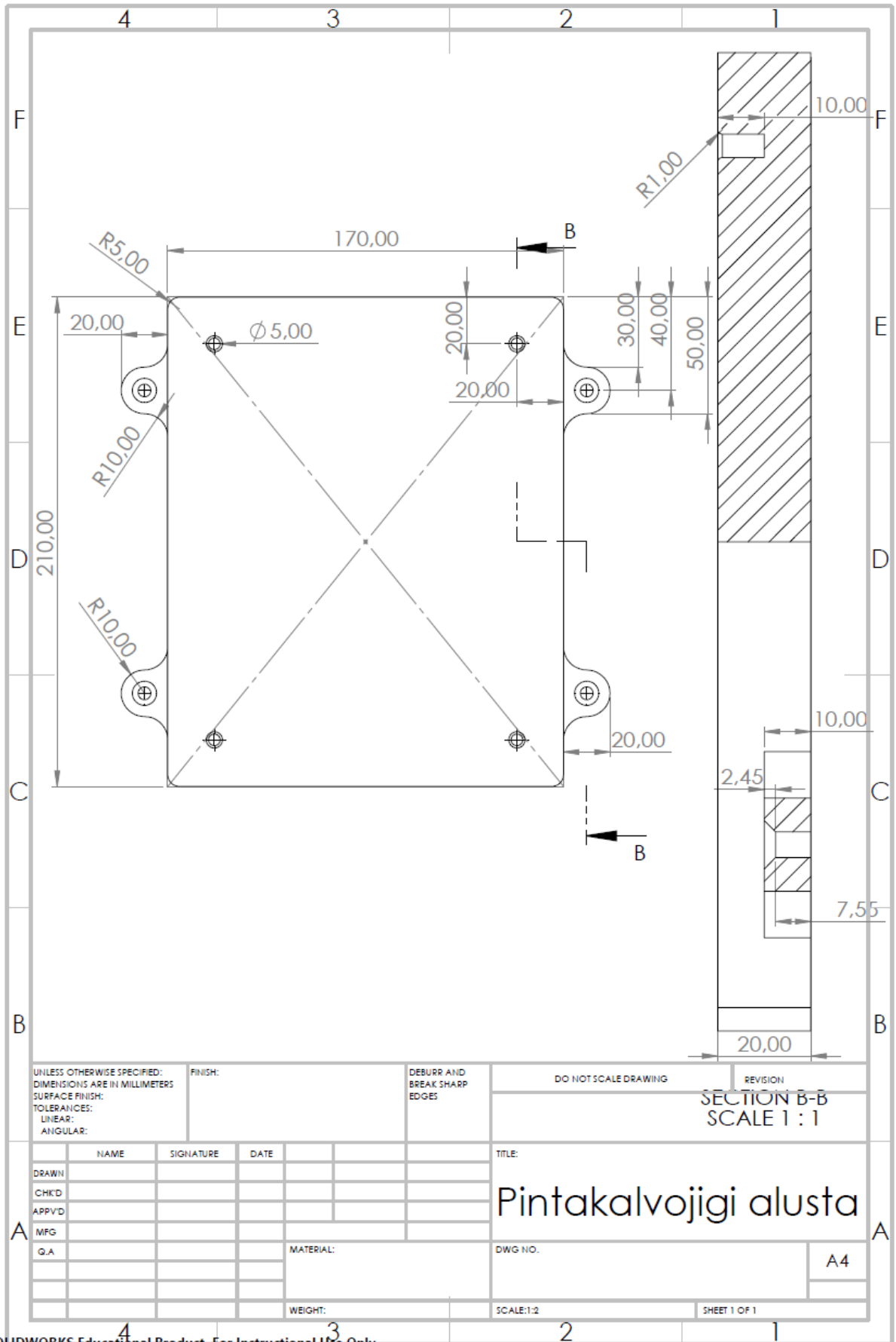
Cobotille muita käyttökohteita voisi olla yrityksen muiden tuotteiden kokoonpano, osakoonpano tai tuotteiden paketointi. UR3e olisi paras vaihtoehto yritykselle, sillä yrityksen kaikki tuotteet ovat kevyitä, joten suurempaa kantokuormaa kuin 3 kg ei cobotille tarvita. Lisäksi UR3e:n viimeinen nivel pyörii äärettömästi, jolloin sille voisi antaa työtehtäviä, jotka sisältävät ruuvausta. Koska tässä opinnäytetyössäkin cobotilta vaadittiin tarkkuutta, olisi Universal Robotsin e-sarjan cobotti vielä tarkempi ja parempi tähän työhön.

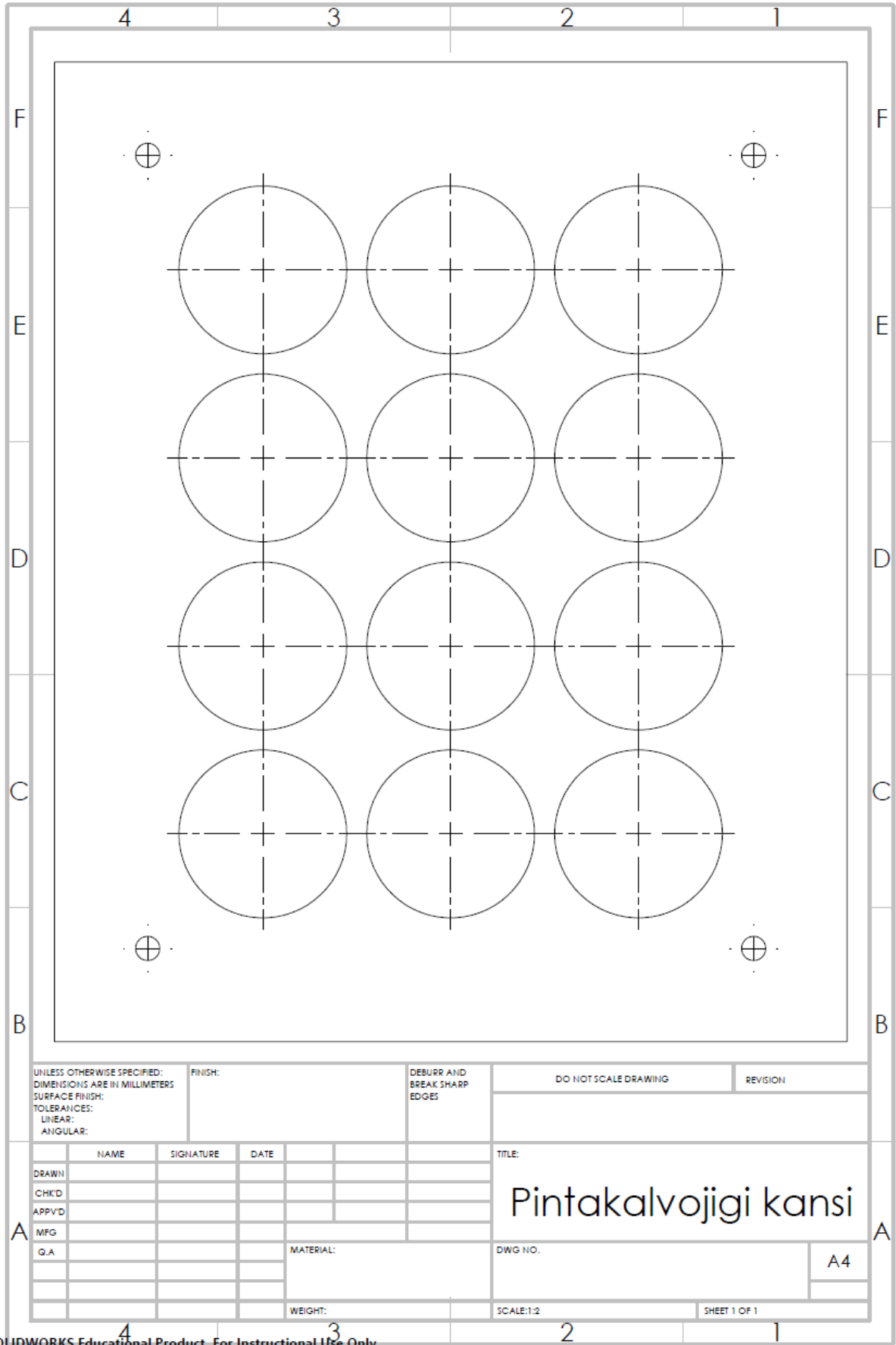
LÄHTEET

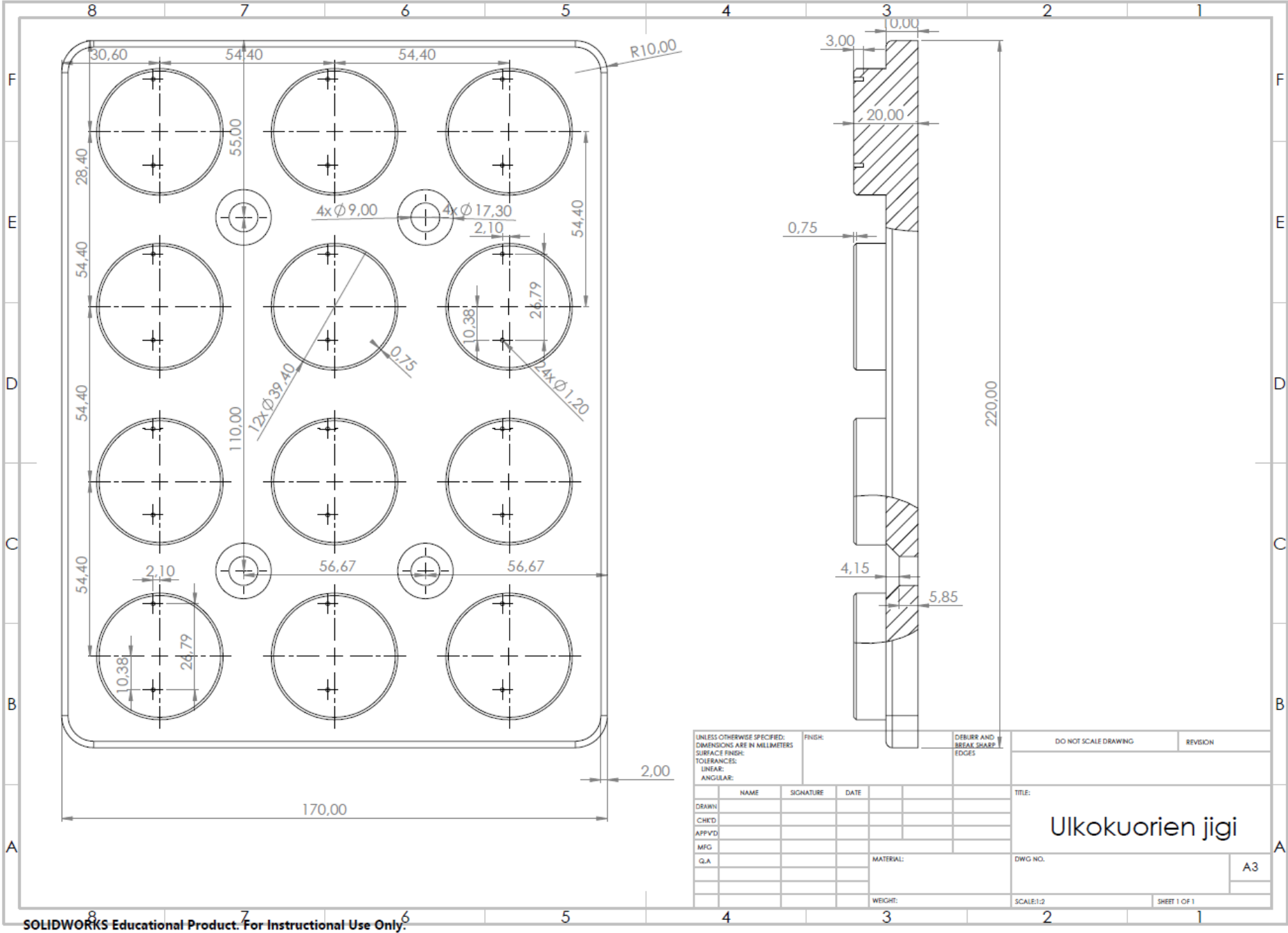
1. 9Solutions Oy. Saatavissa: <https://9solutions.com/yritys/tietoa-meista/>. Hakupäivä 6.3.2019.
2. Companion tag. Datalehti. 9Solutions.
3. Nikupeteri, Sini 2019. Re: Tagin foilin asennusaika. Sähköpostiviesti. Vastaanottaja: Sivonen, Teemu. 5.2.2019.
4. Vuorovaikutteinen robotiikka avain piensarjatuotannon automaatio ongelmiin. 2016. VTT. Saatavissa: <https://vttforindustry.com/2016/04/05/vuorovaikutteinen-robotiikka-avain-piensarjatuotannon-automatio-ongelmiin/>. Hakupäivä 6.3.2019.
5. Joustava ja älykäs robotiikka. 2019. VTT. Saatavissa: <https://www.vtt.fi/palvelut/%C3%A4lyk%C3%A4s-teollisuus/tulevaisuuden-tehdas/tuotannon-ja-tuotteen-kehitt%C3%A4minen/joustava-ja-%C3%A4lyk%C3%A4s-robotiikka>. Hakupäivä 6.3.2019.
6. Salmi Timo. Robotiikka- monien mahdollisuuksien tekniikka. 2014. VTT Saatavissa: <https://www.vtt.fi/Impulssi/Pages/Robotiikka-%E2%80%93-monien-mahdollisuuksien-tekniikka.aspx>. Hakupäivä 6.3.2019.
7. Työkaveri nimeltä robotti. 2017. LOGY. Saatavissa: <http://www.ostologistiikka.fi/etusivu/tyokaveri-nimelta-robotti>. Hakupäivä 6.3.2019.
8. Universal Robots. 2019. Saatavissa: <https://www.universal-robots.com/>. Hakupäivä 6.3.2019.
9. Ihmisen ja robotin yhteistyö, haasteita ja mahdollisuuksia. 2014. Powerpointdiasarja. VTT.
10. SHAD depends on Universal Robots to optimize their production processes. 2019. Universal Robots. Saatavissa: <https://www.universal-robots.com/case-stories/shad/>. Hakupäivä 12.4.2019.

11. Universal Robots. Orimattila. Posicraft. Saatavissa: <https://www.posicraft.fi/tuotteet/robotit/universal-robots/>
12. Universal Robots, brochure pdf. Universal Robots. Saatavissa: https://www.universal-robots.com/media/1801258/eng_199901_ur_main-product_brochure_web_1.pdf.
Hakupäivä 12.4.2019.
13. Universal Robots, distributors in Finland. 2019. Universal Robots. Saatavissa: <https://www.universal-robots.com/distributors/#/map/2516/14316/>.
Hakupäivä 12.4.2019.
14. Universal Robots, e-series brochure pdf. Universal Robots. Saatavissa <https://www.universal-robots.com/media/1802432/e-series-brochure.pdf>. Hakupäivä 12.4.2019.
15. UR+. Universal Robots. Saatavissa: <https://www.universal-robots.com/plus/>. Hakupäivä 12.4.2019.
16. Tietoja solidworksista. 2019. Solidworks. Saatavissa: http://www.solidworks.fi/sw/6453_SVF_HTML.htm. Hakupäivä 15.4.2019.
17. Fonselius, Jaakko – Korhonen, Juhani – Pekkola, Kari – Saarineva, Jarmo 1993. Koneautomaatio, Pneumatiikka. 6., uusittu painos. Helsinki: Painatuskeskus.
18. Vacuum end effector starter set- vee ur. 2019. Universal Robots. Saatavissa: <https://www.universal-robots.com/plus/end-effectors/vacuum-end-effector-starter-set-vee-ur/>. Hakupäivä 15.4.2019.









UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS SURFACE FINISH: TOLERANCES: LINEAR: ANGULAR:			FINISH:	DEBURR AND BREAK SHARP EDGES	DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
DRAWN	NAME	SIGNATURE	DATE	TITLE: Ulkkokuorien jigi		
CHK'D				MATERIAL:	DWG NO.	A3
APP'VD				WEIGHT:	SCALE:1:2	SHEET 1 OF 1
MFG						
Q.A						

Program

Robot Program

Pallet

Pattern: List

pintakalvo_1

pintakalvo_2

pintakalvo_3

pintakalvo_4

pintakalvo_5

pintakalvo_6

pintakalvo_7

pintakalvo_8

pintakalvo_9

pintakalvo_10

pintakalvo_11

pintakalvo_12

PalletSequence

Approach_3

pintakalvolle

Set suck=On

Wait alipainetunnist=LO

Wait: 0.5

Exit_3

Pallet

Pattern: List

ulkokuori_1

ulkokuori_2

ulkokuori_3

ulkokuori_4

ulkokuori_5

ulkokuori_6

ulkokuori_7

ulkokuori_8

ulkokuori_9

ulkokuori_10

ulkokuori_11

ulkokuori_12

PalletSequence

Approach_4

ulkokuuorelle

Set suck=Off

Set release=On

Wait: 0.5

Set release=Off

Exit_4