

3D-tulostussolun suunnittelu ja kehittäminen

LAB-ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK), Konetekniikka

2022

Juha Hildén

Tiivistelmä

Tekijä Hildén, Juha	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK Sivumäärä 21	Valmistumisaika 2022
Työn nimi 3D-tulostussolun suunnittelu ja kehittäminen		
Tutkinto ja koulutusala Insinööri (AMK), konetekniikan koulutus		
Toimeksiantajan nimi, titteli ja organisaatio Reijo Heikkinen, yliopettaja, LAB-ammattikorkeakoulu		
Tiivistelmä <p>Tämän opinnäytetyön aiheena on suunnitella LAB-ammattikorkeakoulun toimeksiantosta 3D-tulostussolu arviolta vuoden 2021 loppuun mennessä valmistuvaan kiertotalouslaboratorion toimitilaan. Laboratoriossa on käynnissä Muovin tarina - hanke, jossa tutkitaan mahdollisuuksia valmistaa kierrätysmuoveista uusiutuotteita 3D-tulostamalla täysikokoisen teollisuusrobotin avulla. Tuotteina ovat LABin muotoiluinstituutin opiskelijoiden tähän hankkeeseen suunnittelemaat puistonpenkit, kukkaruukut ja erilaiset muut julkisten ulkotilojen tuotteet.</p> <p>Työn lähtökohtana oli solulle osoitettu tila, johon valmiiksi hankitut käytetyt laitteet pyrittiin sijoittamaan parhaalla mahdollisella tavalla tilaa ja infrastruktuuria hyödyntäen turvallisesti. Suunnittelussa otettiin huomioon mahdollisesti myöhemmin asennettavat solun kehittämiseen liittyvät lisälaitteet.</p> <p>Työn lopputuloksena saatiin aikaan suunnitelma, jonka avulla saadaan toteutettua tavoitteet täyttävä tulostussolu tutkimus- ja opetuskäyttöä varten. Solun kehittäminen tulee jatkumaan hankkeen loppuun saakka työssäni laitteiston käyttäjänä lokakuuhun 2022, jolloin hanke päättyy.</p>		
Asiasanat 3D-tulostus, kiertotalous, kierrätysmuovi		

Abstract

Author(s) Hildén, Juha	Type of Publication Bachelor´s thesis, UAS	Published 2022
	Number of Pages 21	
Title of Publication Design and development of a 3D printing cell		
Degree and field of study Bachelor of Engineering (UAS)		
Name, title and organisation of the client (if the thesis work is commissioned by another party) Reijo Heikkinen, Lecturer, LAB University of Applied Sciences		
Abstract <p>The subject of this thesis is to design a 3D printing cell to the EKI-laboratory, which will be completed by the end of 2021, on behalf of the LAB University of Applied Sciences. The laboratory is running the Muovin tarina - project, which is exploring the possibility of making recycled products from recycled plastics by 3D printing using a full-size industrial robot. The products are park benches, flower pots and various other public outdoor products designed by the students of the LAB Institute of Design and Fine Arts for this project.</p> <p>The starting point of the work was the area allocated to the cell, in which the aim was to place the pre-acquired used equipment safely in the best possible way, utilizing the space and infrastructure. The design took into account any additional cell development accessories that could be installed at a later date.</p> <p>The result of the work was a plan to implement a print cell that meets the objectives for research and teaching use. The development of the cell will continue until the end of the project in my work as a hardware user until October 2022 until the end of the project.</p>		
Keywords 3D printing, recycling, recycled plastic		

Sisällys

1	Johdanto.....	1
2	Muovin tarina - hanke	2
3	3D- tulostussolu	3
3.1	Tuotannon layout.....	3
3.2	3D- tulostussolun layout.....	3
4	3D- tulostussolun laitteet.....	5
4.1	ABB teollisuusrobotti.....	5
4.2	Tulostusalusta	7
4.3	Ekstruuderit	8
4.4	Hydraulipumppu	10
4.5	Turva-aita	11
4.6	Robotin ohjausyksikkö	12
4.7	Järjestelmän ohjausyksikkö	13
5	Tulokset.....	15
6	Yhteenveto ja pohdinta	16
	Lähteet	17

1 Johdanto

Opinnäytetyössäni suunnittelen Muovin tarina- hankkeelle rakennettavan 3D- tulostussolun sille osoitettuun paikkaan LAB-ammattikorkeakoulun kiertotalouslaboratorion tiloissa. Kiertotalousterien suunnittelun käynnistyessä Muovin tarina - hankkeeseen ei oltu suunniteltu erillistä 3D- tulostuslaitteistoa. Tarkoituksena oli käyttää LABin automaatiotiloissa olemassa olevaa robottia ja siihen lisättyä tulostustyökalua apulaitteineen. Tämä kuitenkin osoittautui mahdottomaksi ahtaiden tilojen ja ilmanvaihtolaitteiston puutteellisen kapasiteetin takia. Lisäksi robottia käytetään paljon muussa opetuskäyttötarkoituksessa. Siksi kiertotalouslaboratorion alkuperäisessä rakennussuunnitelmassa ei tiloja ollut varattuna 3D- tulostussolulle.

Varsinaisesta laitteistosta on aiemmin valmistettu prototyyppejä ja tehty opinnäytetyökin. (Jeskanen, P. 2020). Niistä saatujen kokemusten perusteella soluun asennettavien laitteiden valinta sekä hankintaa on suoritettu koulun toimesta vuoden 2021 kuluessa.

3D-tulostussolu tullaan rakentamaan ja käyttöönottamaan tämän opinnäytetyössä valmistuvan suunnitelman mukaisesti kiertotalouslaboratorion tiloihin. Rakennus- ja käyttöönotto tehtävät rajautuvat kuitenkin opinnäytetyön ulkopuolelle. Opinnäytetyön edetessä ja valmistuttua soluun tarvittavat kaikenlaiset lisä- ja turvalaitteiden hankinnat, paikalleen asennukset, käyttöönotot, koeajot ja kehittämistehtävät jatkuvat opinnäytetyön valmistumisen jälkeen.

2 Muovin tarina - hanke

Keväällä 2021 käynnistyneessä, ympäristöministeriön Muovitekartan kokeilu- ja pilotointi-hankkeen tukiohjelman rahoittamassa Muovin tarinassa, etsitään keinoja erilaisten kierrätysmuovien jatkojalostamisesta uusiutuotteiksi yhteistyössä Espoon kaupungin ja LAB-ammattikorkeakoulun kanssa. Uusia ratkaisuja etsitään, koska sekalainen, epätasalaatuinen muovijäte on vaikeasti hyödynnettävissä ja käyttökohteita on vielä vähän. (Espoon kaupunki.) Muovipakkausjätteen keräystä lisätään espoolaisista kouluista ja tällä pyritään harjoittamaan sekä sitouttamaan lapsia ja nuoria muovipakkausten lajittelemiseen. Kerätty muovijäte toimitetaan LABin muovilaboratorioon jatkotutkimusta ja -käsittelyä varten. Valmistetun uusiomuovin pohjalta LABin muotoiluinstituutin opiskelijayhteistyönä suunnitellaan julkiseen ulkoympäristöön sopivia kalusteita. Ne 3D-tulostetaan robotin avulla, ja valmistetut tuoteprototyypit sijoitetaan koekäyttöön rakentuvalla Keran alueelle Espooseen. (Ahola & Martikka 2021.) Tuotteiden mahdollinen kaupallisuus arvioidaan yhteistyönä IKEAN kanssa. Hanke jatkuu syyskuun loppuun 2022 saakka.

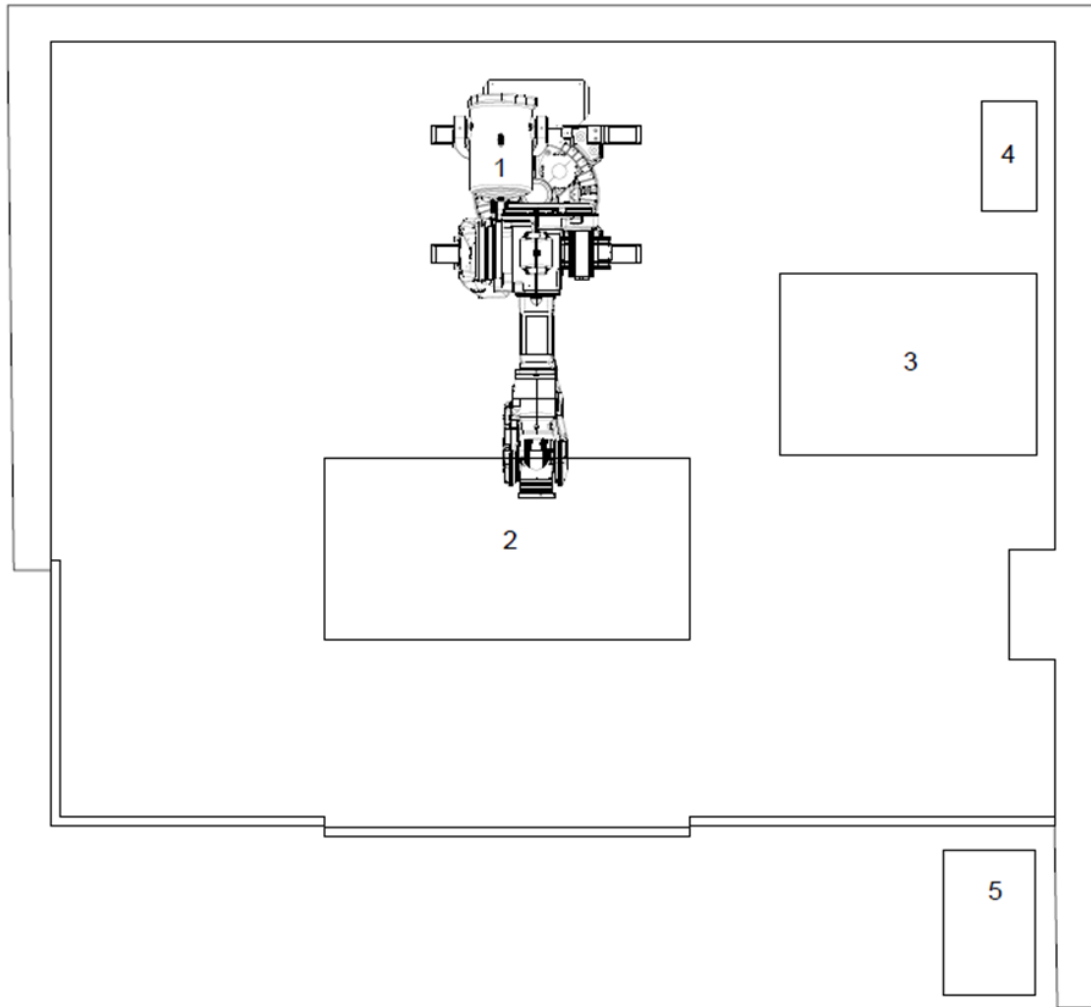
3 3D- tulostussolu

3.1 Tuotannon layout

Tuotannon layoutilla tarkoitetaan sitä, miten tuotantotila on järjestetty: miten laitteet, työpisteet, kulkureitit, varastot ja muut tarvittavat asiat on sijoitettu tehtaaseen. Hyvä tuotantosolu on turvallinen henkilöstölle. Solussa käytettävät raaka-aineet on sijoitettava siten, että ne ovat mahdollisimman lähellä käyttökohteitaan. Läpimenoajat pyritään pitämään lyhyinä. Käytettävissä oleva tila on hyödynnettävä mahdollisimman tehokkaasti. (Logistiikan maailma.)

3.2 3D- tulostussolun layout

3D- tulostussolun laitteiden sijoittelussa on lähtökohtana ollut mahdollisimman helppo ja esteetön laitteiden huolto ja muu toiminta solussa. Sijaintipaikkojen valintaan on vaikuttanut myös laitteiden letkujen ja johdotusten pituus. Lisäksi on huomioitu soluun myöhemmin mahdollisesti lisättävät toinen robotti ja pienempi, kääntyvä tulostuspöytä. Edellisiä ei ole merkitty layout-kuvaan. Kuvassa 1 robotti (1) on solun taustalla, sijoitettuna siten, että sen toimintasäde riittää sekä tulostamaan koko tulostuspöydän (2) alalle, että myös noutamaan tulostustyökaluun ladatut uudet annokset tulostettavaa materiaalia ekstruuderilta (3). Robotin toimintaa ohjataan S4C+ ohjausyksiköllä (5). Käyttövoima laitteisiin tuotetaan sähkön lisäksi hydraulipumpun (4) ja paineilman avulla. Paineilmaverkosto on valmiina tilassa ja liittimiä sijoitettuna riittävästi tilan seiniin. Työturvallisuus solussa toteutetaan rajaamalla alue kuvassa 8 esitetyn kaksi metriä korkean turva-aidan avulla. Kulku soluun tapahtuu automaattilukituksella varustetusta kaksi metriä leveästä liukuovesta. Kuvan 1 alareunassa näkyvä turva-aita muodostaa solun neljännen seinän. Tulostussolu on mitoiltaan 5500 x 4300 mm.



Kuva 1. 3D-tulostussolun ja toimilaitteiden layout- suunnitelma

4 3D- tulostussolun laitteet

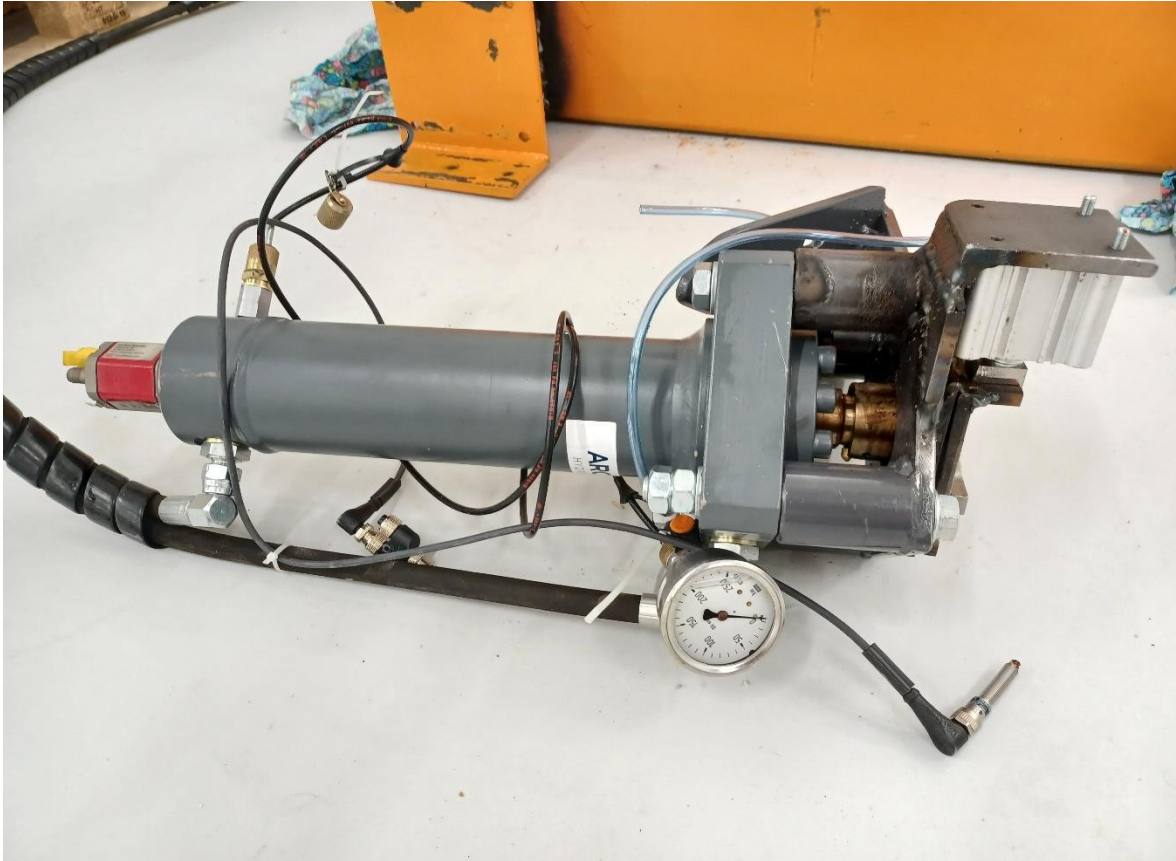
4.1 ABB teollisuusrobotti

LAB-ammattikorkeakoululle hankittiin kesän 2021 aikana kuvassa 2 esitetty käytetty teollisuusrobotti lisälaitteineen. Vuosimallia 2003 oleva robotti kantaa 175 kg kuormaa ja on ulottuvuudeltaan 2.25 metriä. (ABB 2021.) Laite on toiminut aiemmin uudenkaupungin autotehtaassa pistehitsausrobottina. Robotti on kuusiakselinen eli siinä on kuusi vapausastetta. Sen työkalu ylettyy 2.25 metrin päähän robotin jalustan keskipisteestä. Kyse on lähes tonnin painavasta laitteesta, jonka liikenopeudet sekä kiihtyvyydet ovat suuria. Turvallisen käytön takaamiseksi robotin lattiaan kiinnittämiseen on kiinnitettävä erityistä huomiota. Laitetoimittajan internet- sivulta ladataan robotin asennus- ja käyttöönotto-ohjeet sekä tekniset tiedot, joissa määritellään robotin aiheuttamat voimat eri suuntiin. Ohjeissa määritellään myös yksiselitteisesti tarvittavat kiinnitysmenetelmät.

Robotin työkalupäähän kiinnitetään kuvassa 3 esitetty erikoistyökalu, tarttuja, jolla robotti noutaa kuvassa 6 esitetyt lämmitettävät tulostuspursotimet. Tulostettaessa pursotin on täynnä sulatettua tulostusraaka-ainetta, joka puristetaan tulostussuuttimen läpi robotin ohjaamana haluttuun muotoon tulostuspöydälle.



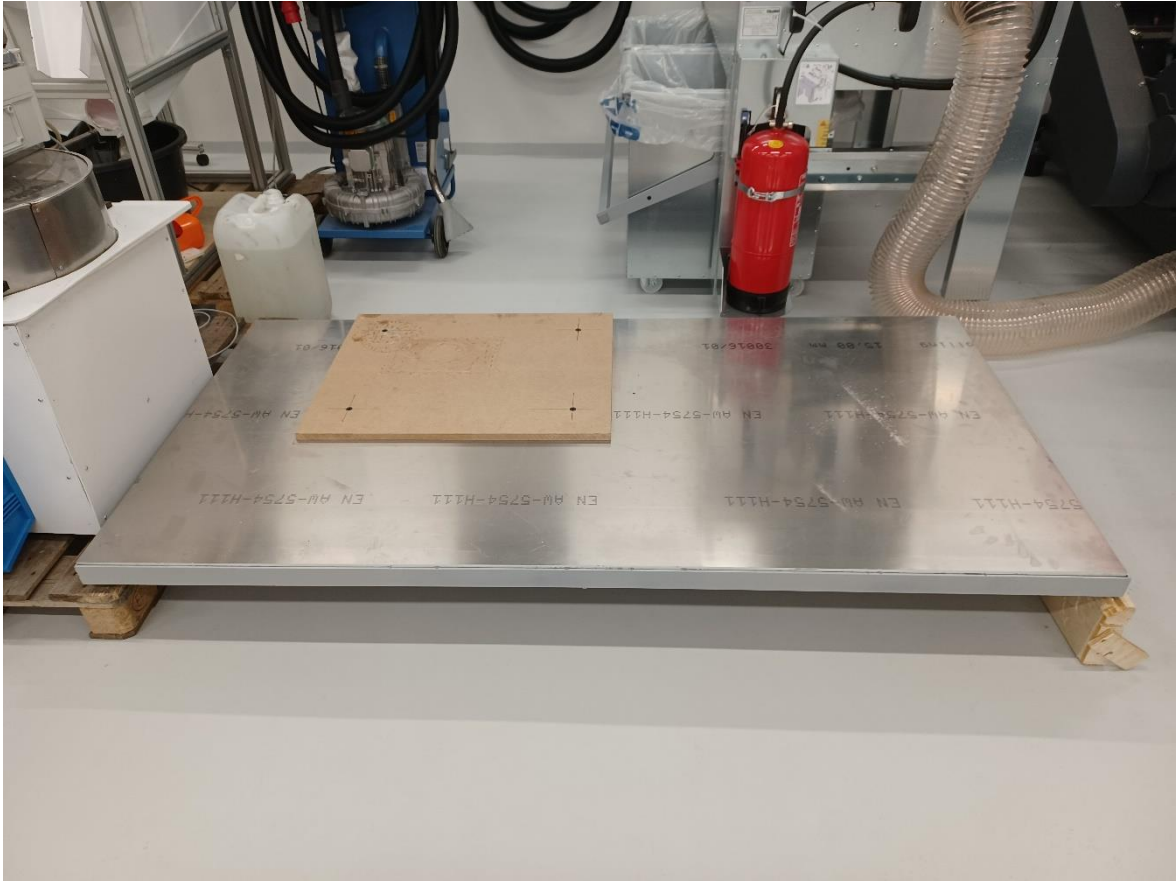
Kuva 2. ABB robotti 3D- tulostinta varten



Kuva 3. Tarttujatyökalu tulostuspatruunalle

4.2 Tulostusalusta

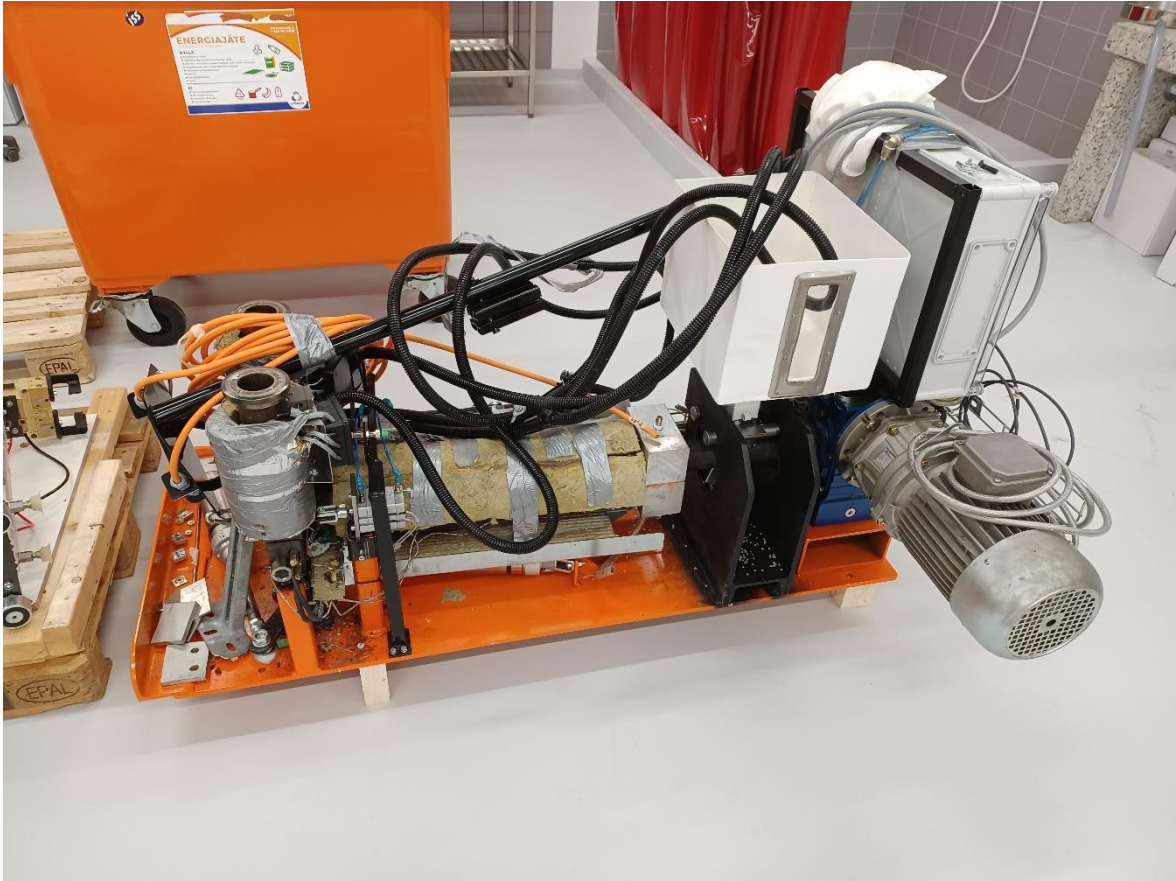
Robotin eteen valmistetaan kuvassa 4 esitetty lämmitettävä tulostusalusta, joka kiinnitetään tukevasti lattiaan kiinnitysankkureilla. Pinnaksi hankitaan lämmitettävä alumiinilevy, jonka mitat ovat 2000 x 1000 x 20 mm. Levyä lämmitetään sen alle liimattavan silikonilämmityselementin avulla. Säädettävä lämmitys tarvitaan tulosteen parempaa tarttumista varten. Lämmittimen tehon on riitettävä alustan lämmittämiseksi 130 celsiusasteeseen saakka. Korkeaa lämpötilaa tarvitaan vaikeiden muovisekoitusten tulostamiseksi. (Heikkinen, R. 2021.) Lämmityselementiksi valittiin tarjouksien perusteella Pistesarjat Oy:n ratkaisu, jossa toimittaja määrittäi alkutietojen perusteella tarvittavan tuotteen lämmitystehoksi 3,5 kW. Osien kokoonpanoa varten valmistetaan LABin metallipajalla 50 x 50 x 3 mm. kulma-raudasta verkkopohjainen kehys, ulkomitoiltaan 2010 x 1010 mm. Kehyksen sisään kootaan pohjaeriste, lämmityselementti eristeinen sekä pintalevy. Alustan pinta-ala on optimaalinen verrattuna robotin ulottuvuuteen. Alustan tarkka sijainti suhteessa robottiin tarkistetaan heti kun robotti saadaan käyttökuntoon. Lopullinen tulostusalustan kiinnitys lattiaan tehdään tarkistuksen perusteella.



Kuva 4. Tulostusalusta

4.3 Ekstruuderit

Tulostettavan raaka-aineen kuumentamista ja sekoittamista varten tarvitaan kuvassa 5 esitetty ekstrudointilaitte. Laitteeksi on valittu aiemmassa prototyypilaitteistossa ollut, koululla erikseen tätä tarkoitusta varten rakennettu ekstruuderit. Ekstruuderissa sekoitetaan ja kuunnetaan tulostettava muoviraaka-aine käyttökelpoiseksi tulostamista varten. Tarkoituksena on määrittää sellaisia reseptejä, jolla kierrätetystä muovista saadaan tulostettua riittävän laadukkaita lopputuotteita. Laite on varustettu kahdella tulostusannostelijalla. Robotin tulostaessa toisella annostelijalla, toinen on paikallaan ekstruuderissa, uutta annosta lataamassa, tulevaa tulostusvuoroaan odottamassa. Tällä tekniikalla halutaan tulostamisen jatkuvan tauottomana. Laitteen tekniset toiminnot ja ominaisuudet ovat aiemmassa kokoonpanossaan osoittautuneet riittäviksi tarkoitustaan varten, odotettavissa ei ole vaikeuksia kokonaisuuden toiminnan kannalta. Laite kiinnitetään tukevasti lattiaan kiinnitysankureilla liikkumisen estämiseksi. Robotin odotettu toiminta ei salli annostelijoiden paikoituksen muuttumista.



Kuva 5. Ekstruuderi muovin lämmitykseen ja sekoitukseen



Kuva 6. Tulostuspursottimet

4.4 Hydraulipumppu

Tulostustapahtumassa tulostustyökalussa oleva sula raaka-aine puristetaan suuttimensa läpi tulostuspöydän pinnalle. Puristaminen tapahtuu hydraulisylinterin avulla ja voiman tuottamiseksi tarvitaan hydraulipumppuyksikkö. Pumpuksi on valittu aiemmassa prototyypilaitteistossa käytetty, kuvan 7 esittämä pumppu. Kapasiteetiltaan ja paineeltaan pumppu on osoittautunut käyttökelpoiseksi, joten laitteistoa varten ei ole tarvetta hankia uutta voimälähdettä. Letkujen johtamiseen pumpulta robotin tulostustyökalulle on kiinnitettävä erityistä huomiota. Letkut eivät saa sotkeentua liikkeiden aikana toisiinsa. Ratkaisuna käytetään kattoon kiinnitettäviä kelaavia jousikannattajia, joiden avulla letkut pysyvät etäällä toisistaan. Lisäksi tämä on huomioitava ohjelmoitaessa robotin liikeratoja annostelijoiden kuljetettaessa annostelijoita ekstruuderin ja tulostuspöydän välillä.



Kuva 7. Hydraulipumppu

4.5 Turva-aita

Turvallisuusmääräysten täyttämiseksi tila on oltava rajattu turva-aidalla. Turva-aitoja koskevat laajat sääntelyt koneturvallisuusdirektiivissä. (EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI 2006/42/EY). Jotta kaikki mahdolliset rakennetta koskevat määräykset tulisivat huomioiduksi ja toteutetuksi, turva-aidan toimittaja kutsutaan tutustumaan solumuuriin. Tutustumisen perusteella toimittaja laatii tarjouksen vaatimustenmukaisesta turva-aidasta. Toimittajan tarjous aidasta hyväksyttiin sellaisenaan. Tarjouksia pyydettiin kolmelta toimittajalta, vastaanotettiin kaksi kappaletta, joista edullisempi valittiin. Valittu toimittaja toimii lähialueella, joten mahdolliset takuu- tai muut asiaan liittyvät toimet tulevat nopeasti hoidetuksi.



Kuva 8. Turva-aita

4.6 Robotin ohjausyksikkö

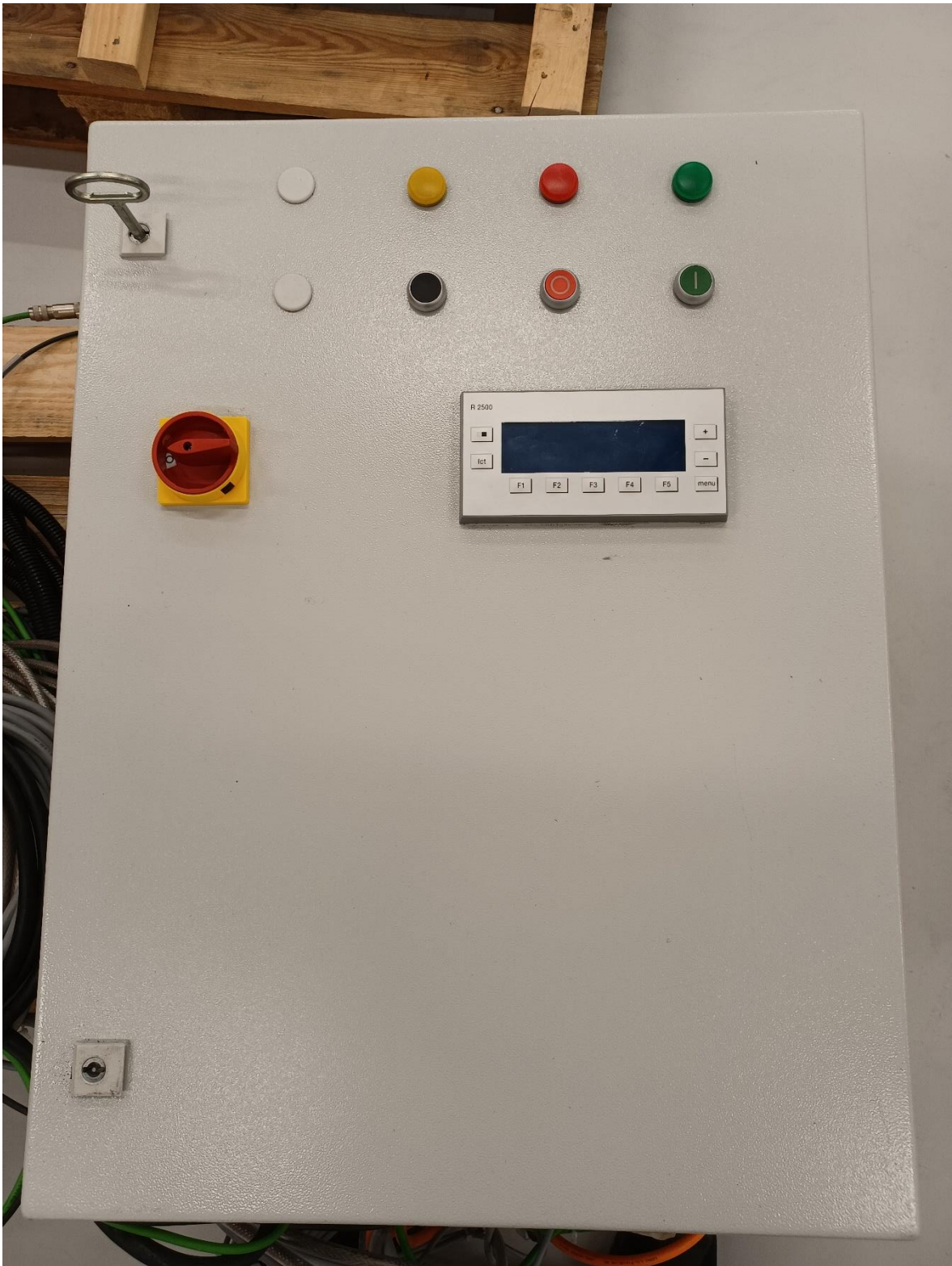
Robotin toimintaa ohjaa kuvassa 9 esitetty erillinen ohjausyksikkö. Yksikkö sisältää kaiken robotin toimintaan liittyvän ohjauselektronikan sekä tietokoneen, johon tallennetaan robotin toiminnan tuottavat ohjelmoinnit. Lisäksi se ohjaa solussa sijaitsevien lisälaitteiden toimintaa logiikan ohjauskäskyjen avulla.



Kuva 9. Ohjausyksikkö

4.7 Järjestelmän ohjausyksikkö

Kaikki solussa olevat toimilaitteet ovat liitetty kuvassa 10 esitettyyn järjestelmän ohjausyksikköön, joka robotilta tulevien käskyjen ja parametrien mukaan ohjaa muita solun toimilaitteita. Näin kaikki toiminnot saadaan suoritettua oikeassa järjestyksessä oikeaan aikaan ja tulostaminen on mahdollisimman häiriötöntä. Raaka-aineen saattaminen tulostettavaan muotoon prosessissa vaatii tarkkaa lämpötilan hallintaa eri laitteissa. Lämpötiloja ohjataan keskitetysti ohjausyksikössä olevan lämmönsäätöyksikön avulla.



Kuva 10. Järjestelmän ohjausyksikkö

5 Tulokset

Työn lopputuloksena saatiin aikaan suunnitelma, jonka avulla saadaan toteutettua tavoitteet täyttävä tulostussolu tutkimus- ja opetuskäyttöä varten. Layout- kuvan mukaisen laitteistokokoonpanon, joka on esitetty kuvassa 1, rakentaminen on aloitettu syksyllä 2021. Solun kehittäminen tulee jatkumaan opinnäytetyön tekijän toimiessa laitteiston kokoonpanon ja käyttöönoton valvojana lokakuuhun 2022 saakka, jolloin Muovin tarina - hanke päättyy.

6 Yhteenveto ja pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli suunnitella toteuttamiskelpoinen 3D-tulostussolu ennalta osoitettuun tilaan Muovin tarina- hanketta varten. Solulle osoitettu tila oli riittävän kokoinen laitteiden sijoittamista varten. Solussa tullaan valmistamaan aluksi erilaisia yksittäiskappaleita ja etsimään toimivia reseptejä kierrätysmuovin käyttämiseksi tulostusraaka-aineena. Taloudellinen, nopea ja tehokas tuotteen läpimeno solussa ei tässä vaiheessa ollut suunnitelman perusteena, toisin kuin yleisesti tuotantolaitoksiin suunniteltavissa soluissa.

Solun rakentaminen ja kokoonpano on kuulunut tehtävään opinnäytetyön käytännön osana. Laitteiden paikalleen asennuksissa on tullut vastaan sellaisia asioita, joita ei suunnitellessa osannut ottaa huomioon. Laitteiden, kuten robotin asennus ja käynnistäminen oli haastavaa ja sitä varten jouduttiin pyytämään ohjeita valmistajalta. Lopulta tehtävä onnistui ja robotti saatiin toimintaan.

Solun kehittäminen tulee jatkumaan työssäni laitteiston käyttäjänä lokakuuhun 2022 saakka, jolloin hanke päättyy. Tällä hetkellä laitteistoa ei ole ollut mahdollista koeajaa koska sähkö- ja automaatiotyöt ovat kesken. Laitteiston aiemman kokoonpanon perusteella ekstruuderin tehoa on mahdollisesti nostettava, vaihtamalla sähkömoottori tehokkaammaksi, tai vaihdettava koko laite suurempikapasiteettiseksi. Jos laite päätetään vaihtaa, on syytä myös harkita, muutetaanko tulostus toteutettavaksi yhdellä isommalla tulostuspatruunalla kahden sijaan. Patruunan vaihdon sijaan robotti voisi käydä ekstruuderilla täyttämässä patruunan aina sen tyhjennyttyä. Tämä keino vähentäisi ekstruuderissa olevia komponentteja, toimintoja ja tehon tarvetta. Tämä myös lisäisi luotettavuutta mahdollisessa ajonopeuden kasvattamisessa oikeiden materiaalseosten ja lämpötilojen löytämisen jälkeen.

Lähteet

ABB 2021. Product specification IRB 6620. Viitattu 27.12.2021. Saatavissa <https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=3HAC025861-001&LanguageCode=en&DocumentPartId=&Action=Launch>

Ahola H., Martikka O. 2021. Muovin tarina – uusi lähestyminen muovin kierrätyksen edistämiseen. LAB ammattikorkeakoulu. Viitattu 7.12.2021. Saatavissa <https://blogit.lab.fi/labfocus/muovin-tarina-uusi-lahestyminen-muovin-kierratyksen-edistamiseen/>

Espoon kaupunki. Muovin tarina- roskasta tuotteeksi. Viitattu 7.12.2021. Saatavissa <https://www.espoo.fi/fi/espoo-kaupunki/kestava-kehitys/kestava-espoo/kestava-espoo-ohjelman-projektit/muovin-tarina-roskasta-tuotteeksi#section-28290>

Heikkinen, R. 2021. Yliopettaja. LAB ammattikorkeakoulu. Haastattelu 22.10.2021.

Jeskanen, P. 2020. DigiValmistus-hankkeen tulostusolun käyttöönotto. LAB ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. Viitattu 3.1.2022. Saatavissa <https://www.theseus.fi/handle/10024/266376/browse?type=author&value=Jeskanen%2C+Pave>

Logistiikan maailma. Tuotannon layout. Viitattu 3.1.2022. Saatavissa <https://www.logistiikanmaailma.fi/tuotanto/tuotantostrategia/tuotannon-layout/>