



Joseph George el-Khoury

# 3D-tulostusstudion suunnittelu ja käyttöönotto

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

Insinöörityö

25.8.2021

## Tiivistelmä

Tekijä: Joseph George el-Khoury  
Otsikko: 3D-tulostusstudion suunnittelu ja käyttöönotto  
Sivumäärä: 17 sivua + 2 liitettä  
Aika: 25.8.2021

Tutkinto: Insinööri (AMK)  
Tutkinto-ohjelma: Konetekniikka  
Ammatillinen pääaine: Koneautomaatio  
Ohjaaja: Lehtori Maria Sjöholm

---

Insinööriyössä tutkittiin mahdollisuuksia 3D-tulostusstudion pystyttämiseen Robo Garage -opiskelutilaan. Studioon oli tarkoitus hankkia kahdesta kolmeen 3D-tulostinta ja kullekin 3D-tulostimelle oheislaitteet. Hankittavista 3D-tulostimista tehtiin kilpailutus ja markkinakartoitukset. 3D-tulostimista ja sen oheislaitteista tehtiin käyttö- ja huolto-ohjeet.

Insinööriyötä edesauttoi kyselyn laatiminen kone- ja ajoneuvotekniikan sekä myös sähkö- ja automaatiotekniikan opiskelijoille ja lehtoreille. Kyselyssä oli kaksi kysymystä, josta toinen oli monivalintakysymys ja toiseen oli mahdollisuus antaa perustellut valitsemiin monivalintoihin.

Insinööriyö toteutettiin Metropolian tilassa, jonka nimeksi annettiin Robo Garage. Robo Garage on opiskelemiseen ja oppimiseen tarkoitettu tila, jossa on muun muassa 3D-tulostusstudio.

Insinööriyön lopputuloksena on, että Robo Garage -opiskelutilassa on kaksi eri tarkoitukseen käytettävää 3D-tulostinta, joissa on omat ilmansuodattimet.

Avainsanat: 3D-tulostin, Robo Garage

## Abstract

Author: Joseph George el-Khoury  
Title: Planning and Implementation of a 3D Printing Studio  
Number of Pages: 17 pages + 2 appendices  
Date: 25 August 2021

Degree: Bachelor of Engineering  
Degree Programme: Mechanical Engineering  
Professional Major: Machine Automation  
Instructor: Maria Sjöholm, Senior Lecturer

---

This thesis examines the potential set-up of a 3D printer studio in the Robo Garage's learning space. For this purpose, two to three 3D printers and, for each printer, additional accessory devices were intended to be acquired for the studio. For the procurement of the 3D printers, tendering was completed through market research. Additionally, an implementation and maintenance manual for the printers and accessories was composed.

One of the research methods was the distribution of a questionnaire for mechanical, automotive as well as electrical and automation engineering students and teachers. The questionnaire consisted of two questions; the first was a multiple-choice question, and the second allowed justification for the choices in the previous question.

The thesis was conducted in a designated area in the Metropolia University of Applied Sciences, which was named Robo Garage. Robo Garage is a space for studying and learning purposes where there is, among others, a 3D printer studio.

As a result, in the Robo Garage, there are two 3D printers assembled for differing purposes, which are equipped with their own air filters.

Keywords: 3D printer, Robo Garage

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	3D-tulostus	2
2.1	Tulostustekniikat	2
2.1.1	FDM-tekniikka	3
2.1.2	FFF-tekniikka	3
2.1.3	LFS-tekniikka	3
2.1.4	SLA-tekniikka	4
2.1.5	SLS-tekniikka	4
2.1.6	DLP-tekniikka	5
2.2	Tulostusmateriaalit	5
2.2.1	Filamentti-tulostusmateriaali	5
2.2.2	Hartsi-tulostusmateriaali	7
3	3D-tulostusstudion suunnittelu Robo Garageen	8
3.1	3D-tulostusstudion mallintaminen ja sijoittaminen	9
3.2	3D-tulostimien hankinnan toteutus	10
3.3	3D-tulostimien vertaileminen toisiinsa	11
3.3.1	Hankintapaketti 1	11
3.3.2	Hankintapaketti 2	12
3.3.3	Hankintapaketti 3	12
3.4	3D-tulostimien käyttöönotto	12
3.4.1	Ilmansuodattimella varustettu kammio	13
3.4.2	Filamentti-tulostusmateriaalin kunnossapitäminen	14
4	Tulokset	14
4.1	3D-tulostusstudio	14
4.2	3D-tulostimet	15
4.3	Ohjeet 3D-tulostimien käyttämiseen ja ylläpitoon	15
5	Yhteenveto	15
	Lähteet	17

## Liitteet

Liite 1. 3D-tulostimien tarvekartoituskysely.

Liite 2. Käyttöönotto-ohjeet ja huolto-ohjeet 3D-tulostimille.

## Lyhenteet

- ABS: *Acrylonitrile butadiene styrene*. Filamentti-tulostusmateriaali.
- DLP: *Digital Light Processing*. Tulostustekniikka.
- FDM: *Fused Deposition Modeling*. Tulostustekniikka.
- FFF: *Fused Filament Fabrication*. Tulostustekniikka.
- HIPS: *High-Impact Polystyrene*. Filamentti-tulostusmateriaali.
- LAN: *Local Area Network*. Internetiä tarvitseva laite voidaan yhdistää kaapelin avulla tietoliikenneverkkoon.
- LFS: *Low Force Stereolithography*. Tulostustekniikka.
- PET: *Polyethylene terephthalate*. Filamentti-tulostusmateriaali.
- PETG: *Polyethylene terephthalate glycol*. Filamentti-tulostusmateriaali.
- PLA: *Polylactic acid*. Filamentti-tulostusmateriaali.
- PVA: *Polyvinyl alcohol*. Filamentti-tulostusmateriaali.
- SD: *Secure Digital*. Muistinkorttien salaus- ja suojaustyyppi
- SLA: *Stereolithography*. Tulostustekniikka.
- SLS: *Selective Laser Sintering*. Tulostustekniikka.
- USB: *Universal Serial Bus*. Sarjaväylä oheislaitteiden ja tietokoneiden väliseen tietoliikenneyhteydenpitoon.

WLAN: *Wireless Local Area Network*. Internetiä tarvitseva laite voidaan yhdistää langattomasti tietoliikenneverkkoon.

3D: *Three Dimensional*. Kolmiulotteisuus.

# 1 Johdanto

Tämän Insinööriyön tavoitteena on selvittää, minkälaisia 3D-tulostimia voidaan hankkia 3D-tulostusstudioon. Selvityksen alla on myös hankittavien 3D-tulostimien määrä ja niiden sijoittaminen 3D-tulostusstudioon. Tavoitteina on myös sekä laatia kysely lehtoreille ja opiskelijoille, että kartoittaa kattavasti hankittavista 3D-tulostimista ja kilpailuttaa eri valmistajien 3D-tulostimia tarjouskyselyiden avulla.

Insinööriyön tarkoituksena on täydentää 3D-mallia 3D-tulostusstudiosta hankittavine laitteineen ja huonekaluineen. Tarkoituksena on myös laatia sekä käyttöönotto-ohjeet että huoltotoimenpideohjeet 3D-tulostimille ja niiden lisätarvikkeille. 3D-tulostimien ja lisätarvikkeiden ohjeiden laatimisen lisäksi, tarkoituksena on myös taata turvallinen työskentely 3D-laitteiden parissa.

Insinööriyössä tutustutaan myös hankittavien laitteiden ominaisuuksiin ja pyritään estämään mahdollisia vaaratilanteita ennakoimalla ja varustamalla 3D-tulostimet lisätarvikkeilla. Insinööriyössä tullaan myös tarkastelemaan 3D-tulostimien ominaisuuksia, kattavia käyttöönotto- ja huolto-ohjeita ja 3D-mallia automaatiostudiosta. Lisäksi työssä tarkastellaan anonyymikyselyn kysymyksiä ja vastauksia.

Insinööriyön tuloksia on tarkoitus toteuttaa Metropolian tilaan, johon suunnitellaan Robo Garage. Robo Garage on opiskelemiseen ja oppimiseen tarkoitettu tila, jossa on muun muassa 3D-tulostusstudio.

Metropolia ammattikorkeakoululla on neljä kampusta ympäri pääkaupunkiseutua, joista kaksi on Helsingissä (Myllypuron kampus ja Arabian kampus), yksi Vantaalla (Myrmyrmen kampus) ja yksi Espoossa (Karamalmin kampus). Metropolia ammattikorkeakoulun toimialoista sosiaali- ja terveystieteitä opiskelee Myllypuron kampuksella, kulttuurialaa opiskelee Arabian kampuksella, liiketa-



loutta opiskellaan Myyrmäen kampuksessa ja puolestaan tekniikan aloja opiskellaan sekä Myyrmäen että Karamalmin kampuksissa. (Metropolian kampukset 2020.)

## 2 3D-tulostus

3D-kappaleita voidaan tulostaa monella erilaisella tulostusprosesseilla. Yleisimmät tulostusprosessit ovat filamentin pursottaminen suuttimen läpi (Material Extrusion), jauheen puristaminen laserin avulla yhtenäiseksi kappaleeksi (Powder bed fusion) ja hartsinesteessä kulkevan valon avulla ainekset kovettuvat kappaleeksi (VAT Photopolymerization). (What is 3D Printing? - Technology Definition and Types 2021.)

Yllä mainituista tulostusprosesseista on olemassa sekä teollisuuteen tarkoitettuja 3D-tulostimia että yrityksille ja myös kuluttajille suunnattuja 3D-tulostimia. Jokaisella tulostusprosessilla on omat tulostustekniikkansa ja tulostusmateriaalinsa.

3D-malleille konfiguroidaan sopivat asetukset ennen kuin 3D-tulostamista erillisten ohjelmien avulla. Universaaleja ohjelmia ovat muun muassa Cura ja Simplify 3D. Curan ja Simplify 3D:n lisäksi on muita ohjelmia, mutta ne ovat enemmän laitekohtaisia.

### 2.1 Tulostustekniikat

3D-tulostimien tulostustekniikka on merkittävä tekijä tulostettavan kappaleen kannalta. Tulostustekniikka näkyy niin 3D-tulostimen ostohinnassa kuin tulostetun kappaleen elinkaareissa.

Erilaiset tulostustekniikat mahdollistavat monenlaisen käyttötarkoituksen toteutumisen. Monet teollisuuden alat palvelevat asiakkaitaan entistä helpommin laajan valikoiman tulostustekniikoiden myötä.

### 2.1.1 FDM-tekniikka

FDM-tekniikka on yksi monista tulostustekniikoista, jota 3D-tulostimet käyttävät. FDM-tulostustekniikka perustuu siihen, että filamentti kulkee ensin tulostimen syöttimen läpi suutinjärjestelmään. Suutinjärjestelmässä filamentti sulaa ja pursuaa tietyssä lämpötilassa todella ohueksi langaksi. FDM-tulostustekniikalla toteutettu 3D-tulostamisen lopputulos on, että tulostettu kappale muodostuu monista päällekkäisistä ohuista langoista. Kappaleen kestävyys ja käyttötarkoitus riippuu tulostusmateriaalin ominaisuuksista. (Types of 3D printers or 3D printing technologies overview 2020.)

### 2.1.2 FFF-tekniikka

FFF-tekniikka on teknisesti ottaen samanlainen ja toimii samalla tavalla kuin FDM-tekniikka. FFF-tulostustekniikka toimii niin, että filamentti sulaa ja pursuaa ohueksi langaksi suutinjärjestelmässä. FFF-tulostustekniikka luotiin RepRap-projektin yhteydessä. Yksi tärkeä konkreettinen ero FFF- ja FDM-tulostekniikan välillä on kustannustehokkuus ja käyttöönottamisen yksinkertaisuus. FDM-tekniikan patentin vanhentumisen takia, FFF-tekniikka patentoitiin RepRap-projektin toimesta. RepRap-projektin ansiosta pursotustekniikan 3D-tulostimia oli voinut käyttää kuka tahansa, kun taas FDM-tulostekniikkaa käytti harvat tahot paisuvien kustannuksien takia. Nykypäivänä moni 3D-tulostimien valmistaja varustaa 3D-tulostimensa FFF-tulostustekniikalla kustannustehokkuuden ansiosta. (FFF vs FDM: Difference and Best Printers 2021.)

### 2.1.3 LFS-tekniikka

LFS-tulostustekniikka on toisen sukupolven tulostustekniikka SLA-tekniikalle. LFS-tulostustekniikka perustuu 3D-tulostimen tulostusmateriaalin säiliön joustavuuteen. Mitä enemmän säiliöön saadaan joustavuutta, sitä pienemmäksi tulostukseen tarvittavaa voimaa tarvitaan. Joustavien säiliöidensä vuoksi LFS-tulostekniikalla pystytään tulostamaan nopeasti tuloksen laadusta tinkimättä. Säiliön

joustavuudesta huolimatta LFS-tekniikka toimii samalla tavalla kuin SLA-tekniikka. LFS-tekniikka toimii siten, että laservalo kohdennetaan hartsinesteen pinnalle. Tulostettava kappale tulostuu, kun laservalo koventaa hartsinestettä kerros kerralla. SLA-tulostustekniikan tavoin myös LFS-tulostekniikassa tulostettava kappale tulostuu niin, että se on tulostusalustan ja hartsinesteen välillä. (Formlabs Releases New 3D Printers using LFS Technology 2019.)

#### 2.1.4 SLA-tekniikka

SLA-tulostustekniikka toimii siten, että hartsinesteeseen osuva laservalo kovettaa hartsia muodostaen kerros kerrokselta tulostettavaa kappaletta. Laservalo ohjautuu galvanometrian ja heijastimen kautta hartsisäiliöön. Galvanometria ja heijastin sijaitsevat hartsisäiliön alla. Galvanometria antaa oikeat koordinaatit x- ja y-suunnille välittäen ne heijastimelle. Heijastin tulkitsee vastaanotetut tiedot ja heijastaa eteenpäin hartsinesteen pinnalle. Tulostettava kappale tulostuu vuorotellen x- ja y-suuntaisesti laservalon säteen kovettaessa hartsinestettä. Kappale tulostuu niin, että se on tulostusalustan ja hartsinesteen välillä. (SLA vs. DLP: Guide to Resin 3D Printers 2021.)

#### 2.1.5 SLS-tekniikka

SLS-tulostustekniikassa toiminta perustuu siihen, että laservalon vaikutuksesta tulostettava kappale muodostuu jauheaineen seassa. Laservalon toimintaa avustavat kuumentimet, jotta sen lämpötila nousisi tarvittavan korkealle. Laservalo ohjautuu heijastimen kautta jauheseokseen. Heijastin pystyy ohjaamaan laservalon 3D-tulostettaviin kohtiin heijastimen x- ja y-suuntien havaitsijan kautta. Valmiin tulostetun kappaleen annetaan jäähtyä säiliössä. Tulostettu kappale viimeistellään, kun sen jäähtymisestä on kulunut tarpeeksi aikaa. Viimeistelyssä kappale otetaan säiliöstä pois ja ylimääräiset jauheet pyyhitään pois kappaleen ympäriltä. Kappaleesta poistetaan myös mahdolliset ylimääräiset liat. Jauhe on täysin kierrätettävää ja sitä voidaan käyttää seuraavassakin 3D-tulostuksessa. (Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing 2021.)

### 2.1.6 DLP-tekniikka

DLP-tulostustekniikka on kauttaaltaan samanlainen kuin SLA-tulostustekniikka. Eroavaisuuksia DLP- ja SLA-tekniikassa on se, että laservalo ja heijastin on korvattu pienellä projektorilla ja peilillä, joka heijastaa valoa hartsinesteen pinnalle. Projektorista tuleva valo kovettaa hartsia tulostettavaa kappaletta tehtäessä. Tulostettava kappale muodostuu kerros kerrokselta kohti valmista kappaletta. Tulostettava kappale on niin, että sen päällä tulostusalusta ja sen alla on hartsinestettä. Toinen eroavaisuus DLP- ja SLA-tekniikan välillä on visuaalisesti havaittavissa. DLP-tulostekniikalla tulostettaessa tulostettava kappale näyttää elävämmältä kuin SLA-tulostekniikalla tulostettaessa. (SLA vs. DLP: Guide to Resin 3D Printers 2021.)

## 2.2 Tulostusmateriaalit

Jokaisella tulostustekniikalla on tulostusmateriaalinsa. Tulostusmateriaaleja on monenlaisiin ja erilaisiin 3D-tulostustarpeisiin. Materiaalien ominaisuudet saattavat vaihdella paljon toisistaan riippuen 3D-tulostimien ominaisuuksista ja 3D-tulostimen laitteistoista ja niiden lisätarvikkeista. Tulostusmateriaalien ulkonäössä on paljon vaihteluita eri 3D-tulostimien välillä. Tulostusmateriaali voi olla lanka, joka on kieritty rullan ympäri. Tulostusmateriaalia voi olla myös säiliön sisällä. Säiliön sisällä tulostusmateriaali riippuu tulostustekniikan tarvitsemasta raaka-aineesta.

### 2.2.1 Filamentti-tulostusmateriaali

Filamentteja on monenlaisiin 3D-tulostustarkoituksiin FFF- ja FDM-tulostekniikan 3D-tulostimille. Tulostettavia kappaleita käytetään monenlaisiin innovatiivisiin projekteihin tai tarvittaessa korvaamaan rikkoutuneita osia. Tulostuskohteita ovat esimerkiksi robotin tarttujat tai auton vaihteistokepin nuppi. Jokaisella filamentilla on ominaisuutensa kestävyuden ja rasituksen suhteen. Filamentit ovat tehty lämpömuovista. Filamentteja on suositeltavaa säilyttää säilytyslaatikoissa

tai pusseissa, joissa on kosteuspusseja. Kosteuspussit imevät kosteutta filamenteista ja pitävät ne tulostuskelpoisina.

PLA-filamentti on käytetyimpiä tulostusmateriaaleja FFF- ja FDM- tulostekniikan 3D-tulostimille. PLA-filamenttia käytetään silloin, kun tulostetaan esimerkiksi prototyyppimallia innovatiiviseen projektiin. PLA-filamentin käytettävyyttä rajoittaa sen kestävyys, heikko sietokyky kuumuudelle ja lujuus 3D-tulostuksen jälkeisenä aikana. Filamentin kestävyyttä ja lujuutta voidaan parantaa ohjelmallisesti ennen 3D-tulostuksen aloittamista. (3D Printing Materials Guide 2021.)

ABS-filamentti on PLA-filamentin ohella myös yksi käytetyimmistä tulostusmateriaaleista. ABS-filamentti on tarkoitettu vaativammille 3D-tulostuskohteille kuten esimerkiksi formulan moottorin letkukiinnitin. ABS-filamentti kestää kuumuutta ja se on myös lujaa materiaalia. (3D Printing Materials Guide 2021.)

PET-filamentti soveltuu hyvin ABS-filamentin korvaajaksi. PET-filamentti on yhtä kestävä ja lujaa kuin ABS-filamentti. Toisin kuin ABS-filamentti, PET-filamentti ei päästä epämiellyttäviä höyryjä sulaessaan suutinjärjestelmässä. (3D Printing Materials Guide 2021.)

PETG-filamentti on läpinäkyvää materiaalia. PET- ja PETG-filamentin ero on se, että PETG-filamentissa on glykolia. PETG-filamentilla voidaan tulostaa alhaisilla lämpötiloilla vaikuttamatta kuitenkaan tulostusnopeuteen. 3D-tulostuksissa, joissa on käytetty PETG-filamenttia ovat säältä suojattuja. (3D Printing Materials Guide 2021.)

PVA-filamentti on vesiliukoinen tukimateriaali. Sitä käytetään muiden filamenttien kanssa 3D-tulostamisen yhteydessä esimerkiksi PLA-filamentin kanssa. PVA-filamenttia voi käyttää vain kaksoispursotuksen omaavissa 3D-tulostimissa. Valmiiksi tulostettu 3D-kappale upotetaan tilavaan säilytyslaatikkoon, joka on täynnä vettä. 3D-kappaleen pitää antaa olla vähintään yhden päivän. 3D-kappaletta pitää liikuttaa kaksi tai kolme kertaa päivässä tilavassa säilytyslaatikossa. 3D-kappaleen viimeistelemiseksi kuivataan se vedestä huolellisesti. (3D Printing Materials Guide 2021.)

Muita filamentti-tulostusmateriaaleja ovat erikoisvalmisteiset materiaalit. Erikoisempia filamentteja ovat puu ja PVA-filamentin kaltainen HIPS. Puufilamentti on komposiittia, jota voi leikata, maalata ja hiekoittaa. Filamentin väri tulostetussa kappaleessa riippuu tulostuslämpötilasta ja filamentin haju on luonnollisen puun. HIPS-materiaalia käytetään sekä filamentti-tulosmateriaalien että hartsi-tulostusmateriaalien tukimateriaalina. HIPS-materiaali on kestävä ja voidaan käyttää esimerkiksi laakerissa. (3D Printing Materials Guide 2021.)

### 2.2.2 Hartsi-tulostusmateriaali

Hartsia käytetään tulostusprosesseissa, joissa hartsinesteen kovettaminen lasersvalon avulla on olennaisinta tulostuksen aikana. Hartsi-tulostusmateriaalin käyttötarkoitus muun muassa LFS-, SLA- ja DLP-tulostustekniikoissa on pitkälti samanlaista. Hartseja on monia erilaisia vaihtoehtoja.

Standardoitu Hartsi on muuntamatonta Hartsia, jossa ei ole erityisiä ominaisuuksia esimerkiksi lisättyä nopeutta tai lujuutta. Sekä standardoitu että muut erikoiset Hartsit ovat ulkonäöltään samanlaisia 3D-tulostetun kappaleen pinnan sävyä lukuun ottamatta. (3D Printing Materials Guide 2021.)

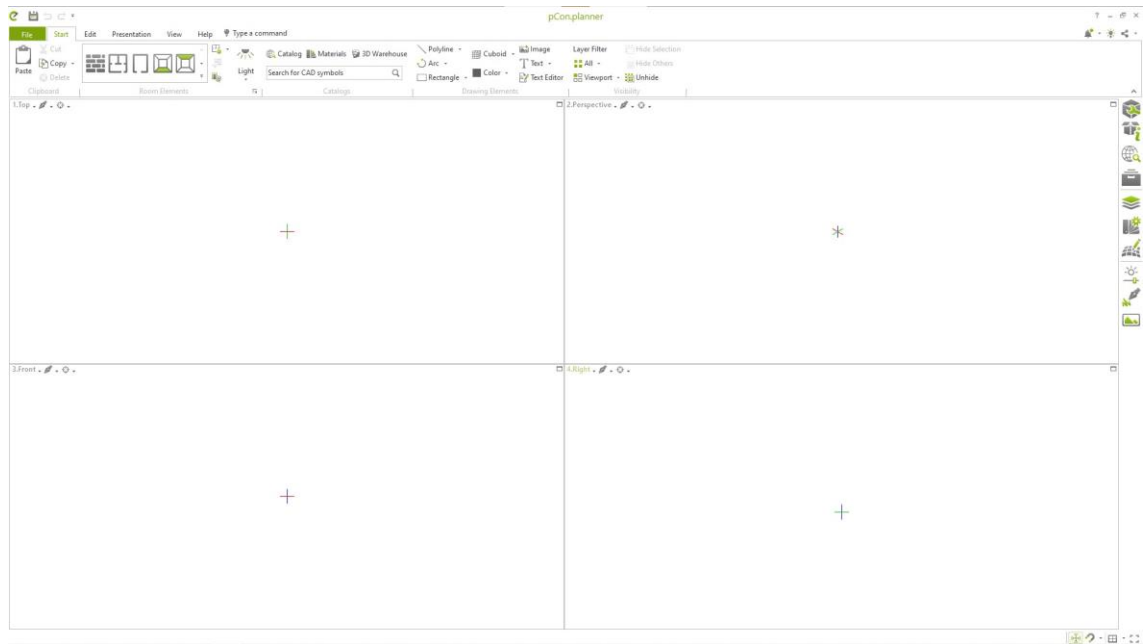
Kestävä Hartsi on ABS-filamentin tapaan tehty vaikeita ja vaativia 3D-tulotuksia varten. Sitä käytetään tilanteissa, joissa tarvitaan prototyyppimalleja tai tehdä tulostetusta kappaleesta liikkuvaa. Kestävä Hartsi sietää kuumuutta ja on hyvin kestävä ja lujaa materiaalia. (3D Printing Materials Guide 2021.)

Vedellä pestävä Hartsi käyttäytyy samalla tavalla kuin standardoitu Hartsi. Hartista voi pestä liat ja epäpuhtaudet vedellä pois alkoholin sijaan. Hartseja pestään käsin. Vedellä pestävä Hartsi soveltuu erityisesti aloittelijalle tai epämiellyttäviä hajuja vältteleville. Hartsia on myös turvallisempi käyttää terveyden näkökulmasta katsottuna. Taloudellisesta näkökulmasta vedellä pestävä Hartsi on halvempaa kuin muut erityishartsit. (3D Printing Materials Guide 2021.)

Muita Hartsit-tulostusmateriaaleja ovat kasvipohjaiset, joustavat, pimeällä loistavat Hartsit. On myös erikseen Hartsit, joka soveltuu näytekappaleen esillepanoa varten. Kasvipohjaiset Hartsit ovat biohajoavia ja myrkyttömiä. Joustavaa Hartsia käyttäen kappaleesta saadaan kestävä ja joustava. Pimeällä loistavaa Hartsia voi käyttää valaisemaan 3D-tulostusta pimeällä. (3D Printing Materials Guide 2021.)

### **3 3D-tulostusstudion suunnittelu Robo Garageen**

Robo Garagen 3D-tulostusstudion 3D-mallintamisessa käytettiin pCon.planner-ohjelmaa (kuva 1). PCon.planner-ohjelma on tilojen luomiseen ja sisustukseen tarkoitettu mallinnusohjelma. Ohjelman avulla voi luoda 3D-tilan ja sisustaa se omannäköiseksi. Tilan voi rakentaa monikerroksiseksi kokonaisuudeksi. Ohjelma sisältää hakukentän, josta voi hakea ja löytää monipuolisia sisustamiseen tarvittavia huonekaluja esimerkiksi oppilaitoksiin ja toimistotiloihin. Tilojen sisustamisen lisäksi, on mahdollista valita erilaisia ratkaisuja koskien esimerkiksi oviin, ikkunoihin, kattoon ja tilan rakenteisiin kuten sähköpistorasioiden muotoon ja sijoitteluun kuin myös putkistojen sijoitteluun. 3D-tilan suunnittelun lisäksi valmiin mallin voi viimeistellä käyttämällä keinotekoisia valaistusratkaisuja. Ratkaisuja on koko tilan valaisemiseen kuin myös yksittäisten 3D-mallien valaisemiseen.

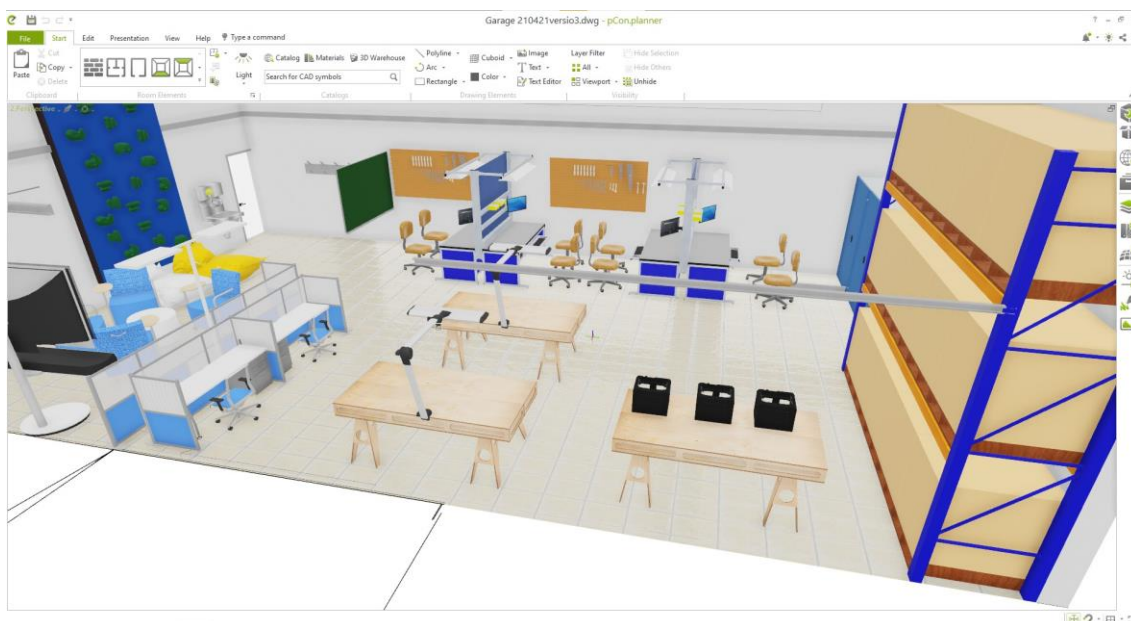


Kuva 1. PCon.planner-ohjelma.

### 3.1 3D-tulostusstudion mallintaminen ja sijoittaminen

Studion 3D-mallin mallintamiseen ja hahmottamiseen käytettiin pCon.planner-ohjelmaa. Robo Garagen 3D-mallista oli aiemmin tehty luonnosmalli. Luonnosmallia täydennettiin hakemalla ohjelman 3D-tulostusstudion osalta. Studiota mallinnettiin katsomalla ensimmäisenä, missä olisi sopivia paikkoja sekä tuotteille että pöydille. Studion suunnitteluun piti käyttää sekä hakukenttää oikeiden huonekalujen löytämiseksi että mitoittaa hakukentästä tuotuja pöytiä, tuolia ja 3D-tulostimia 3D-ympäristöön sopiviksi. Mallintamisessa käytettiin myös huonekalujen suuntaa ja asentoa muuttavaa asetusta. Huonekalujen suunta, asento ja sovitus katsottiin aina suhteessa muihin valmiina mallinnettuihin kappaleisiin 3D-ympäristössä. 3D-tulostusstudiosta tehdyt mallinnukset olivat alustavia hahmotelmia (kuva 2).





Kuva 2. Alustava Robo Garage 3D-ympäristö.

### 3.2 3D-tulostimien hankinnan toteutus

3D-tulostimien hankinta 3D-tulostusstudioon tehtiin tarvekartoituskyselyn, 3D-tulostimien markkinakartoituksen ja tarjouskyselyn avulla.

Tarvekartoituskyselyn avulla oli tarkoitus selvittää, mitä 3D-tulostimien käyttäjät olivat pitäneet tärkeinä 3D-tulostimissa käyttäessään niitä. Liitteessä 1 on taulukoita, joissa on esittämiäni kysymyksiä perusteluineen ja muuta kommentoitavaa 3D-tulostimiseen liittyen.

3D-tulostimien markkinakartoituksen ja tarjouskyselyn avulla oli tarkoitus tutkia ja vertailla mahdollisimman monta sopivaa 3D-tulostinta 3D-tulostusstudioon. Käytin tarvekartoituskyselyn kysymyksiä hyödyksi markkinakartoitukseen ja tarjouskyselyä kysyäkseni. 3D-tulostimet oli tarkoitus hankkia markkinakartoituksen, tarjouskyselyn ja tarvekartoituskyselyn pohjalta.

### 3.3 3D-tulostimien vertaileminen toisiinsa

3D-tulostimien vertailemiseksi keskenään laadittiin useita Excel-taulukoita markkinakartoituksen ja tarvekartoituskyselyn pohjalta. Kaikesta olennaisin Excel-taulukko sisälsi kolme hankintapakettia. Jokaisessa hankintapakettissa oli mainittuna kaksi 3D-tulostinta, joiden valmistajan nimi oli sama tai 3D-tulostimen ostopaikka oli sama. Kyseisessä Excel-taulukossa oli myös 3D-tulostimien ominaisuudet ja niiden verkkokaupan nettisivu. Kolmesta hankintapakettista oli tarkoitus valita yksi, joka täyttää ennalta määrätyt vaatimukset, joihin kuuluivat kyselystä saadut vastaukset ja toiveet. Vaatimukset olivat helppokäyttöisyys, mahdollisimman pieni koko ja hyvä hinta-laatusuhde. Taulukossa 1 on esitetty hankintapaketit ja niihin kuuluvat tulostimet.

Taulukko 1. hankintapaketit

Hankintapaketti	3D-tulostimet
Hankintapaketti 1	Raise3D pro2 Raise3D pro2 plus
Hankintapaketti 2	Ultimaker S5 Ultimaker 2+ Connect
Hankintapaketti 3	CreatBot DX plus CreatBox DX

#### 3.3.1 Hankintapaketti 1

Raise3D Pro2-sarjan 3D-tulostimet valittiin helppokäyttöisyyden, pienen koon ja liitteen 1 taulukkoihin kirjattujen vastauksien perusteella. Hankintapaketin 1 3D-tulostimien ominaisuuksia olivat esimerkiksi suuri tulostusalue ja -nopeus sekä kahden filamentin samanaikainen käyttäminen.

Helppokäyttöisyyden ja pienen kokoon vaatimuksen perusteella hankintapakettien 2 ja 3 3D-tulostimet olivat ominaisuuksiltaan soveliaampia kuin hankintapaketin 1 3D-tulostimet. Hankintapakettien 2 ja 3 3D-tulostimien käyttöliittymät olivat selkeämpiä, sillä ne ovat helppokäyttöisempiä ja auttavat mahdollisissa ongelmatilanteissa.

### 3.3.2 Hankintapaketti 2

Ultimaker-sarjan 3D-tulostimet täyttivät vaatimukset helppokäyttöisyyden ja laitteen pienen koon osalta. Hankintapaketin 2 3D-tulostimien ominaisuuksia olivat esimerkiksi sekä monipuolinen liitettävyyys tietokoneeseen tai älypuhelimeen että filamentin loppumisesta ilmoittaminen ajoissa.

Hankintapaketin 2 3D-tulostimien ominaisuuksien perusteella hinta-laatusuhde oli parempi kuin mitä Hankintapakettien 1 ja 3 olivat. Ultimaker-sarjan 3D-tulostimilla olivat kaikki ominaisuudet ja vähän enemmänkin mitä Raise3D pro2-sarjan ja CreatBot DX-sarjan 3D-tulostimilla olisi voinut saada.

### 3.3.3 Hankintapaketti 3

CreatBot DX-sarjan 3D-tulostimet ovat helppokäyttöisiä ja kooltaan pienikokoisia. Tämän sarjan 3D-tulostimet täyttivät vaatimukset, mutta hinta-laatusuhde ei ollut paras mahdollinen. 3D-tulostimien ominaisuudet olivat samat mitä jo Ultimaker- ja Raise3D pro2-sarjan 3D-tulostimissa oli. Hankintapaketin 3 3D-tulostimien hinta-laatusuhde oli huonompi kuin muissa hankintapaketeissa.

## 3.4 3D-tulostimien käyttöönotto

3D-tulostimien käyttöönotossa oli useita vaiheita, joita piti ottaa huomioon. Vaiheet olivat 3D-tulostimien asennus, ilmansuodattimen asentaminen 3D-tulostimen yhteyteen ja filamentti-tulostusmateriaalin säilöminen ja ylläpito.

3D-tulostimien käyttöönotto oli yksinkertaista. 3D-tulostimen ulkopuolisissa asennuksissa piti asettaa tulostusalusta ja rullapidike paikoilleen. Syöttömoottorin letkua piti napsauttaa kiinni suutinjärjestelmän kahteen letkupaikkaan. 3D-tulostimen ulkopuolisten asennuksien jälkeen 3D-tulostimet käynnistettiin. Käynnistyksen jälkeen 3D-tulostinta piti konfiguroida visuaalisen käyttöliittymän kautta vielä kertaalleen. Visuaalisessa näkymässä 3D-tulostin opastaa valitsemaan kielen ja tarkistamaan, että tulostusalusta on asetettu paikoilleen. Muita tarkastuskohtia olivat filamenttien syöttäminen ensimmäistä kertaa 3D-tulostimen suutinjärjestelmään. Lopuksi oli vapaaehtoinen internetyhteyden muodostaminen laitteeseen. Muita käyttöönottokonfiguraatioita olivat tulostusalustan säätäminen suhteessa suutinjärjestelmän suuttimeen. Tulostusalustan säätäminen tehtiin vain tarpeen vaatiessa. (Ultimaker S5 PDF user manuals 2020.; Ultimaker 2+ Connect user manual 2021.)

Ilmansuodattimet asennettiin 3D-tulostimien päälle 3D-tulostimen käyttöönoton jälkeen. Ilmansuodattimet tunnistettiin automaattisesti osaksi laitetta sen käyttöönoton jälkeen. Ilmansuodattimeen piti asettaa ilmasuodatin siihen varatulle paikalle ja kytkeä ilmasuodattimesta menevä virtajohto 3D-tulostimeen. (Ultimaker S5 Pro Bundle PDF manuals 2020.; Ultimaker 2+ Connect Air Manager user manual 2021.)

### 3.4.1 Ilmansuodattimella varustettu kammio

3D-tulostuksesta syntyvää höyrypartikkeleita oli tarkoitus vähentää ilmansuodatuskammioilla. Kammio myös pitää lämpötilan vakaana koko tulostuksen ajan. Vaihtoehtoisia kammioita tarkasteltiin hinta-laatusuhteen ja yksinkertaisuuden huomioon ottaen. Tutustuttiin 3D-tulostimille yhteensopiviin ilmansuodatuskammioihin. Suunnitelmassa oli myös itse tehdä ilmansuodatuskammio.

Ilmasuodatuskammion oli tarkoitus suodattaa pois 3D-tulostuksen aikana syntyvät höyrypartikkelit. Höyrypartikkelit syntyvät filamentin sulaessa suuttimen sisällä. Monet tulostusmateriaalit saattoivat aiheuttaa suodattamattomina hui- mausta sitä hengittäessä. Näitä filamentteja olivat esimerkiksi ABS. Toisaalta

PETG- ja PLA-filamentit olivat suodattamattomina turvallisia käyttää. (3D Printing Materials Guide 2021.)

### 3.4.2 Filamentti-tulostusmateriaalin kunnossapitäminen

Filamentteja käytettiin 3D-mallin tulostamiseen. Filamentit olivat herkkiä ja eivät ole kestäneet kosteutta. Filamentit saattoivat myös haurastua ja olla käyttökelvottomia. Varotoimena filamentit pidettiin suljetussa tilassa esimerkiksi säilytyslaatikossa, jossa oli kosteuspusseja. Säilytyslaatikot säilytettäisiin hyllykaapissa Robo Garagessa. Kyseinen siniovinen kaappi näkyy Robo Garagen 3D-ympäristössä (kuva 2).

## 4 Tulokset

Tässä kappaleessa kerrotaan lyhyesti lopullisista päätöksistä koskien 3D-tulostimien hankintaa ja 3D-tulostusstudioa. Tuloksissa kerrotaan myös lyhyesti, mitä käyttöohjeet ja ylläpito-ohjeet pitävät sisällään.

### 4.1 3D-tulostusstudio

Robo Garagen 3D-ympäristö (kuva 2) on alustava hahmotelma tilan ulkonäöstä. Robo Garagea vielä suunnitellaan ja kalustetaan, joten tila tulee näyttämään vähän erilaiselta kuin mitä kuvassa 2.

3D-tulostusstudion tulostimiin päätettiin hankkia valmis ilmasuodatuskammio. Kammiot olivat taulukossa 1 mainitun hankintapaketin 2 Ultimaker S5 ja Ultimaker 2+ Connect 3D-tulostimien omia oheistarvikkeita.

Filamentti-tulostusmateriaalien kosteuden poistamiseen päätettiin, että filamenttirullat pidettäisiin säilytyslaatikoissa. Kussakin säilytyslaatikossa olisi yksi iso kosteuspusseja. Jokaiselle tulosmateriaalille olisi oma säilytyslaatikkonsa.

## 4.2 3D-tulostimet

Taulukossa 1 mainituista hankintapaketeista päädyttiin hankintapakettiin 2. Hankintapaketti 2 sisälsi kaksi 3D-tulostinta Ultimaker S5 ja Ultimaker 2+ Connect. Molempien 3D-tulostimien hinta-laatusuhde olivat kohdallaan. Huollettavuuden että ylläpidon kannalta sekä tarvittavia osia että filamentti-tulostusmateriaalia ja oheislaitteita hankittiin kotimaisesta yrityksestä.

Hankintapaketin 2 3D-tulostimet valittiin liitteen 1 kyselyn perusteella. Kyselyn kautta selvisi, että halutuimpia ominaisuuksia olivat suuri tulostusalueen koko, filamentin loppumisesta ilmoittava ilmoitus, monipuolinen liitettävyyys ja helppokäyttöisyys. Edellä mainitut ominaisuudet muun muassa vaikuttivat hankintapaketin 2 3D-tulostimien hankkimiseen.

## 4.3 Ohjeet 3D-tulostimien käyttämiseen ja ylläpitoon

Käyttöohjeet ja huolto-ohjeet laadittiin Ultimaker S5 ja Ultimaker 2+ Connect 3D-tulostimille. Ohjeet ovat liitteissä 2 ja 3. Ohjeissa oli kirjattu erikseen omat ohjeet Ultimaker S5 ja Ultimaker 2+ Connect 3D-tulostimille.

Käyttöohjeissa liitteessä 2 mainitaan, miten 3D-tulostimia käytetään ja millä ohjelmalla 3D-tulostus tapahtuu. Ohjeissa on myös kerrottu siitä, miten 3D-mallia viimeistellään.

Huolto-ohjeissa liitteessä 3 kerrotaan, miten erilaisissa ongelmatilanteissa on toimittava. Ohjeissa mainitaan myös, millä tavoin 3D-tulostimia pidetään hyvässä kunnossa.

## 5 Yhteenveto

Insinööriyön keskeisimmät tavoitteet olivat 3D-tulostimien hankinnan selvitys, kyselyn ja kilpailutuksien laatiminen sekä 3D-tulostimien ja niiden oheislaitteiden käyttö- ja huolto-ohjeiden laatiminen.

Insinöörityön eteneminen sujui mukavasti ja suunnitellusti. Työn tavoitteiden saavuttaminen sujui erinomaisesti ja tämän kautta 3D-tulostimien käyttäminen onnistuu vaivattomasti.

Insinöörityö on kokonaisuudessaan onnistunut ja toteutus on sujunut suunnitellusti.

## Lähteet

FFF vs FDM: Difference and Best Printers. 2021. Verkkoaineisto. Digital manufacturing experts. <<https://top3dshop.com/blog/fff-vs-fdm-difference-and-best-printers>>. Luettu 12.4.2021.

Formlabs Releases New 3D Printers using LFS Technology. 2019. Verkkoaineisto. EAC. <<https://eacpds.com/formlabs-releases-new-3d-printers-using-lfs-technology>>. Luettu 13.4.2021.

Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing. 2021. Verkkoaineisto. Formlabs. <<https://formlabs.com/blog/what-is-selective-laser-sintering>>. Luettu 7.4.2021.

Metropolian kampukset. 2020. Verkkoaineisto. Metropolia ammattikorkeakoulu. <<https://www.metropolia.fi/fi/metropoliasta/kampukset>>. Luettu 2.4.2021.

SLA vs. DLP: Guide to Resin 3D Printers. 2021. Verkkoaineisto. Formlabs. <<https://formlabs.com/blog/resin-3d-printer-comparison-sla-vs-dlp>>. Luettu 14.4.2021.

Types of 3D printers or 3D printing technologies overview. 2020. Verkkoaineisto. TechPats. <<https://www.techpats.com/3d-printing-technologies-overview>>. Luettu 13.4.2021.

Ultimaker S5 PDF user manuals. 2020. Verkkoaineisto. Ultimaker. <[https://support.ultimaker.com/hc/en-us/article\\_attachments/360008630179/Ultimaker\\_S5\\_user\\_manual\\_\\_Finnish\\_.pdf](https://support.ultimaker.com/hc/en-us/article_attachments/360008630179/Ultimaker_S5_user_manual__Finnish_.pdf)>. Luettu 17.6.2021.

Ultimaker S5 Pro Bundle PDF manuals. 2020. Verkkoaineisto. Ultimaker. <[https://support.ultimaker.com/hc/en-us/article\\_attachments/360015934440/FI-Pro\\_Bundle-User\\_manual-V2.2.pdf](https://support.ultimaker.com/hc/en-us/article_attachments/360015934440/FI-Pro_Bundle-User_manual-V2.2.pdf)>. Luettu 17.6.2021.

Ultimaker 2+ Connect user manual. 2021. Verkkoaineisto. Ultimaker. <[https://support.ultimaker.com/hc/en-us/article\\_attachments/360019387860/FI\\_-\\_Ultimaker\\_2\\_\\_Connect\\_-\\_User\\_manual.pdf](https://support.ultimaker.com/hc/en-us/article_attachments/360019387860/FI_-_Ultimaker_2__Connect_-_User_manual.pdf)>. Luettu 17.6.2021.

Ultimaker 2+ Connect Air Manager user manual. 2021. Verkkoaineisto. Ultimaker. <[https://support.ultimaker.com/hc/en-us/article\\_attachments/360018506940/QSG\\_-\\_Ultimaker\\_2\\_\\_Connect\\_Air\\_Manager\\_\\_all\\_languages\\_.pdf](https://support.ultimaker.com/hc/en-us/article_attachments/360018506940/QSG_-_Ultimaker_2__Connect_Air_Manager__all_languages_.pdf)>. Luettu 17.6.2021.

3D Printing Materials Guide. 2021. Verkkoaineisto. All3DP. <<https://all3dp.com/1/3d-printing-materials-guide-3d-printer-material>>. Luettu 16.4.2021.



### 3D-tulostimien tarvekartoituskysely

Taulukko 2. Tarvekartoituskyselyn vastausvaihtoehdot lukumäärineen ja kysymyksineen

Mitä ominaisuuksia pidät oleellisimpina 3D-tulostimessa? Mitkä näistä ominaisuuksista parantavat 3D-tulostimen käytettävyyttä?	Vastauksien lukumäärä
Vastausvaihtoehdot	
SD-kortti	28
WLAN-yhteys tulostimeen	50
LAN-kaapeliyhteys tulostimesta tietokoneeseen	27
Mahdollisuus tulostaa kahdella materiaalilla samaan aikaan	38
Tulostusalueen koko	56
Suuri tulostusnopeus	40
Filamentin (langan) loppumisesta tulisi ilmoitus näytölle	43
Virrankatkaisusta palautuminen ja työn jatkuminen virranksu- kaisun jälkeen	39
3D-tulostimen ulkonäkö: Suljetussa tilassa tulostaminen	12
3D-tulostimen ulkonäkö: Avonaisessa tilassa tulostaminen	7
Muu	9

Taulukko 3. Muu-vastausvaihtoehdon vastaukset

Muu-vastausvaihtoehdon vastaukset
Turvallinen ja ympäristöystävällinen
Lämmitetty "peti"
Äänekkyys
Yhteydet: Kaikki tuossa mainitut vaihtoehdot hyviä. LAN mielestäni paras
Metallin tulostusmahdollisuus
USB-Muistitikku
Tulostuksen tarkastelu webbikameralla
Filamenttivaaka, jotta tulostin näkee paljon muovia on rullassa jäljellä

Taulukko 4. Tarvekartoituskyselyn vastauksien perustelut ja muut kommentit

Tähän voit lisätä valintojesi perustelut tai muita kommentteja
Helppo ja yksinkertainen käytettävyys
Ilmasuodatin ja kotelo
Ruuvikuulalaakeri, epätarkkuuden minimoimiseksi
Hihna voi venyä pysähdyessä, jos tulostusnopeus >60mm/s
Lämpöpedin irrotettavuus ja elastisuus ja taittavuus
Lämpöpedin elastisuus, kappale irtoaa ilman työkalua ja pedi pysyy hyvänä
3D-tulostimen lämpöpedin tasaaminen automaattisesti, manuaalisesti tehtävä aina erikseen
Suljettu tilassa tulostaminen, lämpö pysyy kurissa ja muodonmuutoksien minimoinen
Kunnolliset filamenttelineet ja filamenttikuivaimet.
Filamenttirulla painovaaka, 3D-laitteelle filamenttirullan painon havaitsin
3D-tulostin metallimateriaaleille esimerkiksi alumiineille, rakenne- tai koneteräs

Sisällysluettelo	
Käyttöohjeet 3D-tulostimille	1
1. Ultimaker 2+ Connect	1
1.1 3D-tulostimen käyttäminen	1
1.2 Ultimaker Cura-ohjelman käyttäminen	3
1.3 3D-mallin 3D-tulostaminen	8
2. Ultimaker S5	9
2.1 3D-tulostimen käyttäminen	9
2.2 Ultimaker Cura-ohjelman käyttäminen	12
2.3 3D-mallin 3D-tulostaminen	18
Huolto-ohjeet 3D-tulostimille	20
3. Ultimaker 2+ Connect	20
3.1 Tulostusalustan ylläpito	20
3.2 Suutinjärjestelmän ylläpito	21
4. Ultimaker S5	22
4.1 Tulostusalustan ylläpito	22
4.2 Suutinjärjestelmän ylläpito	22

## **Käyttöohjeet 3D-tulostimille**

### **1 Ultimaker 2+ Connect**

#### **1.1 3D-tulostimen käyttäminen**

Käyttövalmiista Ultimaker 2+ Connect 3D-tulostimesta on hyvä tarkistaa, että hihnat, suutinjärjestelmä ja tulostusalusta ovat hyvässä kunnossa ja toimivat moitteettomasti ennen tulostuksen aloittamista. Jos ilmenee ongelmia liitteessä 3 on huoltotoimeenpiteille omat ohjeet.

Varmista, että 3D-tulostimen virrat ovat päällä ja johto on hyvin paikallaan. Virtakyttimeen ja virtajohdon paikat löytyvät 3D-tulostimen takaseinästä rullatelineen alapuolella.

Valitse haluamasi filamentti-tulostusmateriaali ja leikkaa filamentista pieni pala pois pihdillä. Aseta filamenttirulla rullatelineeseen 3D-tulostimen takaseinään. Siirry käyttämään kosketusnäyttöä 3D-tulostimen etupuolella. Paina valikon vasemmalla puolella sijaitsevaa rullakuvaketta kosketusnäytössä (kuva 2).



Kuva 3. Päävalikko.

Valitse "Load material" (kuva 3).



Kuva 4. Materiaalit-valikko.

Valinnan jälkeen tulostin kysyy, onko materiaali oikea vai ei. Käännä syöttimen vipua ylöspäin ja syötä filamentti sisään syöttimeen. Työnnä filamenttia suuttimeen asti ja käännä syöttimen vipu takaisin alaspäin. Vahvista tekemäsi toimenpide painamalla "Material loaded". Painettuasi "Material loaded", odota kunnes filamentti pursuaa suuttimesta läpi ja paina sitten "material is extruding". Odota suuttimen viilentymistä ja palaa etuvalikkoon pursotuksen onnistuttua. Syöttämisen ongelmatilanteista on omat ohjeet liitteessä 3.

Siirryttyäsi etuvalikkoon kosketusnäyttöön ilmestyy teksti "READY TO PRINT", valinta "Select from USB" ja valinnat, jotka ovat näytön vasemmalla puolella. Ylin kuvake on filamentin vaihtamiseen tarkoitettu, keskimäinen kuvake on tulostimen osiin liittyviä asetuksia muun muassa tulostusalustan korkeussäätöä varten ja alin kuvake on tulostimen omien asetusten säätäminen esimerkiksi kielen valitseminen (kuva 2).

## 1.2 Ultimaker Cura-ohjelman käyttäminen

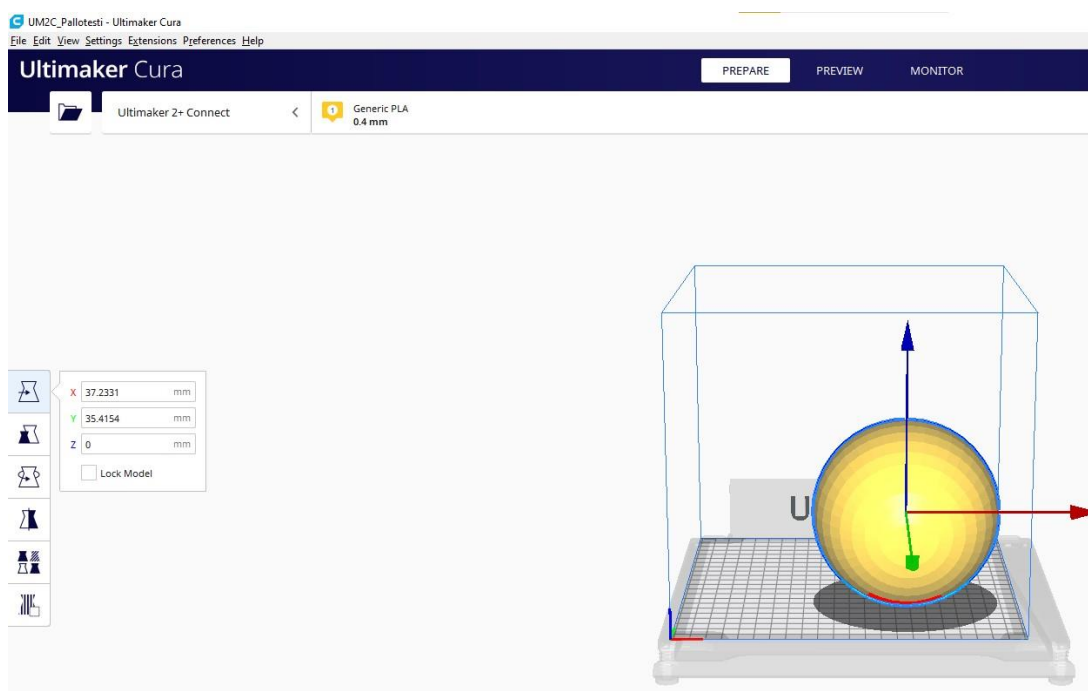
Ennen kuin 3D-mallia voidaan tulostaa 3D-tulostimella, se mallinnetaan mallinnohjelmalla kuten Catialla, Solidworkilla tai AutoCadilla. Tämän jälkeen 3D-malli tallennetaan STL-tiedostotyyppiä ja tuodaan Cura-ohjelmaan. 3D-malli

tuodaan painamalla kansio kuvaketta "Ultimaker Cura" nimen alta (kuva 4). Tämän jälkeen 3D-mallia voidaan konfiguroida Cura-ohjelmalla.

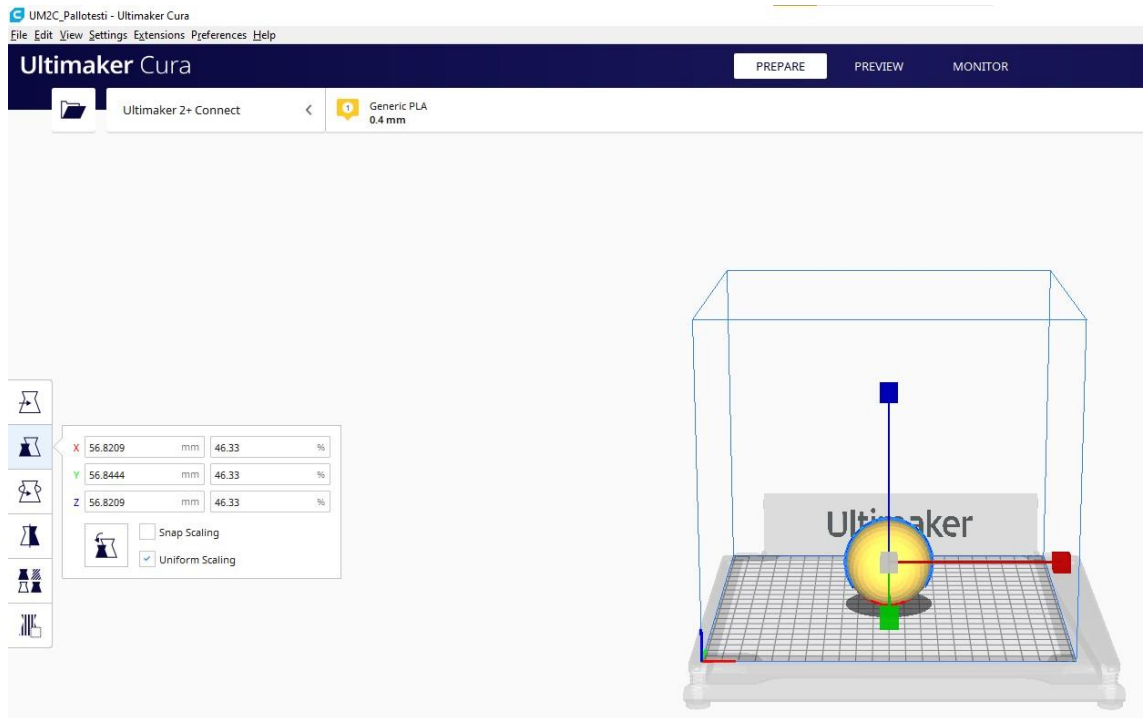


Kuva 5. Cura-ohjelman valikot.

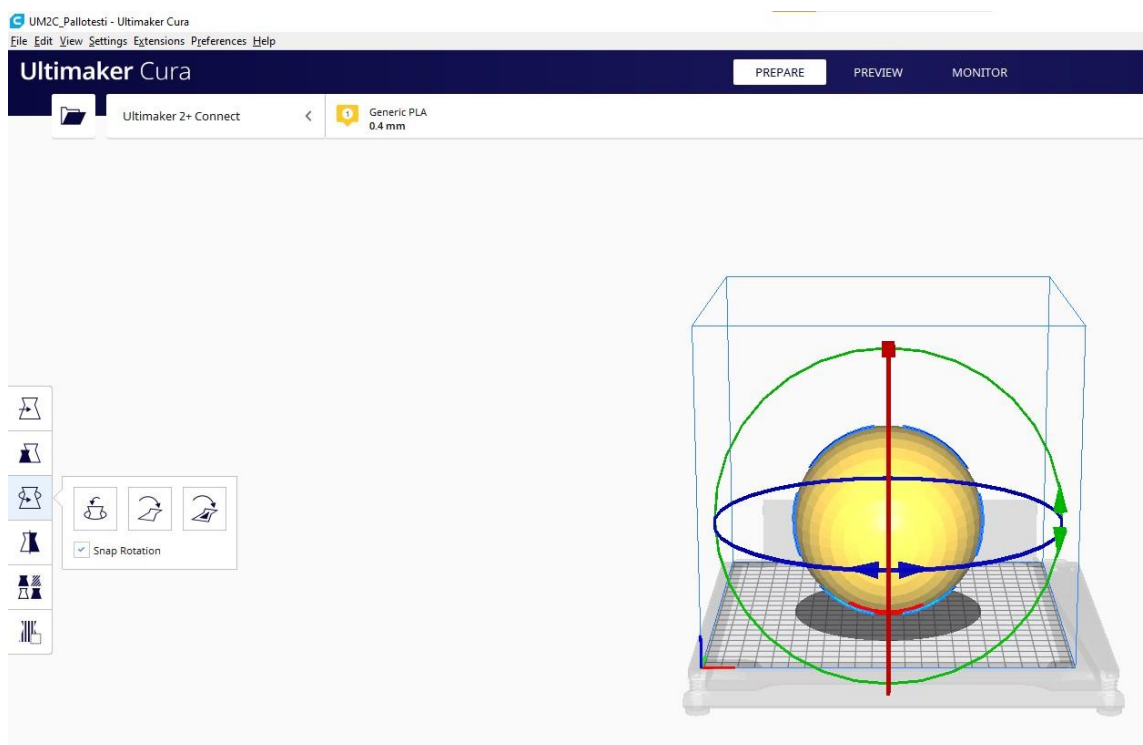
3D-mallia konfiguroidessa, sen leveys-, syvyys- ja korkeusmittoja, sijaintia tai asentoa voidaan muuttaa haluttuun arvoon, paikkaan tai asentoon. Edellä mainitut konfiguraatiot löytyvät vasemmalta reunalta, kun 3D-malli on tuotu ja mallia on painettu yhden kerran hiirellä (kuva 5, kuva 6 ja kuva 7).



Kuva 6. 3D-mallin siirtämiseksi.



Kuva 7. 3D-mallin koon muuttaminen.



Kuva 8. 3D-mallin asennon muuttaminen.



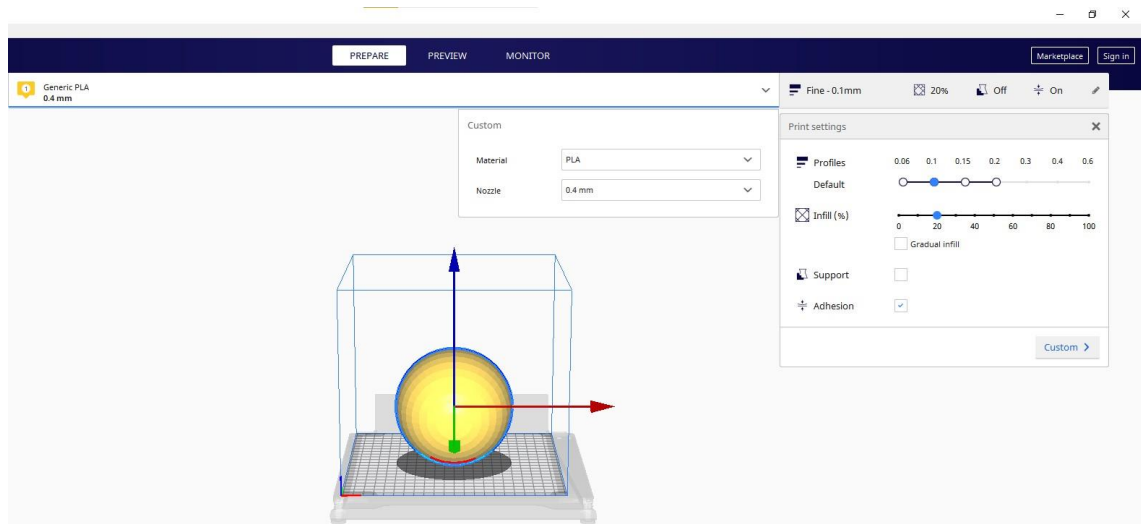
Cura-ohjelmassa on muita konfiguraatioita, jotka vaikuttavat 3D-mallin ulkonäköön. Konfiguraatioasetuksia ovat kerrostarkkuus, täytteen paksuus kappaleessa ja tukimateriaalin laittaminen (kuva 8).

Kerrostarkkuus kertoo, kuinka hyvin ja tarkasti kappale tulostuu. Kerrostarkkuus määritellään millimetreinä ja esimerkiksi 0.06 millimetrillä tulostustarkkuus on tarkin ja 0.2 puolestaan on vähemmän tarkka.

3D-mallin täytteen paksuus määrittää sen, tuleeko malli olemaan täysin ontto sisältä vai onko se kenties painavampi. Täytteen paksuus vaikuttaa suoraan 3D-mallin kestävyteen ja elinikään.

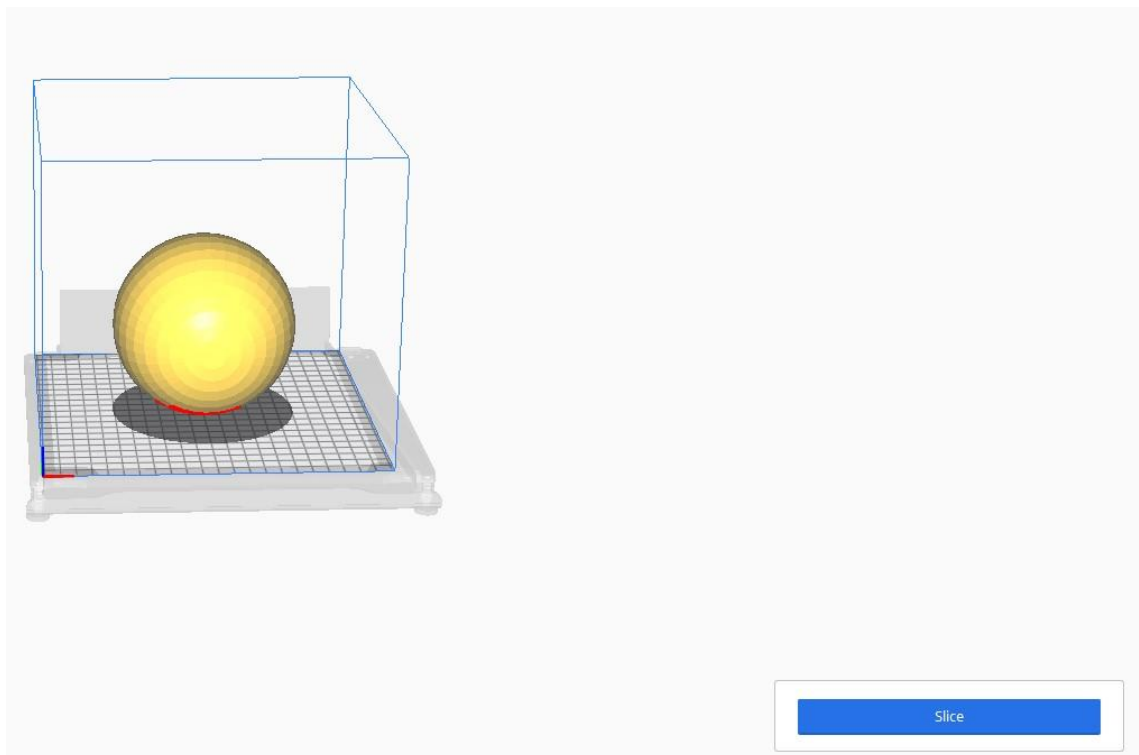
Tukimateriaalin laittaminen kappaleeseen auttaa vaikeiden 3D-mallien tekemistä 3D-tulostimilla. Tukimateriaalia käytetään kappaleissa, joissa osa on ilmassa ja osa on tulostusalustassa. Esimerkkinä voidaan pitää esimerkiksi puolisympyrän tekeminen. Puolisympyrän kupu tuetaan tukimateriaalilla, jotta se tulostuisi virheettömästi.

Cura-ohjelmassa on myös konfiguraatio, joka vaikuttaa suoraan 3D-tulostamiseen. 3D-mallin konfiguraation aikana pitää ottaa huomioon, että laittaa suutintyyppin ja käytettävän tulostusmateriaalin oikein. Suutintyypejäkin on erilaisia, mutta yleisin on 0.4 millimetrin suutin (kuva 8).

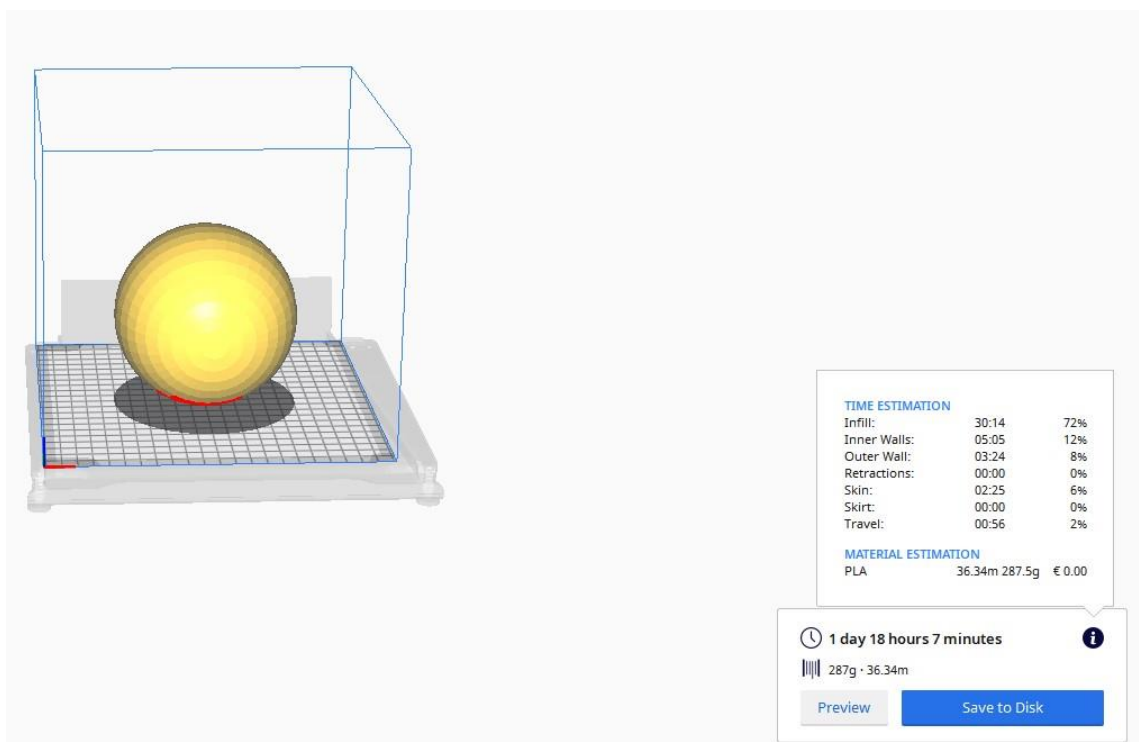


Kuva 9. Suutintyyppin, tulosmateriaalin, kappaleen täytteen ja kerrostarkkuuden määrittäminen.

Slice-painiketta (kuva 9) painaessa Cura-ohjelma laskee 3D-mallille valmistusajan, painon ja kulutettavan filamentin määrän. Lisätietoja saa laittaessa hiiren huutomerkkin päälle. 3D-mallin voi joko tallentaa USB-muistitikulle tai lähettää suoraan 3D-tulostimelle laitekohtaisen liitettävyyden mukaan (kuva 10).



Kuva 10. Slice-painike.



Kuva 11. Valmistumisaika 3D-esimerkkimallille.

### 1.3 3D-mallin 3D-tulostaminen

3D-mallin tulostamisen aloittamiseksi, aseta USB-muistitikku USB-väylään. Paina etuvalikossa "Select from USB" ja valitse 3D-mallisi nimen perusteella. 3D-mallia voi viedä 3D-tulostimeen toisella tavalla, jos laitekohtainen liitettävyyden sallii. 3D-malli voidaan lähettää suoraan 3D-tulostimeen painamalla Cura-ohjelmassa "Print over network". Painike on samassa paikassa toisena vaihtoehtona "Save to Disk"-painikkeen kanssa.

3D-malli irrotetaan tulostusalustasta vedellä täytetyllä sumutinpullolla tai todella varovaisesti mattoveitsellä. Lasinen tulostusalusta puhdistetaan vedellä ja saippualla jokaisen tulostuskerran jälkeen. Jos on tarvetta vaihtaa tai poistaa filamentti, siirry rullakuvake valikkoon (kuva 11). Sieltä löytyy "Change material" ja "Unload material" (kuva 12). "Change material"-vaihtoehdossa filamentit voi vaihtaa toiseen ja "Unload material"-vaihtoehto vetää filamentin pois suutinjärjestelmästä. Unload- tai Change-painikkeen ja jokaiseen painikkeeseen avautuu toimintaohjeet.



Kuva 12. Rullakuvake vasemmalla yläkulmassa.



Kuva 13. Vaihtoehtoja materiaalin käsittelemiseen.

## 2 Ultimaker S5

### 2.1 3D-tulostimen käyttäminen

Käyttövalmiin Ultimaker S5 3D-tulostimesta on hyvä tarkistaa, että hihnat, suutinjärjestelmä ja tulostusalusta ovat hyvässä kunnossa ja toimivat moitteettomasti ennen tulostuksen aloittamista. Jos ilmenee ongelmia liite 3 on huoltotoimenpiteille omat ohjeet.

Varmista, että 3D-tulostimen virrat ovat päällä ja johto on hyvin paikallaan. Virtakyttimeen ja virtajohdon paikka löytyvät 3D-tulostimen takaseinästä rullatelineen alapuolella.

Valitse haluamasi filamentti-tulostusmateriaali ja leikkaa filamentista pieni pala pois pihdillä. Aseta filamenttirulla rullatelineeseen 3D-tulostimen takaseinään.

Siirry käyttämään kosketusnäyttöä 3D-tulostimen etupuolella. Paina valikon vasemmalla puolella sijaitsevaa tulostinkuvaketta kosketusnäytössä (kuva 13).



Kuva 14. alkuvalikko.

Valitse sitten vasemmalta riviltä ylin painike (kuva 14).



Kuva 15. konfiguraatiovalikko.

Painikkeesta pääset valitsemaan Load-painikkeen ja seuraa sitten annettuja ohjeita tarkasti (kuva 15).

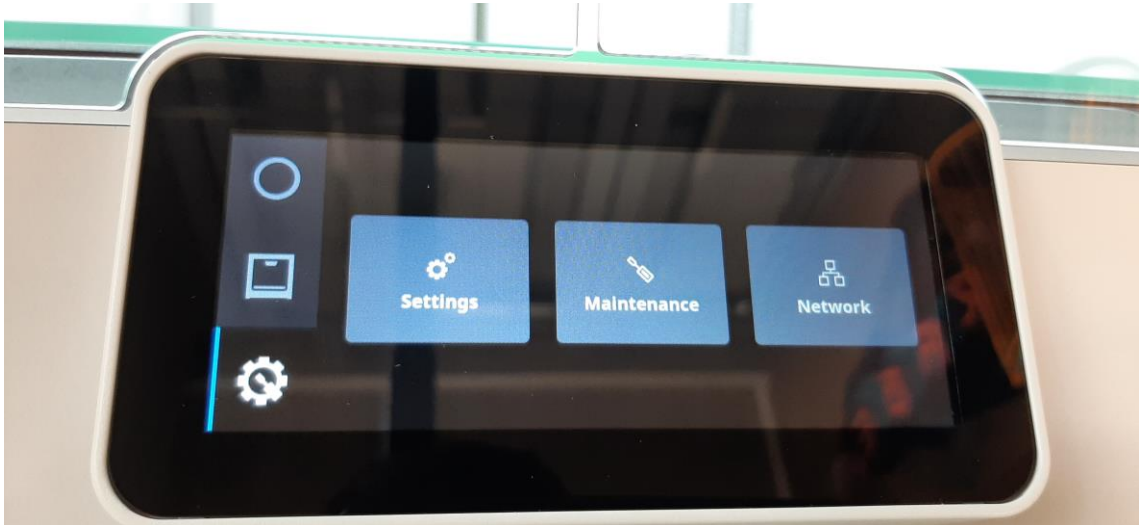


Kuva 16. Tulostusmateriaali-valikko.

Syöttämisen ongelmatilanteista on omat ohjeet liite 3.

Siirryttyäsi päävalikkoon kosketusnäyttöön ilmestyy teksti "READY TO PRINT", valinta "Select from USB" ja valinnat, jotka ovat näytön vasemmalla puolella (kuva 13). Ylin kuvake on päävalikko, jossa lukee "READY TO PRINT" ja "Select from USB"-painike (kuva 13). Keskimmäinen kuvake on tarkoitettu kahden eri syöttölaitteen sekä suutintyyppin, että filamentin vaihtamiseen (kuva 14). Kuvakkeesta voi myös vaihtaa tulostusalustan lasisesta alustasta alumiiniseen alustaan (kuva 14). Alin kuvake on tulostimen osiin liittyvien asetusten muun muassa tulostusalustan korkeussäätöä varten (kuva 16). Alimmasta kuvak-

keesta voi myös säätää tulostimen omia asetuksia esimerkiksi internet-yhteyden määrittämiseksi tai käyttökielen vaihtamiseksi toiseen (kuva 16).



Kuva 17. asetukset-valikko.

## 2.2 Ultimaker Cura-ohjelman käyttäminen

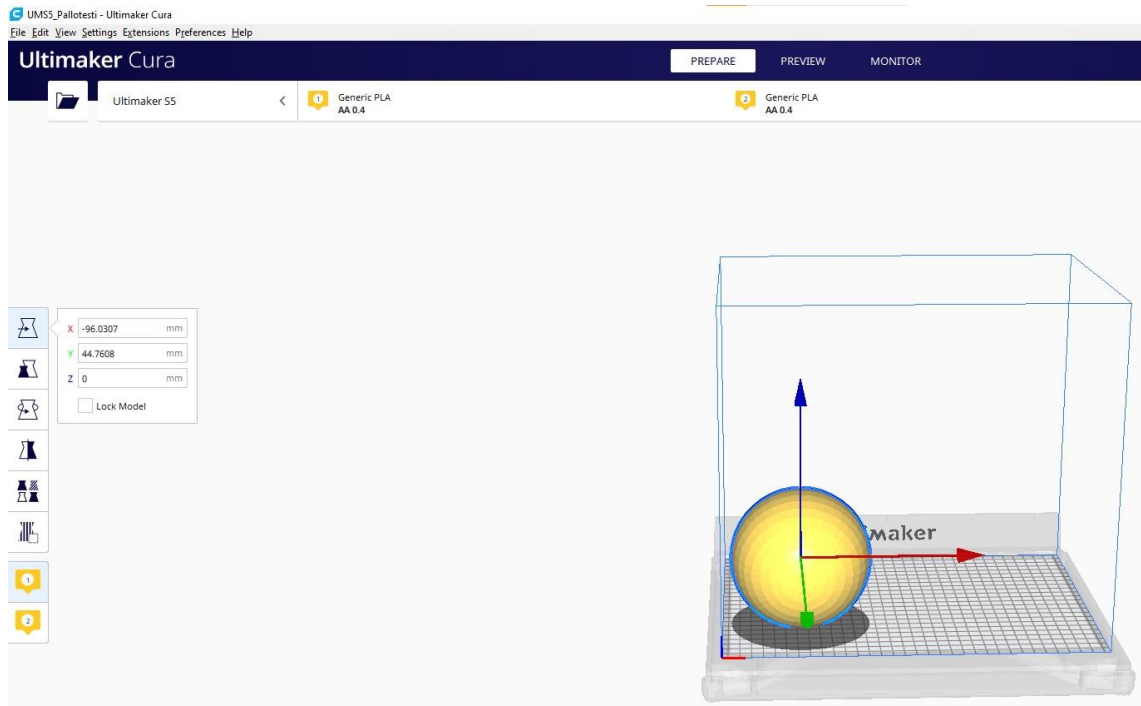
Ennen kuin 3D-mallia voidaan tulostaa 3D-tulostimella, se mallinnetaan mallin-  
nusohjelmalla kuten Catialla, Solidworkilla tai AutoCadilla. Tämän jälkeen 3D-  
malli tallennetaan STL-tiedostotyyppiä ja tuodaan Cura-ohjelmaan. 3D-malli  
tuodaan painamalla kansio kuvaketta "Ultimaker Cura" nimen alta (kuva 17). Tä-  
män jälkeen 3D-mallia voidaan konfiguroida Cura-ohjelmalla.



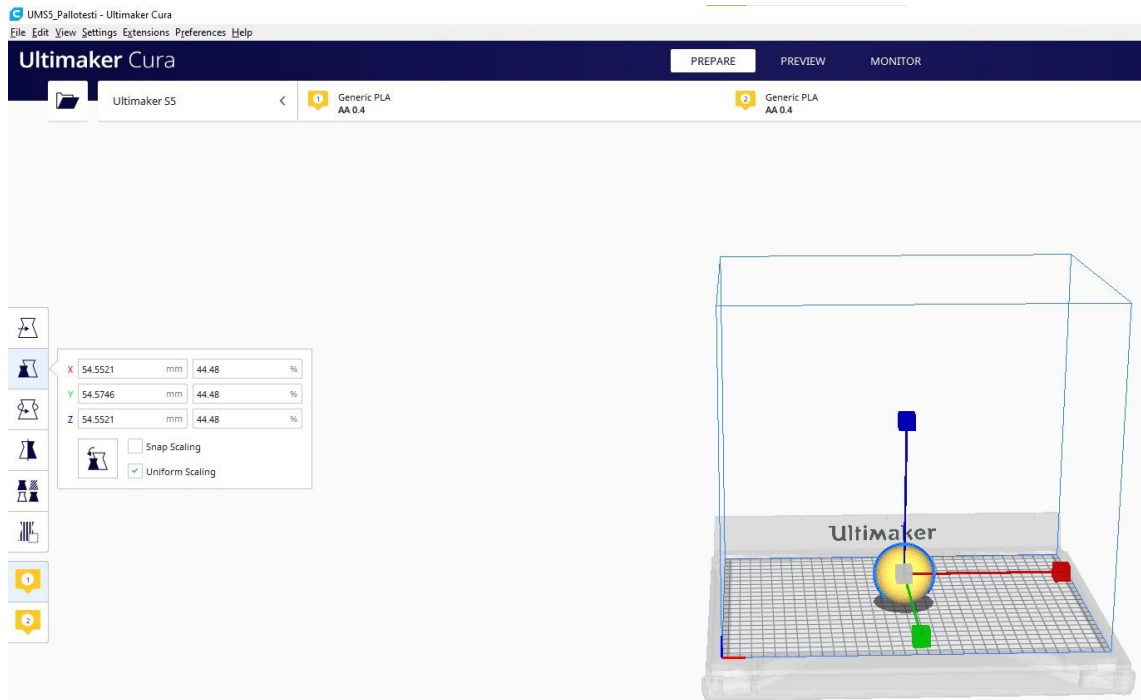
Kuva 17. Cura-ohjelman valikot.



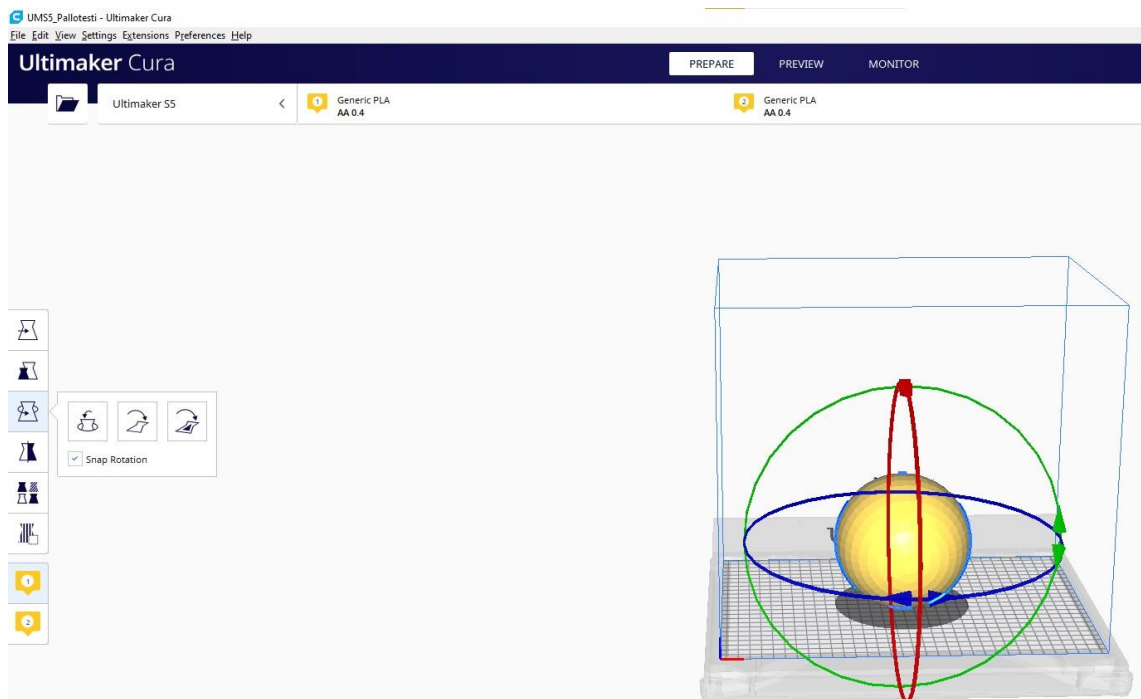
3D-mallia konfiguroidessa, sen leveys-, syvyys- ja korkeusmittoja, sijaintia tai asentoa voidaan muuttaa haluttuun arvoon, paikkaan tai asentoon. Edellä mainitut konfiguraatiot löytyvät vasemmalta reunalta, kun 3D-malli on tuotu ja mallia on painettu yhden kerran hiirellä (kuva 18; kuva 19; kuva 20).



Kuva 18. 3D-mallin siirtämiseksi.



Kuva 19. 3D-mallin koon muuttaminen.



Kuva 20. 3D-mallin asennon muuttaminen.

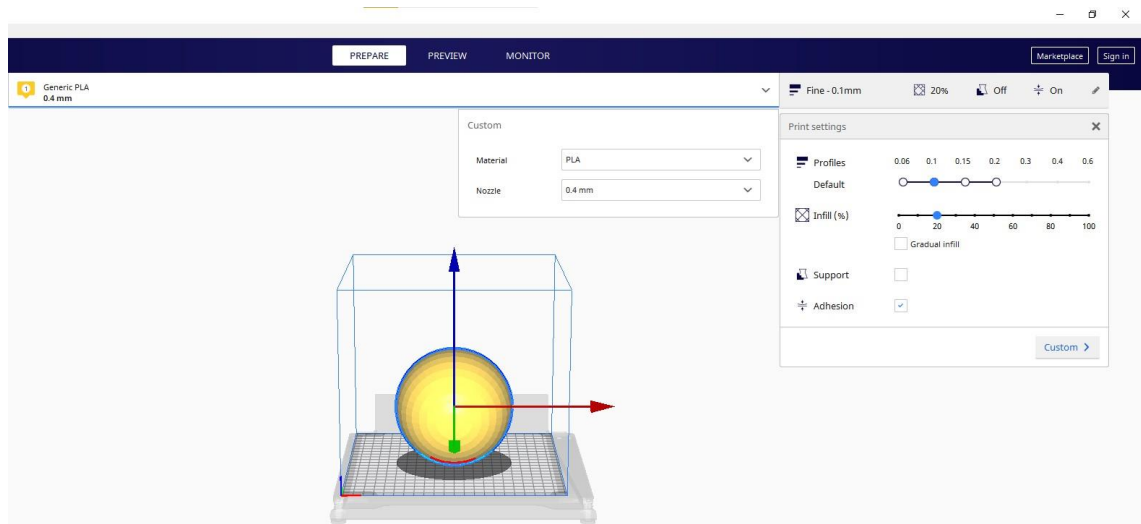
Cura-ohjelmassa on muita konfiguraatioita, jotka vaikuttavat 3D-mallin ulkonäköön. Konfiguraatioasetuksia ovat kerrostarkkuus, täytteen paksuus kappaleessa ja tukimateriaalin laittaminen (kuva 21).

Kerrostarkkuus kertoo, että kuinka hyvin ja tarkasti kappale tulostuu. Kerrostarkkuus määritellään millimetreinä ja esimerkiksi 0.06 millimetrillä tulostustarkkuus on tarkin ja 0.2 puolestaan on vähemmän tarkka.

3D-mallin täytteen paksuus on sitä, että tuleeko malli olemaan täysin ontto sisältä vai onko se kenties painavampi. Täytteen paksuus vaikuttaa suoraan 3D-mallin kestävyteen ja elinikään.

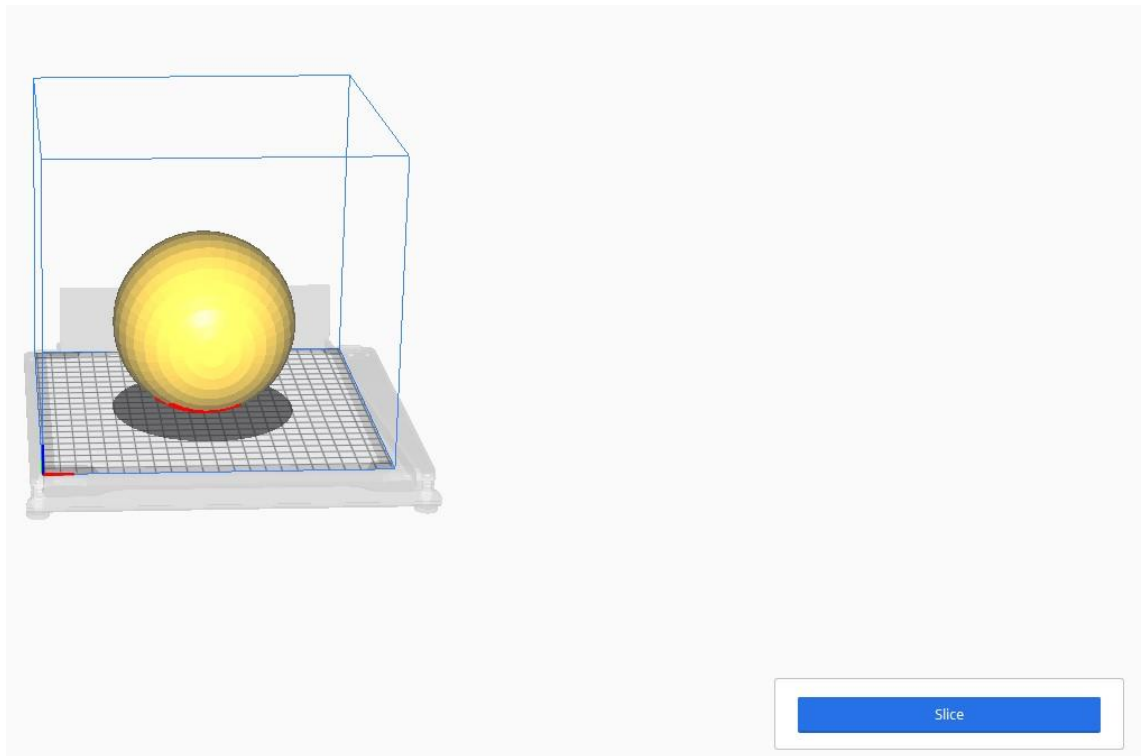
Tukimateriaalin laittaminen kappaleeseen auttaa vaikeiden 3D-mallien tekemistä 3D-tulostimilla. Tukimateriaalia käytetään kappaleissa, jossa osa on ilmassa ja osa on tulostusalustassa. Esimerkkinä voidaan pitää esimerkiksi puolipyörän tekeminen. Puolipyörän kupu tuetaan tukimateriaalilla, jotta se tulostuisi virheettömästi.

Cura-ohjelmassa on myös konfiguraatio, mikä vaikuttaa suoraan 3D-tulostamiseen. 3D-mallin konfiguraation aikana pitää ottaa huomioon, että laittaa suutintyyppin ja käytettävän tulostusmateriaalin oikein. Suutintyyppejäkin on erilaisia, mutta yleisin on 0.4 millimetrin suutin (kuva 21).

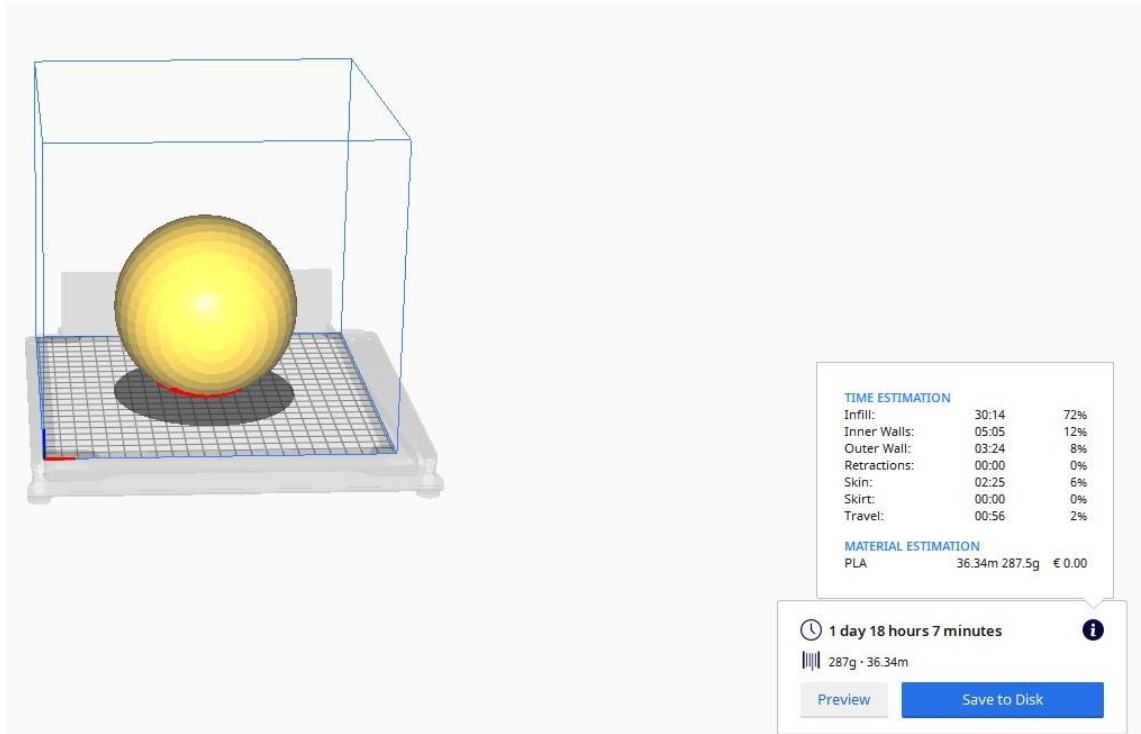


Kuva 21. Suutintyyppin, tulostamateriaalin, kappaleen täytteen ja kerrostarkkuuden määrittäminen.

Slice-painiketta (kuva 22) painaessa Cura-ohjelma laskee 3D-mallille valmistusajan, painon ja kulutettavan filamentin määrän. Lisätietoja saa, laittaessa hiiren huutomerkin päälle. 3D-mallin voi joko tallentaa USB-muistitikulle tai lähettää suoraan 3D-tulostimelle laitekohtaisen liitettävyyden mukaan (kuva 23).



Kuva 22. Slice-painike.



Kuva 23. Valmistumisaika 3D-esimerkkimallille.

### 2.3 3D-mallin 3D-tulostaminen

3D-mallin tulostamisen aloittamiseksi, aseta USB-muistitikku USB-väylään. Paina etuvalikossa "Select from USB" ja valitse 3D-mallisi nimen perusteella. 3D-mallia voi viedä 3D-tulostimeen toisella tavalla, jos laitekohtainen liitettävyyden sallii. 3D-malli voidaan lähettää suoraan 3D-tulostimeen painamalla Cura-ohjelmassa "Print over network". Painike on samassa paikassa toisena vaihtoehtona "Save to Disk"-painikkeen kanssa.

Tulostuksen jälkeen, 3D-malli irrotetaan tulostusalustasta vedellä täytetyllä sumutinpullolla tai todella varovaisesti mattoveitsellä. Lasinen tulostusalusta puhdistetaan vedellä ja saippualla jokaisen tulostuskerran jälkeen. Jos on tarvetta vaihtaa tai poistaa filamentti, siirry keskimmäisen kuvakkeen valikkoon (kuva 24). Paina vasemman puolen rivin ylintä painiketta. Sieltä löytyy Unload- tai Change-painikkeet (kuva 25). Painikkeiden takaa avautuu toimintaohjeet.



Kuva 24. Materiaali-valikko



Kuva 25. vaihtoehtoja materiaalin käsittelyä varten

## Huolto-ohjeet 3D-tulostimille

### 3 Ultimaker 2+ Connect

#### 3.1 Tulostusalustan ylläpito

3D-tulostimen lasista tulostusalustaa puhdistetaan jokaisen käyttökerran jälkeen varovaisesti vain vedellä ja saippualla. Kun puhdistat lasista tulostusalustaa, muistathan palauttaa lasipinta tulostimeen siinä asennossa, kun se oli ennen irrotusta. Tulostusalustan oikean asennon avustaa keltainen kolmiomainen tarra. Keltainen kolmiomainen tarra varoittaa kuumasta alustasta. Lasipinnan puhdistaminen alkoholipitoisella puhdistusaineella tai muulla puhdistusaineella ei ole sallittua. Juuri tulostuneen kappaleen voidaan irrottaa vain mattoveitsellä tai sumutinpullolla. Muita välineitä ei saa käyttää.

### 3.2 Suutinjärjestelmän ylläpito

Jos filamentti on juuttunut suutinjärjestelmään, kuumenna suutin ja käytä toista filamenttia ottaessasi pois juuttuneet filamentin. Suuttimen voi kuumentaa menemällä päävalikkoon (kuva 26) ja valitsemalla keskimmäisen kuvakkeen ja siitä ”Set nozzle temperature” (kuva 27).



Kuva 26. Päänäkymä.

Tulostusalustan kalibroimiseksi käy päävalikossa valitsemassa keskimäinen kuvake. Kuvakkeen valikossa valitse ”level build plate”. Seuraa tämän jälkeen annettuja ohjeita. Muista käyttää myös 3D-tulostimen mukana tullutta kalibrointikorttia.





Kuva 27. Suuttimen ja tulostusalustan asetusnäkyvä.

## 4 Ultimaker S5

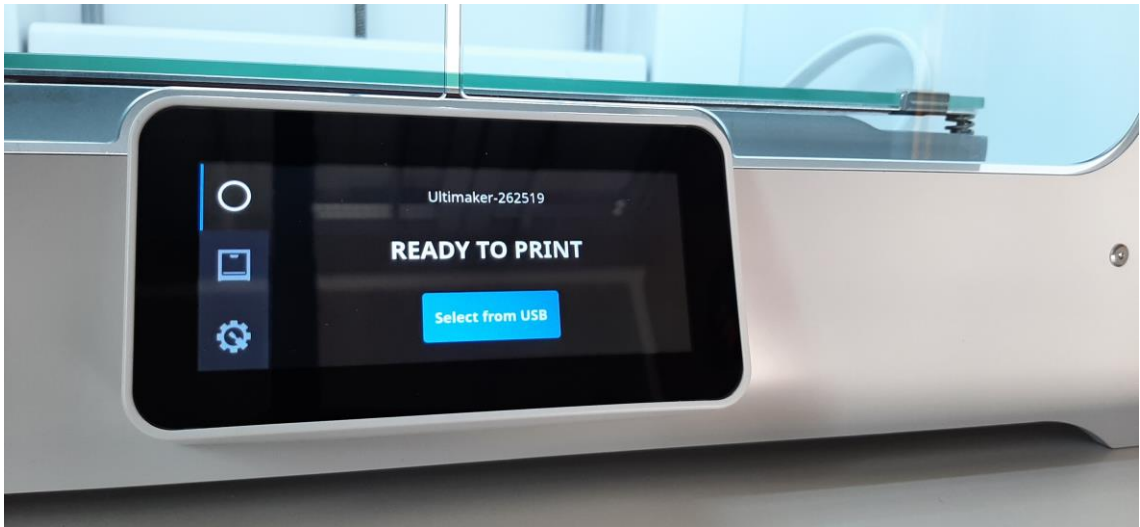
### 4.1 Tulostusalustan ylläpito

3D-tulostimen lasista tulostusalustaa puhdistetaan jokaisen käyttökerran jälkeen varovaisesti vain vedellä ja saippualla. Kun puhdistat lasista tulostusalustaa, muistathan palauttaa lasipinta tulostimeen siinä asennossa, kun se oli ennen irrotusta. Tulostusalustan oikean asennon avustaa keltainen kolmiomainen tarra. Keltainen kolmiomainen tarra varoittaa kuumasta alustasta. Lasipinnan puhdistaminen alkoholipitoisella puhdistusaineella tai muulla puhdistusaineella ei ole sallittua. Juuri tulostuneen kappaleen voidaan irrottaa vain mattoveitsellä tai suutinpullolla. Muita välineitä ei saa käyttää.

### 4.2 Suutinjärjestelmän ylläpito

Jos filamentti on juuttunut suutinjärjestelmään, kuumenna suutin ja käytä toista filamenttia työntäessäsi varovasti pois juuttuneet filamentit suuttimesta läpi.

Suutinta voi kuumentaa menemällä päävalikkoon (kuva 28).



Kuva 28. Päävalikko.

Valitse keskimäinen kuvake. Kuvakkeen valikosta valitse vasemman puolen näytön ylin painike (kuva 29).



Kuva 29. Suutin-asetukset.

Painikkeen valikosta löydä oikeasta yläkulmasta kuvake ja paina sitä. Painetuasi sitä, valitse vielä "Set temperature" (kuva 30).



Kuva 30. lisää asetuksia.