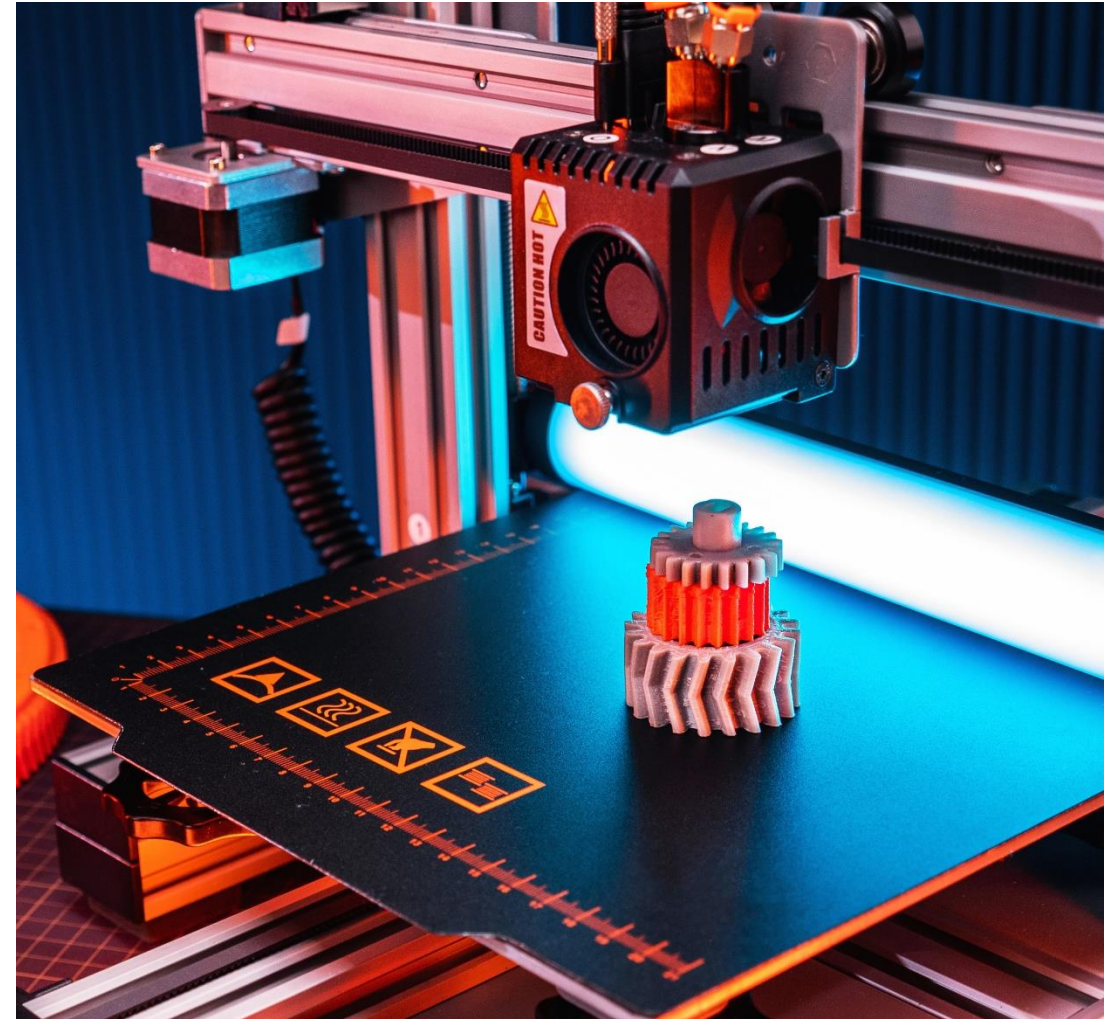


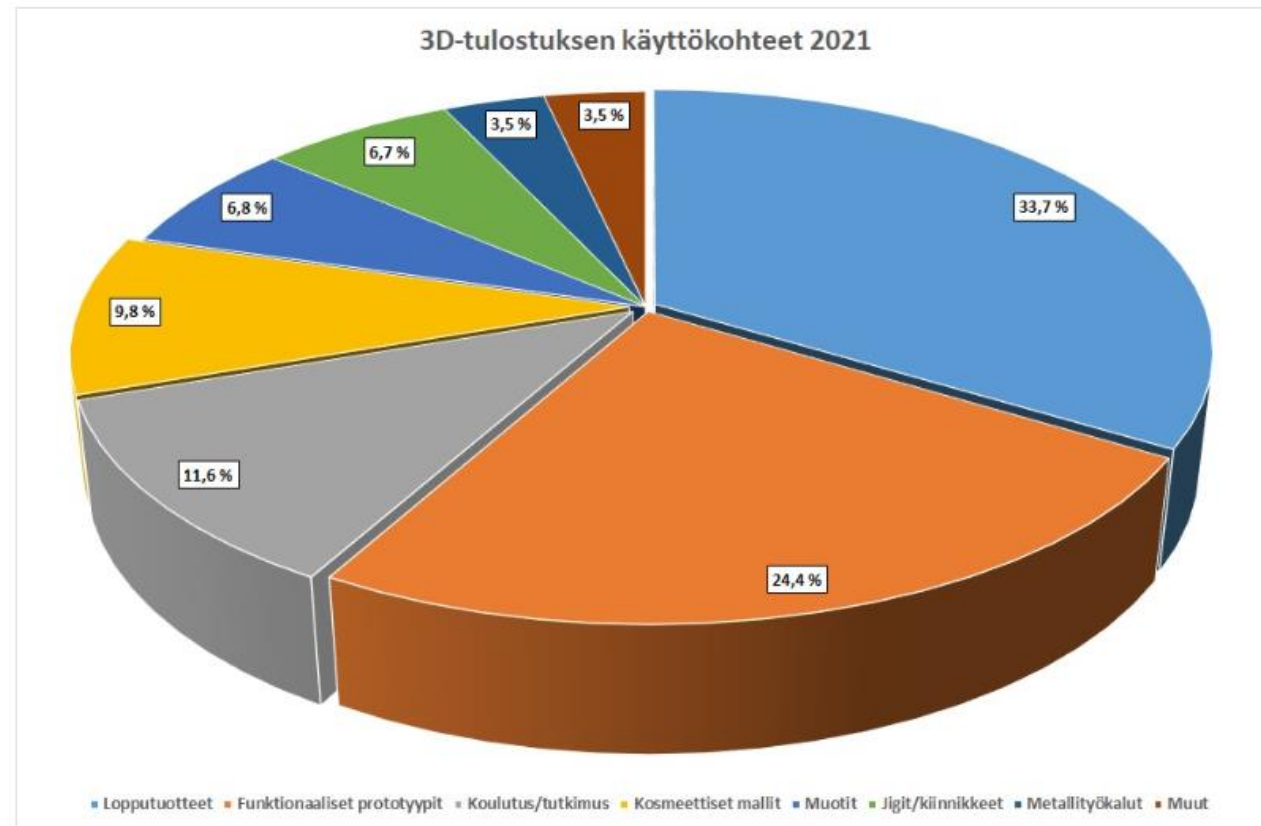
# **3D-tulostus vihreän siirtymän tuotekehitystyökaluna, laboratoriokurssi**

Luento 1:  
Johdanto ja pursottava tulostus

- Lisävä valmistus on noussut jatkuvasti merkittävämpään asemaan
- Kehitys on kuitenkin monelta osin hidasta
- Nykyään tulisi mieltää se yhtenä valmistusmenetelmänä muiden joukossa
- On usein monimutkaisempaa kuin vallitsevat mielikuvat
- Voi kuitenkin tuoda suorituskykyä ja/tai säästöjä erilaisissa käyttökohteissa kun tiedetään rajoitteet ja mahdollisuudet
- Koneenrakennuksessa myös usein muovi- ja komposiittimateriaalien tuntemus on rajallisempaa vrt. metallit
- 3D-tulostus on itsessään hyvin poikkileikkaava aihe

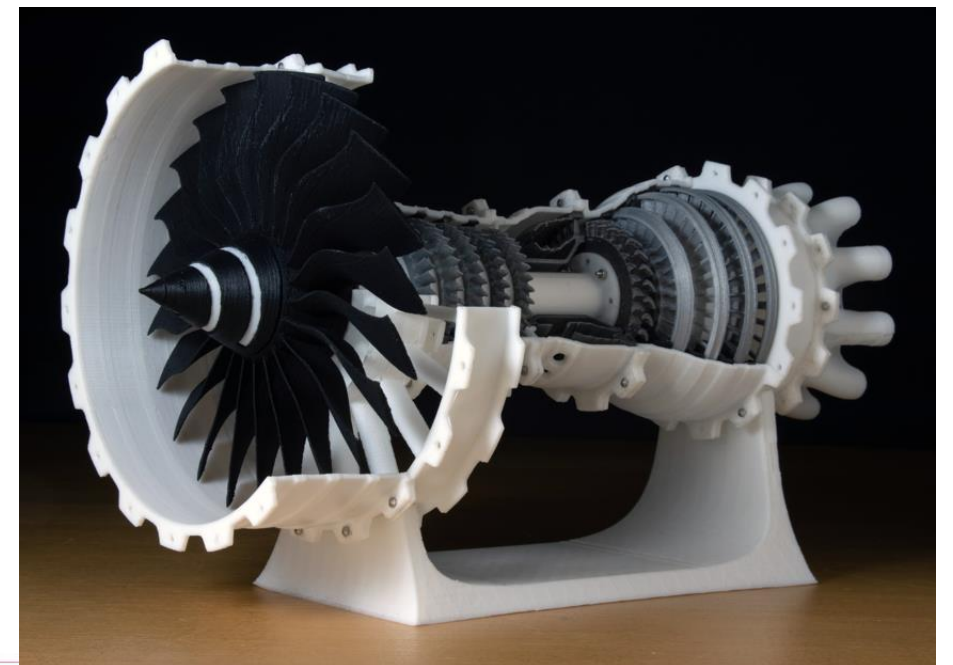
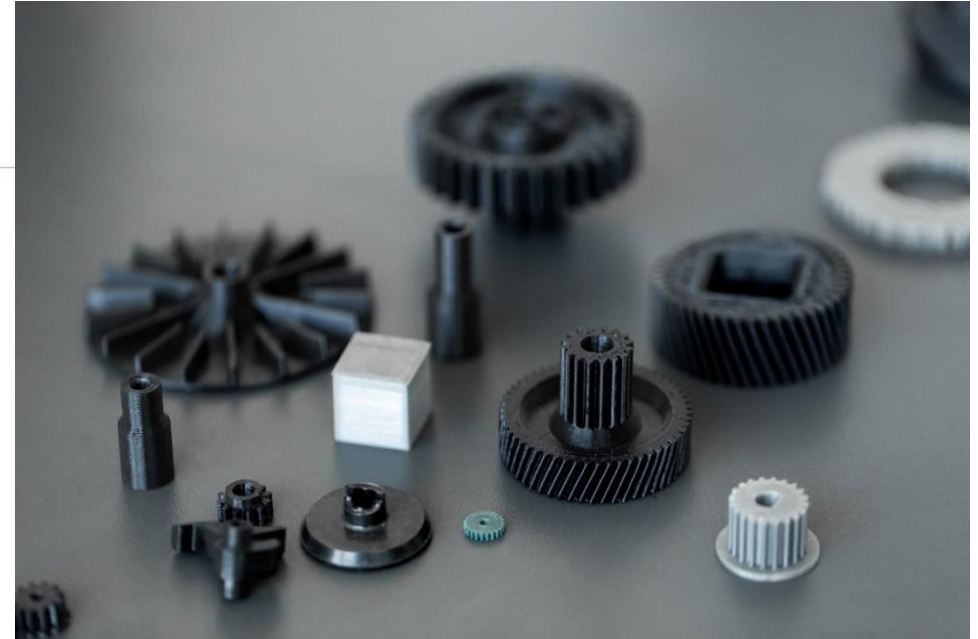


- 3D-tulostimia käyttävät niin teolliset yritykset, muotoilijat kuin yksityiset ihmisetkin
- Lisäävän valmistuksen menetelmiä on useita ja joskus tarvitaan perehtymistä ja tutkimusta oikean laitteen ja materiaalin valintaan
- Laitteiden hinnat vaihtelevat kuluttajamarkkinoille suunnatuista parin sadan euron laitteista satoihin tuhansiin
- Käyttökohteita:
  - Lopputuotteet
  - Funktionaaliset prototyypit
  - Koulutus/tutkimus
  - Kosmeettiset mallit
  - Muotit
  - Jigit/kiinnittimet
  - Metallityökalut
  - Muut



Kuva 1. 3D-tulostuksen käyttökohteet 2021, lähde: Wohlers Report 2022

- Lopputuotteet
  - Huom. materiaalit, menetelmät, lujuus, kustannukset
  - Usein korvataan koneistettuja osia tulostamalla
  - Olemassa olevan tuotteen päälle piirteitä
- Varaosat
  - COVID-epidemian aikana monissa paikoissa varaosien toimitusaika venynyt kuukausilla
  - ...Nyt myös sota hankaloittaa
  - Varaosan 3D-tulostus alkanut vaikuttaa entistä kannattavammalta
  - Hinta korkea, mutta odotusaika uuteen varaosaan korkeampi
  - "Digital warehouse"
- Aputyökalut
  - Ohjaimet
  - Jigit
  - Sapluunat
  - Suojat
  - ...
- Prototyypit tuotekehityksessä
- Valumuotit



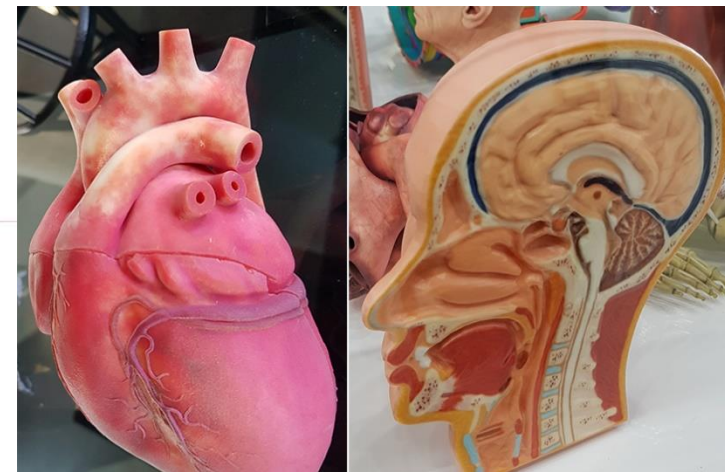
- Lääketieteelliset sovellukset

- Anatomiset mallit
  - Kirurgien apuna leikkausten suunnittelussa
  - Koulutus
- Aputyökalut leikkauksissa
- Lääkkeet
- Implantit ja proteesit
- Tukipohjalliset
- Ortoosit
- Biotulostus
- Hammashoito

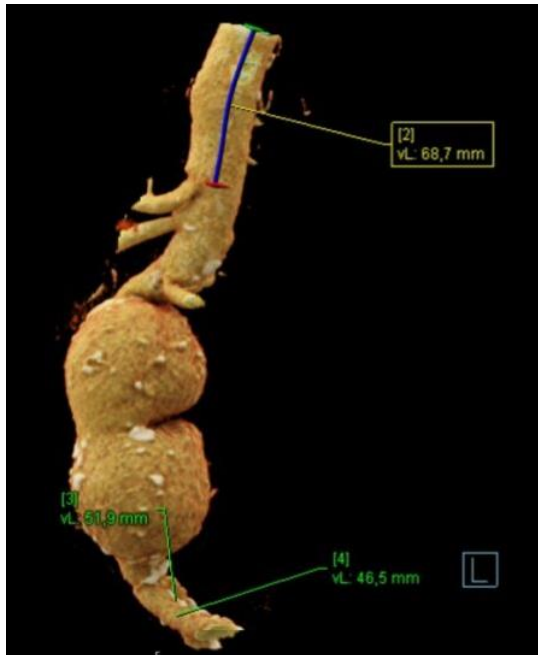
- Kuluttajamarkkinoilla

- Varaosia autoihin, kodinkoneisiin, harrastevälineisiin
- Drone-rungot
- Pienoismallit, koriste-esineet
- Kuluttajatuotteet, jotka osin tai kokonaan 3D-tulostettu?

*Huom!*  
*Lääketieteellisissä sovelluksissa usein käytettävä medikaalihyväksytyjä materiaaleja*



# Savonia ja KYS Mikrokirurgia





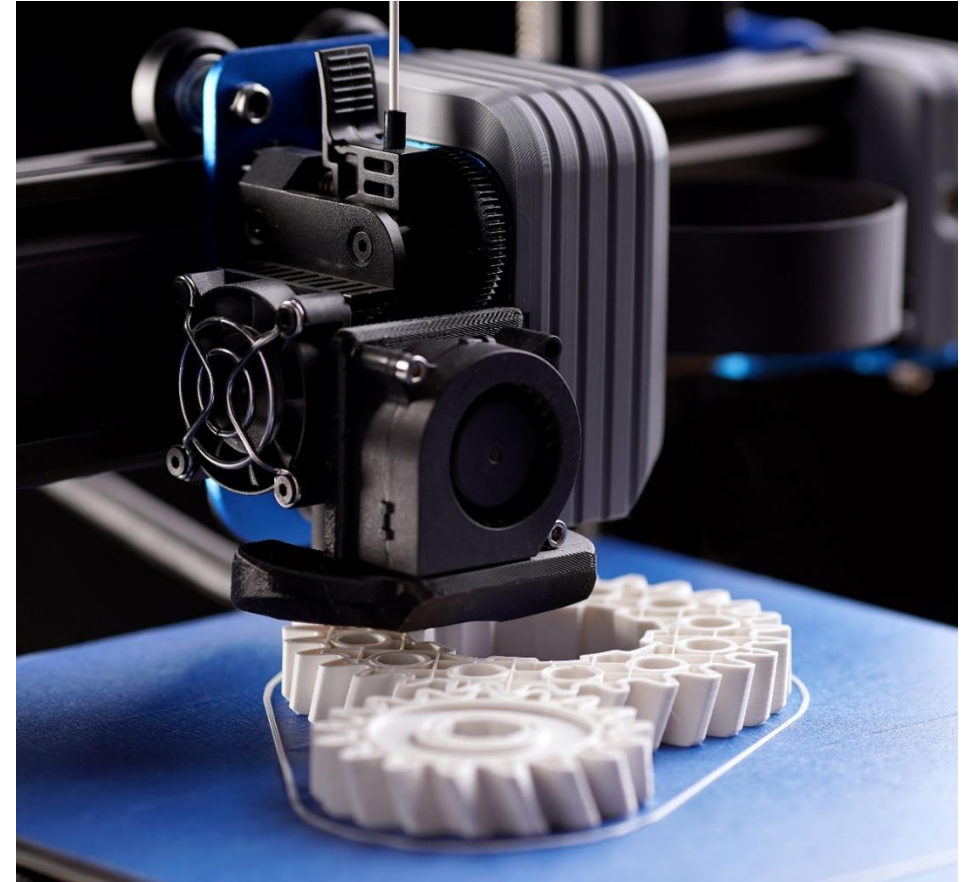
- Logistiikka vähenee varaosien valmistuksessa
- Varaosien käytettävyys (kiertotalous)
- Materiaalihukka pienenee joissain tapauksissa valmistuksessa (vrt koneistus)
- Vähentää varaston tarvetta (hukka, energia)
- Kevennetyt rakenteet (energian säästö)
- Ekologisemmat materiaalit
- Pidempi elinkaari tuotteille
- ...

SAVONIA

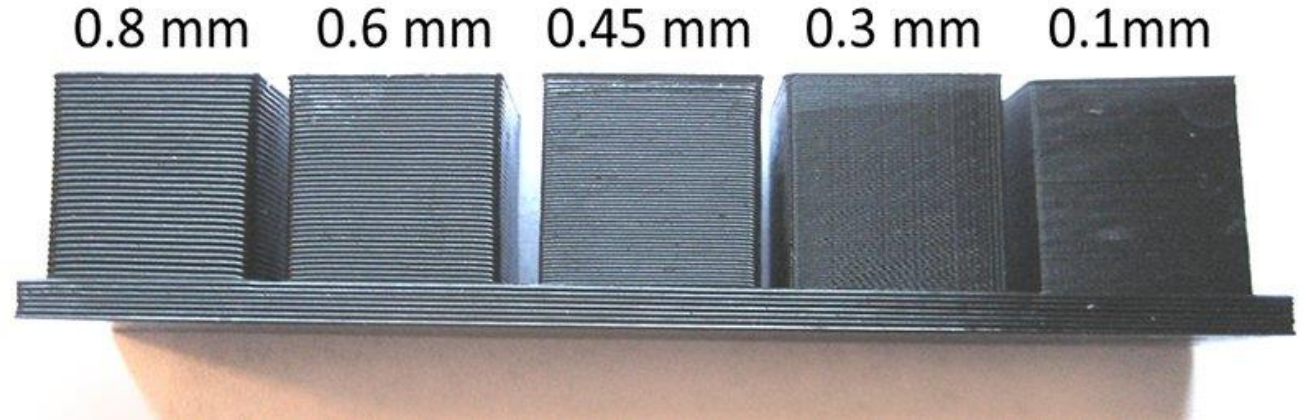
# Pursottava tulostus



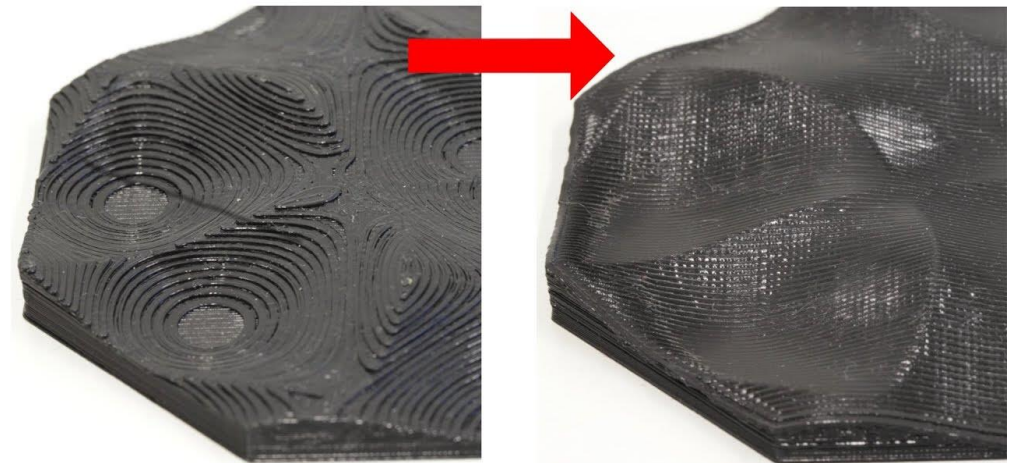
- FFF/ FDM
  - FDM (Fused Deposition Modeling) on StrataSysin patentoima menetelmä ja rekisteröity tavaramerkki. Peruspatentti on rauennut, mutta tavaramerkki edelleen yrityksen omistuksessa.
  - Fused filament fabrication on yleinen termi samalle asialle.
- FGF (Fused Granulate Fabrication)
  - Sama ajatus, mutta materiaali granulaattina. Tyypillisesti suurempien tulostimien (mm. Robottitulostus) tekniikka suuremmasta materiaalikulutuksesta johtuen, mutta nykyisin tarjolla on myös pieniä granulaattiin perustuvia tulostuspäitä.
- Toimintaperiaate
  - Filamenttilankaa syötetään tulostuspäälle
  - Tulostuspää sulattaa langan ja pursottaa sitä alustalle
  - Tulostuspää liikkuu johteiden avulla
  - Filamentin syöttömoottori sijaitsee joko tulostuspäässä tai erillään.

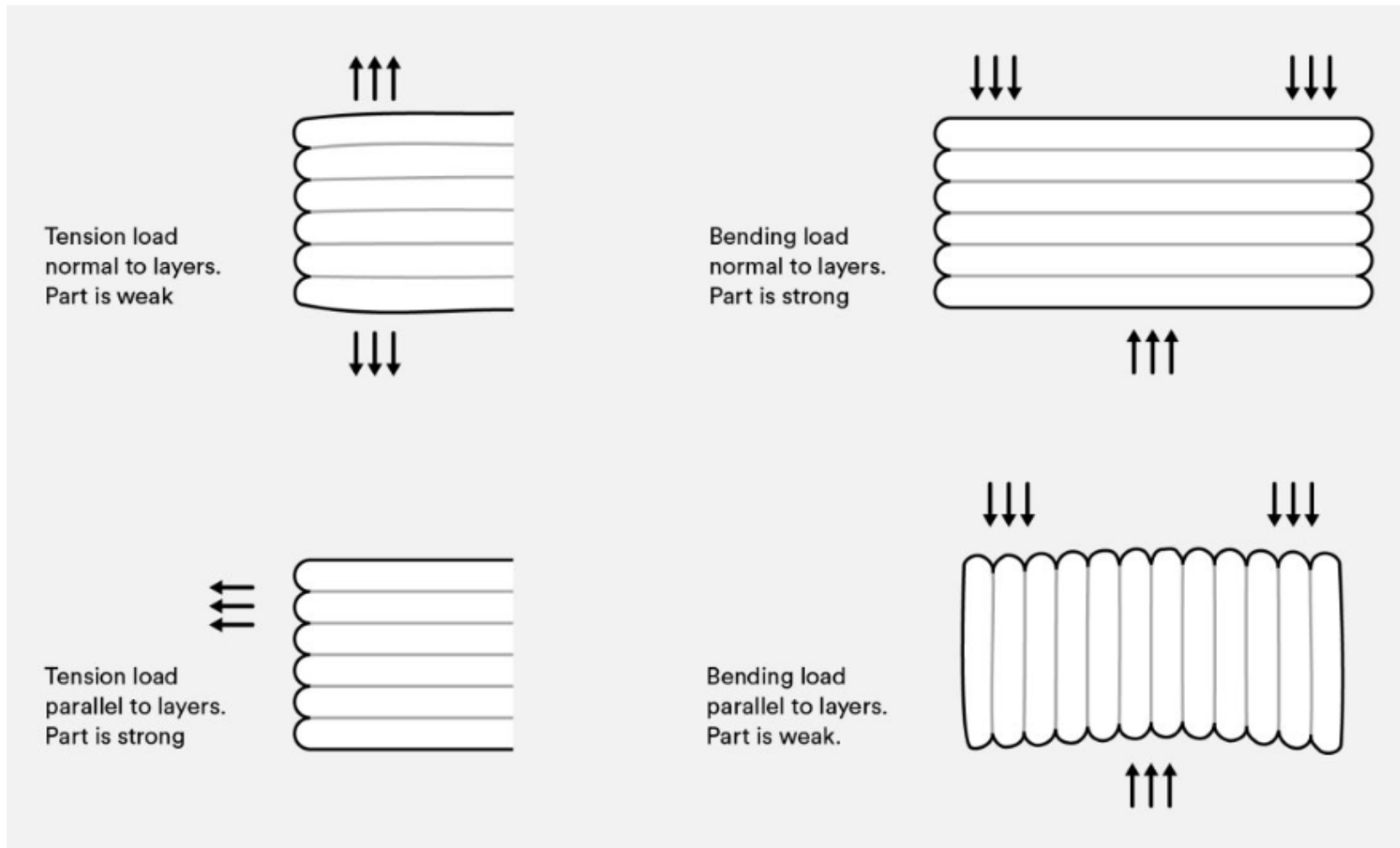


- Alustan lämmitys olennaista, kriittisyys riippuu käytetystä materiaalista.
  - Nyrkkisääntö: mitä vaativampi materiaali, sitä tarkemmin lämpötila tulee huomioida.
- Kerrospaksuus normaalisti n. 0.1-0.3 mm
  - Merkittävä vaikutus tulostusaikaan!
  - Voi olla pienempi tai suurempikin
  - Vaikuttaa myös paljon tulosteen ulkonäköön
- Tukimateriaali
  - Periaatteessa tyhjän päälle ei voi tulostaa -> overhang -rakenteet
  - Tukirakenne vaaditaan yli 45 asteen negatiivisiin kulmiin, materiaalilla merkitystä
  - Tukimateriaali voi olla eri, jos käytössä kaksi suutinta tai materiaalinvaihtoyksikkö.
- Non-planar printing  
<https://www.youtube.com/watch?v=km1lvuva5mI>



## Nonplanar 3D FDM-Printing





Kuva: <https://www.hubs.com/knowledge-base/how-design-parts-fdm-3d-printing/>

## 3D-mallinnus

- Esim. SolidWorks / Inventor / Rhino ...
- Yleensä vaaditaan STL-muoto
  - HUOM: 3MF, AMF
  - OBJ ja WRLM väritulosteille!

## Siivutus

- Tuodaan 3D-malli siivutusohjelmaan
- Määritetään sijainti tulostusalustalla
- Säädetään parametrit tulostukseen
  - Kerroskorkeus, materiaali, alustat, liikeradat...
  - Saadaan tulostusaika, ainemäärä
- Tukirakenteiden määrä, sijainti ja rakenne, seinämävahvuus
- Lähetetään tulostusprojekti 3D-tulostimelle
  - Verkon kautta
  - USB-tikulla

## 3D-tulostus

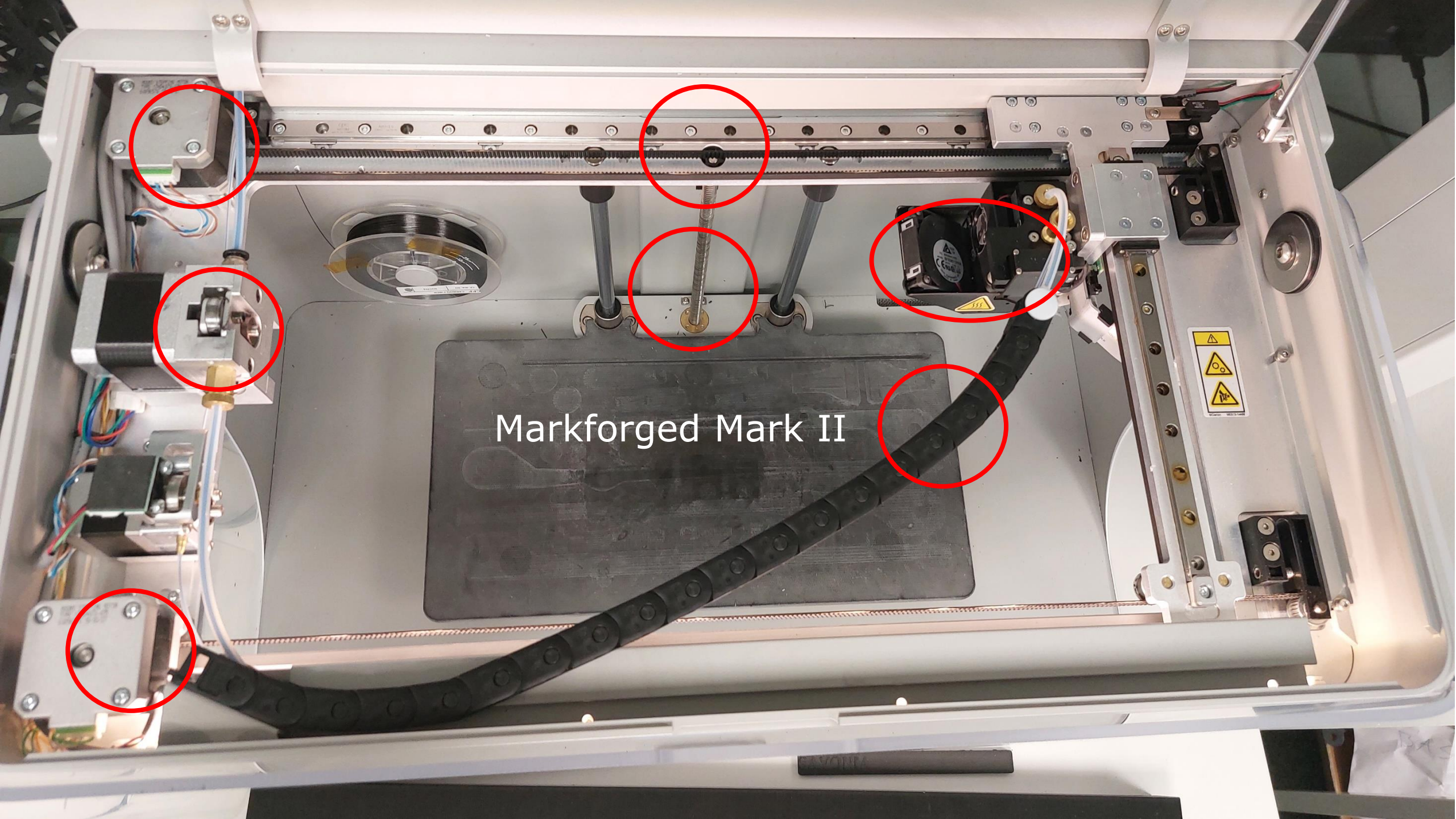
- Tulostusprojekti vastaanotetaan tulostimelle
- Tarkistetaan filamentin kunto ja määrä
- Liimakerros tulostusalustalle
  - Helpottaa valmiin tulosteen irrottamista
- Käynnistetään tulostus
  - Alusta ja suutin lämpenee
  - Pursotustesti suuttimella
  - 1. tulostuskerros
  - Kaikki OK, jätetään tulostamaan

## Tulosteen purku

- Irroitetaan lastalla tai käsin alustalta
- Tukirakenteiden poisto
- Tarkistetaan tuloste
  - 1) Tulosteen ulkomuoto
  - 2) Kerrosten liittyminen
  - 3) Pinnanlaatu
  - 4) Muodonmuutokset

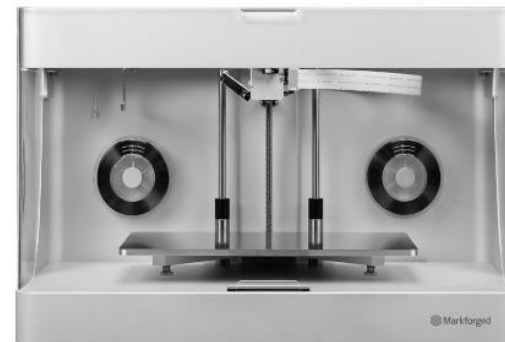
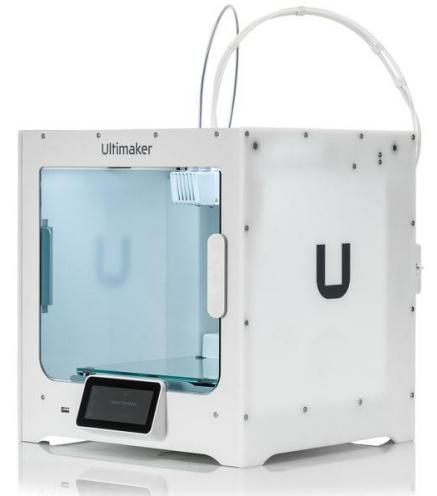
- Laitteen runko
  - Suljettu runko pitää lämpöä sisällä
  - Eristyksen tarve korostuu haastavammilla materiaaleilla
- Tulostuspään liikuttaminen
  - Normaalisti askelmoottorilla, puolijohteilla ja hammashihnalla
- Tulostuspää
  - Yleensä yksi tai kaksi suutinta
  - Lämmittää filamenttilangan ja syöttää sulaneen materiaalin alustalle
  - Toinen suutin normaalisti tukimateriaalille
- Materiaalin säilytys
  - Filamenttia säilytetään normaalisti kelalla, kelalle on teline
  - Joissakin tulostimissa materiaalille säilytysyksikkö, joka pitää kosteuden kurissa.
- Ohjauskortti
- Käyttöliittymä
  - Kosketusnäyttö usein
  - Asetukset, työjonot, materiaalit, päivitykset ja versiot...





Markforged Mark II

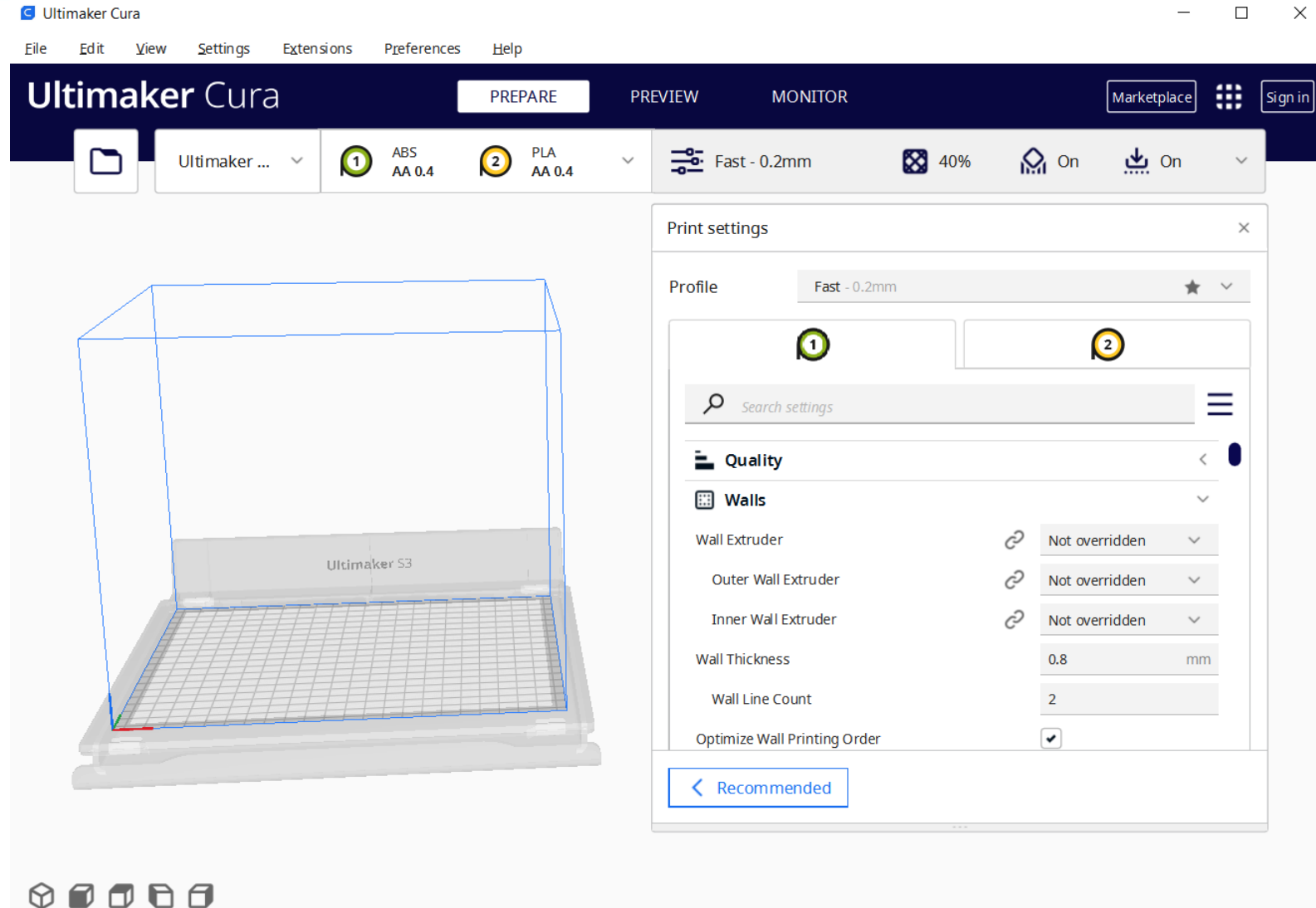
- Savonialla
  - Ultimaker S3 – 8 kpl
  - Ultimaker S5 – 1kpl
  - Markforged Mark II
  - German Reprap x1000
  - Tulossa Bambulabs -printtereitä
- Ja kasa vanhoja käytöstä poistettuja...
- Kuluttajille tarjolla myös huomattavasti edullisempia vaihtoehtoja
  - Esim Creality Ender ~250€
  - [https://issuu.com/tctmagazine/docs/tct\\_buyers\\_guide\\_2022](https://issuu.com/tctmagazine/docs/tct_buyers_guide_2022)
- Kuluttaja-tason laitteisiin parhaat lisäoptiot ovat toinen suutin sekä materiaalin kuivaus/säilytysyksikkö.
- Rakenne pääosin laitteissa samanlainen, hintaero tulee komponenttien laadusta.



- Laitteita jaotellaan usein kolmeen kategoriaan:
  - Kuluttajille (<5000 €)
  - Ammattilaisille (5000-40000 €)
  - Teollisuuskäyttöön (5000-> €)
- Soveltuvuus harrasteluun, tutkimukseen tai sarjatuotantoon
- Laitteita hankkiessa pätee samoja sääntöjä kuin muutenkin hankinnoissa:
  - Miten hyvä huolto ja tuki laitteelle on Suomessa?
  - Huoltosopimuksen sisältö ja hinta?
  - Miten usein huollon tarve?
  - Saako varaosia?
  - Millainen takuu? Kattaako se koko koneen?



- 3D-tulostuksen valmistelu vaatii erillisen siivutusohjelman
- Tulee yleensä laitteen mukana
- Ilmaisohjelmia myös olemassa
- Tekee ohjelman ja liikeradat (G-koodi) tulostimelle 3D-mallin perusteella
- Säädetään parametrit
- Voidaan hallita useampia laitteita ja tulostusjonoja
- Ohjelman vienti laitteelle verkon yli tai muistitikulla.  
**Huom: Savonialla muistitikkuja ei saa tulostimissa käyttää!**

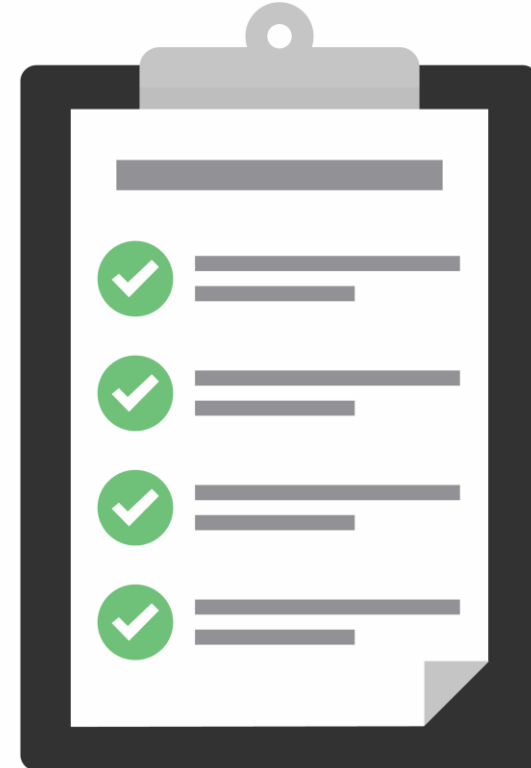


Ultimaker S3    1 Generic ABS AA 0.4    2 Generic PLA AA 0.4

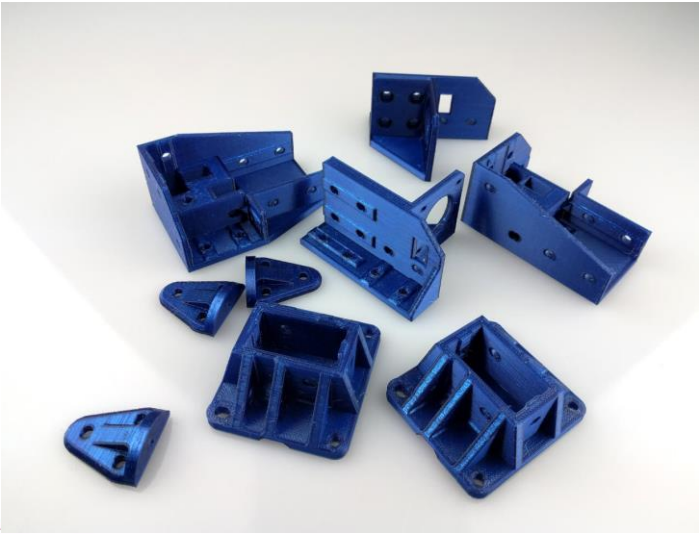
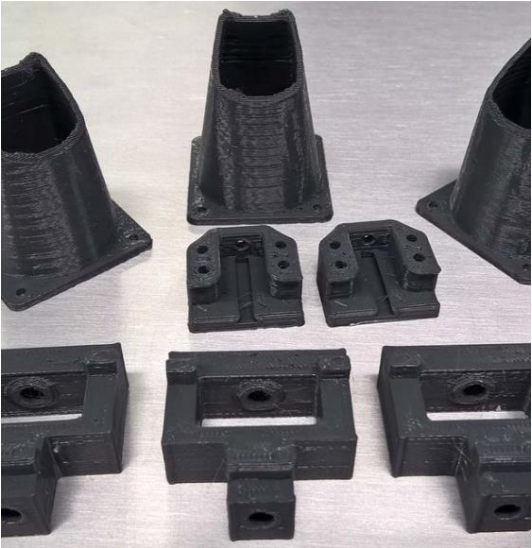
- Meidän Ultimakerit käyttävät Curaa
- Ensin katsotaan onko oikea tulostin valittuna ja yhteys toiminnassa (kamera välittää kuvaa)
- Katsotaan että oikeat materiaalit on valittuna
- Valitaan valmis tulostusprofiili
- Tarkistetaan parametrit. Vakio-asetukset eivät välttämättä näytä kaikkia parametreja. Suosittelemme muuttamaan asetuksia niin että kaikki asetukset näkyvät. Tärkeimpinä:
  - Kerroskorkeus
  - Materiaalin lämpötila (ei yleensä tarvitse muuttaa jos profiili oikein)
  - Seinän/pohjan/katon paksuus
  - Sisärakenteen kuvio/tiheys
  - Tulostus- ja alustan lämpötila (yleensä OK materiaalille asetetuilla vakioilla)
  - "Brim" alustan käyttö
  - Tukirakenteiden asetukset: negatiiviset kulmat, tiheys, rakenteen laajennus
- Paina "slice" ja vaihda välilehdeltä "prepare" → "preview"
  - Pystyliuku katsoo kerrokset ja vaakaliuku katsoo liikeradat
  - **Tarkasta siivutus aina, erityisesti tukirakenteet!**
  - Jos kaikki OK → Lähetetään tulostimelle
- Muista katsoa Monitor-välilehti että jonossa ei ole muita tulosteita!!!

The screenshot shows the Cura software interface. At the top, there are icons for printer settings, a 40% zoom level, and status indicators for 'On' and 'On'. Below this is the 'Print settings' window, which is currently open to the 'Fast - 0.2mm' profile. The 'Walls' section is expanded, showing settings for Wall Extruder, Outer Wall Extruder, Inner Wall Extruder, Wall Thickness (0.8 mm), Wall Line Count (2), and Optimize Wall Printing Order (checked). A 'Recommended' button is visible at the bottom of the settings panel. Below the settings panel, there is a 'Slice' button. At the bottom of the interface, there are three buttons: 'PREPARE', 'PREVIEW', and 'MONITOR'.

- 3D-malli on ok ja tulostettava
  - Lähtökohtaisesti 3D-malli tehdään valmiiksi ennen tulostusta
  - Curassa voidaan skaalata osaa, mutta pitää huomioida pienin mahd. seinämänvahvuus tai välyksissä toleranssit
- Siivutus on tarkistettu
  - Orientaatio on sopiva, negatiivisten pintojen ja tulosteen keston/toimivuuden suhteen
  - Tukirakenteet ok
  - Parametrit ok
- Tulostimen tila tarkistettu
  - Tulostusjonot ja toimintavalmius
- Oikeat materiaalit
  - Materiaalin laatu ok ja määrä riittävä tulosteeseen
- Tulostus käyntiin
  - Tarvittaessa liimataan alustaa
  - Katsotaan että ensimmäinen kerros lähtee tulostumaan



# FDM-tulostettuja osia



## Jauhepetitulostus

- + Ei vaadi tukirakenteita
- + Lujempi materiaali (PA)
- Lämpökäyttäytyminen hyvin erilaista
- + Voidaan tulostaa isompia sarjoja kerralla
- Kalliimpaa
- Tulostimet kalliimpia

## Stereolitografia/DLP

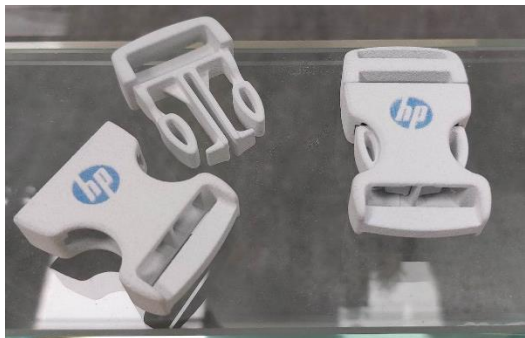
- + Pinnanlaatu aina tasainen vs FDM
- + Tarkka menetelmä
- + Tulostus itsessään nopeaa
- Kaikki negatiiviset pinnat vaativat tukirakenteen
- Tulosteet vaativat lisäksi pesun ja valokovetuksen
- Rajatumpi materiaalivalikoima
- Tulosteet haurastuvat UV-valossa

## Multimateriaalitulostus

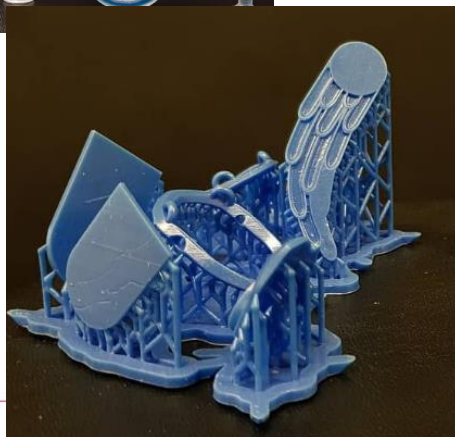
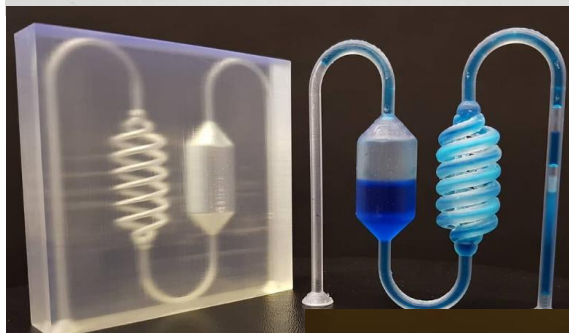
- + Erittäin tarkka menetelmä
- + Visuaalisesti näyttäviä tulosteita
- + Tukirakenne helppo poistaa
- Kaikki materiaalit eivät sovi esim. koneenosiin
- Tulostaminen kallista
- Tulosteet haurastuvat UV-valossa

# Muut tulostusmenetelmät vs FDM

## Jauhepetitulostus



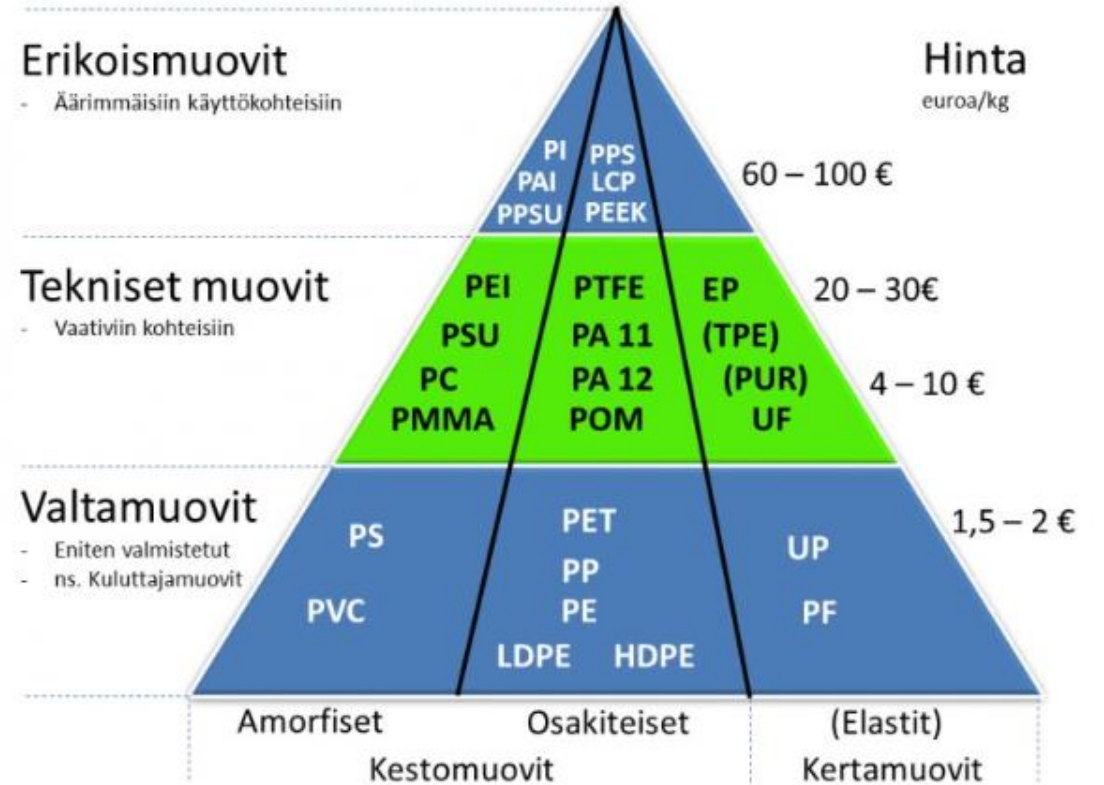
## Stereolitografia/DLP



## Multimateriaalitulostus



- Muovi = polymeeri
- Muoveja voidaan jaotella kolmiosaisesti valtamuoveihin, teknisiin- ja erikoismuoveihin
- Yleinen jako myös kesto- ja kertamuoveihin
  - Nimen mukaisesti kestomuoveja voidaan lämmittää ja muovata uudelleen, kun taas kertamuoveja ei
- Esimerkiksi filamenttimuodossa olevat tulostusmateriaalit ovat kestomuoveja
  - Muovi täytyy pystyä sulattamaan ja muovaamaan uudelleen
- Resiinipohjaiset tulostusmateriaalit ovat kertamuoveja



Kuva: [https://www.plastics.fi/fin/muovitieta/muovit/muovien\\_luokitus/](https://www.plastics.fi/fin/muovitieta/muovit/muovien_luokitus/)

- Yleisin muovimateriaali pursottavassa tulostuksessa on PLA (polylactid acid)
  - Hyvä tulostettavuus
  - Valmistetaan uusiutuvista raaka-aineista
  - Esim. maissitärkkelys tai sokeriruoko
  - Biohajoava lämpökompostoinnissa
  - Melko hauras
  - Kohtuullinen UV-kestävyys
  - Materiaalin lasittumislämpötila 50-60 °C
  - Alustan lämpötila myös noin 60 °C
  - Tulostuslämpötila ~195-205 °C
  - Vetolujuus Ultimakerilla ~53-59 MPa



- Toinen yleinen muovi pursottavilla on ABS
  - Kestävämpi lämpömuovattava laatu
  - Yleinen muovi lujuusominaisuuksiensa takia
  - Käyttökohteina esim. kypärät, kotitalouskoneet, koteloit, lego-palikat, putket, profiilit, veneet...
  - ...autojen korien helmat ja puskurit (ABS/PC)
  - Lujaa ja sitkeää, pienempi säröherkkyys, pieni staattinen sähköisyys, kestää hyvin happoja ja emäksiä
  - Lasittumislämpötila 100 °C
  - UV-kesto heikko ilman lisäaineita tai pinnoitetta
  - Alustan lämpötila 85 °C
  - Tulostuslämpötila 235-250 °C
  - Vetolujuus Ultimakerilla ~34-36 MPa



- Muita muovilaatuja:
- PA (polyamidi)
  - Luja materiaali, käytetään myös jauhepetitulosuksessa
  - Soveltuu koneenosiin esim. hammaspyörät
  - Käyttö edellyttää kosteudenhallintaa
  - 63-65 MPa
- PC (polycarbonate)
  - Termoplastinen muovi, hyvä sään ja UV:n kesto
  - Jäykkä, iskunkestäviä ja helposti työstettäviä
  - Lasittumislämpötila 147 °C
  - Haastavampi tulostaa, alustan lämpötila 290-300 °C
  - Vetolujuus ~46-65 MPa
- PVA (Poly-vinyl alcohol)
  - Vesiliukoinen polymeeri, käytetään liimoissa ja maaleissa yms.
  - Kätevä tukirakenteissa
- TPE (thermoplastic elastomer)
  - Joustavia kestopuoveja, voidaan venyttää paljon, palaa muotoonsa
  - Yleensä kertamuoveja, hyvä vaihtoehto kumille
- PET(G)
  - Usein pakkauksissa käytetty, pullot, elintarvikkeet
  - Kestää korkeita lämpötiloja 250-260 °C
  - +G → glykolia mukana → sitkeämpää ja parempi lämmönkesto
  - Vetolujuus 38-44 MPa

Uutena  
erikoisuutena  
bambu-pohjainen  
filamentti

<https://bambulab.com/en-eu>

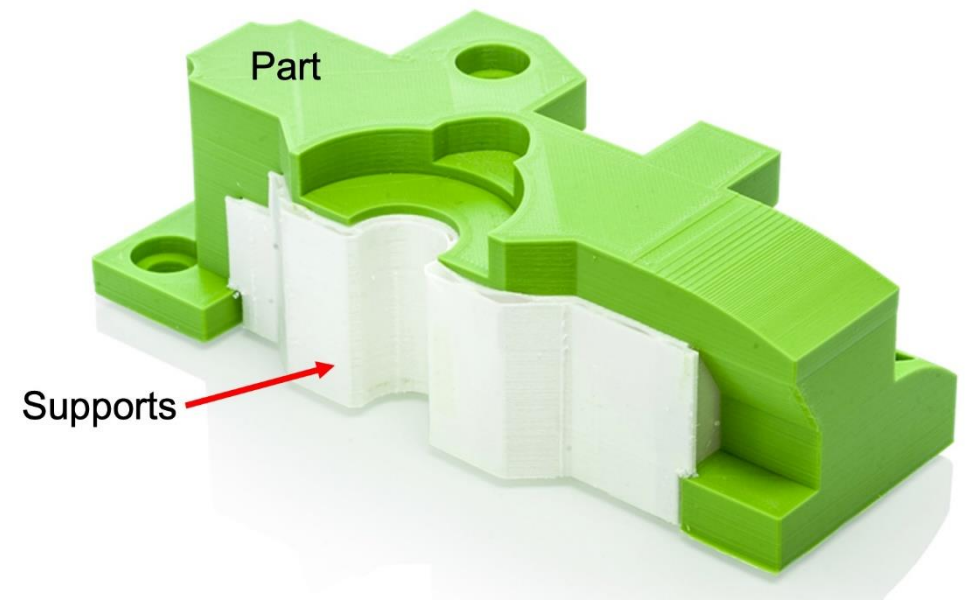
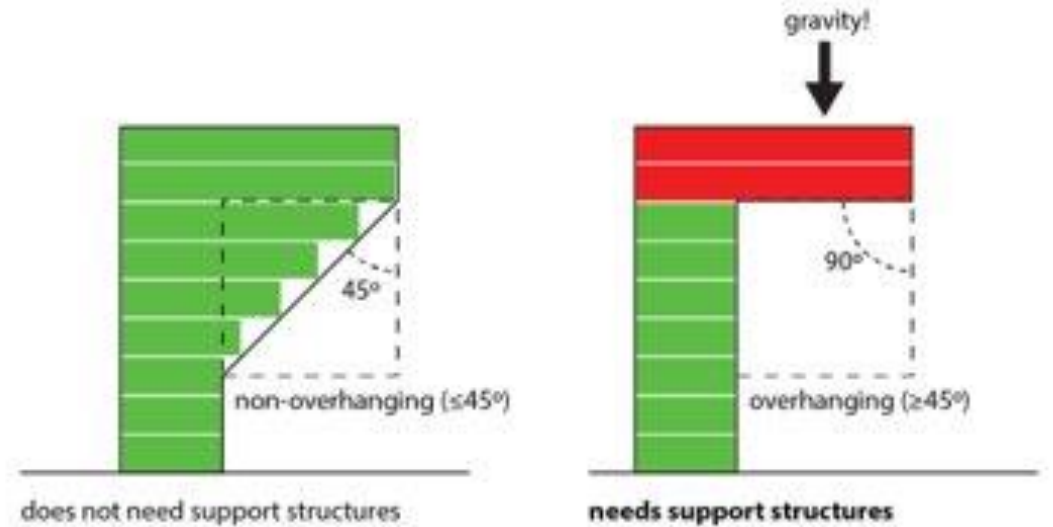


## Komposiitit:

- Puumuovikomposiitit
  - Esim. UPM:n valmistama UPM Formi
  - Koostuu puusellusta ja lasikuidusta
  - Puien näköinen pinta tulosteille
  - <https://www.upmformi.com/biocomposite-products/3d-printing/>
- Muita:
  - Markforgedilla Onyx-kauppanimellä
  - Sisältää PA+hiilikuitu
  - Vetolujuus
  - Kevlar
  - Lasikuitu
  - Hiilikuitu
- Mahdollista tulostaa myös muilla menetelmillä



- Pursottavassa tulostuksessa kerrosta ei voi tulostaa "tyhjän päälle", sama koskee useimpia muita tulostusmenetelmiä
  - Tästä johtuen tulosteeseen voidaan tarvita tukirakenteita kriittisimpiin kohtiin
  - Nyrkkisääntönä tukirakenne tarvitaan yli 45 asteen negatiivisiin kulmiin
  - Tarve voi vaihdella tapauskohtaisesti
- Ilman tukirakennetta tulostuskerros voi joistain kohti romahtaa tulostuksen aikana
- Tulostuksen jälkeen tukirakenteet poistetaan mekaanisesti tai esim. liuottamalla
- Huom. tukirakenne yleensä heikentää kappaleen pinnanlaatua kontaktipisteissä
- Tukirakenne usein huokoinen kuvio, joka on helppo poistaa. Joskus sen poistaminen voi olla kuitenkin erittäin työlästä ja aikaa vievää.



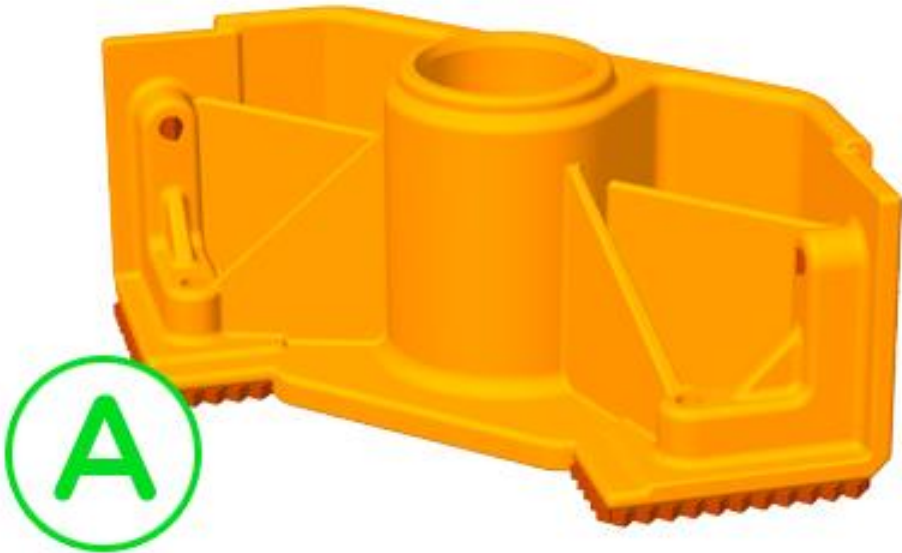
# SAVONIA



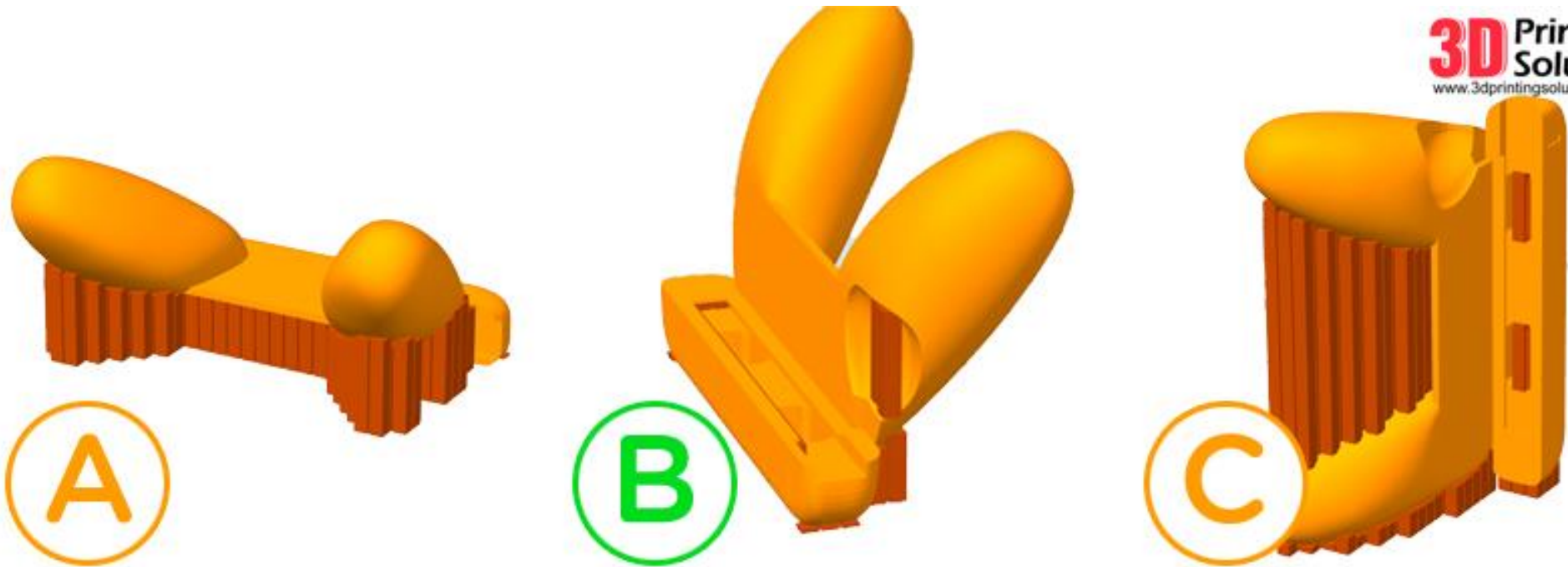
**3D** Printing  
Solutions  
[www.3dprintingsolutions.com.au](http://www.3dprintingsolutions.com.au)

# SAVONIA

**3D** Printing  
Solutions  
[www.3dprintingsolutions.com.au](http://www.3dprintingsolutions.com.au)

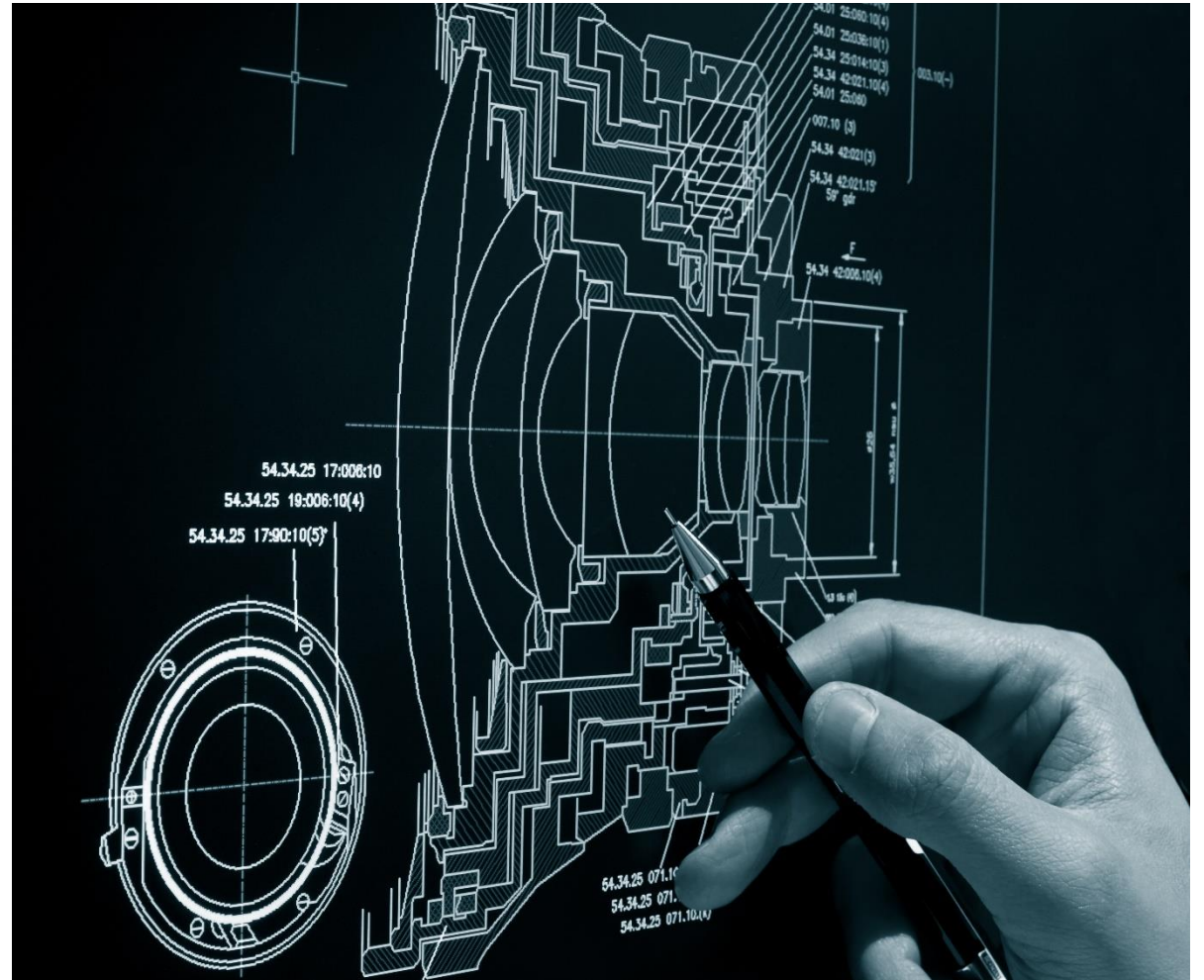


# SAVONIA

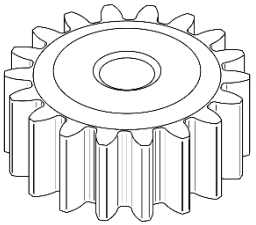


**3D** Printing  
Solutions  
[www.3dprintingsolutions.com.au](http://www.3dprintingsolutions.com.au)

- Useimmille koneensuunnittelijoille täysin uudenlainen valmistustapa
- Suunnittelu melko erilaista valmistettavuuden näkökulmasta
- Perinteisiä valmistusmenetelmiä varten suunniteltaessa keskitytään usein osien liitoksiin, materiaalin poistoon tai valujen optimointiin
- 3D-tulostus on **lisäävää valmistusta**
- Suunnittelutyössä huomioitava mahdollisuudet rakenteiden keventämiseen, hukan poistamiseen ja moneen muuhun
- Tunnettaanko eri tulostusmenetelmien rajoitukset ja käytettävien materiaalien ominaisuudet?
- Onko kappaleen tulostus järkevää?
- Voidaanko tuloste korvata helposti jollain valmistekomponentilla
  - Esim. putket, levyt, pursoteprofiilit



## Millainen olisi mielestäsi hyvin tulostuskelpoinen koneenosa?



Huomioitavaa valmistettavuudessa:

- Negatiiviset kulmat / tukirakenteen tarve
- Kerroksellisuus
- Pinnanlaatu
- Ohuin mahdollinen seinämävahvuus
  - *Unohtuu usein skaalatessa*
- Tulostusorientaatio:
  - Tulosteen lujuus
  - Tukirakenteiden määrä/tarve
  - Tulostusaika
- Työstövara tarkoille pinnoille
- Lämmön jakautuminen
  - *Lämpömuodonmuutokset*
- Välykset ja toleranssit

# DESIGN RULES FOR 3D PRINTING

	Supported walls	Unsupported walls	Support & overhangs	Embossed & engraved details	Horizontal bridges	Holes	Connecting /moving parts	Escape holes	Minimum features	Pin diameter	Tolerance
	Walls that are connected to the rest of the print on at least two sides.	Unsupported walls are connected to the rest of the print on less than two sides.	The maximum angle a wall can be printed at without requiring support.	Features on the model that are raised or recessed below the model surface.	The span a technology can print without the need for support.	The minimum diameter a technology can successfully print a hole.	The recommended clearance between two moving or connecting parts.	The minimum diameter of escape holes to allow for the removal of build material.	The recommended minimum size of a feature to ensure it will not fail to print.	The minimum diameter a pin can be printed at.	The expected tolerance (dimensional accuracy) of a specific technology.
<b>Fused deposition modeling</b>	0.8 mm	0.8 mm	45°	0.6 mm wide & 2 mm high	10 mm	Ø2 mm	0.5 mm		2 mm	3 mm	±0.5% (lower limit ±0.5 mm)
<b>Stereo-lithography</b>	0.5 mm	1 mm	support always required	0.4 mm wide & high		Ø0.5 mm	0.5 mm	4 mm	0.2 mm	0.5 mm	±0.5% (lower limit ±0.15 mm)
<b>Selective laser sintering</b>	0.7 mm			1 mm wide & high		Ø1.5 mm	0.3 mm for moving parts & 0.1 mm for connections	5 mm	0.8 mm	0.8 mm	±0.3% (lower limit ±0.3 mm)
<b>Material jetting</b>	1 mm	1 mm	support always required	0.5 mm wide & high		Ø0.5 mm	0.2 mm		0.5 mm	0.5 mm	±0.1 mm
<b>Binder jetting</b>	2 mm	3 mm		0.5 mm wide & high		Ø1.5 mm		5 mm	2 mm	2 mm	±0.2 mm for metal & ±0.3 mm for sand
<b>Direct metal Laser sintering</b>	0.4 mm	0.5 mm	support always required	0.1 mm wide & high	2 mm	Ø1.5 mm		5 mm	0.6 mm	1 mm	±0.1 mm

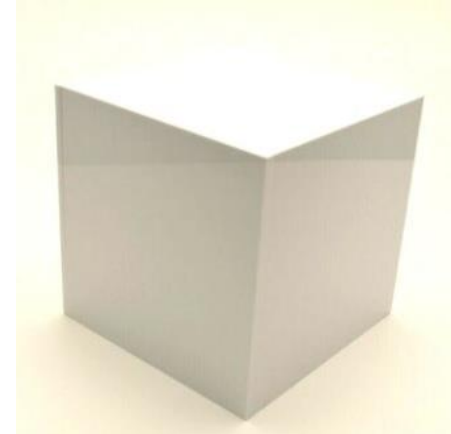
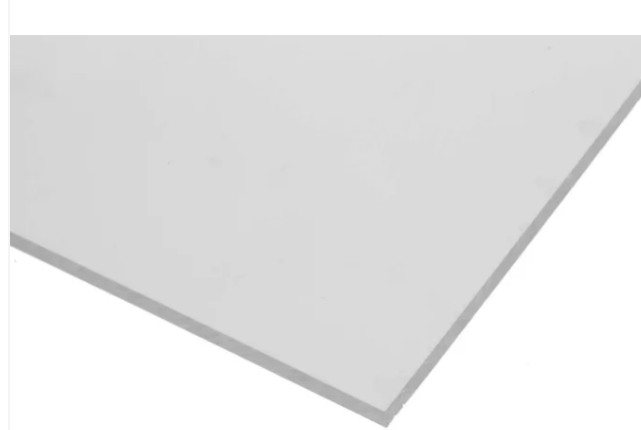


Mitä ei tulosteta?

- Levyjä
- Putkia
- Tankoja
- You get the idea...

Jos tarvitset projektiin esim. levy- tai putkimateriaalia, ota yhteys labran henkilökuntaan!

**HUOM! LUVANVARAISET  
ASEEN OSAT EHDOTTOMASTI  
KIELLETTY**



**SAVONIA**

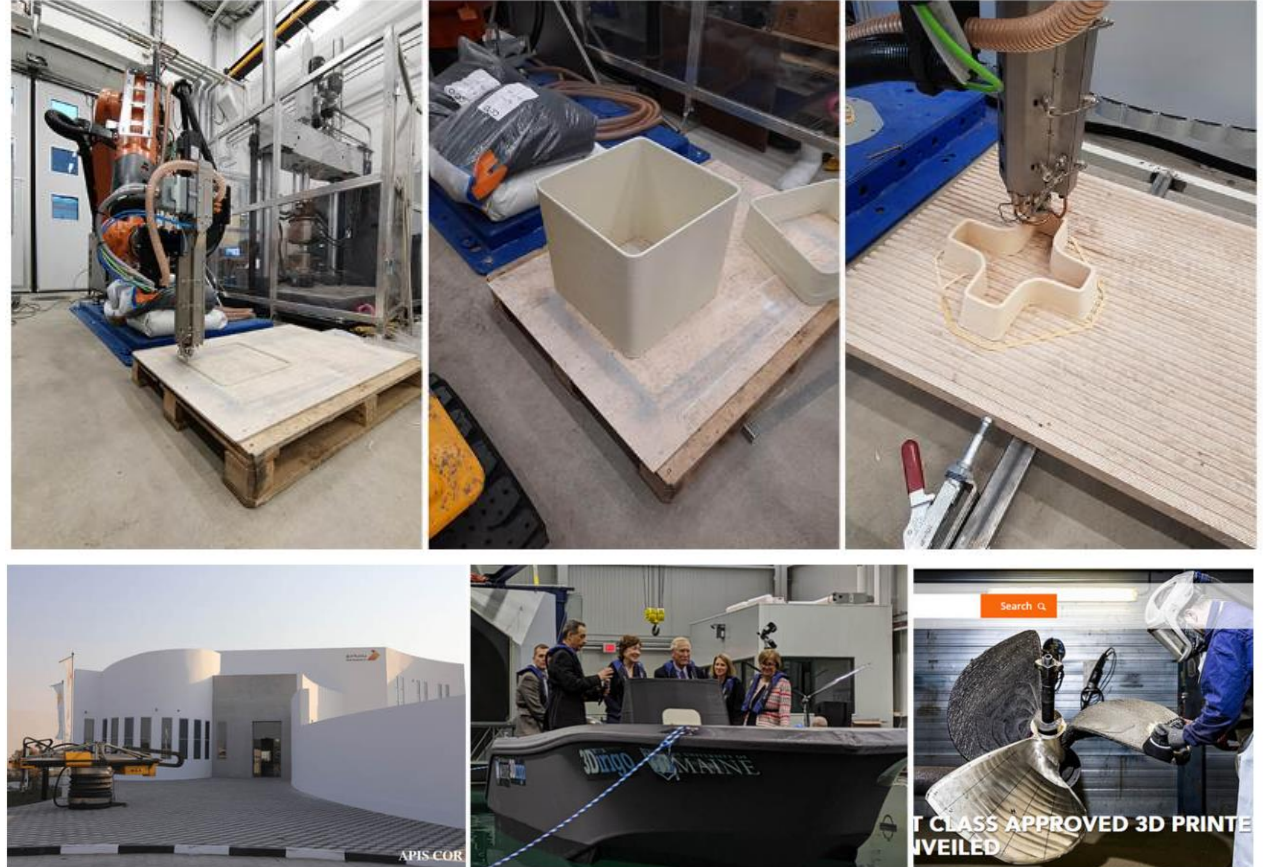
# Wall of shame



- Mitä tulosteelle tehdään kun se on valmis?
- Mikä on vaatimustaso?
- Mittojen tarkistus
  - Tarvitaanko skannaus?
- Vähintään tukirakenteiden poisto
- Pinnanlaadun vaatimus?
  - Hionta
  - Maalaus
  - Lakkaus (huom. myös tiiveys)
- Liitokset
- Holkit/insertit



- **Palveluntarjoajia Suomessa:**  
<https://www.savonia.fi/artikkelit/savonia-artikkeli-teknologia-22-3d-tulostuksen-tilannekatsaus-ja-palveluntarjoajat/>
- **3D-tulostuksen tutkimusta lääketieteessä:**  
<https://blogi.savonia.fi/3dtulostus/2021/06/09/3d-tulostuksella-ja-pintakasittelyilla-raataloityja-ratkaisuja-terveydenhuollon-ja-laaketieteen-tarpeisiin-3dpmmed/>
- **3D-tulostuksen tilannekatsaus 2022**  
<https://blogi.savonia.fi/3dtulostus/2022/08/09/3d-tulostuksen-tilannekatsaus-wohlers-report-2022/>
- **3D-tulostusta robotilla**  
<https://blogi.savonia.fi/3dtulostus/2021/11/16/3d-tulostusta-robotilla/>
- <https://www.instagram.com/savonia3dtulostus/?hl=en>



- Jotta voidaan tulostaa, tarvitaan 3D-malleja!
  - FDM-tulostimiin on monilla pääsy muuallakin
  - ...keskitytäänkö muihin menetelmiin sitten labrapäivänä?
  - ...
  - Ensimmäisissä harjoituksissa tulostetaan jotain
  - Jos osaat mallintaa, saa tehdä oman
    - Tulosteen kokoon hyvä nyrkkisääntö, että se mahtuu kämmenelle
  - Käytetään PLA-filamenttia harjoituksissa
  - Harjoituksissa opetellaan
    - Tulostusprojektin teko ja siivutus
    - Filamentin vaihto
    - Tulostuksen valmistelut
    - Yleistä asiaa osien tulostettavuudesta
    - Muotoilun laserleikkurin käyttö
- + Kaikkea muuta jännää

