

# Suurten kappaleiden robotisoitu muovitulostus

3D-tulostuksen yhteishanke (3DTY)

Antti Alonen, tki-asiantuntija, Savonia-ammattikorkeakoulu

**3DTY Muoviwebinaari, 5.11.2024**



Euroopan unionin  
osarahoittama

SAVONIA



# Ohjelma

- 13.00-13.30 Tilaisuuden avaus ja yleiskatsaus suurten kappaleiden robotisoituun muovitulostukseen. *Antti Alonen / Savonia*
- 13.30-14.00 *Ohjelmistot ja niiden ominaisuudet. Tero Haapakoski / TAMK\**
- 14.00-14.30 Formnext –kalusteet ja niiden valmistus grasshopper-ohjelmistolla. *Maxim Narbrough / REDU*
- 14.30-14.50 3D-tulostettujen kappaleiden jälkityöstö. *Jakob Haerting / REDU*
- 14:50-15:00 Loppuyhteenveto, kysymykset ja keskustelu.



Euroopan unionin  
osarahoittama

SAVONIA



# 3D-tulostuksen yhteishanke (3DTY)

- Hankkeen www-sivut: [3dty.fi](http://3dty.fi)
- Toteutusaika: 1.8.2023 - 31.7.2026
- Rahoitusviranomainen: Etelä-Savon ELY-keskus



Euroopan unionin  
osarahoittama

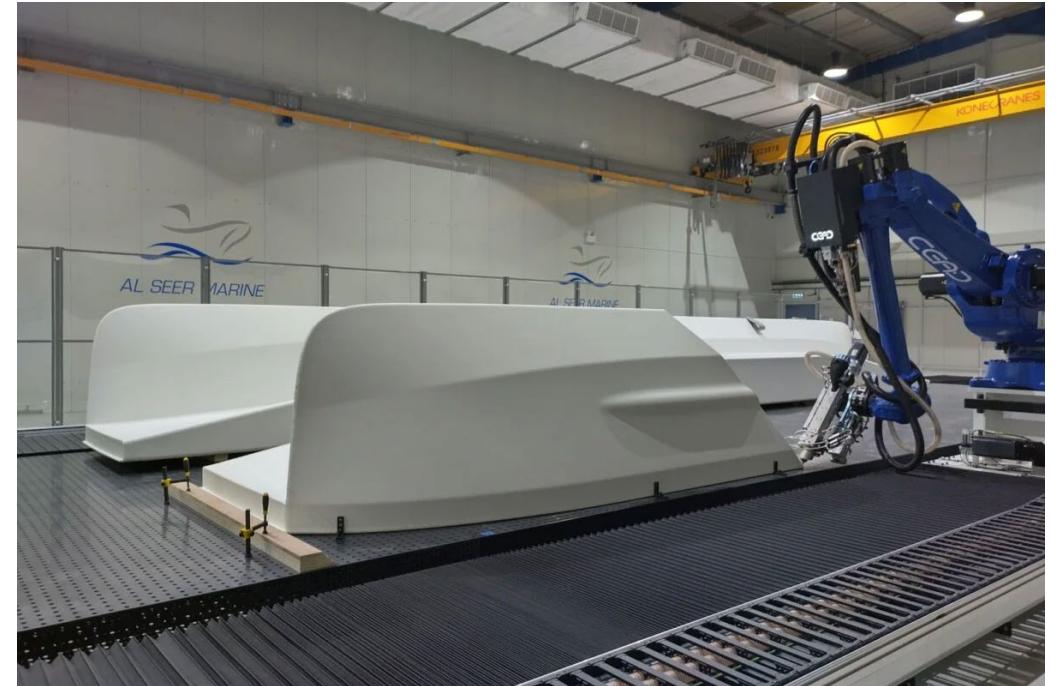
SAVONIA



# Suuret muovitulosteet teollisuudessa

Toimialoja ja käyttökohteita mm.

- Ilmailuala
  - Muotit, työkalut, lopputuotteet: UAV & dronet
- Ajoneuvoteollisuus
  - Työkalut, muotit, lopputuotteet: autot
- Laivanrakennus
  - Muotit, lopputuotteet: veneet, laivat
- Energiateollisuus
  - Muotit, työkalut
- Rakennusteollisuus
  - Muotit, työkalut, lopputuotteet: sisustus- ja julkisivuelementit
- Huonekaluteollisuus
  - Muotit, työkalut, lopputuotteet: huonekalut



Kuvan lähde: CEAD & [Al Seer Marine](#)



Euroopan unionin  
osarahoittama

SAVONIA





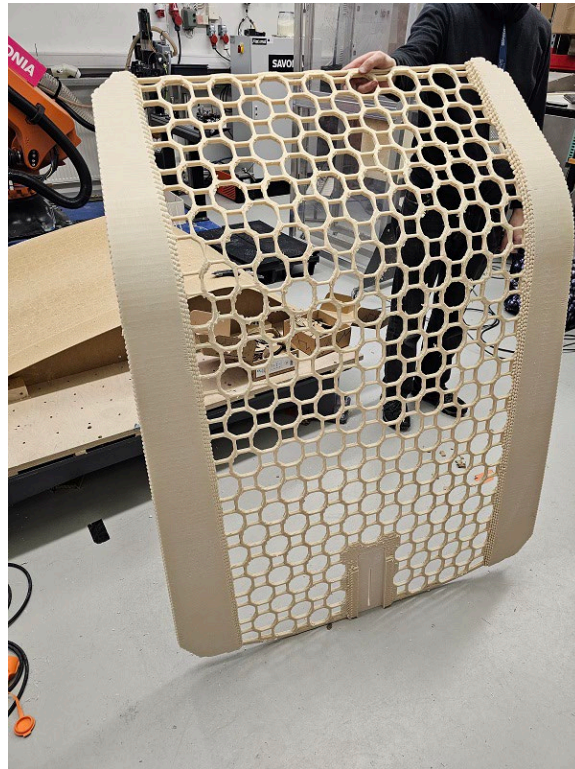
# Muutama esimerkki 3DTY -tulostuksista

Savonia



Formnext/Sohva

Savonia



Tarkastustyökalu

TAMK



Formnext/Paneeli

REDU



Lämpömuovausmuotti



Euroopan unionin  
osarahoittama

SAVONIA



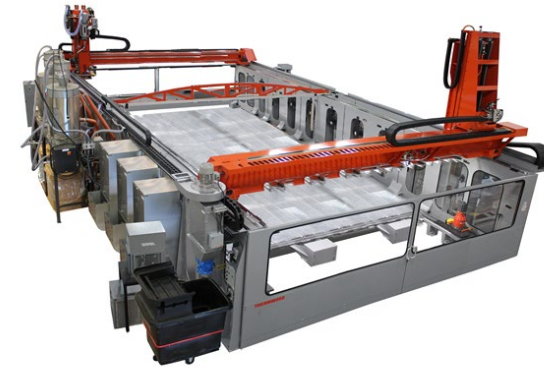
# Esimerkkejä suuren kokoluokan tulostusjärjestelmistä



- **Bigrep Pro**
- Tulostusalue: 1 m<sup>3</sup>
- Tyyppe: FFF
- Materiaali: Filamentti
- Muita valmistajia mm. Builder, Discovery



- **BEAD (Belotti + CEAD)**
- Tulostusalue: useita eri kokoluokkia
- Tyyppe: 5-axis CNC+FGF
- Materiaali: Pelletti
- Muita valmistajia mm. Breton, Hänsler



LSAM 1540

## Thermwood LSAM

- Tulostusalue: useita eri kokoluokkia
- Tyyppe: 5-axis CNC+FGF
- Materiaali: Pelletti
- Muita valmistajia mm. Cincinnati INC, Ingersol



Euroopan unionin  
osarahoittama

SAVONIA





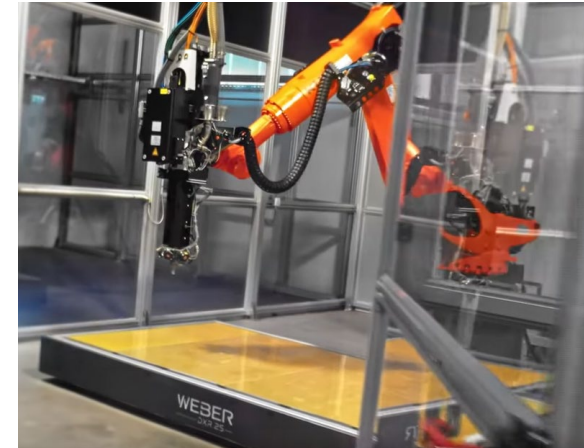
# Käsivarsirobottiin perustuvat FGF-järjestelmät, mm.



- **CEAD**
- Tulostusalue: useita eri kokoluokkia



- **Caracol Heron AM platform**
- Tulostusalue: useita eri kokoluokkia



- **Weber DXR 25**
- Tulostusalue: useita eri kokoluokkia

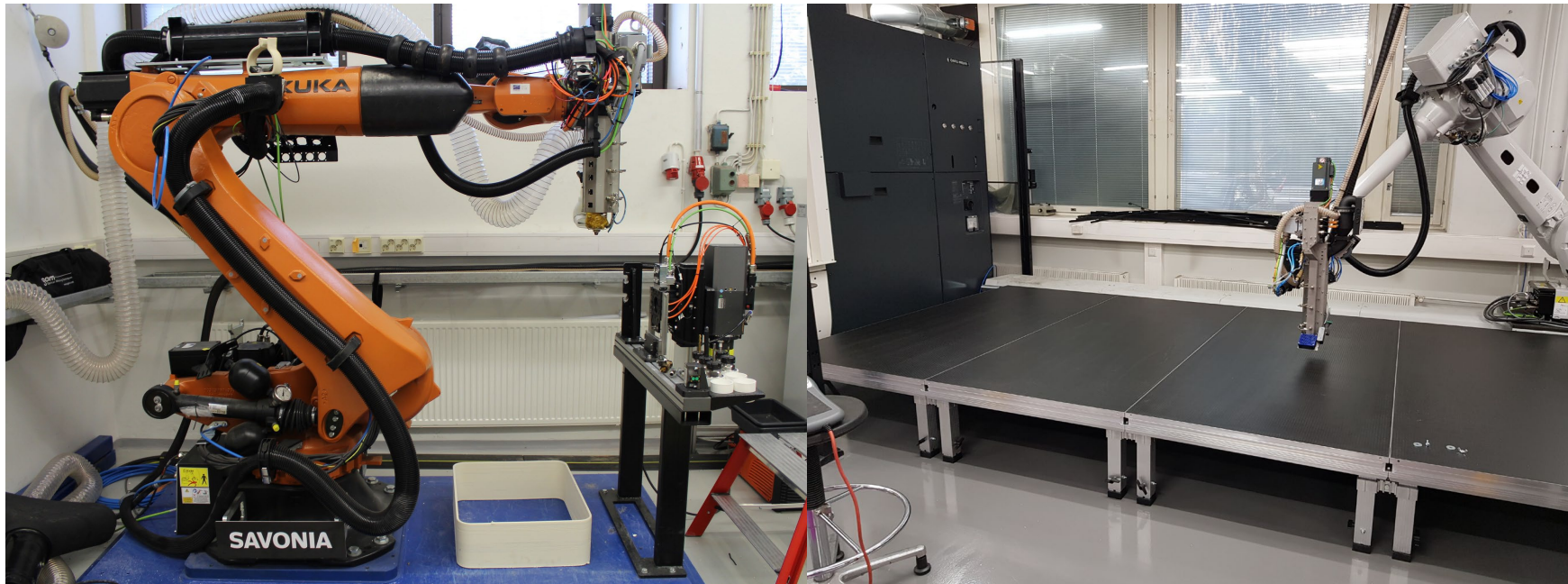


Euroopan unionin  
osarahoittama

SAVONIA



# Kuva 3DTY -tulostusympäristöistä



## SAVONIA

Robotti: Kuka KR-120 R2700  
Tulostusalue: n. 2 x 1.5 x 1.5 m  
Jälkikäsittely: Flexmill



## TAMK

Robotti: ABB IRB4600  
Tulostusalue: 6 x 2 x 2 m



## REDU

Robotti: Comau  
Tulostusalue: 3 x 1 x 2 m  
Jälkikäsittely: CEAD



Euroopan unionin  
osarahoittama

SAVONIA





# Käsivarsirobottiin perustuvat FGF-järjestelmät

Järjestelmän peruskomponentit

- Tulostuspää (ruuvi)
- Robotti
  - Rata + ulkoiset akselit
- Materiaalin syöttöyksikkö ja/tai kuivain
- Jälkikäsittelyjärjestelmä
- Tulostusalusta

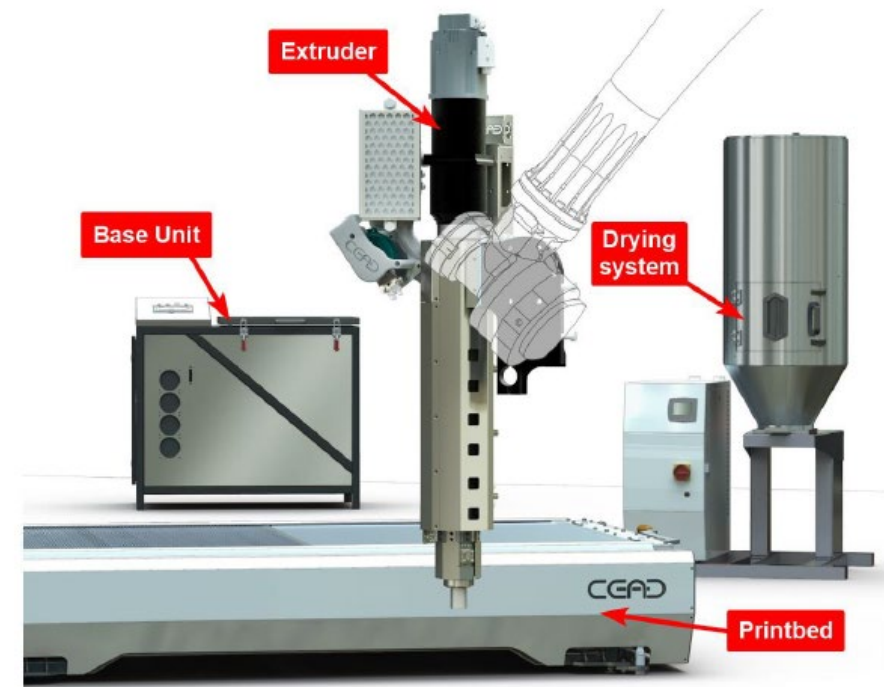


Figure 1: Example of the components of a Robot Extruder system

Lähde: CEAD



Euroopan unionin  
osarahoittama

SAVONIA



# FGF - Materiaalit

- Materiaali on tyypillisesti 2-5 mm x 6 mm pellettiä.
- Materiaalivalikoima laajenee jatkuvasti, saatavilla useita kymmeniä eri materiaaliseoksia.
- Vihreä siirtymä näkyy myös materiaalitoimittajien nykyisissä ja tulevaisuudessa valikoimissa: uusiutuvien luonnonvarojen käyttö, kierrätettävyys, sertifiointit...
- Myös suomalaisia materiaalitoimittajia!
  - [KCL](#), [Sulapac](#), [Brightplus](#)
- Esimerkkejä yleisistä tulostusmateriaaleista
  - [PET-G](#), [HDPE](#), [ASA](#), [PC](#)
  - [Airtech](#) (tekniset erikoismuovit, muottimateriaalit)
  - [Colorfabb](#) (mm. VarioShore TPU, LW-PVA)



# FGF - tulostuspää

- Perustuu ruuviin
  - Materiaali syötetään syöttöyksiköstä tai kuivaimesta tulostuspään välisäiliöön, joka sijaitsee tulostuspään kyljessä.
  - Välisäiliössä on pellettien määrää mittaavat sensorit sekä tärustin.
  - Ruuvissa tyypillisesti 4 eri lämpötila-alueita.
- Huomioitavia asioita
  - Pellettien kosteusprosentti!
  - Materiaalin syöttö (kallistus)
  - Tulostusmateriaalin mahdollinen lämmitys ja jäähtytys
  - Tulosteen warppaus
  - Ohjelmistot

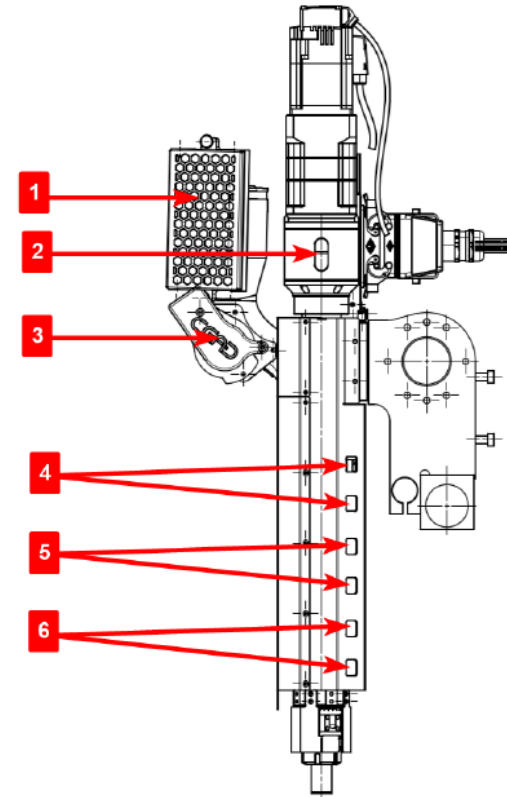


Figure 5: E25-3 (view 3)

Lähde: CEAD



Euroopan unionin  
osarahoittama

SAVONIA





# Ohjelmistot

Robottitulostukseen suunniteltuja ohjelmistoja tarvitaan, koska käsivarsirobotit mahdollistavat hyvinkin monimutkaiset tulostusradat.

Tyypillisesti tulostussolu sisältää  
Käsivarsirobotti: 6 akselia  
+ lineaarirata: 1 akseli  
+ kääntöpöytä: 1-2 akselia...

Ohjelmistolisenssit ovat suhteellisen hinnakas kuluerä, joka kannattaa toiminnassa huomioida.

Esimerkkejä ohjelmistoista ovat mm.

- Adaxis Adaone
- AI Build
- Siemens NX
- Sprutcam Robot X
- Rhino+Grasshopper
- RoboDK
  
- "Perus slicerit" + kääntäjät (esim. ABB Robotstudio)

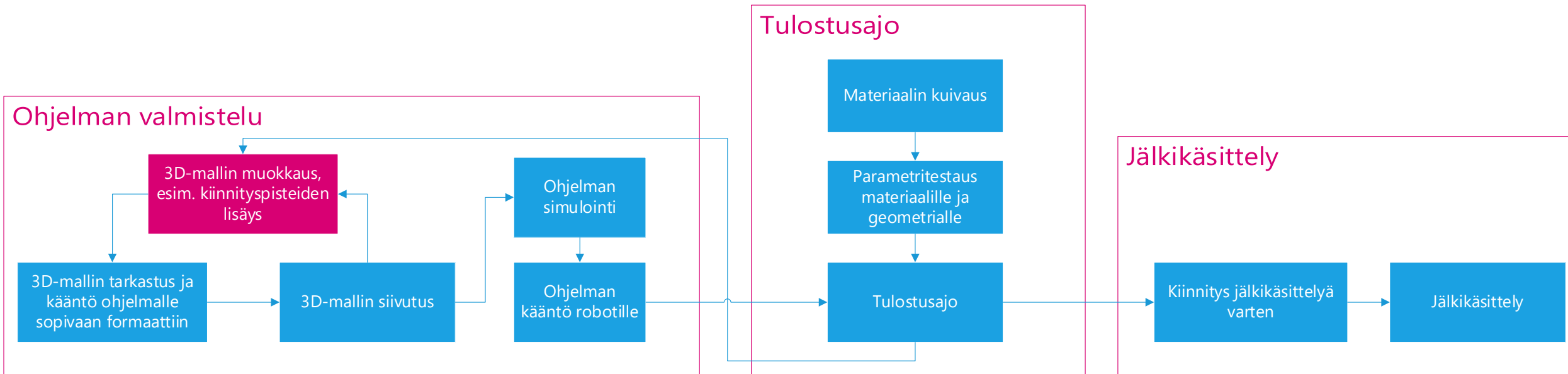


Euroopan unionin  
osarahoittama

SAVONIA



# Tyypillinen FGF -prosessi



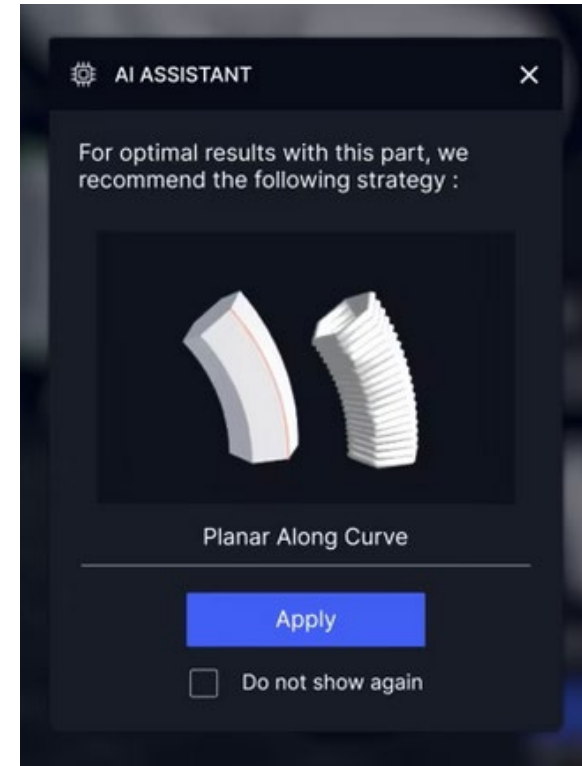
Euroopan unionin  
osarahoittama

SAVONIA



# Lähivuosien tulevia kehitysaskeleita

- Tulostusprosessin hallinta
  - Lämpötilan seuranta ja –hallinta
    - Lämpökamerat, pyrometrit
  - Adaptiivinen siivutus ja prosessin ohjaus
    - Sensoritietojen takaisinkytkentä siivutukseen – tarvittaessa uudelleen siivutus uusilla parametreilla.
  - Pitkän kuidun lisäys kerrokseen
- Jälkikäsittelyn integrointi osaksi prosessia
  - Samalla ohjelmistolla sekä tulostus että jälkikäsittely
- Tekoäly tehostaa ohjelmistoja (siivutus, simulointi) sekä prosessin seurantaa.



Kuva: Adaxis





# Kiitoksia mielenkiinnosta!

- 3DTY –hankkeen tulosteita esillä Formnext 2024 messuilla: Hall 11.1, Booth B69
- Yhteystiedot
  - Antti Alonen  
tki-asiantuntija, 3D-tulostus  
antti.alonen@savonia.fi  
Savonia-ammattikorkeakoulu
  - 3DTY –hanke
    - [www.3dty.fi](http://www.3dty.fi)



Euroopan unionin  
osarahoittama

SAVONIA

