

Gradient kaiutinkotelon prototypointi robottitulostuksella

Severi Salmirinne

3DTY- muoviwebinaari 11.12

- Vuodesta 1984 toiminut kansainvälisesti tunnustettu kaiutinvalmistaja
- Tuotesuunnittelu sekä valmistus Porvoossa
- Liittyi hankkeeseen kesäkuussa -25
- Kiinnostuksena biokomposiitti materiaalit sekä uusi valmistusmenetelmä



Kuva: Instagram @gradientofficial

Lähtökohdat ja tavoitteet

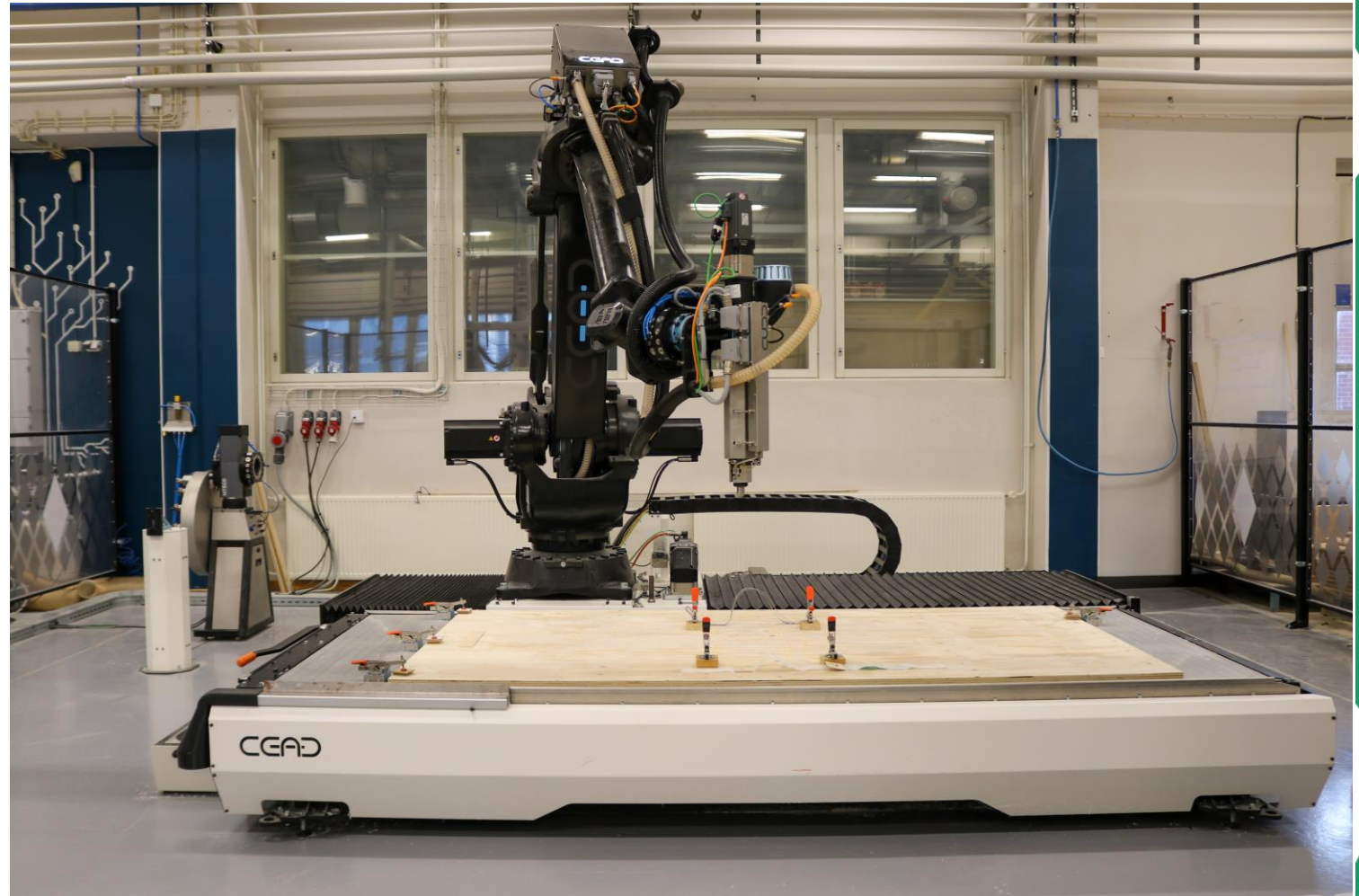
- FGF- tulostuksen soveltuvuus kaiutinkoteloiden valmistamiseen
- Materiaalin sekä prosessin luomat rakenteelliset ja akustiset ominaisuudet
- Valmistuskustannuksien selvittäminen
- Vähentää jälkikäsittelyyn tarvittavaa määrää
- Muottien valmistus FGF-menetelmällä



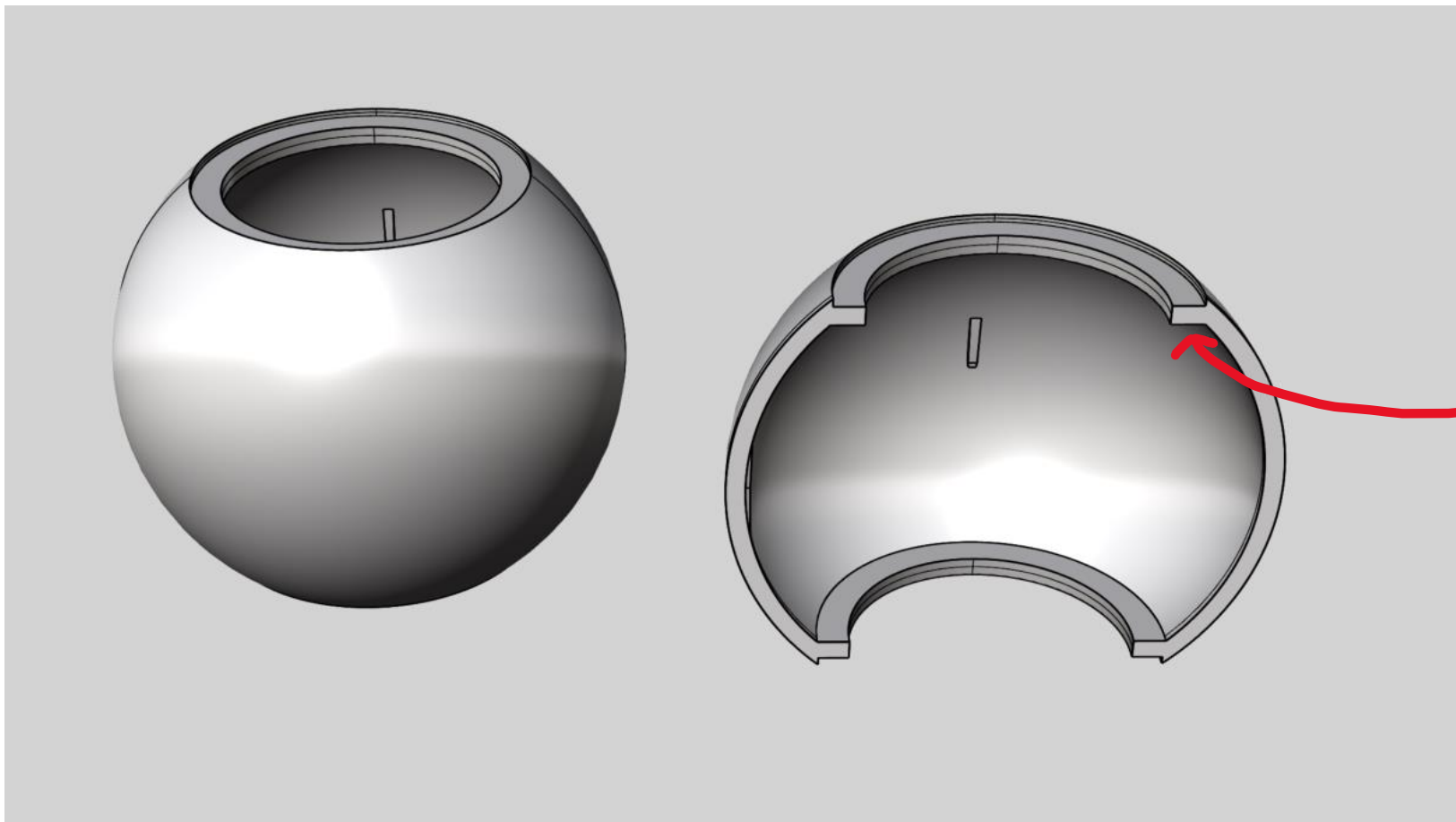
Redu robottitulostus ympäristö

CEAD AM flexbot

- COMAU NJ-165 3.0 Robotti
- CEAD E25 tulostuspää (12kg/h)
- HITECO 9.5kW jyrsinpää
- VANSICHEN 2.5m kisko
- Lämmitettävä tulostuspeti 3 x 1.2m
- Siemens Sinumerik 840D ohjausjärjestelmä



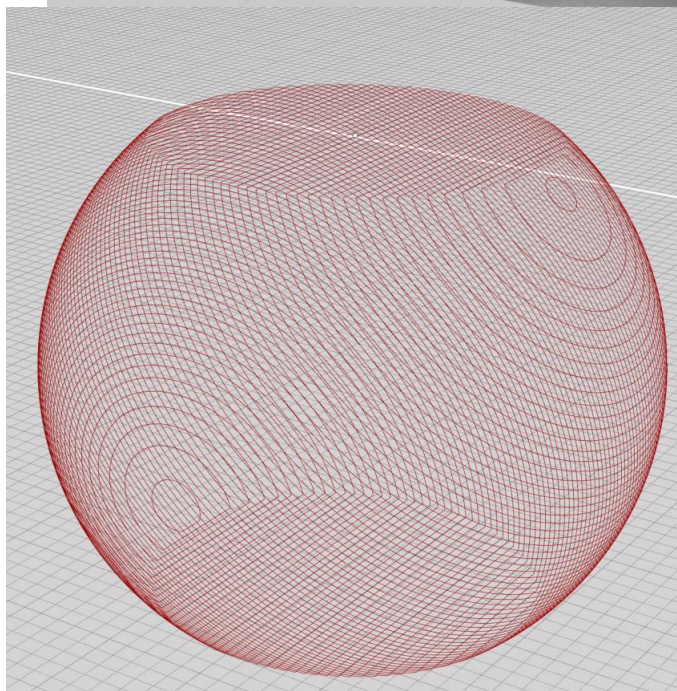
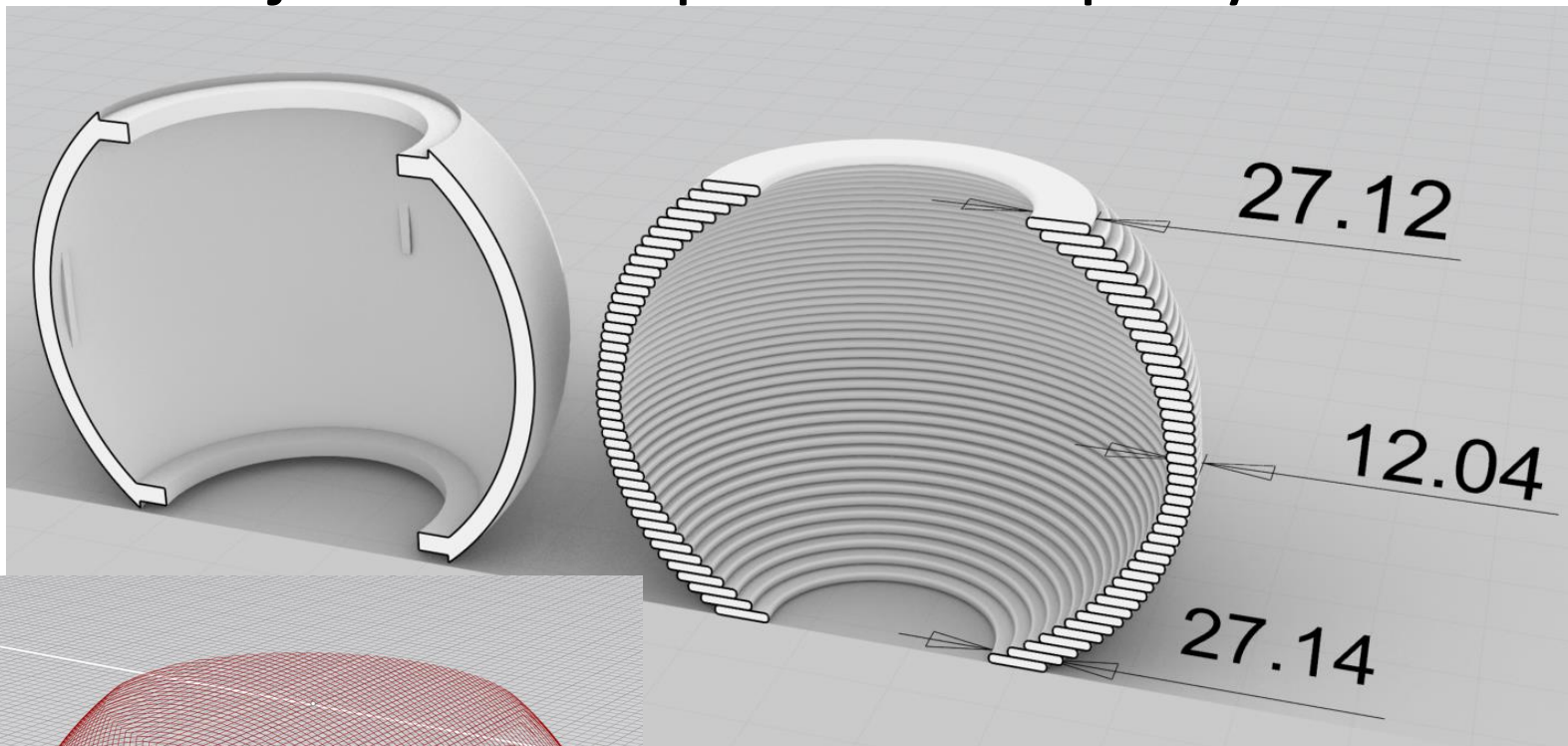
Demo 1: Pallomuoto ja huullos



- Pallomuoto valmistettava perinteisesti muoteilla kahdesta puoliskosta
- 90-asteen overhang ilman tukirakenteita

Eri siivutusvaihtoehdot ja valmistusprosessin läpikäynti

- tasomainen tulostus vaihtelevalla kerrosleveydellä
 - tulostus pinnan tangentin mukaisesti
 - Huullostien tulostaminen useammalla vierekkäisellä seinällä
 - 45-asteinen tulostus
-
- Kappaleen kiinnitys koneistusta varten
 - Kääntö ja mittaaminen

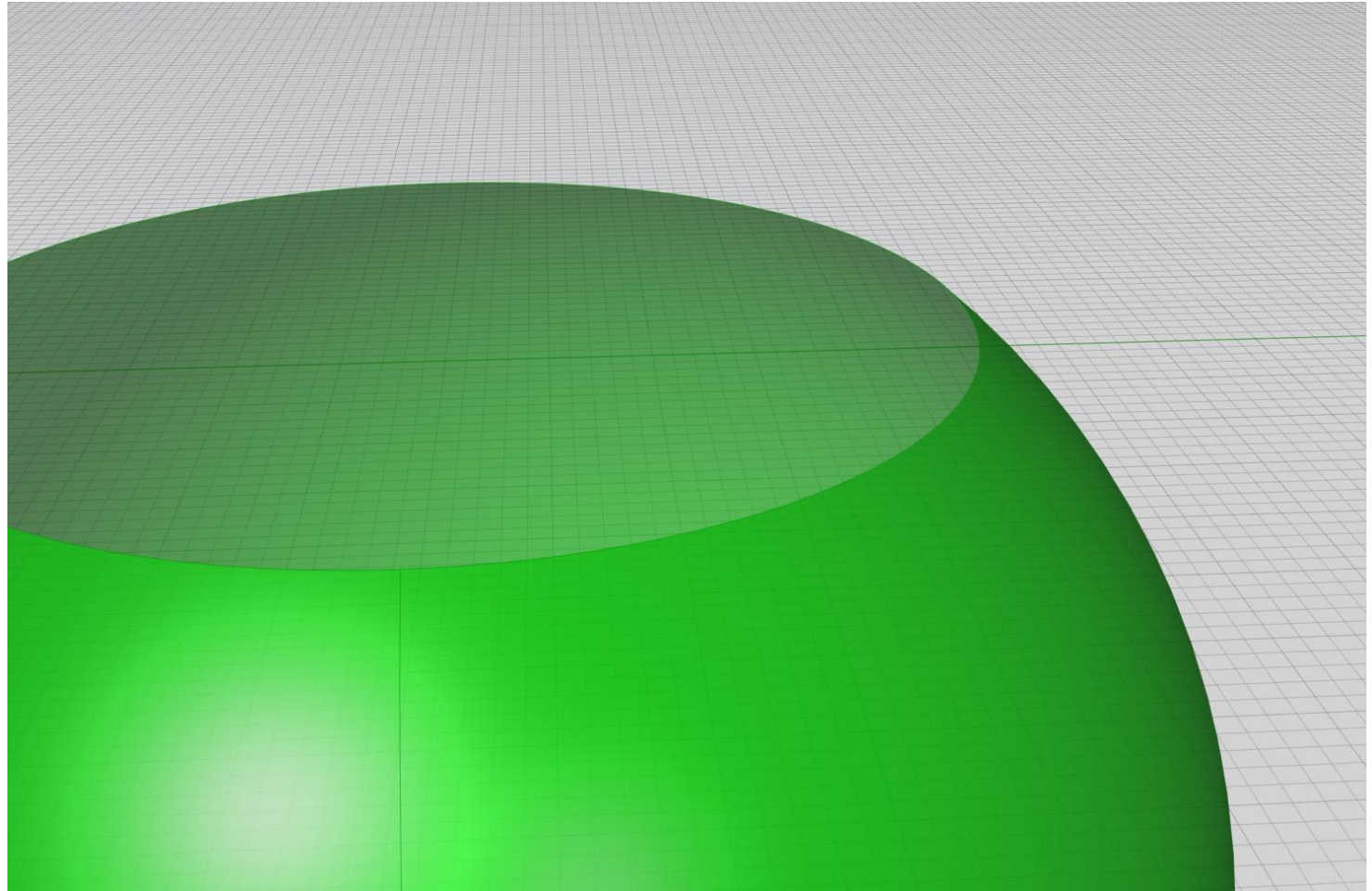


Ohjelmointi

Kolme eri pintaa

- **Ulkopinta**
- Sisäpinta
- Siivutuspinta

Kappaleen ulkopinta koneistuksen jälkeen

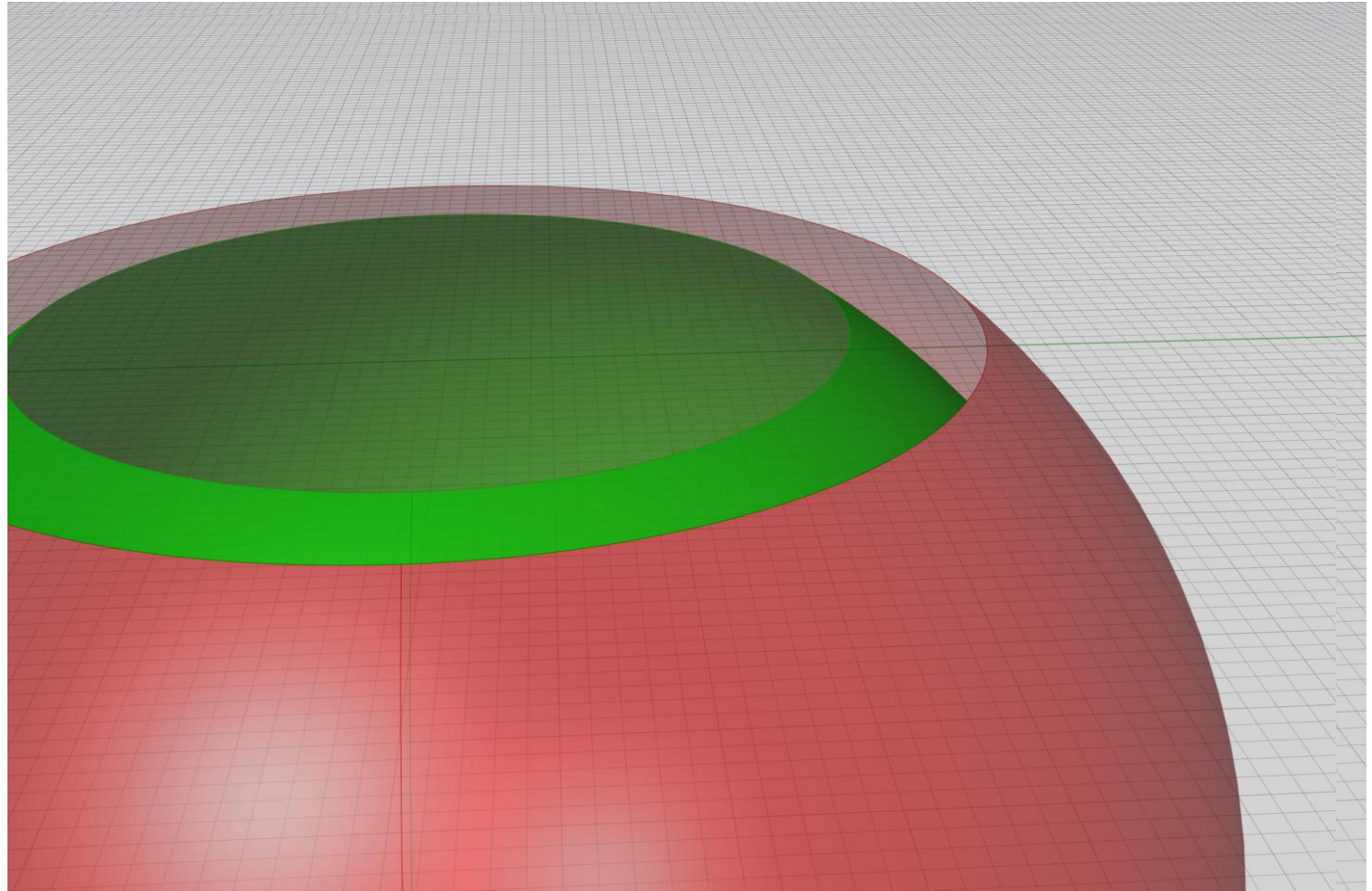


Ohjelmointi

Kolme eri pintaa

- Ulkopinta
- **Sisäpinta**
- Siivutuspinta

**Lopullinen sisäpinta ja
koneistusvara aukolle**

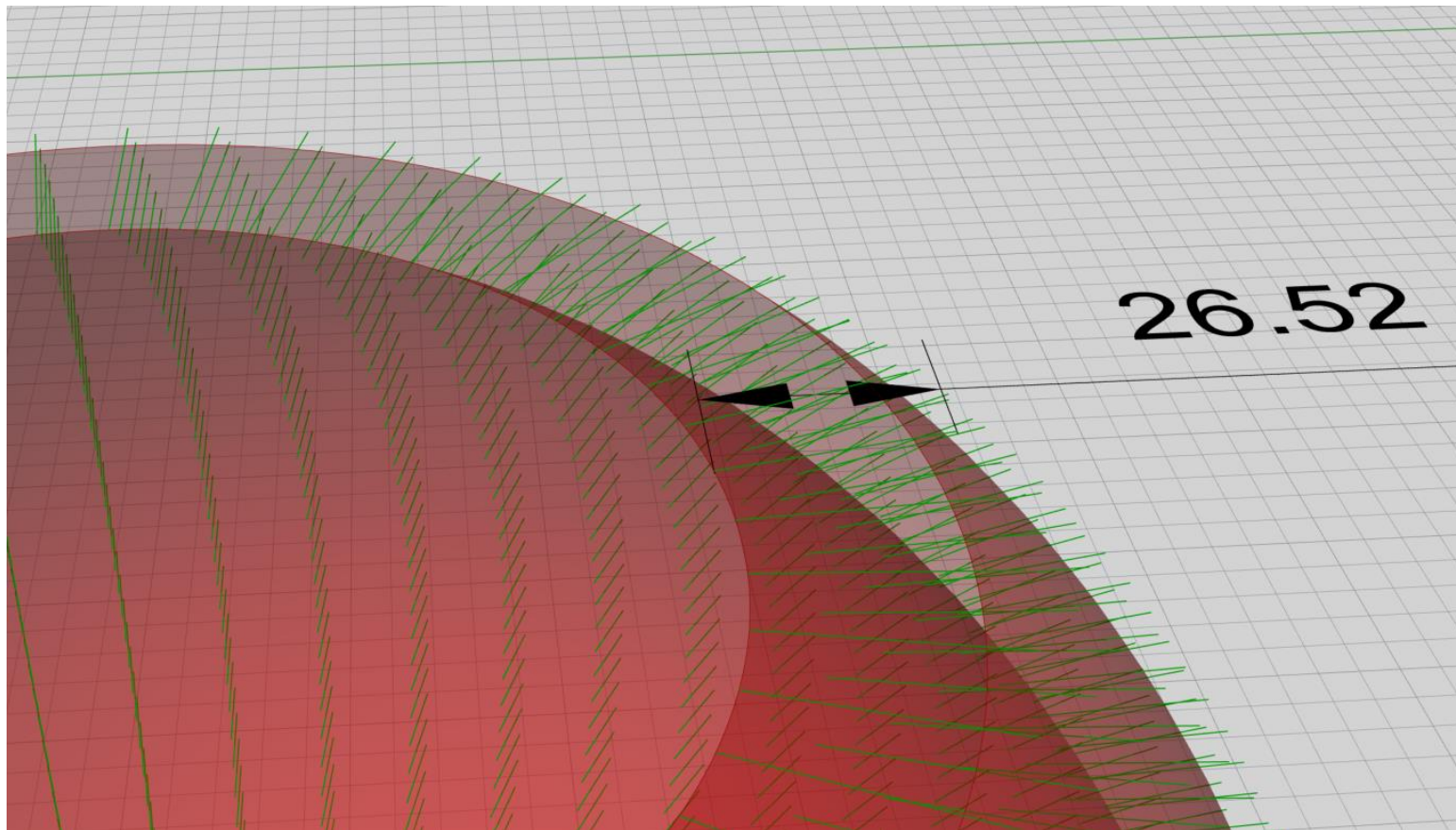


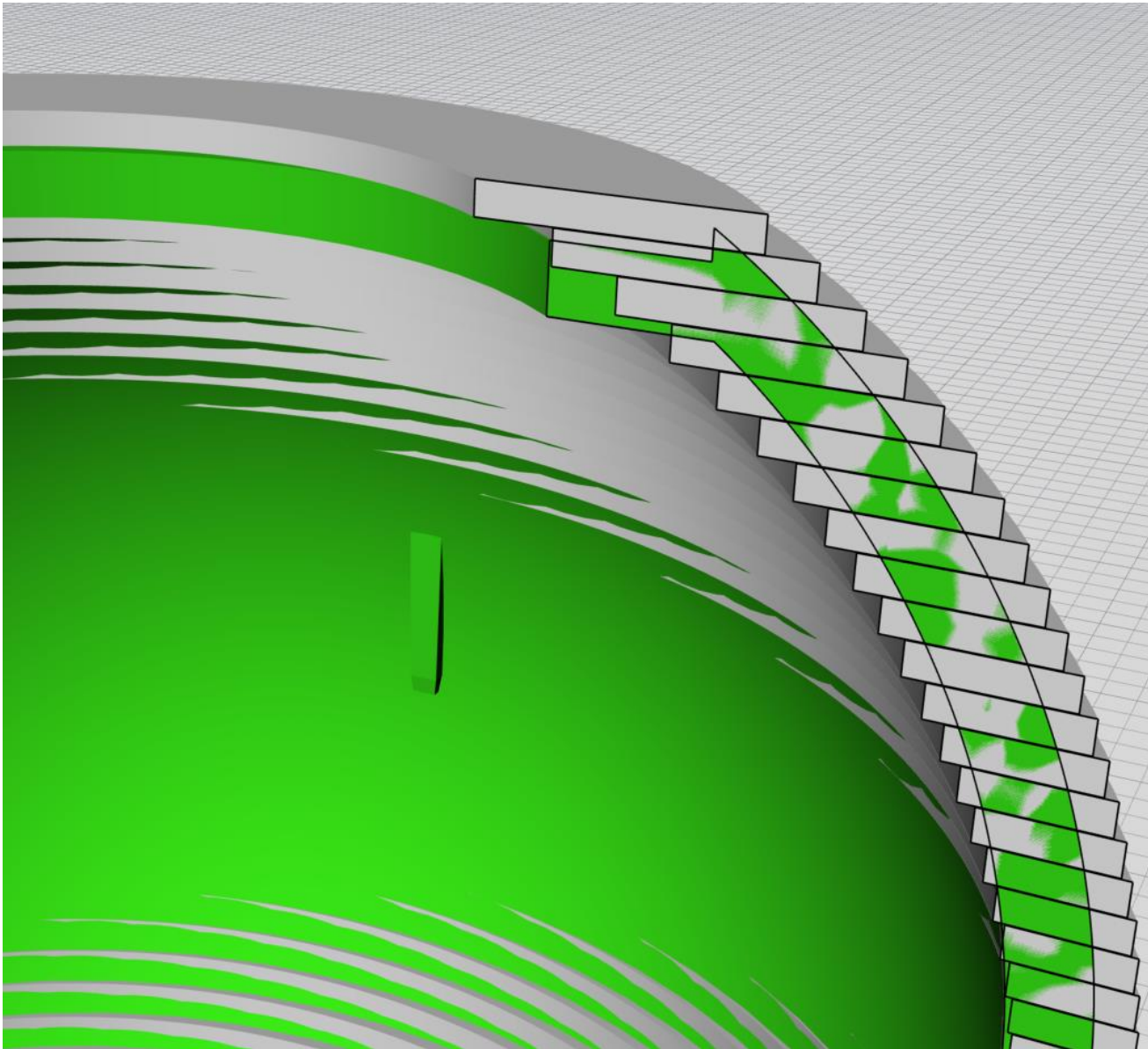
Ohjelmointi

Kolme eri pintaa

- Ulkopinta
- Sisäpinta
- Siivutuspinta

etäisyys sisäpinnasta ulkopintaan +
5mm koneistusvaraa = Kerrosleveys

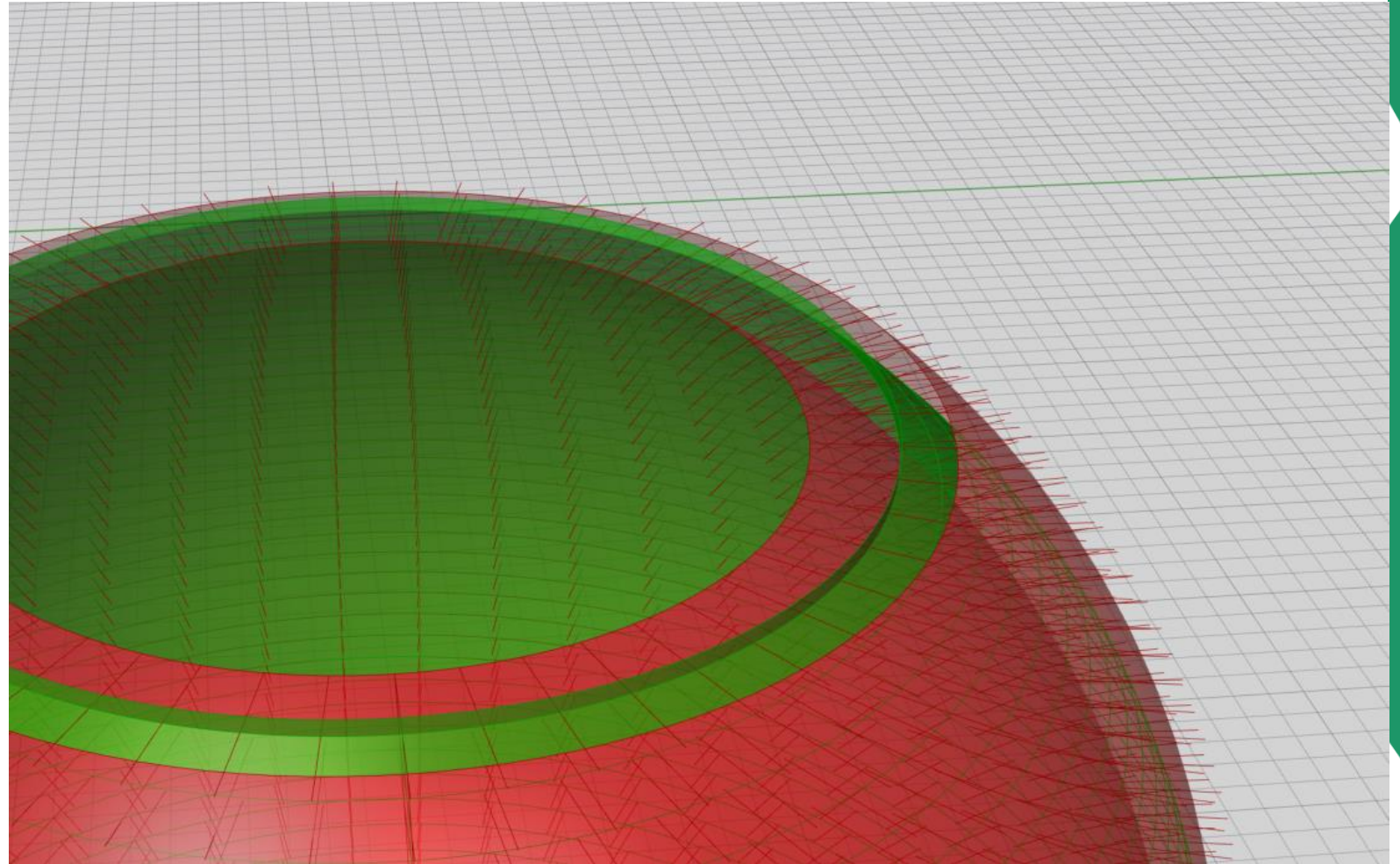




Kolme eri pintaa

- Ulkopinta
- Sisäpinta
- **Siivutuspinta**

Siivutuspinta keskelle



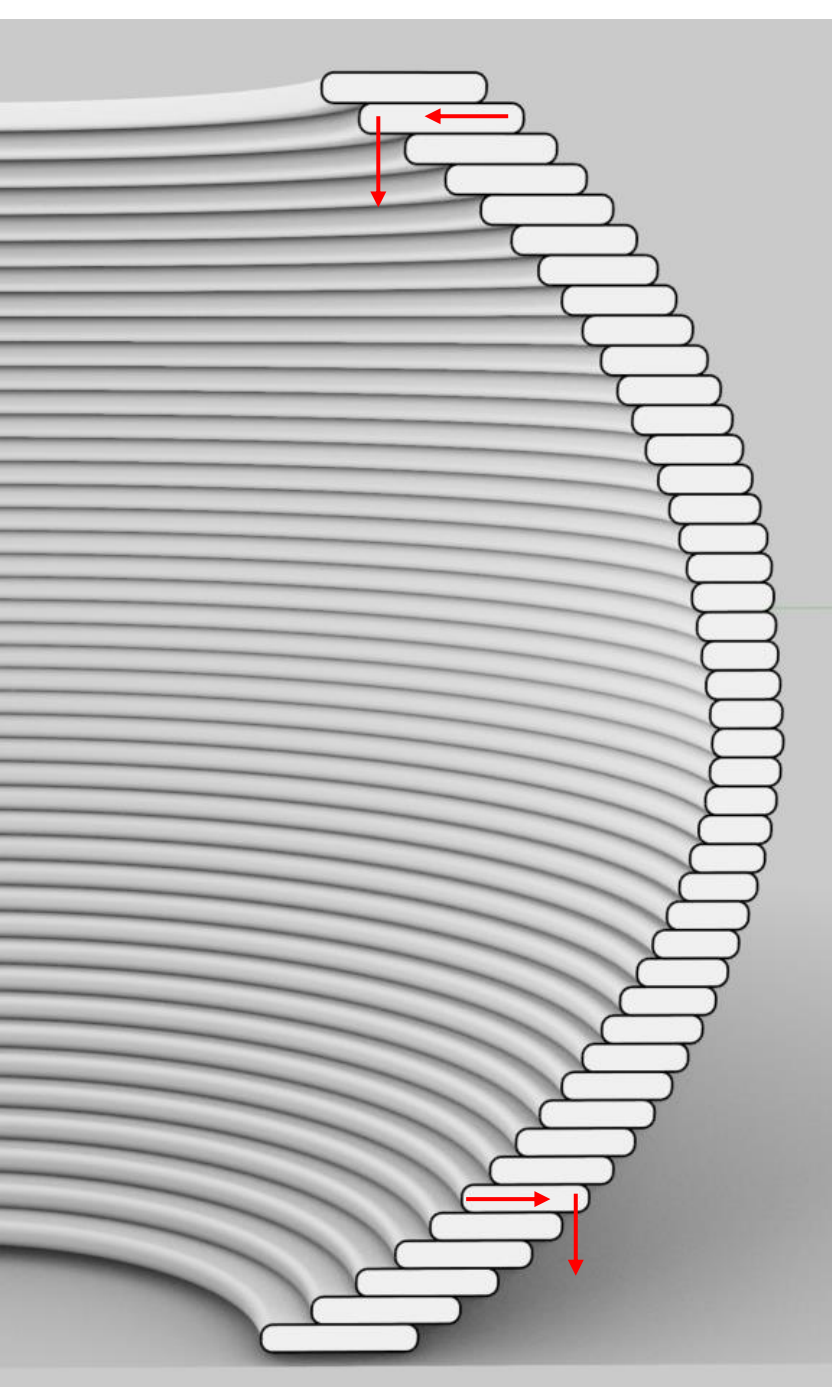
Tulostus

Paperilla hyvä – käytännössä vaatii tarkastelua

- Overhang rakenteen tarkkuus
 - Tulostuspalko vetäytyy ylitteen mukana
- Ulkopinnassa ei riittävästi materiaalia
- Sisäpinnassa liikaa → tilavuus pienenee
- Lämpö kerääntyy pallon sisään
- Kapealla suuttimella leveät kerrokset ovat myös kompromissi



Kuva koneistuksen jälkeen

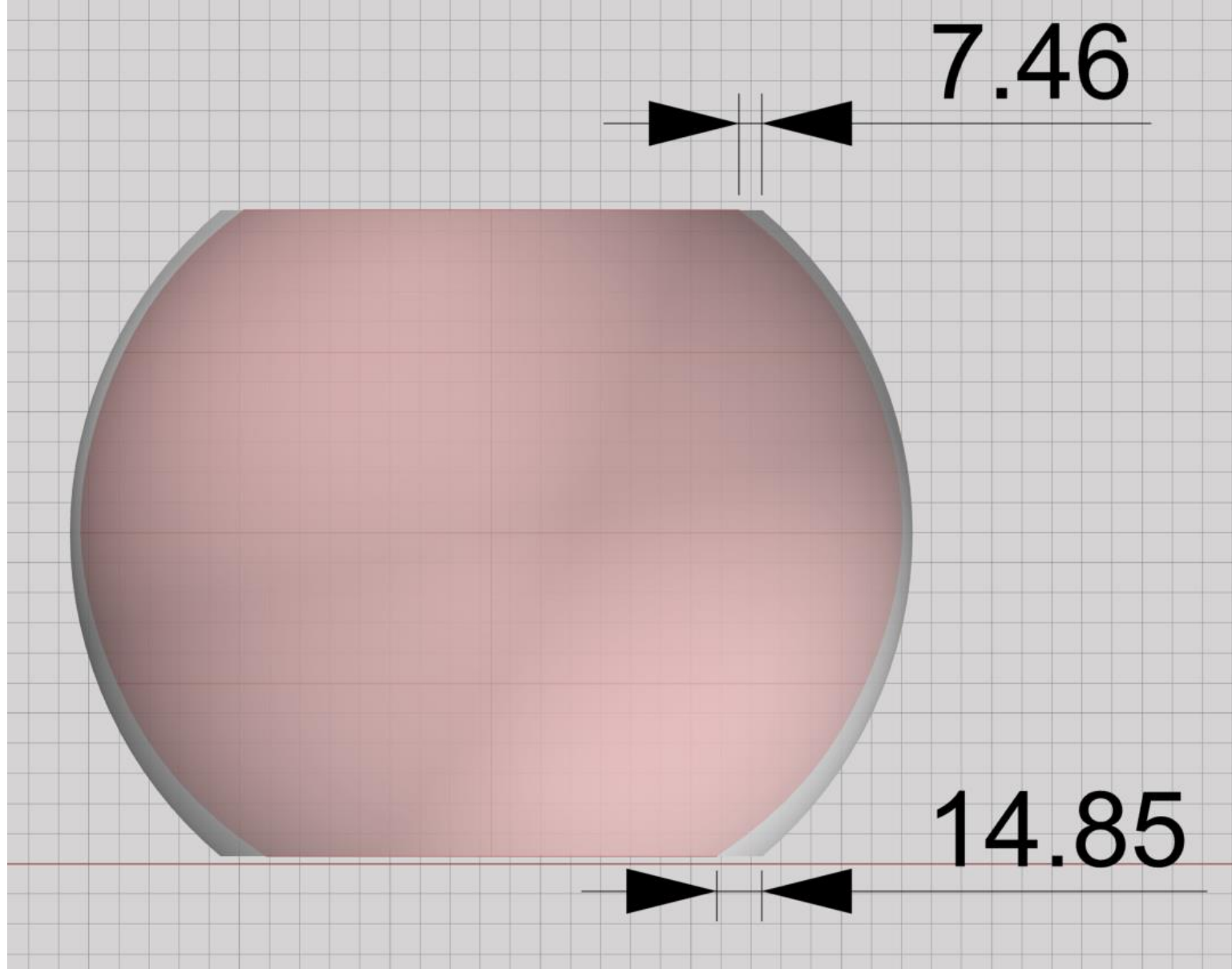


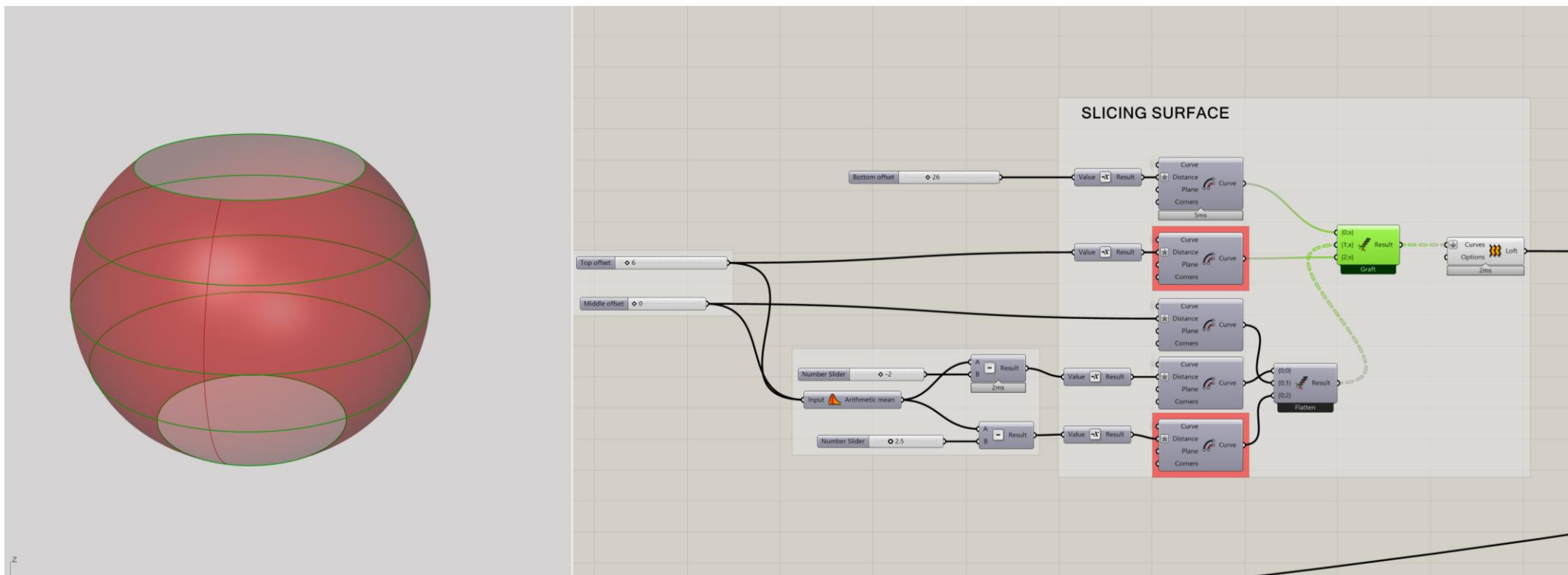
Koneistettu pinta

Vain tulostettu

Muutokset

- Epäsymmetrinen siivutuspinta
- Tulostusnopeuden säätely
- Hidas ja vaati yrityksiä





Kerrosten välinen siirtymä

Ramppimainen

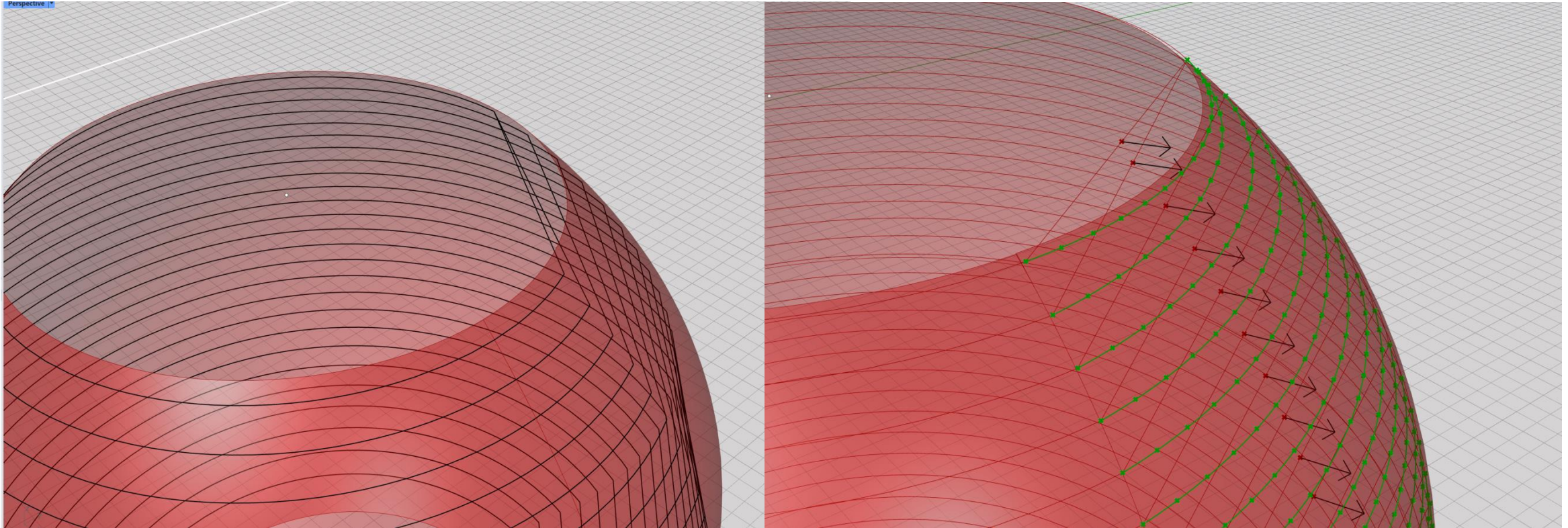
Lyhyt lineaarinen

- massa ei ehdi sopeutua ja aiheutuu epämuodostumia

→ Projektoidaan ramppi

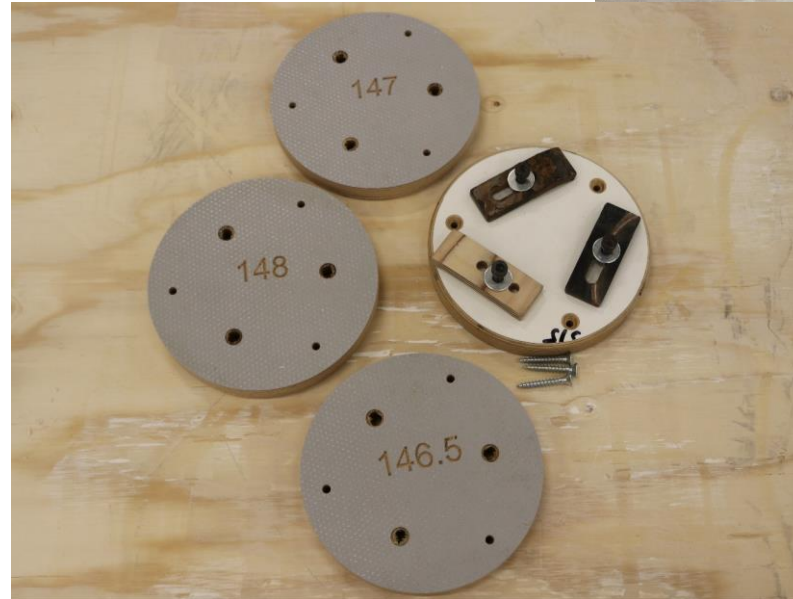


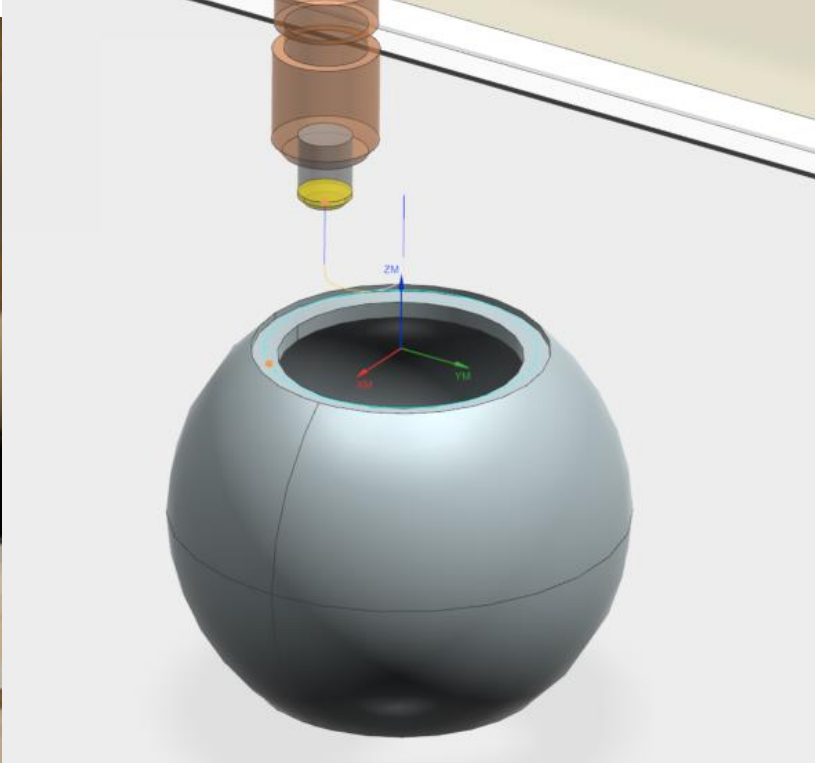
Kerrosten välinen siirtymä

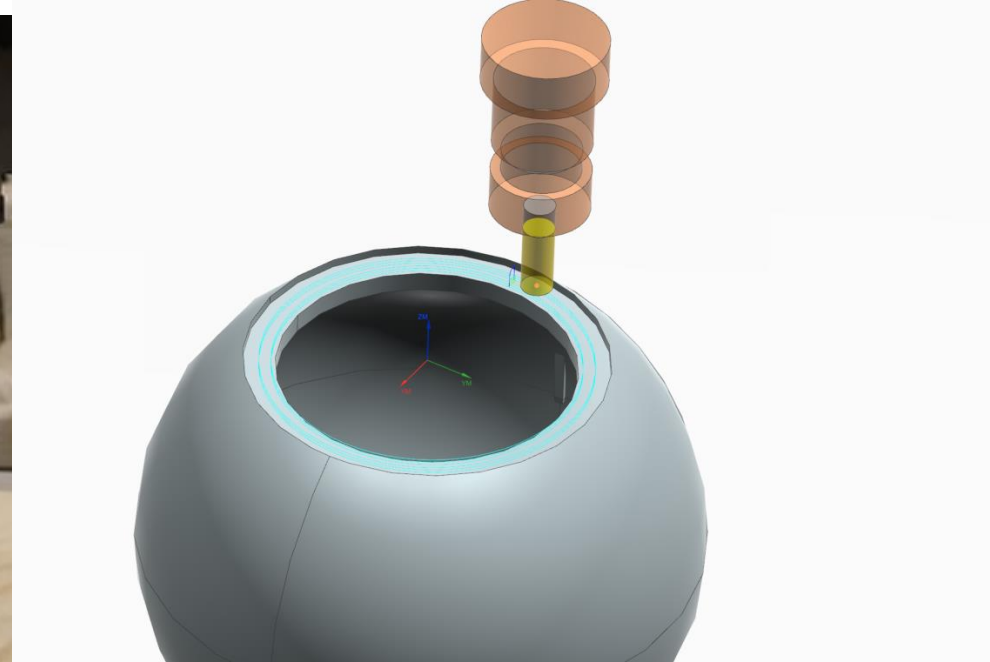


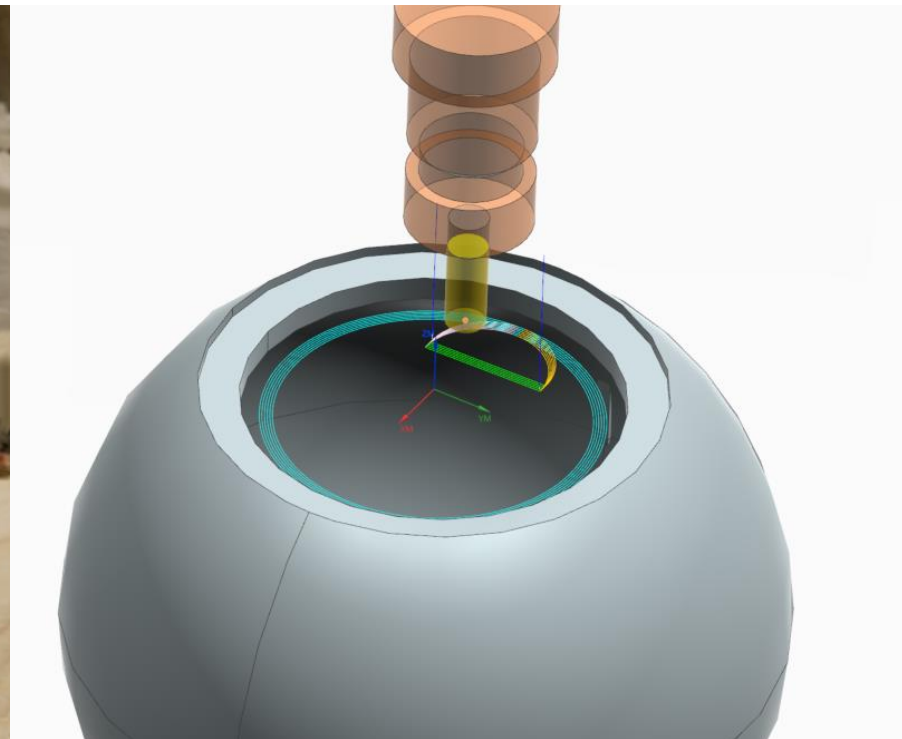
Koneistus

- Ensimmäinen puoli liikuttamatta kappaletta tulostuksen jälkeen, mutta mitataan silti
- Käännetään ja kohdistetaan jo koneistetun aukon ja jig'in avulla





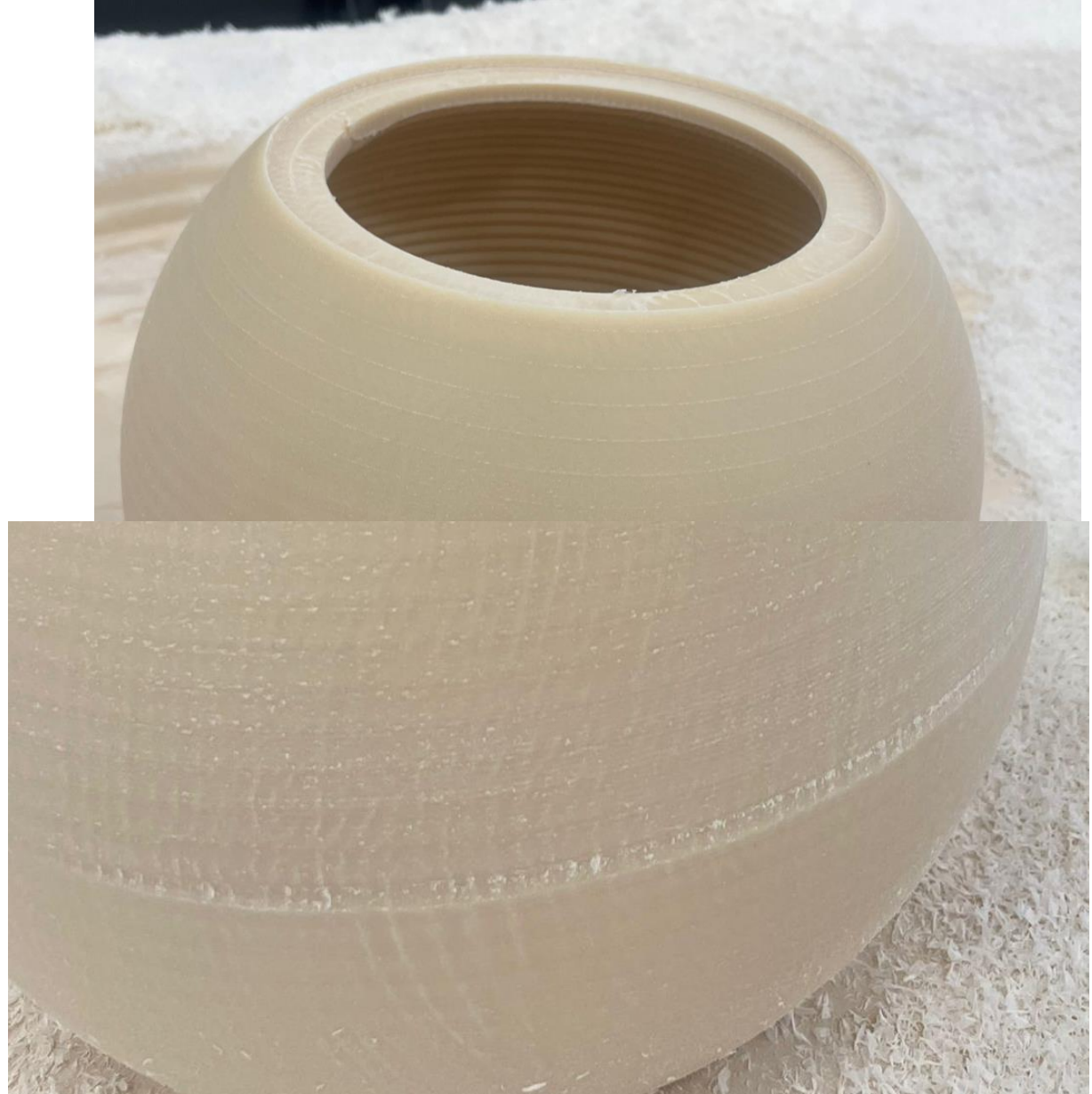






Haasteet

- Riittävä, mutta ei liiallinen materiaali ulko ja sisäpintaan vaatii tarkkuutta tulostuksessa
 - Kappaleiden mittaaminen, paikoitus ja kääntäminen vie aikaa
 - Pinnan viimeistely on hidasta sarjatuotantoon
 - Onko robotilla koneistaminen oikea vaihtoehto? Tarkkuus/aika/laatu?
-
- Pinnan viimeistely CNC-sorvissa
 - Pinta yhtenäisenä
 - Nopeus ja tarkkuus
 - Kiinnitys kysymysmerkinä







Työstöajat ja hinnat – pinta viimeisteltynä

Työstöajat							
Koneistusaika (min)	157,24						
Tulostusaika (min)	130						
Valmisteluaika (min)	80						
Tuntihinnat							
Koneen tuntihinta (€)	50						
Valmistelun tuntihinta (€)	50						
Paino ja materiaalin kilohinta							
Kappaleen paino (kg)	3,3						
Materiaalin kilohinta (€)	6						
Lasketut tulokset							
materiaalikustannukset (€)	tulostushinta (€)	koneistushinta (€)	valmistelun hinta (€)	Hinta/kpl (€)	sarjan koko (kpl)	hinta per sarja (€)	hinta per/kpl sarjassa (€)
19,8	108,333	131,033	66,667	325,833	10	2658,333	265,833

Työstöajat ja hinnat – Ilman viimeistelyä

Työstöajat							
Koneistusaika (min)	4,62						
Tulostusaika (min)	130						
Valmisteluaika (min)	60						
Tuntihinnat							
Koneen tuntihinta (€)	50						
Valmistelun tuntihinta (€)	50						
Paino ja materiaalin kilohinta							
Kappaleen paino (kg)	3,3						
Materiaalin kilohinta (€)	6						
Lasketut tulokset							
materiaalikustannukset (€)	tulostushinta (€)	koneistushinta (€)	valmistelun hinta (€)	Hinta/kpl (€)	sarjan koko (kpl)	hinta per sarja (€)	hinta per/kpl sarjassa (€)
19,8	108,333	3,85	50	181,983	10	1369,833	136,983

- Ainoastaan huullokseen ja aukon koneistus -> paikoitus cnc- sorviin
- Tulostuksen aikainen jäähdytys?
- Edukkaampi materiaalivevaihtoehto esim. kierrätyslaatu?

Demo 2: Subwoofer kotelo

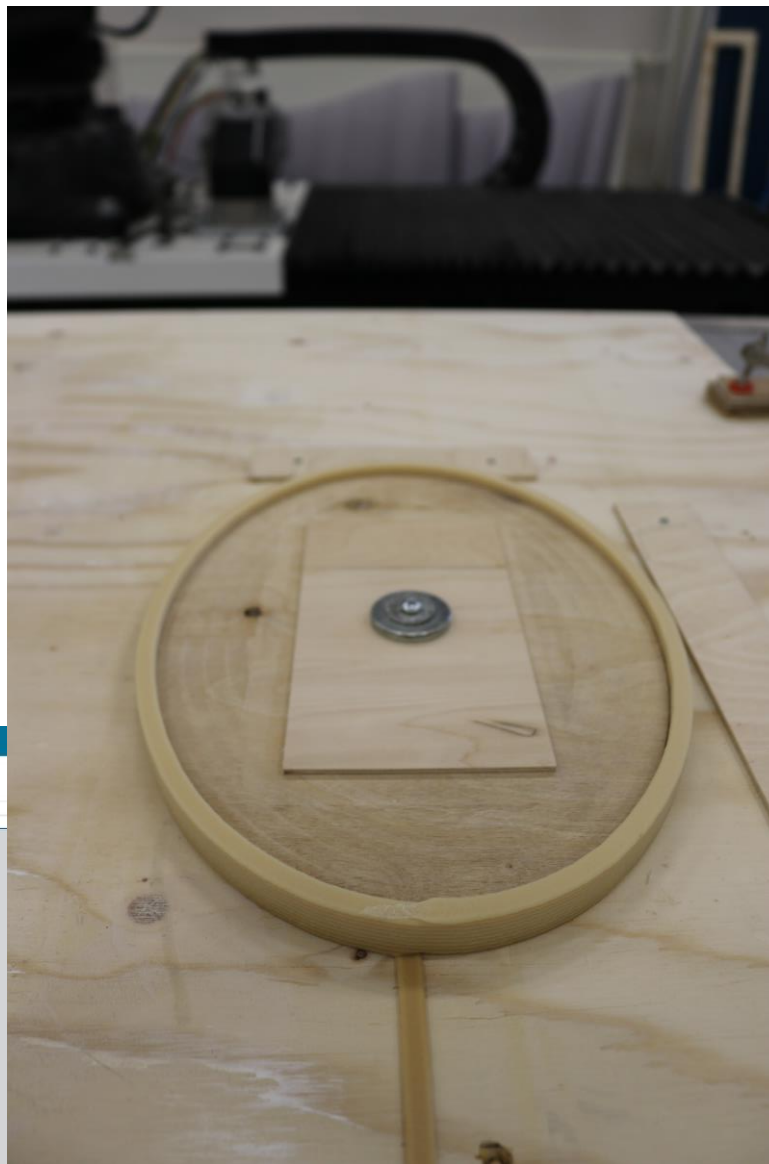
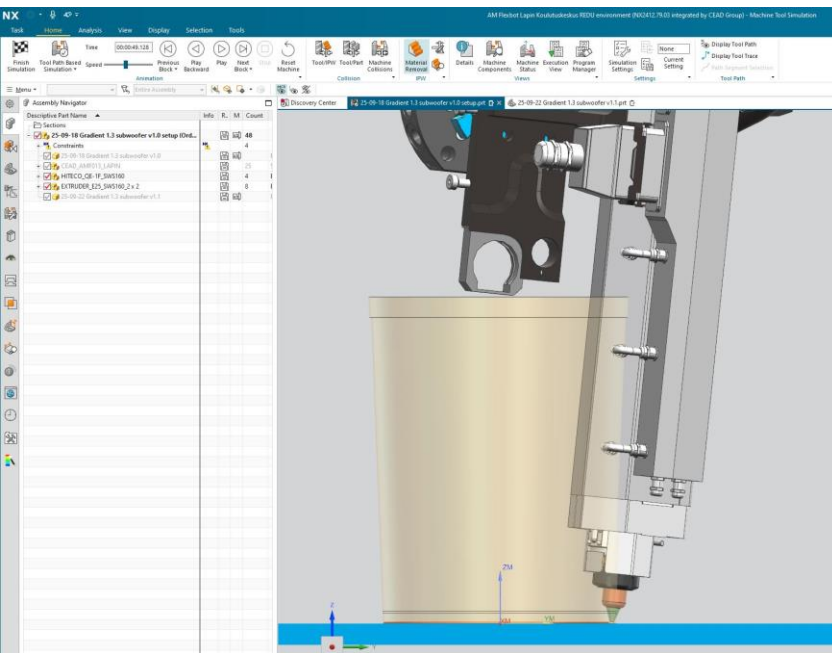


Rakenne

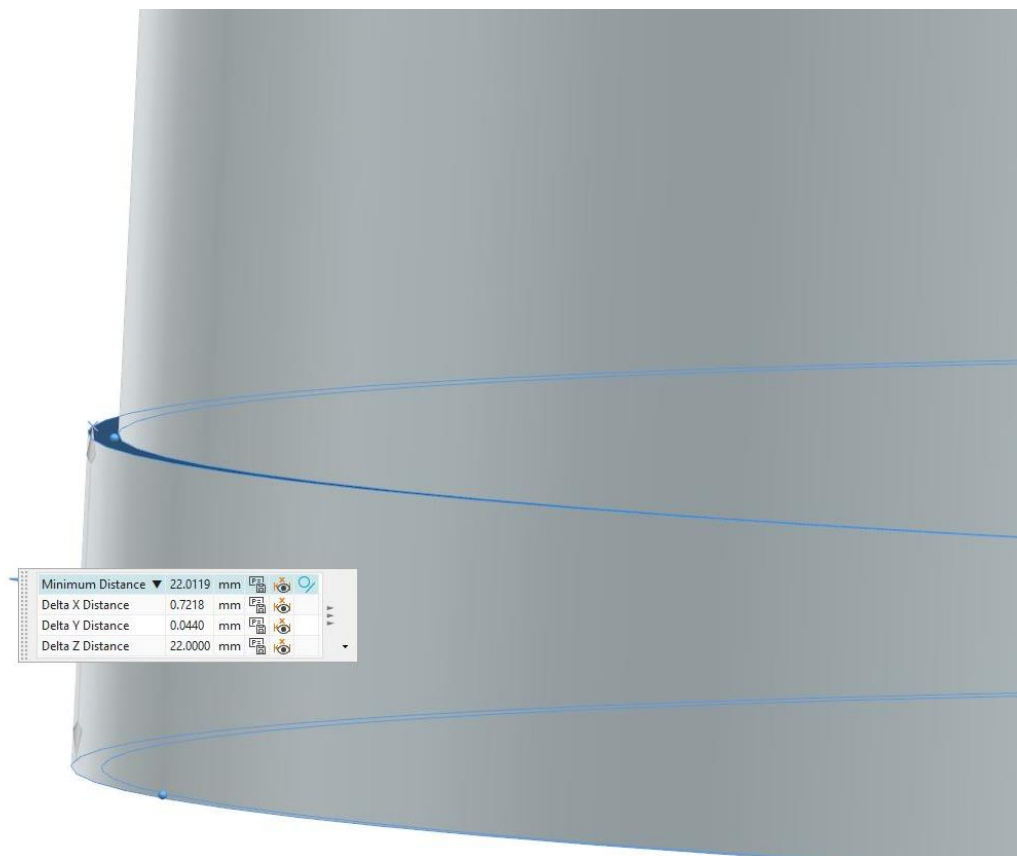
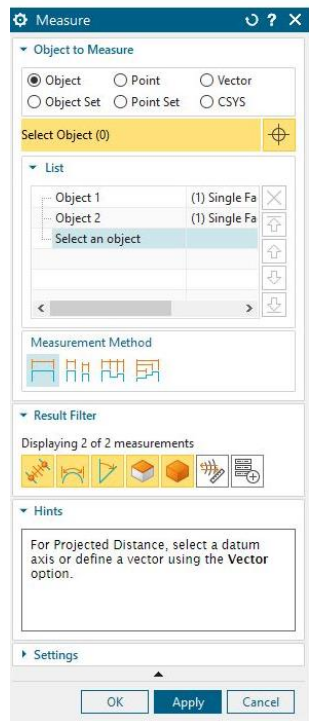


Vaneripohja

- Koneistettu vaneri pohjana
- Reunat kulmassa
- Tulostetaan kulmassa vanerin
ympärille jolloin muoto lukittuu
- Yksi leveämpi kerros vanerin
päälle jolloin se lukittuu myös
toiseen suuntaan







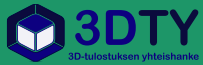
- Aloitus ja tulostus vanerin ympärille haastava saada siistiksi
- Pintaan jää aina jotain prosessin jälkiä
- Pintaa ei koneistettu



Yhteenveto ja jatkokehitys

- Sopii prototypointiin
 - Tulostusjäljen viimeistely on prosessin työläin vaihe
 - Materiaali ja rakenteet vaikuttavat sovelialta kaiuttimiin
 - Sisäseinän kerroksellisuus voi vaikuttaa positiivisesti akustiikkaan
-
- Yksilölliset ratkaisut / joku syy miksi ei tehdä muoteilla
 - Jotain mitä ei pystytäkään tekemään perinteisellä valmistamisella
 - Uusien tuotteiden suunnittelu juuri robottitulostukselle





Co-funded by
the European Union

Kiitos!

Lisätietoja

Severi Salmirinne

severi.salmirinne@redu.fi

+358 40 523 9479