

Digitaalisen kaksosen komponentit

ÄVE Loppuseminaari 30.3.2021

Arttu HEININEN,

Romaric PRODHON, Hossein MOKHTARIAN, Prof. Eric COATANEA, Prof. Kari T. KOSKINEN

- Mikä on digitaalinen kaksosen
- Digitaalisen kaksosen kehitystyö
- Jatkosuunnitelmat
- Tutkimusympäristöt
 - Tampereen yliopiston hybridisorvi
 - TAMK Fieldlab PMI -tutkimusympäristö

Digitaalinen kaksonen (Digital Twin, DT)

Mikä?

- Oikean prosessin, koneen tai asian digitaalinen kopio
- Seuraa, kuvaa ja vaikuttaa alkuperäisen kopioitavana olevan kohteen tilaa

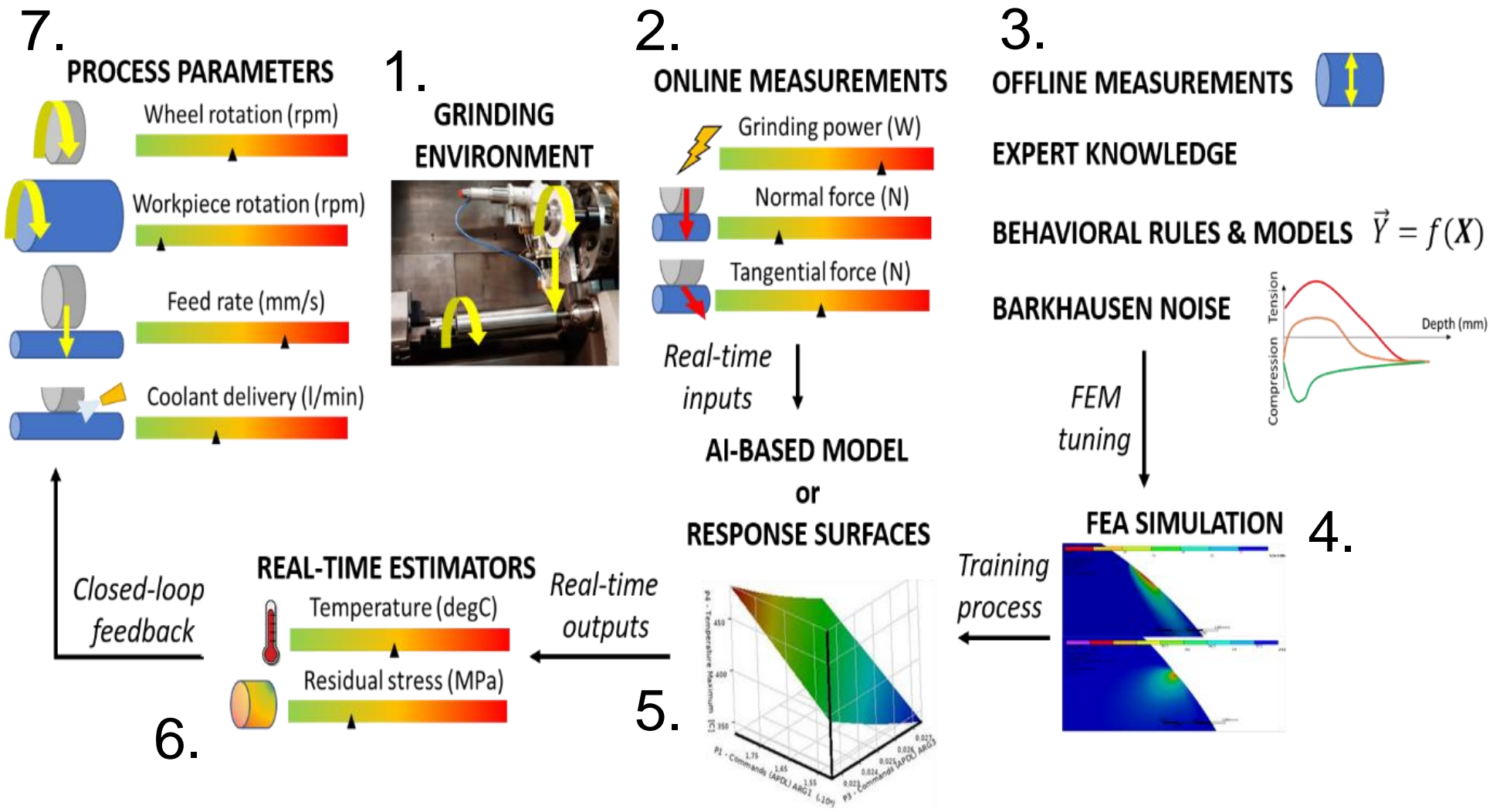
Miten?

- Tunnistetaan prosessiin vaikuttavat tekijät
- Mallinnetaan tekijöiden väliset yhteydet
- Mitataan kriittiset tekijät
- Yhdistetään nämä toisiinsa

Miksi?

- Prosessin hallinta- ja valvontatyökalu
- Tuotantokappaleeseen voidaan liittää yksityiskohtaista prosessitietoa
- Haitallisten tilanteiden simulointi
- Kertyvän datan hyödyntäminen prosessin optimointiin

Digitaalinen kaksonen (Digital Twin, DT)



Digitaalinen kaksonen (Digital Twin, DT)

Digitaalinen kaksonen on siis yhteen liitetty kokoelma

- Mitattua dataa
- Erilaisia malleja
- Oikea kone / prosessi

Lähtökohtana kirjallisuuteen perustuva graafipohjainen malli

- Yksinkertainen, laskennallisesti tehokas
- Voidaan liittää tarkempia malleja
- Auttaa ymmärtämään syy-seuraussuhteita

Yhteistyö

- Aachenin teknillisen yliopiston hiontatutkimusryhmä (RWTH Aachen)
- Hankkeen sisäinen yhteistyö
- Yritysyhteistyö (Creanex, Sandvik)

Graafipohjainen malli

Prosessiparametrit:

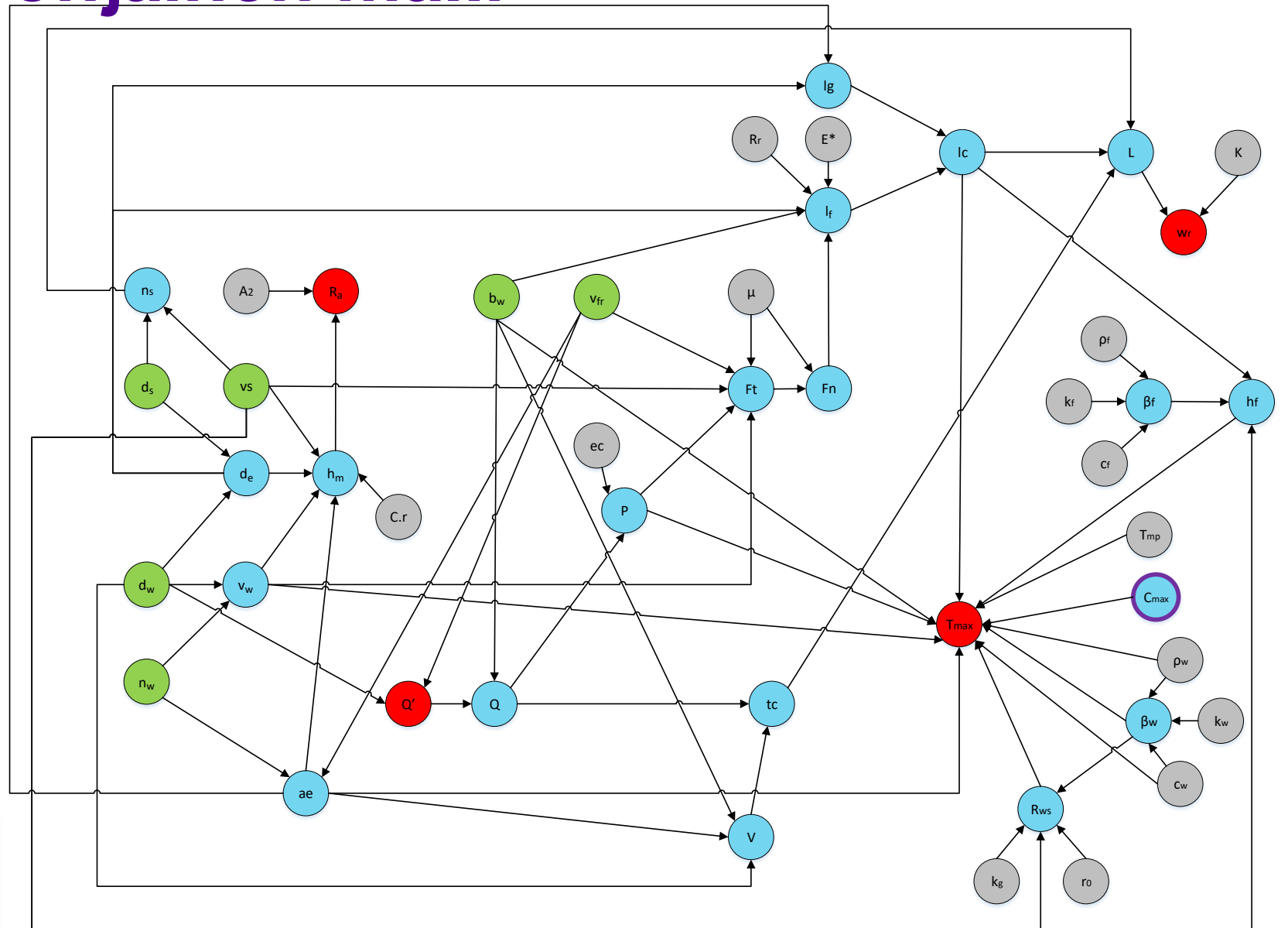
Hiomakiven kehänopeus (v_s)
 Hiomakiven halkaisija (d_s)
 Työkappaleen halkaisija (d_w)
 Työkappaleen kehänopeus (n_w)
 Pistosyöttö (V_{fr})
 Hiomakiven leveys (b_w)

Suorituskykymuuttujat:

Työkappaleen pinnankarheus (R_a)
 Tuottavuus (Q')
 Maksimilämpötila (T_{max})
 Hiomakiven kulumisnopeus (w_r)

Legend:

● Independent Variable	● Performance/Objective Variable
● Dependent Variable	● Contradiction
● Exogenous Variable	



Graafipohjainen malli

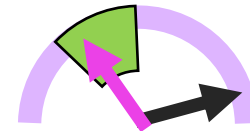
Simulaation avulla
voidaan ennustaa
prosessin
suorituskykymuuttujien
tila...

...ja tehdä tarvittavat
muutokset ennen kuin
epäedullinen tilanne
saavutetaan

Prosessiparametrit



Hiomakiven
kehänopeus



Lastuamissyvyys

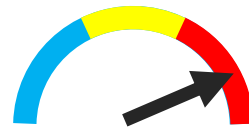


Pistosyöttö



Työkappaleen
kehänopeus

Anturit & simulaatiot



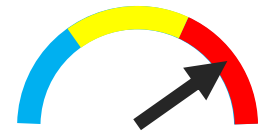
Simuloitu voima



Hiomateho



Simuloitu
kontaktipituus



Simuloitu
lastunkoko

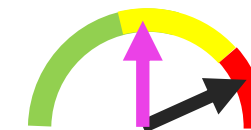
Suorituskykymuuttujat



Kiven
kulumisnopeus



Pinnankarheus



Lämpötila



Tuottavuus

Hiontaprosessin mallinnus

Graafipohjainen malli

+ Nopea luoda, laskennallisesti kevyt, visuaalisesti selkeä

- Ei pysty kuvaamaan kaikkia ilmiöitä tarkasti

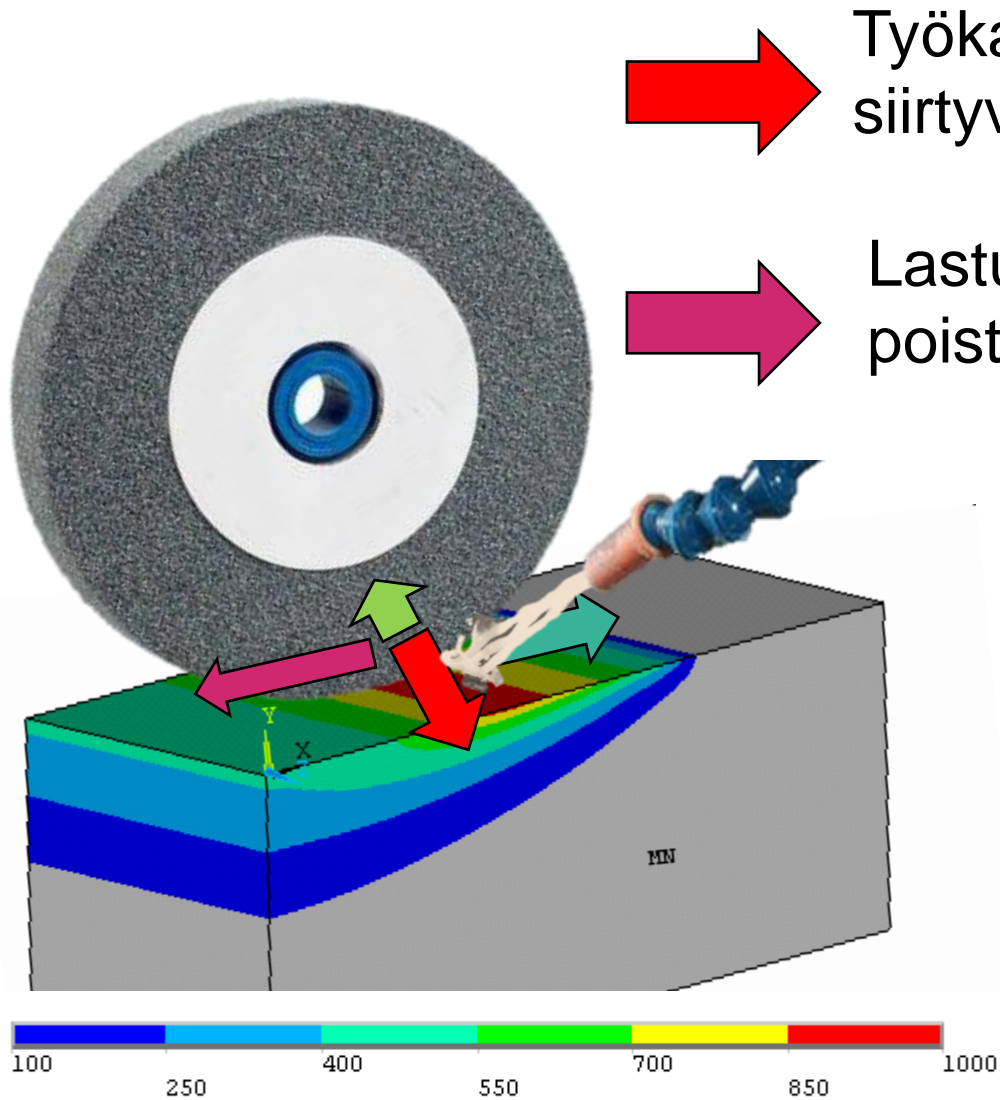
Tarkemmat numeerisiin menetelmiin perustuvat mallit, esim. hiontapalaminen

+ tarkempi kuvaus

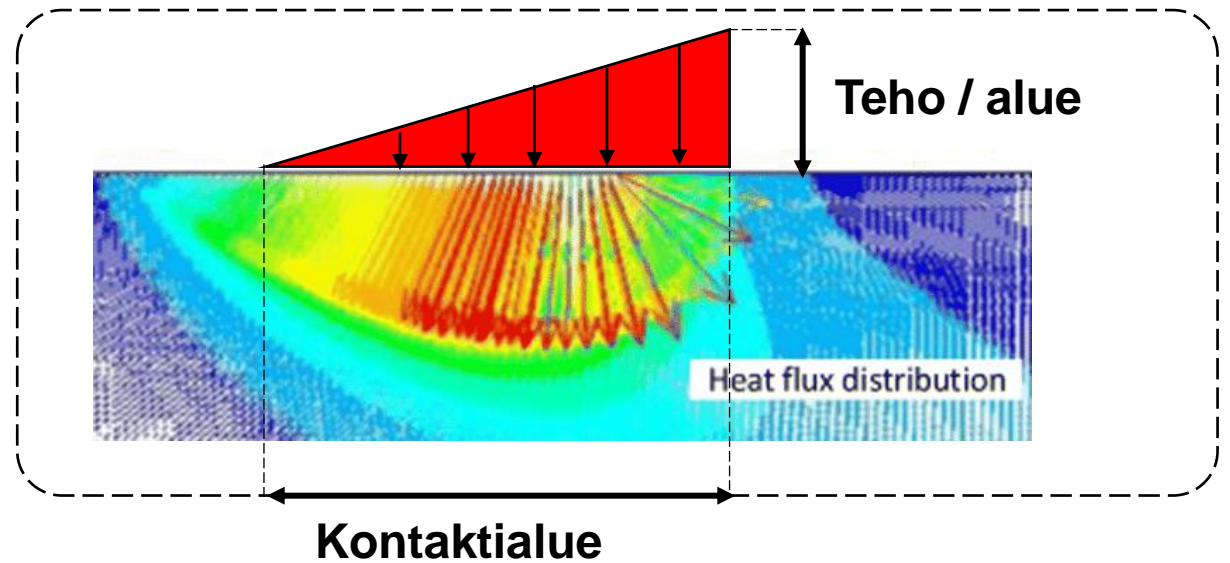
- laskennallisesti liian raskas liitettäväksi reaaliaikaiseen malliin

Tekoäly / vastepinnat / sovitteet
+ yhdistämällä saadaan molempien menetelmien vahvuudet

Lämpökuorman mallintaminen



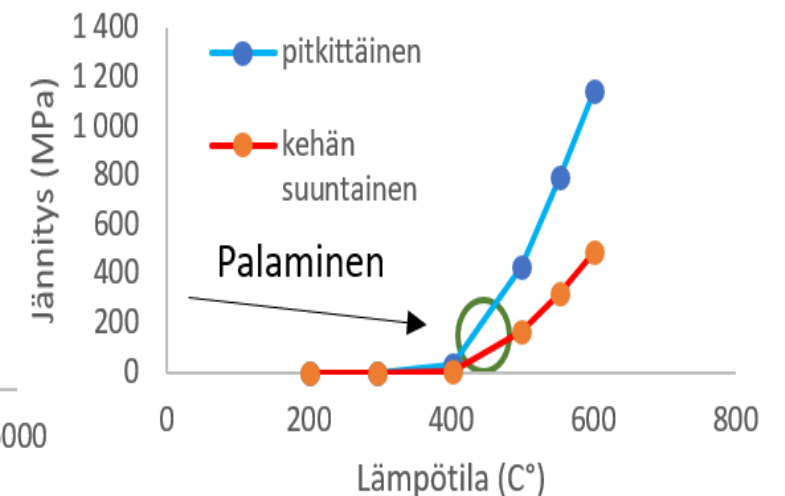
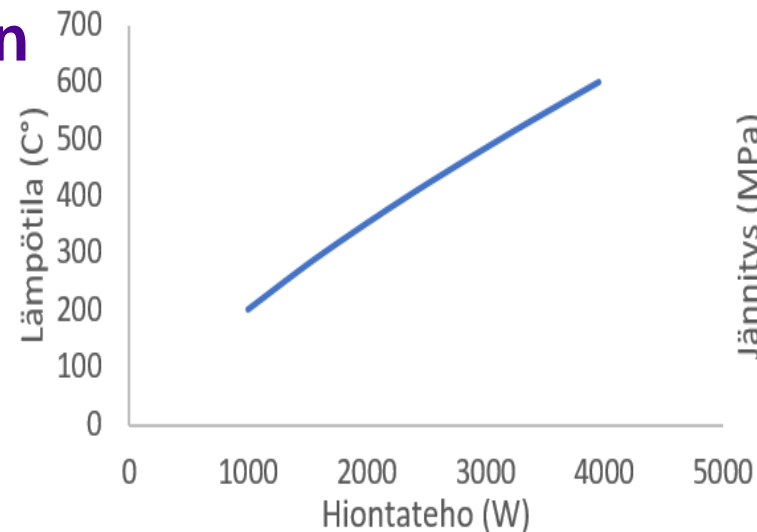
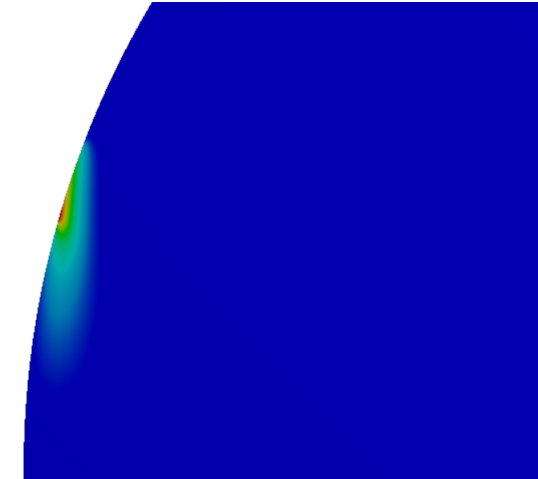
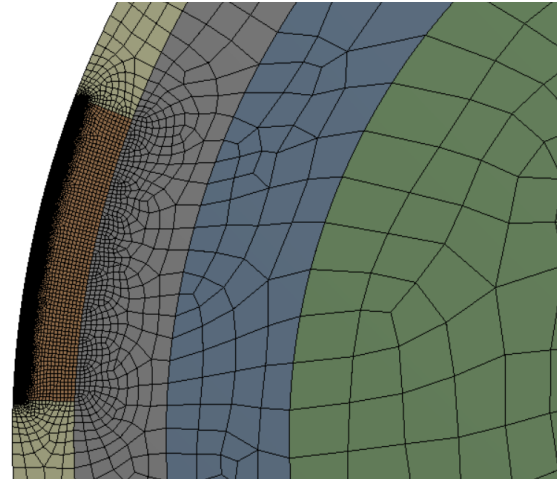
- Työkappaleeseen siirtyvä lämpö
- Lastuamisl nesteeseen siirtyvä lämpö
- Lastujen mukana poistuva lämpö
- Hiomakiveen siirtyvä lämpö



Lämpökuorman mallintaminen

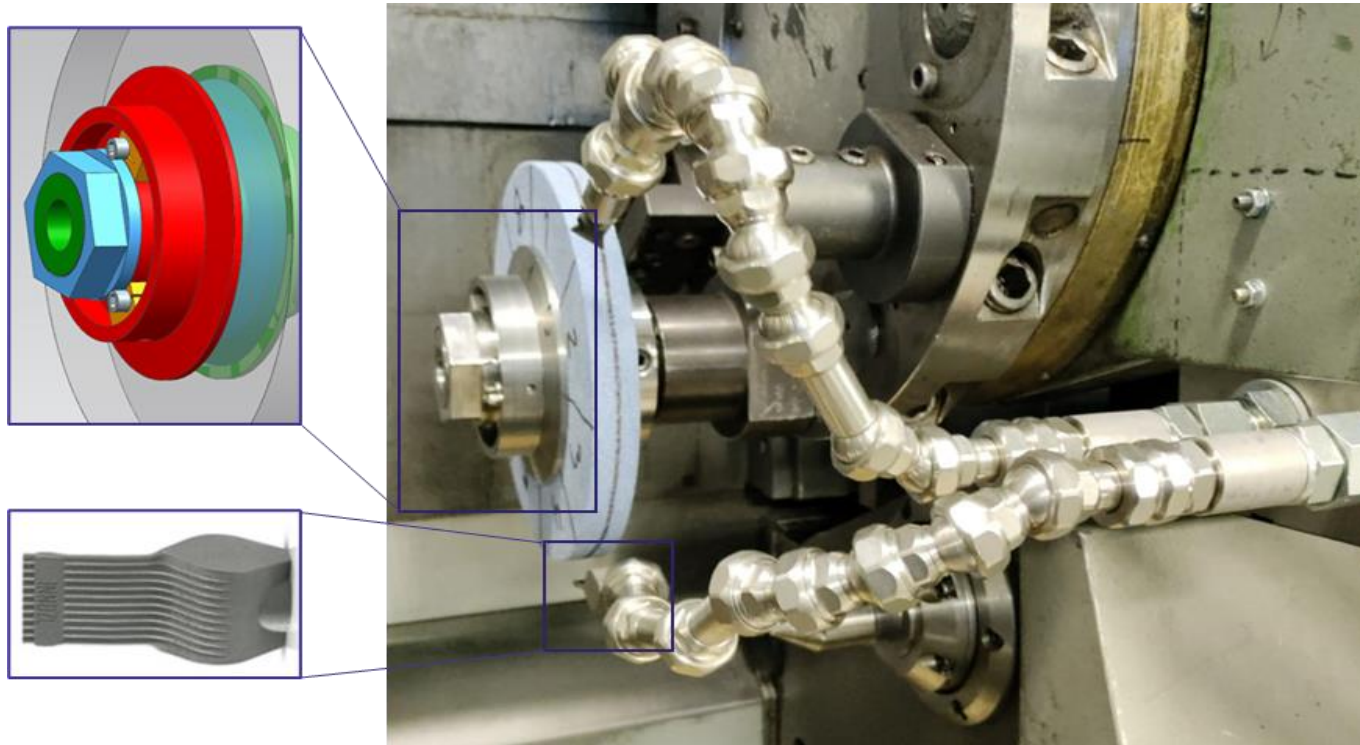
Lämpömalli (elemenettimenetelmä)

1. Tarkempaa analyysia varten luotiin lämpömalli
2. Mallinnettiin hiontatehon ja lämpötilan välinen yhteys
3. Kytettiin rakenneratkaisijaan
4. Nyt voitiin ennustaa kohonneen lämpötilan aiheuttamat vetojäännösjännitykset (palaminen)

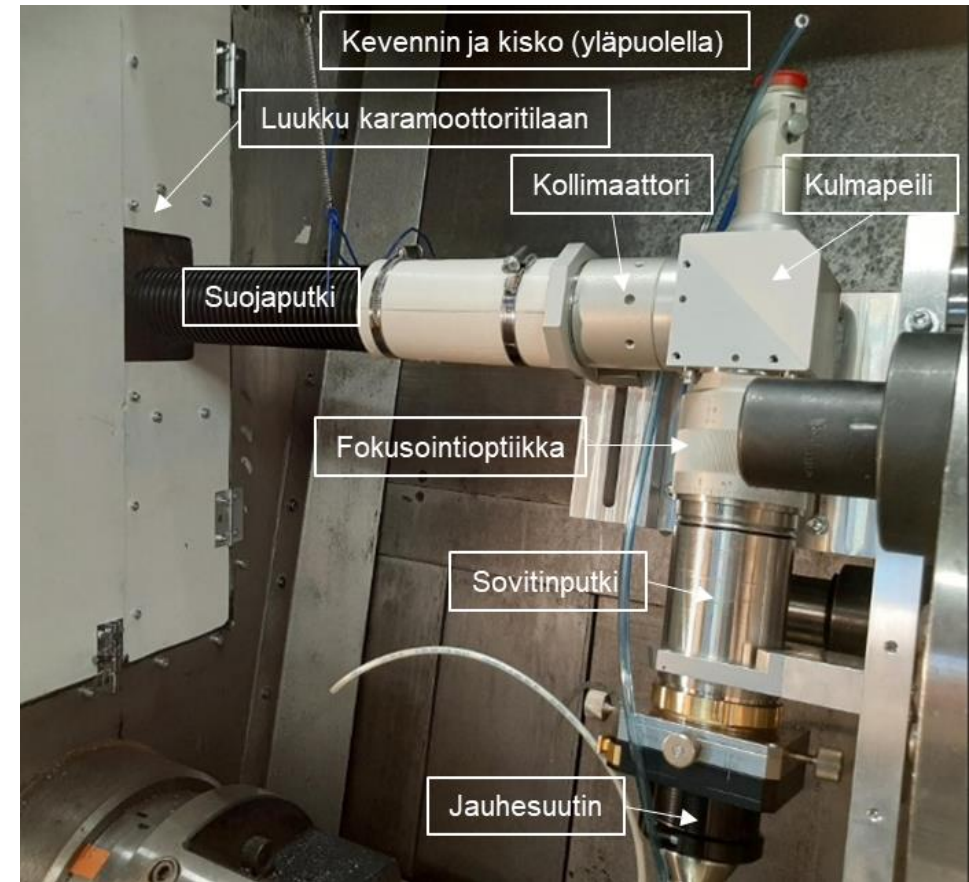
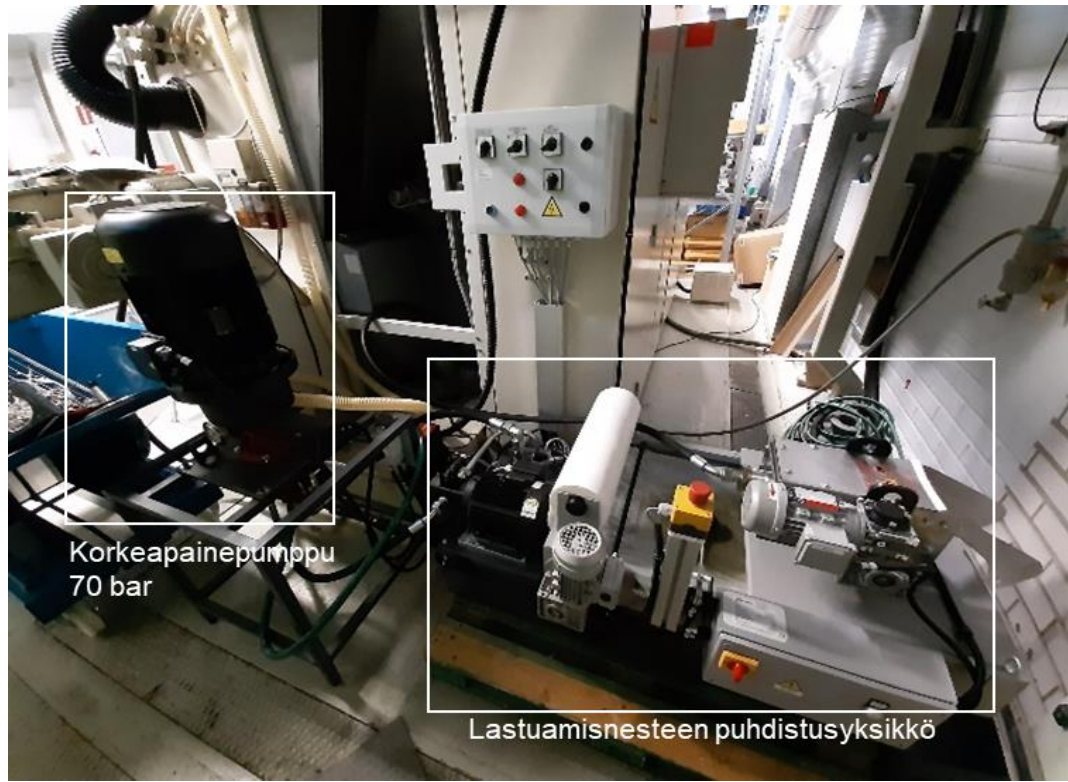


Hionnan tutkimusympäristö

- Hionnan digitaalisen kaksosen ohella kehitettiin tutkimusympäristö hionnalle sekä suorakerrostusprosessille
- Tutkimusympäristön pohjana toimi aikaisemmin hankittu sorvi, johon suunniteltiin ja valmistettiin yksilöllinen adapteri



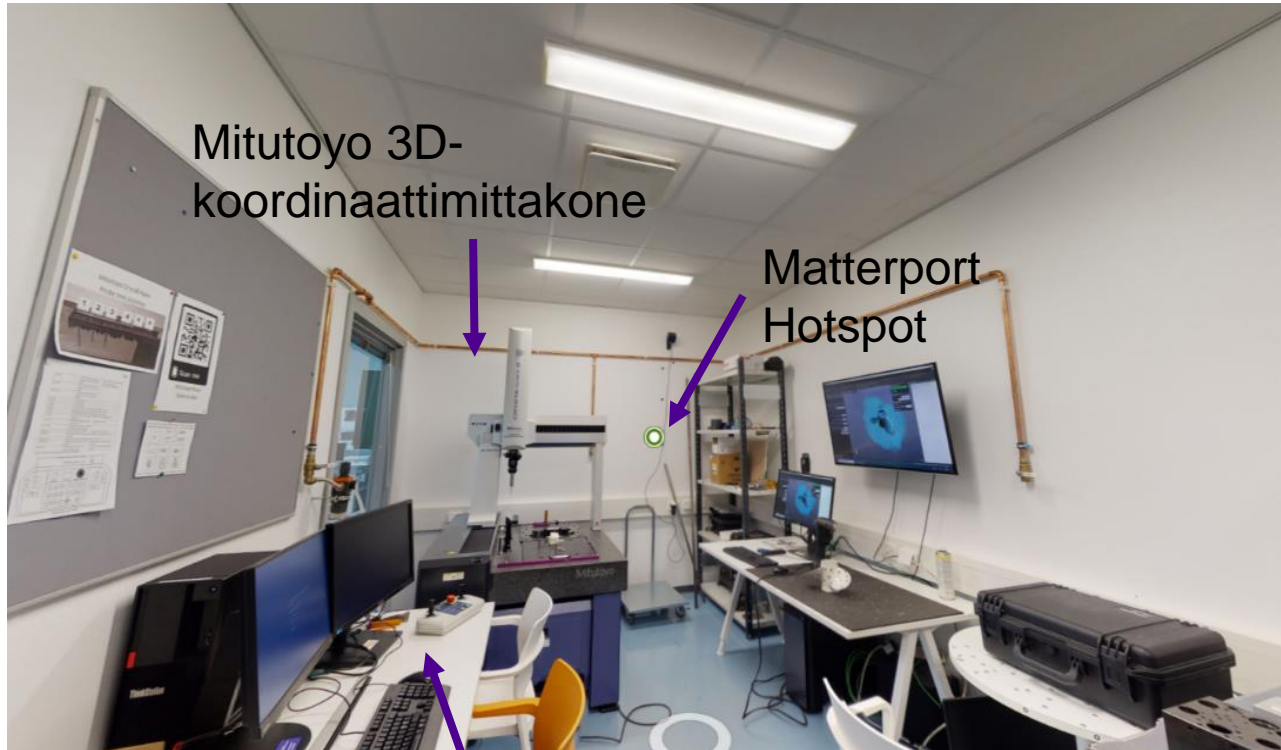
Hybridisorviin asennettiin uusi lastuamismestajärjestelmä



Suorakerrostuspää kiinnitettynä sorvin työkalurevolveriin

- Luoda reaaliaikainen järjestelmä
 - Tyypillinen työkappaleen pisteen kontaktiaika hiomakiven kanssa on ~5 ms
 - Tekoälyn / sovitteiden luominen numeerisien mallien avulla
 - Esim. opetetaan jäännösjännityksiä ennustava neuroverkko lämpömallin avulla
- Tutkimusympäristön anturointi
 - Mallien kytkentä / luodaan digitaalinen kaksonen
 - Offlinestä onlineen
- Prosessiparametrien valinnan vaikutus työkappaleen pinnan eheyteen
 - Väsymisiältään kestävämpiä tuotteita, hukkapaloja vähemmän
 - Oleellista sekä yritysten että kestävän tuotannon näkökulmista

TAMK FieldLab - PMI TKIO -ympäristö

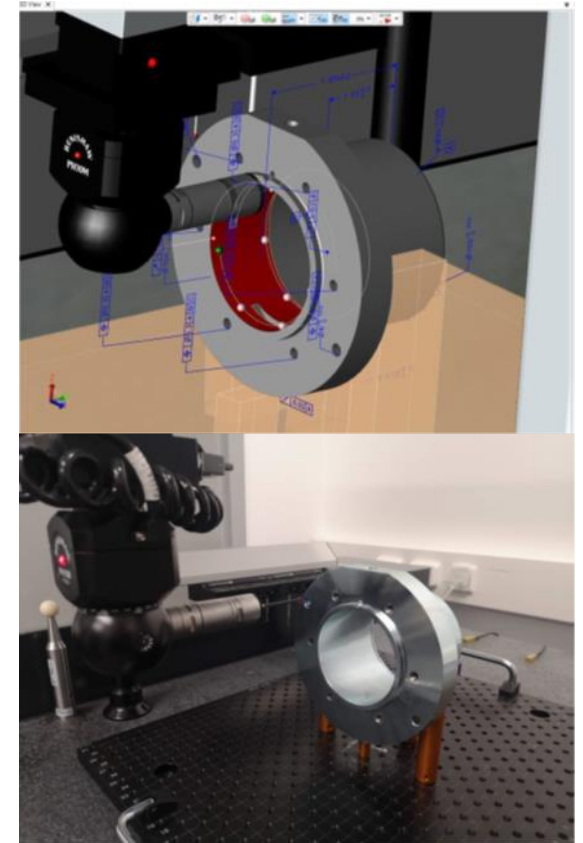
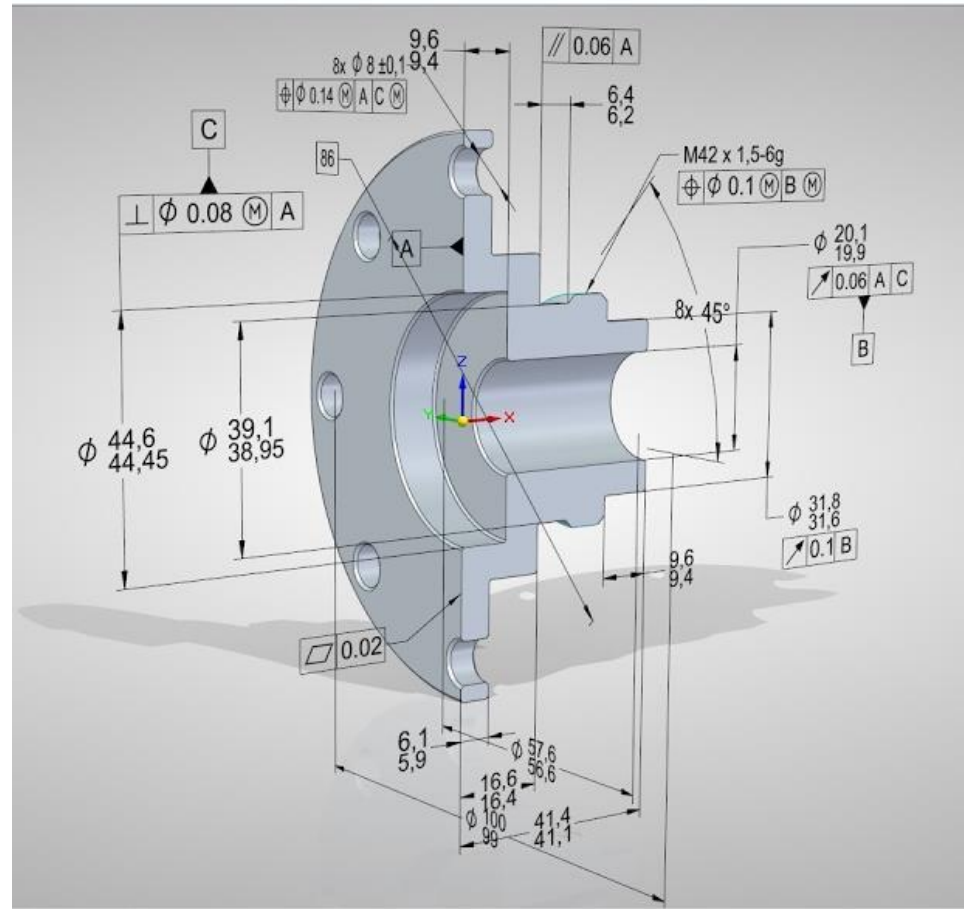


- TAMKin TKIO –ympäristö (tutkimus-, kehitys, innovointi- ja oppimisympäristö) PMI –datan tutkijoille, yrityksille ja oppilaitoksille
- ÄVE -projektissa implementointiin PMI data käyttöön TAMKissa laadunvarmistuksessa ja mittauksessa
- Mittaus- ja laadunvarmistus kuuluu osana TAMKin FieldLab ympäristöön

TAMK PMI Pilot cases

- FieldLabissa on tutkittu PMI-datan käyttöä
 - yritysten toimeksiantoina
 - opinnäytetöissä
 - konetekniikan Technology Academy –kurssilla
 - projektitöissä

Tutkimusaiheina on ollut koordinaattimittaamisen lisäksi esimerkiksi PMI -datan soveltamista 3D-tulostuksessa. Lisäksi on selvitetty PMI-datan toimimista eri CAD-ohjelmistoversioiden ja tiedostoformaattien kesken. Näissä tutkimuksissa on saatu paljon hyödyllistä tietoa jatkoa ajatellen



Kiitos mielenkiinnostanne!



Lisätietoa:
Digitaalisen kaksosen kehitystyö:
arttu.heininen@tuni.fi

Fieldlab:
lasse.hillman@tuni.fi