

 HITOKSEEN –PROJEKTI, TIETOPAKETTI

ROBOTTIHITSAUKSEN ETÄOHJELMOINTI JA ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI

HITsaus OsaKSi Etelä-Karjalan Elinvoimaa ja Näkyvyyttä

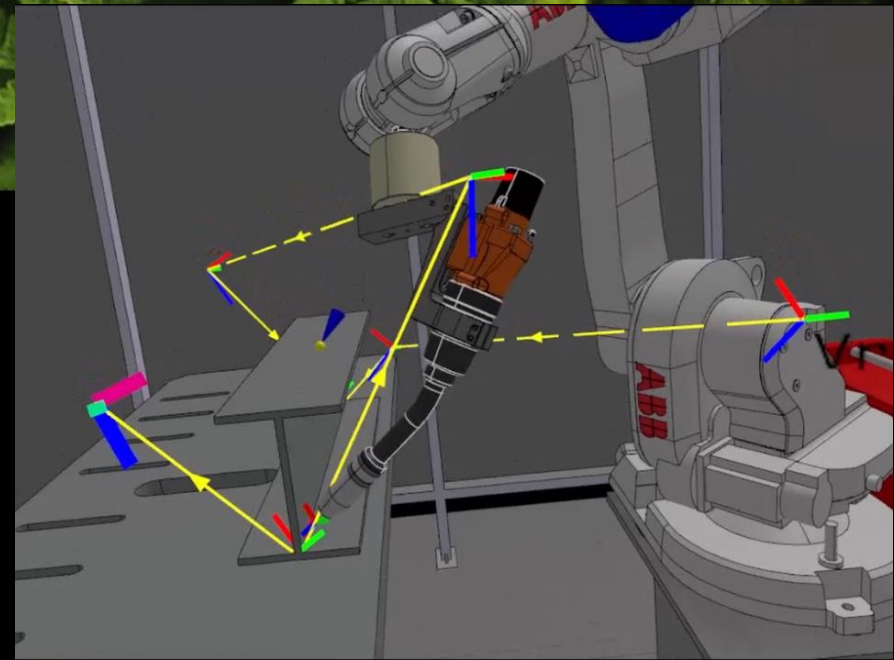


**Euroopan unionin
osarahoittama**

HITOKSEEN –projekti, Tietopaketti

SISÄLTÖ

1. Hitsausrobotin ohjelmoinnin perusteet
2. Etäohjelmointi
3. Robottihitsaustuotannon simulointi



Euroopan unionin
osarahoittama



HITSAUSROBOTIN OHJELMOINNIN PERUSTEET

- » Teollisuusrobotin tehtävän määrittäminen - Miksi robotti ohjelmoidaan?
- » Teollisuusrobotin ohjelmistoarkkitehtuuri
 - » Ohjelmoinnin tasot
 - » Pääohjelma, aliohjelma
- » Tyypillinen robottihitsausohjelma ja sen käskyt





HITSAUSROBOTIN OHJELMOINTI - TEHTÄVÄN MÄÄRITYS

- » Hitsausrobotin ohjelmoinnin lähtökohtana on määrittää robotille, miten sen tulisi suorittaa sille asetettu **tehtävä**
- » **Tehtävä** on tyypillisesti jonkin työkappaleen tai liitoksen hitsaaminen
- » Kaikista hyvistä ominaisuuksistaan huolimatta, robotti ei osaa suorittaa tehtäväänsä automaattisesti, ainakaan tuottavalla tavalla



HITSAUSROBOTIN OHJELMOINTI - TEHTÄVÄN MÄÄRITYS – ESIMERKKI: HITSARI VS ROBOTTI

» Päätehtävä: Hitsaa työkappale

» Robotti ymmärtää tehtävänannon hyvin eri tasolla kuin hitsari

» Kokenut hitsari:

- » Ei välttämättä tarvitse ohjeistukseksi muuta kuin mikä työkappale hitsataan ja millä hitsausmenetelmällä (WPS)
- » Osaa työvaiheet
 - Esityöt, kiinnitys, hitsaus, jälkityöt ja tarkastukset
- » Tuntee käytettävän laitteiston ja osaa säätää tarvittavat parametrit ja asetukset kohdilleen

» Hitsarilla on siis kokemusperäistä tietämystä ja osaamista hitsaamisesta, hitsauspolttimen liikuttamisesta, sulan hallinnasta, syy-seuraussuhteiden hahmottamisesta ja käytetyistä työtavoista

» Hitsari osaa soveltaa osaamistaan ja tietämystään parhaan mahdollisen lopputuloksen saavuttamiseksi

» Hitsausrobotti:

- » Vaatii hyvin tarkasti ja yksityiskohtaisesti määritellyt käskyt tehtävän suorittamiseksi
- » Liikekäskyt, liikenopeudet, prosessikäskyt, työkalun asento jne...

» Robotti on siis melkoisen tyhmä ja sen ohjelmointi vaatii hitsarin erityisosaamista

- » Työlästä ja aikaa vievää, eikä robotti osaa soveltaa ”osaamistaan” uuden työkappaleen kanssa

HITSAUSROBOTIN OHJELMOINTI - TEHTÄVÄN MÄÄRITYS

- » Tietämyksen sisällyttäminen robottijärjestelmään, mahdollistaisi tehtävän määrittämisen tehostamisen ja ohjelmoinnin yksinkertaistamisen
- » Robotti, työkalu, prosessi, työkappale ja työympäristö

Käyttösovellukset

Robotin rajoittenuisuus

» Tuotokeskeinen määrittely

- » Generoi käytettävät konfiguraatiot ja ohjelmat, ohjeistaa operaattoria missä tarvitaan manuaalista avustusta (työkappaleen kiinnitys). Systeemi määrittelee työkappaleen perusteella hitsausarvot ja palkomäärät jokaiselle hitsille

» Prosessikeskeinen määrittely

- » Syötteenä hitsausarvot ja –järjestys. Systeemi määrittelee syötteen perusteella robottiohjelmien prosessikäskyt, liikeradat sekä työkalun asennot

» Työkalukeskeinen määrittely

- » Robottioperaattori määrittelee prosessikäskyt manuaalisesti ja ohjelmoi robotin liikekäskyt sekä työkalun asennot kalibroituja työkalupistettä ja koordinaatistoa hyödyntäen

» Käsivarsiperustainen määrittely

- » Muuten sama kuin työkalukeskeinen määrittely, mutta robotilla ei ole määriteltyä työkalupistettä

» Nivelkeskeinen määrittely

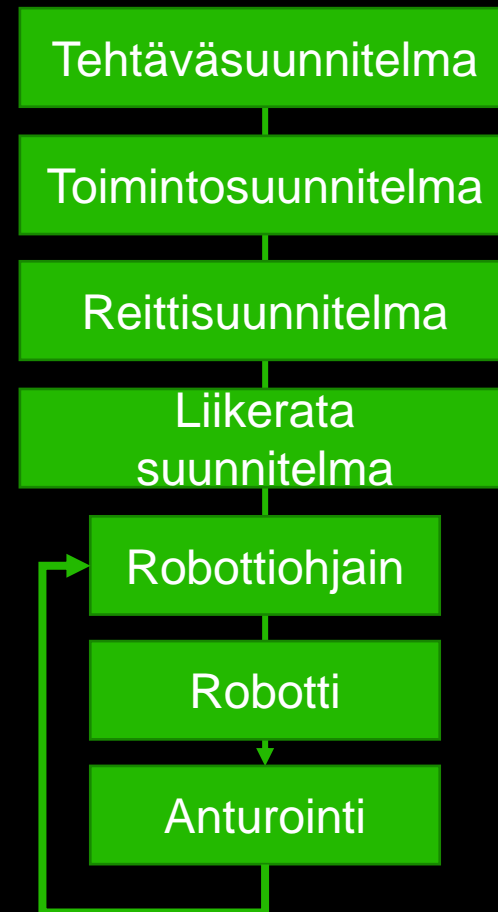
- » Hitsausliikeradat ohjelmoidaan pelkästään robotin niveliä liikuttamalla

Tehtävä-
määritteinen
ohjelmointi

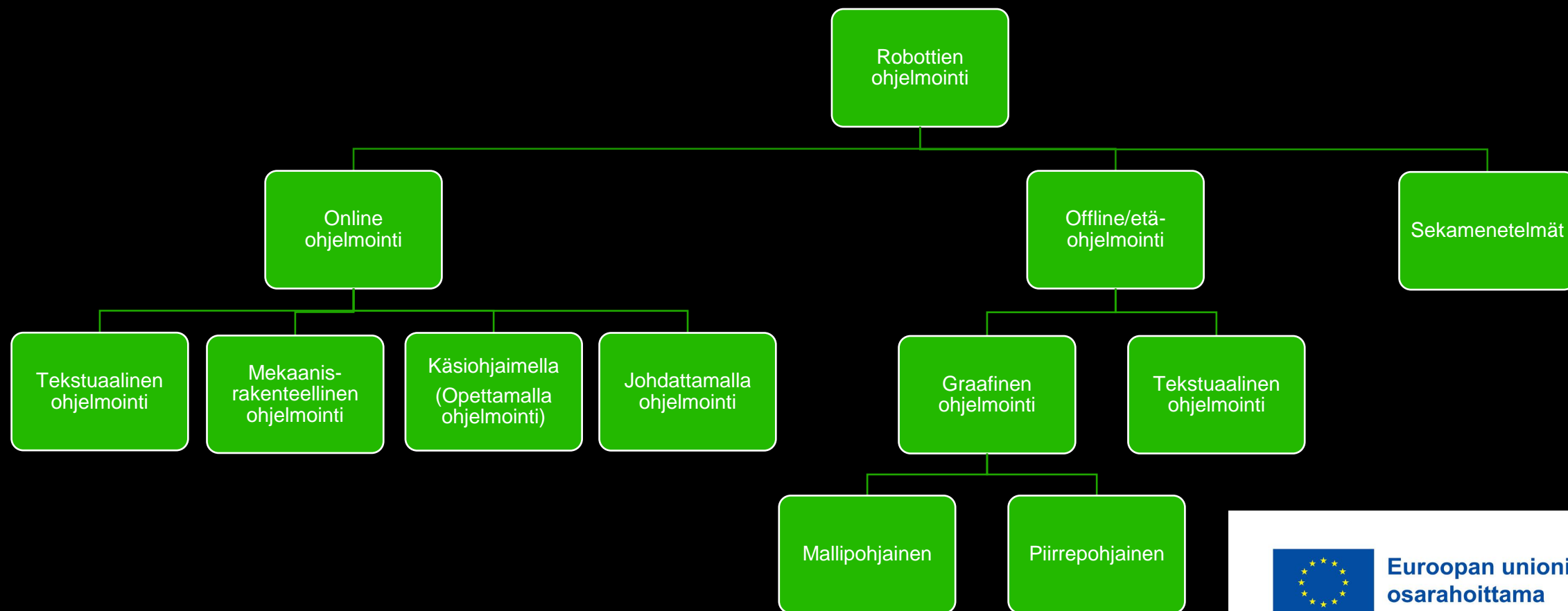
Liike-
määritteinen
ohjelmointi

TEHTÄVÄN MÄÄRITYS JA TOTEUTUS

- » Tehtävä
- » Toiminto
- » Path plan – Reitin suunnittelu
- » Trajectory plan – Liikeradan suunnittelu
- » Robottiohjain
- » Robotti
- » Anturi



HITSAUSROBOTIN OHJELMOINNIN LAAJA KIRJO



HITSAUSROBOTIN OHJELMOINTI - TYYPILLINEN HITSAUSROBOTTIOHJELMA

» Tyypillinen hitsausrobottiohjelma koostuu

» **Koti- tai aloituspisteestä**

» Turvallinen piste

» **Kauttakulkupisteistä**

» Liikuttavat robotin kotipisteestä hitsattavan liitoksen lähetyville

» **Lähestymispisteistä**

» Liikuttavat robotin lähelle liitosta ja kohdistavat polttimen oikeaan asentoon ja kulmaan

» **Hitsauksen aloituskäskystä**

» Aloittaa hitsauksen

» **Prosessiliikkeistä**

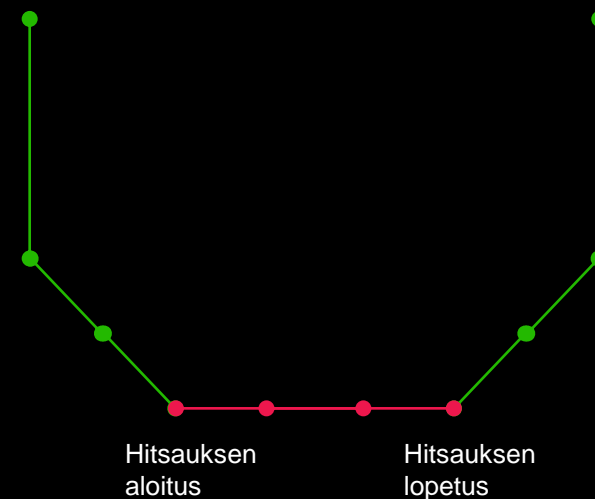
» Liikuttaa poltinta

» **Hitsauksen lopetuskäskystä**

» Lopettaa hitsauksen

» **Poistumispisteistä**

» Liikuttaa robotin pois hitsin luota



HITSAUSROBOTIN OHJELMOINTI - KIELI

Korkean tason kieli

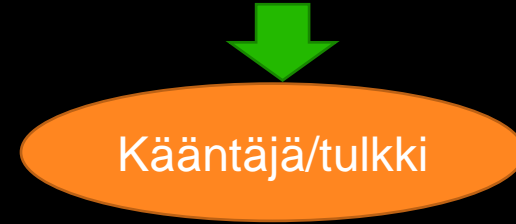
- » Robottien käyttämä kieli on yleensä robottivalmistajakohtaista
 - » Erityisesti: syntaksi, datarakenteet

Liiketyyppi
MOVEJ

Koordinaatti/pulssi-arvot
-121141,-59166,-55845,17622,20287,46004

Nopeus
VJ=80

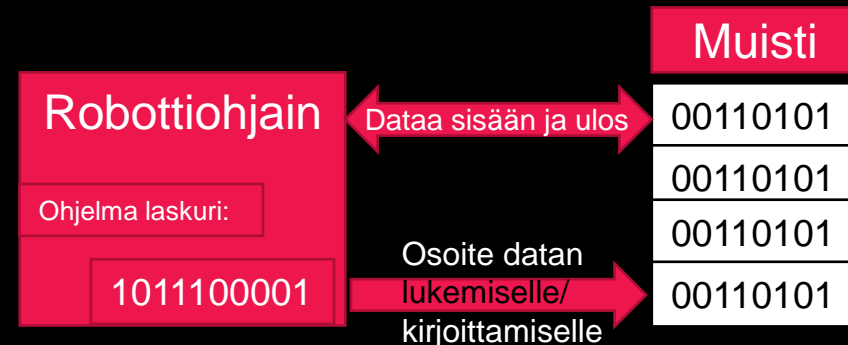
- » Kielen tarkoitus on toimia ihmisen ja robotin välisen kommunikaation välineenä, jota molemmat ymmärtävät
 - » Korkean tason ohjelmointikieli



- » Kielten käskyt tehty muistuttamaan käskyä kuvaavaa sanaa tai symbolia ja numeroarvoa
 - » Move, Speed, v100

Alhaisen tason kieli

- » Robottiohjelman korkean tason kieli käännetään alemman tason konekieleksi
 - » Kääntäjällä (compiler), perinteinen, vähän laskentatehoa vaativa tapa
 - » Tulkilla (interpreter), paljon laskentatehoa vaativa

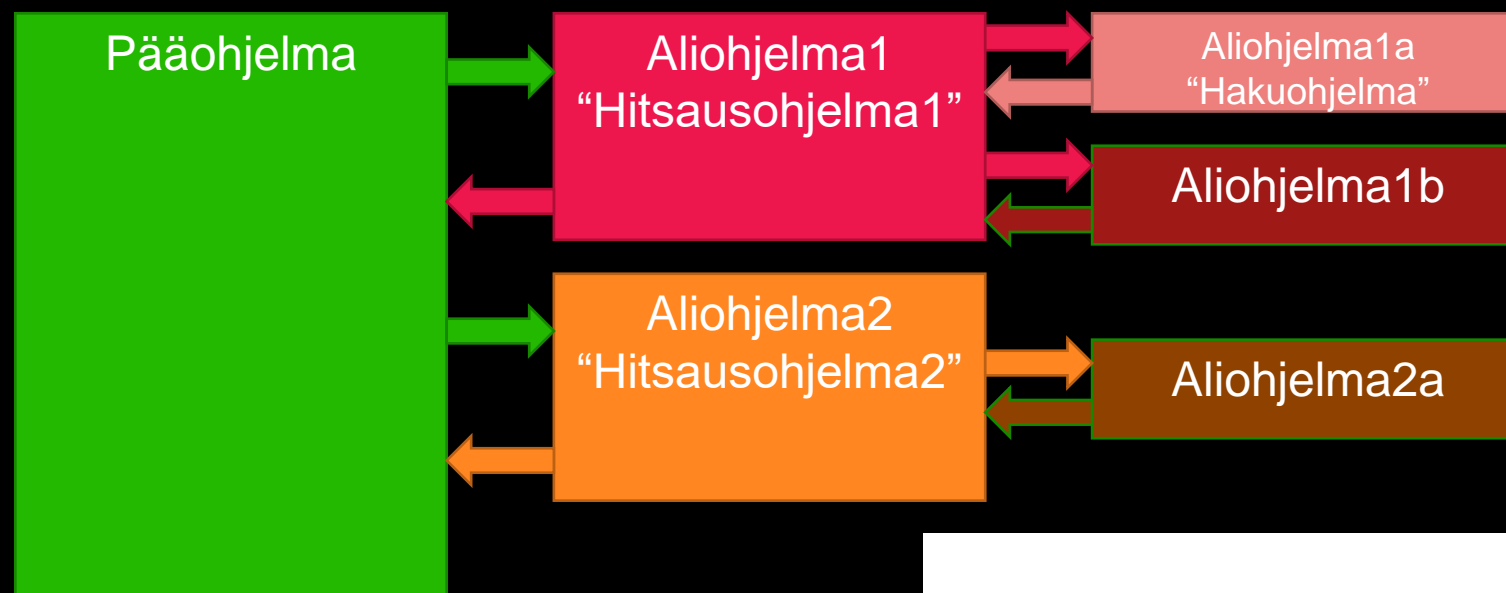


- » Konekieli numeerista, sisältää käskytyypin ja lähteen sekä kohdeosoitteen

HITSAUSROBOTIN OHJELMOINTI – OHJELMA- ARKKITEHTUURI

» Pääohjelma

- » Pyrittävä selkeyteen ja yksinkertaisuuteen
- » Lähinnä aliohjelmakutsuja



ONLINE OHJELMOINTI – OPETTAMALLA OHJELMOINTI

Opettamalla ohjelmointi

- » Robotin liikeradat ja prosessikäskyt ohjelmoidaan käyttäen käsiohjainta
- » Robottia liikutetaan haluttuun paikkaan, jonka jälkeen tallennetaan liikekäsky robotin muistiin ja jatketaan ohjelmointia liikkumalla seuraavan pisteeseen tai annetaan prosessikäsky
- » ”Kerralla valmista”
- » Havainnollista ja tarkkaa
- » Ohjelman kieli ”syntaksi” tulee varmasti oikein
- » Työlästä ja hidasta

- » Ohjelmoijan/operaattorin kokemuksella paljon merkitystä

- » Testausta ja ulottumatarkastelua
- » Robotti ohjelmoinnin ja testauksen ajan pois tuotannosta
- » Robottisolun oltava ”valmis”
- » Työasennot hankalia
 - » Näkyvyys
 - » Turvallisuus
- » Robotti voi törmätä!

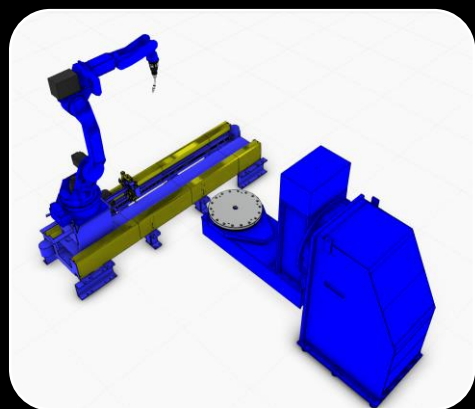


ETÄOHJELMOINTI

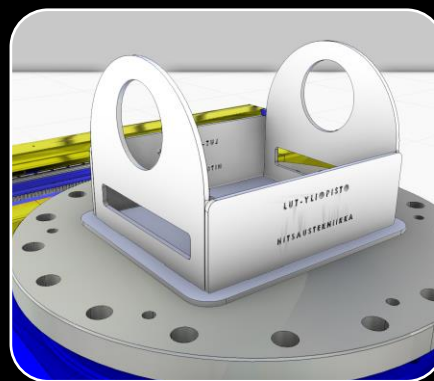
- » Nykyisin yleistynyt huomattavasti
- » Etäohjelmointiohjelmistossa 3D-malli fyysisestä robottiasemasta
- » Työkappale voidaan tuoda etäohjelmointiohjelmistoon CAD-mallina
- » Voidaan käyttää robottiaseman ja tuotannon suunnitteluun
 - » Fyysisen robottiaseman ei tarvitse olla vielä olemassa
- » Ohjelmointi voidaan tehdä missä vain
 - » Tuotantotiloissa
 - » Toimistolla
 - » Etätöissä
 - » Kanarian lomalla
- » Mahdollistaa ohjelmointikäskyjen automatisoinnin
- » Robotti voi olla tuotantoajossa samalla kuin ohjelmoidaan seuraavaa tuotetta
- » Vaatii kalibroinnin
- » Silti fyysisen ja virtuaalisen robottiasemien välillä voi olla eroavaisuuksia



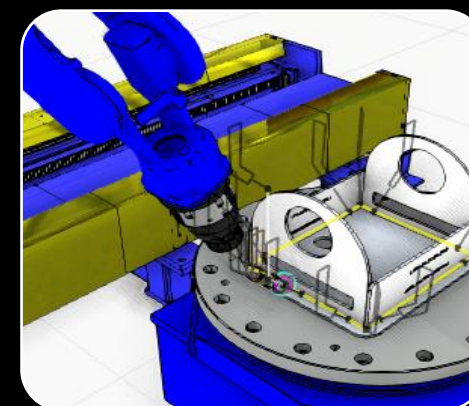
ETÄOHJELMOINTI: OHJELMOINTIVAIHEET



1. Mallinna robottiasema
ja kalibroi



2. Tuo työkappale malliin

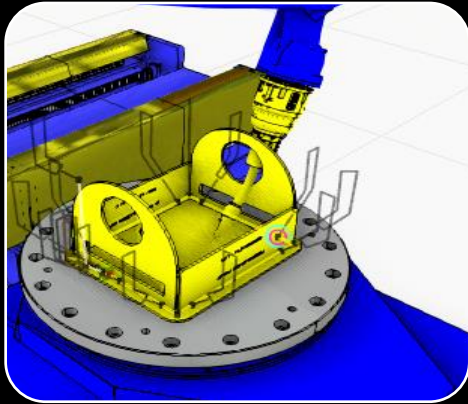


3. Luo ohjelmat



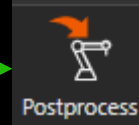
Euroopan unionin
osarahoittama

ETÄOHJELMOINTI: OHJELMOINTIVAIHEET



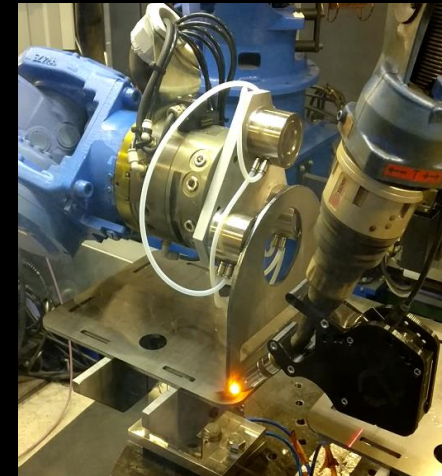
W3 has issues:
- P1: exceeded joint limits: JX

- PTP P1 TCP UFRAME0 100%
- LIN P2 TCP UFRAME0 1000mm/s
- Delay 1s
- W1 [TCP, UFRAME0, Defaults, 0]
 - <no references, 10 positions>
- LIN P3 TCP UFRAME0 1000mm/s
- PTP P4 TCP UFRAME0 100%



```

#
/NAME LUT_CELL_TRAINING2
/POS
//NPOS 2,2,2,0,0,0
//TOOL 2
//POSTYPE PULSE
//PULSE
00000=0,0,0,0,0,0
00001=-64896,60258,-6839,-24508,41892,23001
//TOOL 0
C00000=0
C00001=0
C00000=0,0
C00001=0,0
//INST
//DATE 2020/05/28 16:00
//ATTR SC,RW
//GROUP1 RB1,BS1
//GROUP2 ST1
OP
LUT_CELL_TRAINING2
OVJ C00000 BC00000 VJ=100.00 +MOVJ EC00000 VJ=100.00
OVJ C00001 BC00001 VJ=100.00 +MOVJ EC00001 VJ=100.00
    
```



4. Simuloi ja testaa ohjelma. Korjaa törmäykset ja muut vikatilanteet pois.

5. Käännä ohjelma robottikielelle ja lataa ohjelma robottiohjaimelle

6. Testaa ja aloita tuotanto





ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON ETÄOHJELMOINTI JA SIMULOINTI

- » Yleistä
- » Hitsausrobotin etäohjelmointi
- » Robottihitsaustuotannon simulointi



**Euroopan unionin
osarahoittama**

YLEISTÄ

- » **Robottihitsaustuotannon simulointi** ja **hitsausrobottien etäohjelmointi** sisältävät huomattavan paljon päällekkäisiä vaiheita ja kuuluvat limittäin toistensa viitekehyksiin
- » **Robottihitsaustuotannon simulointi** on laajempi käsite ja se voidaan käsittää:
 - » Robottihitsausaseman simulointina
 - » Robottihitsaus tuotantolinjaston simulointina
 - » Tehdas/tuotantolaitos simulointina
 - » Tuotteen/tuote-erän/tuote-erien tuotannon suunnitteluna ja optimointina
- » **Hitsausrobotin etäohjelmointi** on suppeampi käsite ja se käsitetään yleensä yhden robottihitsausaseman laitteiden ohjelmointina työkappaleen valmistamista varten



YLEISTÄ

»» Robottihitsautuotannon simulointi

Layout-
suunnittelu

Prosessimallinnus

Etäohjelmointi

Tuottavuuslaskelmat

Validointi ja
käyttöönnotto

Tuotannon digitaalinen kaksonen ja
laajennettu todellisuus XR (VR, AR, MR)

»» Hitsausrobotin etäohjelmointi

Mallintaminen

Kalibrointi

Ohjelmointi

Simulointi

Ohjelman kääntäminen ja
lataaminen robottiohjaimelle

Ohjelman
testaus



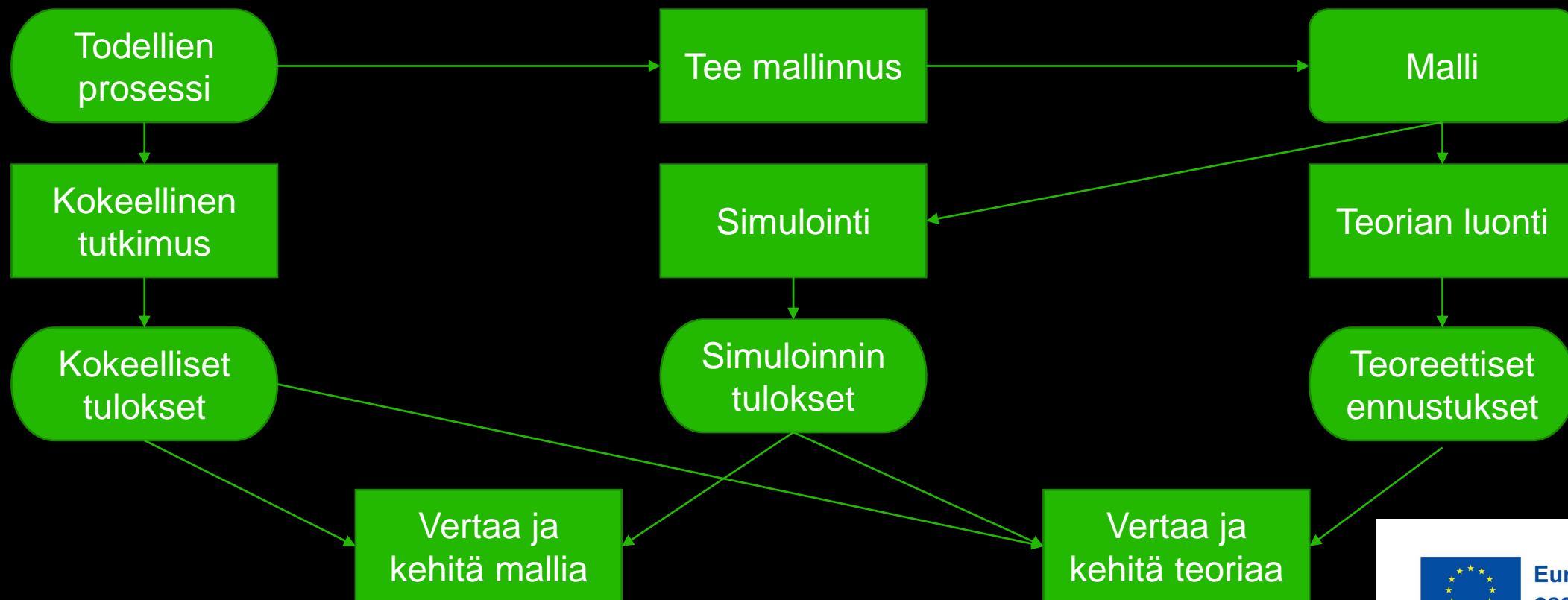


YLEISTÄ - KÄSITTEITÄ

- » Simulaatio – Todellisen maailman prosessin tai systeemin jäljitelmä tietyssä ajankohtana
- » Graafinen simulointi – Simulaation esittäminen kuvien avulla
 - » 3D tai 2D
- » Matemaattinen simulaatio – Laskennallinen jäljitelmä prosessista tai systeemistä
 - » Excel-laskelma, numeerinen laskelma
- » Malli – Prosessin tai systeemin oleellisten erityispiirteiden ja käyttäytymisen (matemaattinen)mallinnus
- » Simulaatio = Mallin kehittyminen ajan myötä



YLEISTÄ – TEORIAN JA MALLINNUKSEN YHTEYS TODELLISUUTEEN





ETÄOHJELMOINTI

- » Etäohjelmointi, ts. Offlineohjelmointi (offline-programming, OLP) on tuotannon ulkopuolista hitsausrobotin ohjelmointia
- » Etäohjelmointi tehdään tietokoneella etäohjelmointiohjelmistolla
 - » Robottivalmistajilla omat robottimerkkikohtaiset etäohjelmointiohjelmistot
 - » Kolmannen osapuolen etäohjelmointiohjelmistot sisältävät useamman robottivalmistajan robotteja
- » Etäohjelmointiohjelmistot nykyään graafisia, eli sisältävät kolmiulotteisen käyttöliittymän sekä 3D-simulointimalleja sisältävän robotti- ja oheislaitekirjaston





ETÄOHJELMOINTITAPOJA

- » Tekstipohjainen etäohjelmointi
- » “Oliopohjainen” etäohjelmointi
- » Virtuaalisella käsiohjaimella ohjelmointi
- » Graafinen etäohjelmointi
 - » Mallipohjainen
 - » Piirrepohjainen



**Euroopan unionin
osarahoittama**

ETÄOHJELMOINTITAPOJA - TEKSTIPOHJAINEN

- » Tekstipohjainen etäohjelmointi
- » Ohjelmakoodin luonti/muokkaaminen tekstieditoria käyttäen
- » Geneerinen tekstieditori
 - » Notepad
 - » Osattava koodin syntaksi
- » Etäohjelmointiohjelmiston tekstieditori
 - » Syntaksin tarkastus
 - » Pikanäppäimet ohjelmointikäskyille

```

SILTA1.JBI - Notepad
File Edit Format View Help
/JOB
//NAME SILTA1
//POS
///NPOS 27,27,27,0,0,0
///TOOL 0
///POSTYPE PULSE
///PULSE
C00000=-137154,-16173,-55376,-6501,44732,-56880
C00001=-137028,-2286,-63301,-9639,55628,-55636
C00002=-136487,5630,-60617,-10251,57593,-55514
C00003=-136281,8769,-59474,-10515,58324,-55457
C00004=-131662,9537,-60733,-7344,59697,-57605
C00005=-131662,11511,-61099,-7890,60795,-57403
C00006=-131674,10483,-60565,-7507,60020,-57542
C00007=-131477,13020,-58457,-7278,59910,-57668
C00008=-141861,15034,-53896,-14226,57326,-52902
C00009=-140543,14384,-54493,-13355,57517,-53504
C00010=-136487,5630,-60617,-10251,57593,-55514
C00011=-137028,-2286,-63301,-9639,55628,-55636
C00012=-137154,-16173,-55376,-6501,44732,-56880
C00013=-132216,-21554,-37721,-3209,32009,-59215
C00014=-132079,3226,-62861,-7024,58124,-57637
C00015=-131716,11225,-59921,-7518,59966,-57529
C00016=-131576,14387,-58679,-7730,60646,-57480
C00017=-129498,13940,-59116,-5838,60801,-58618
C00018=-128106,13700,-59357,-4544,60884,-59390
C00019=-128151,12109,-59984,-4484,60544,-59403
C00020=-114024,12277,-60111,8637,60482,-67231

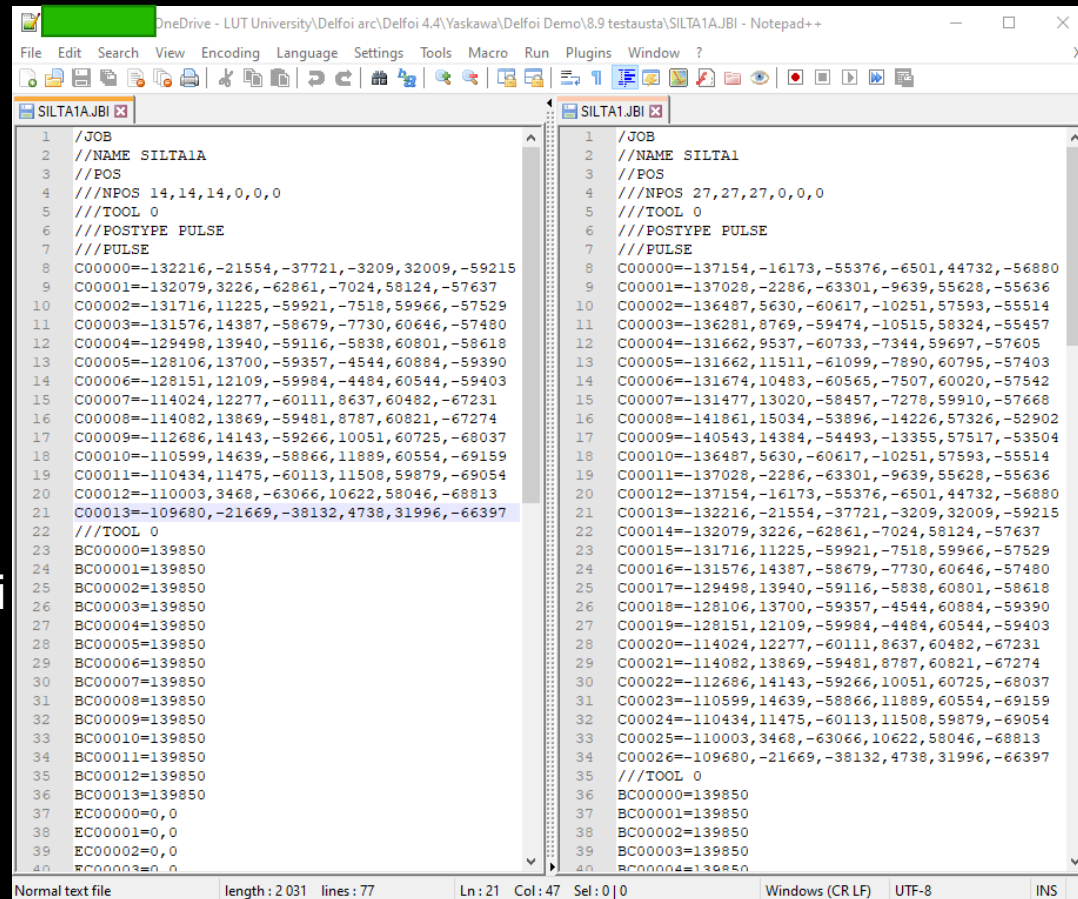
```



**Euroopan unionin
osarahoittama**

ETÄOHJELMOINTITAPOJA - TEKSTIPOHJAINEN

- » Tekstipohjainen etäohjelmointi
- » Ohjelmakoodin luonti/muokkaaminen tekstieditoria käyttäen
- » Geneerinen tekstieditori
 - » Notepad++
 - » Osattava koodin syntaksi
- » Etäohjelmointiohjelmiston tekstieditori
 - » Syntaksin tarkastus
 - » Pikanäppäimet ohjelmointikäskyille

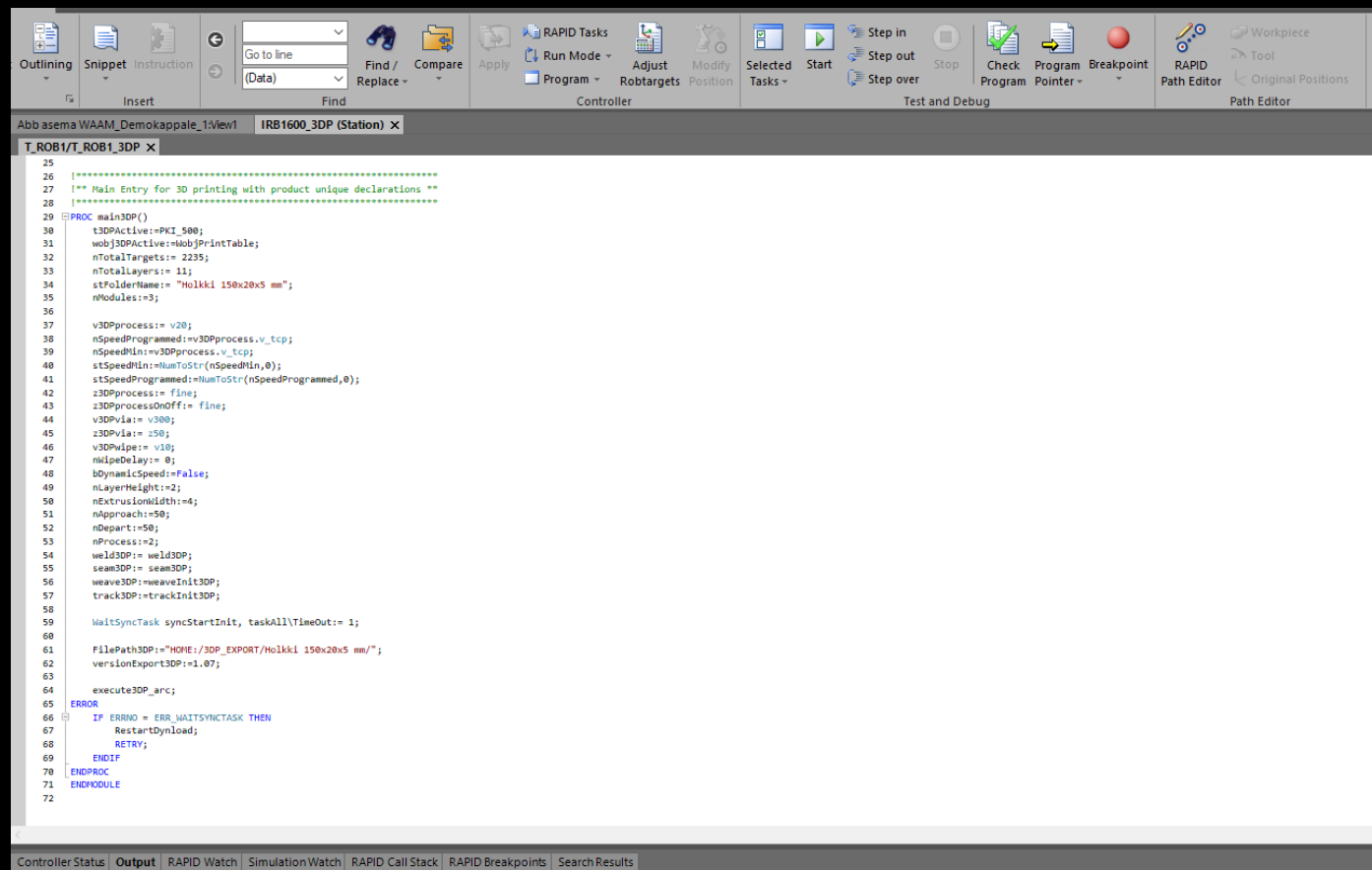


```

DneDrive - LUT University\Delfoi arc\Delfoi 4.4\Yaskawa\Delfoi Demo\8.9 testausta\SILTA1AJBI - Notepad++
File Edit Search View Encoding Language Settings Tools Macro Run Plugins Window ?
SILTA1AJBI
1 //JOB
2 //NAME SILTA1A
3 //POS
4 ///NPOS 14,14,14,0,0,0
5 ///TOOL 0
6 ///POSTYPE PULSE
7 ///PULSE
8 C00000=-132216,-21554,-37721,-3209,32009,-59215
9 C00001=-132079,3226,-62861,-7024,58124,-57637
10 C00002=-131716,11225,-59921,-7518,59966,-57529
11 C00003=-131576,14387,-58679,-7730,60646,-57480
12 C00004=-129498,13940,-59116,-5838,60801,-58618
13 C00005=-128106,13700,-59357,-4544,60884,-59390
14 C00006=-128151,12109,-59984,-4484,60544,-59403
15 C00007=-114024,12277,-60111,8637,60482,-67231
16 C00008=-114082,13869,-59481,8787,60821,-67274
17 C00009=-112686,14143,-59266,10051,60725,-68037
18 C00010=-110599,14639,-58866,11889,60554,-69159
19 C00011=-110434,11475,-60113,11508,59879,-69054
20 C00012=-110003,3468,-63066,10622,58046,-68813
21 C00013=-109680,-21669,-38132,4738,31996,-66397
22 ///TOOL 0
23 BC00000=139850
24 BC00001=139850
25 BC00002=139850
26 BC00003=139850
27 BC00004=139850
28 BC00005=139850
29 BC00006=139850
30 BC00007=139850
31 BC00008=139850
32 BC00009=139850
33 BC00010=139850
34 BC00011=139850
35 BC00012=139850
36 BC00013=139850
37 EC00000=0,0
38 EC00001=0,0
39 EC00002=0,0
40 EC00003=0,0
SILTA1AJBI
1 //JOB
2 //NAME SILTA1
3 //POS
4 ///NPOS 27,27,27,0,0,0
5 ///TOOL 0
6 ///POSTYPE PULSE
7 ///PULSE
8 C00000=-137154,-16173,-55376,-6501,44732,-56880
9 C00001=-137028,-2286,-63301,-9639,55628,-55636
10 C00002=-136487,5630,-60617,-10251,57593,-55514
11 C00003=-136281,8769,-59474,-10515,58324,-55457
12 C00004=-131662,9537,-60733,-7344,59697,-57605
13 C00005=-131662,11511,-61099,-7890,60795,-57403
14 C00006=-131674,10483,-60565,-7507,60020,-57542
15 C00007=-131477,13020,-58457,-7278,59910,-57668
16 C00008=-141861,15034,-53896,-14226,57326,-52902
17 C00009=-140543,14384,-54493,-13355,57517,-53504
18 C00010=-136487,5630,-60617,-10251,57593,-55514
19 C00011=-137028,-2286,-63301,-9639,55628,-55636
20 C00012=-137154,-16173,-55376,-6501,44732,-56880
21 C00013=-132216,-21554,-37721,-3209,32009,-59215
22 C00014=-132079,3226,-62861,-7024,58124,-57637
23 C00015=-131716,11225,-59921,-7518,59966,-57529
24 C00016=-131576,14387,-58679,-7730,60646,-57480
25 C00017=-129498,13940,-59116,-5838,60801,-58618
26 C00018=-128106,13700,-59357,-4544,60884,-59390
27 C00019=-128151,12109,-59984,-4484,60544,-59403
28 C00020=-114024,12277,-60111,8637,60482,-67231
29 C00021=-114082,13869,-59481,8787,60821,-67274
30 C00022=-112686,14143,-59266,10051,60725,-68037
31 C00023=-110599,14639,-58866,11889,60554,-69159
32 C00024=-110434,11475,-60113,11508,59879,-69054
33 C00025=-110003,3468,-63066,10622,58046,-68813
34 C00026=-109680,-21669,-38132,4738,31996,-66397
35 ///TOOL 0
36 BC00000=139850
37 BC00001=139850
38 BC00002=139850
39 BC00003=139850
40 BC00004=139850
Normal text file length : 2 031 lines : 77 Ln : 21 Col : 47 Sel : 0 | 0 Windows (CR LF) UTF-8 INS
  
```

ETÄOHJELMOINTITAPOJA - TEKSTIPOHJAINEN

- » Tekstipohjainen etäohjelmointi
- » Ohjelmakoodin luonti/muokkaaminen tekstieditoria käyttäen
- » Geneerinen tekstieditori
 - » Notepad tai vastaava
 - » Osattava koodin syntaksi
- » Etäohjelmointiohjelmiston tekstieditori
 - » ABB robotstudio
 - » Syntaksin tarkastus
 - » Pikanäppäimet ohjelmointikäskyille



```

25
26
27 ! ** Main Entry for 3D printing with product unique declarations **
28 ! *****
29 PROC main3DP()
30   t3DPActive:=PKI_500;
31   wob3DPActive:=MobjPrintTable;
32   nTotalTargets:= 2235;
33   nTotalLayers:= 11;
34   stFolderName:= "Holkki 150x20x5 mm";
35   nModules:=3;
36
37   v3DPProcess:= v20;
38   nSpeedProgrammed:=v3DPProcess.v_tcp;
39   nSpeedMin:=v3DPProcess.v_tcp;
40   stSpeedMin:=NumToStr(nSpeedMin,0);
41   stSpeedProgrammed:=NumToStr(nSpeedProgrammed,0);
42   z3DPProcess:= fine;
43   z3DPProcessDoff:= fine;
44   v3DPVia:= v300;
45   z3DPVia:= a50;
46   v3DPWipe:= v10;
47   nIpeDelay:= 0;
48   bDynamicSpeed:=False;
49   nLayerHeight:=2;
50   nExtrusionWidth:=4;
51   nApproach:=50;
52   nDepart:=50;
53   nProcess:=2;
54   weld3DP:= weld3DP;
55   seam3DP:= seam3DP;
56   weave3DP:=weaveInit3DP;
57   track3DP:=trackInit3DP;
58
59   WaitSyncTask syncStartInit, taskAllTimeOut:= 1;
60
61   FilePath3DP:="HOME;/3DP_EXPORT/Holkki 150x20x5 mm/";
62   versionExport3DP:=1.07;
63
64   execute3DP_arc;
65
66 ERROR
67 IF ERRNO = ERR_WAITSYNCTASK THEN
68   RestartDynload;
69   RETRY;
70 ENDIF
71 ENDPROC
72 ENDMODULE

```

ETÄOHJELMOINTITAPOJA - TEKSTIPOHJAINEN

- » Toimintokäskyjen muokkaus
- » Ohjelman logiikan luonti
- » Hitsausarvojen muuttaminen
- » Rivien ja merkkien muokkaaminen
- » Robotille ei kuitenkaan kannata luoda täysin uusi paikoituspisteitä, mutta olemassa olevia voi muokata
 - » Tiedettävä miten ja mihin suuntaan muokattu arvo vaikuttaa

```

T_ROB1/T_ROB1_3DP x
29 PROC main3DP()
30   t3DPActive:=PKI_500;
31   wobj3DPActive:=WobjPrintTable;
32   nTotalTargets:= 2235;
33   nTotalLayers:= 11;
34   stFolderName:= "Holkki 150x20x5 mm";
35   nModules:=3;
36
37   v3DPprocess:= v20;
38   nSpeedProgrammed:=v3DPprocess.v_tcp;
39   nSpeedMin:=v3DPprocess.v_tcp;
40   stSpeedMin:=NumToStr(nSpeedMin,0);
41   stSpeedProgrammed:=NumToStr(nSpeedProgrammed,0);
42   z3DPprocess:= fine;
43   z3DPprocessOnOff:= fine;
44   v3DPvia:= v300;
45   z3DPvia:= z50;
46   v3DPwipe:= v10;
47   nWipeDelay:= 0;
48   bDynamicSpeed:=False;
49   nLayerHeight:=2;
50   nExtrusionWidth:=4;
51   nApproach:=50;
52   nDepart:=50;
53   nProcess:=2;
54   weld3DP:= weld3DP;
55   seam3DP:= seam3DP;
56   weave3DP:=weaveInit3DP;

```



ETÄOHJELMOINTITAPOJA - TEKSTIPOHJAINEN

» Etuja:

- » Robottituotantoajossa
- » Helppous ja nopeus
 - Tekstin muokkaus huomattavasti kätevämpää hiirellä + näppäimistöllä kuin käsiohjaimella
 - Tekstin kopiointi ja poistaminen
- » Edullinen

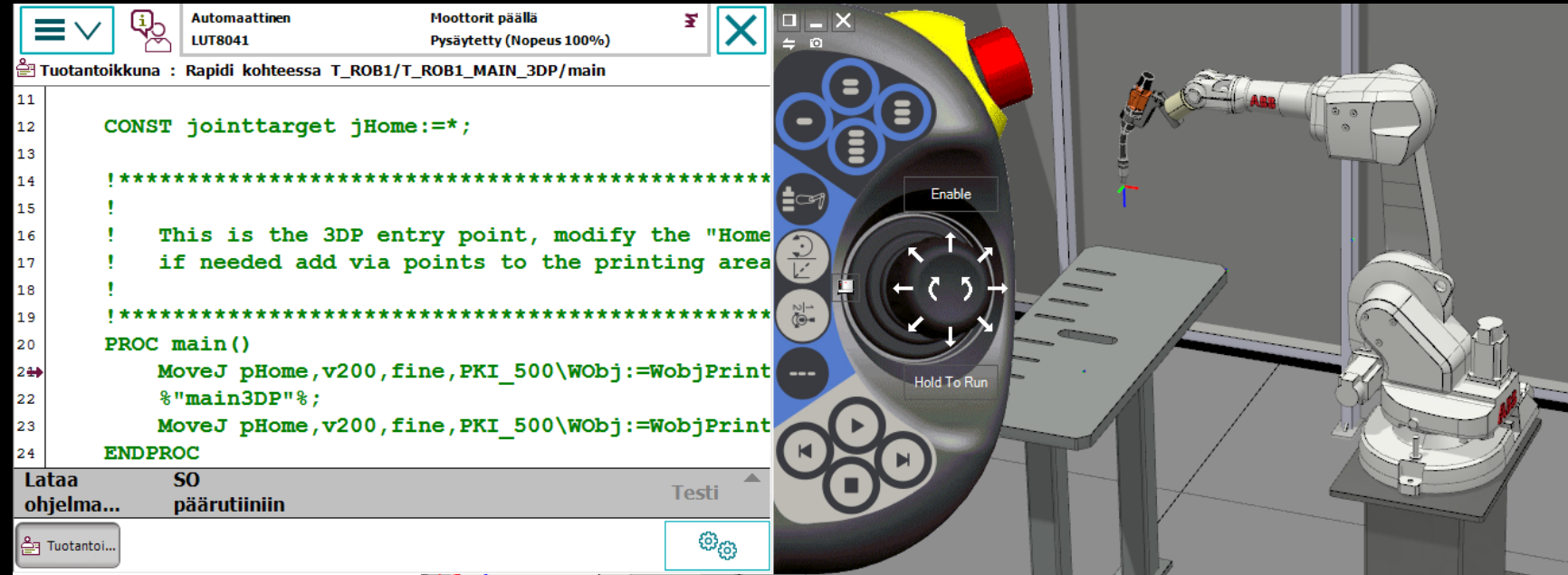
» Huonoja puolia:

- » Turvallisuus
 - Robotin liikkeiden muokkaaminen
 - Muutos $X=100$ vai vahinkopainalluksella $X=1000$
- » Syntaksivirheet
 - Kirjoitusvirheet
 - Koodin rakenteelliset virheet, oikea käsky väärässä kohdassa
- » Robotin liikekäskyjen paikoituspisteiden luonti hankalaa ja vaarallista



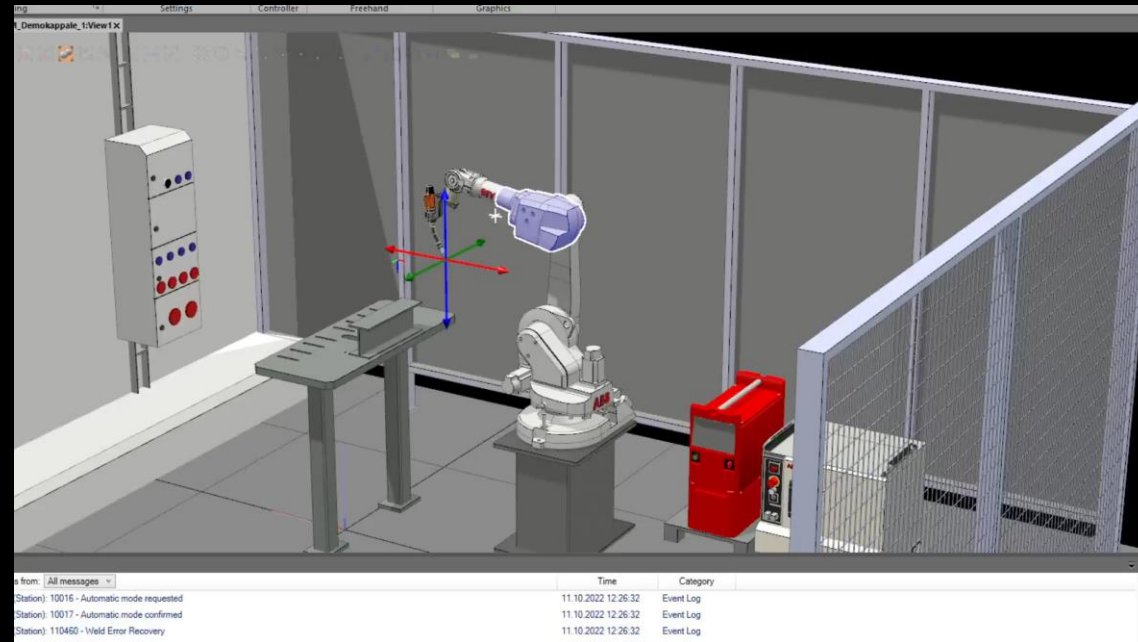
ETÄOHJELMOINTITAPOJA – VIRTUAALINEN KÄSIOHJAIN

- » Virtuaalinen käsiohjain
- » Emuloi käsiohjainta
- » Toiminta samalla periaatteella kuin käsiohjaimella
- » Ohjelmointi kuten todellisella robotilla



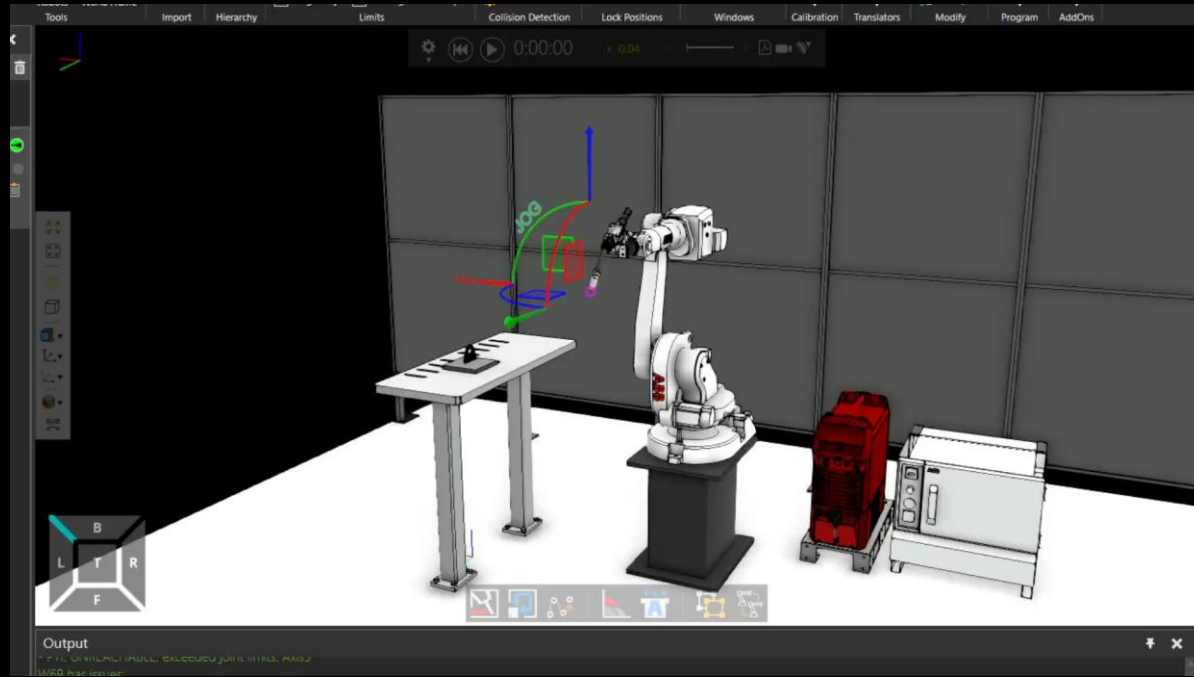
ETÄOHJELMOINTITAPOJA – MALLIPOHJAINEN

- » Mallipohjainen etäohjelmointi
- » Robotin ohjelmointi virtuaalisessa ympäristössä
- » Robotin hitsausohjelmien liikekäskyt robotiaseman ja työkappaleen 3D-mallien geometristen muotojen mukaan

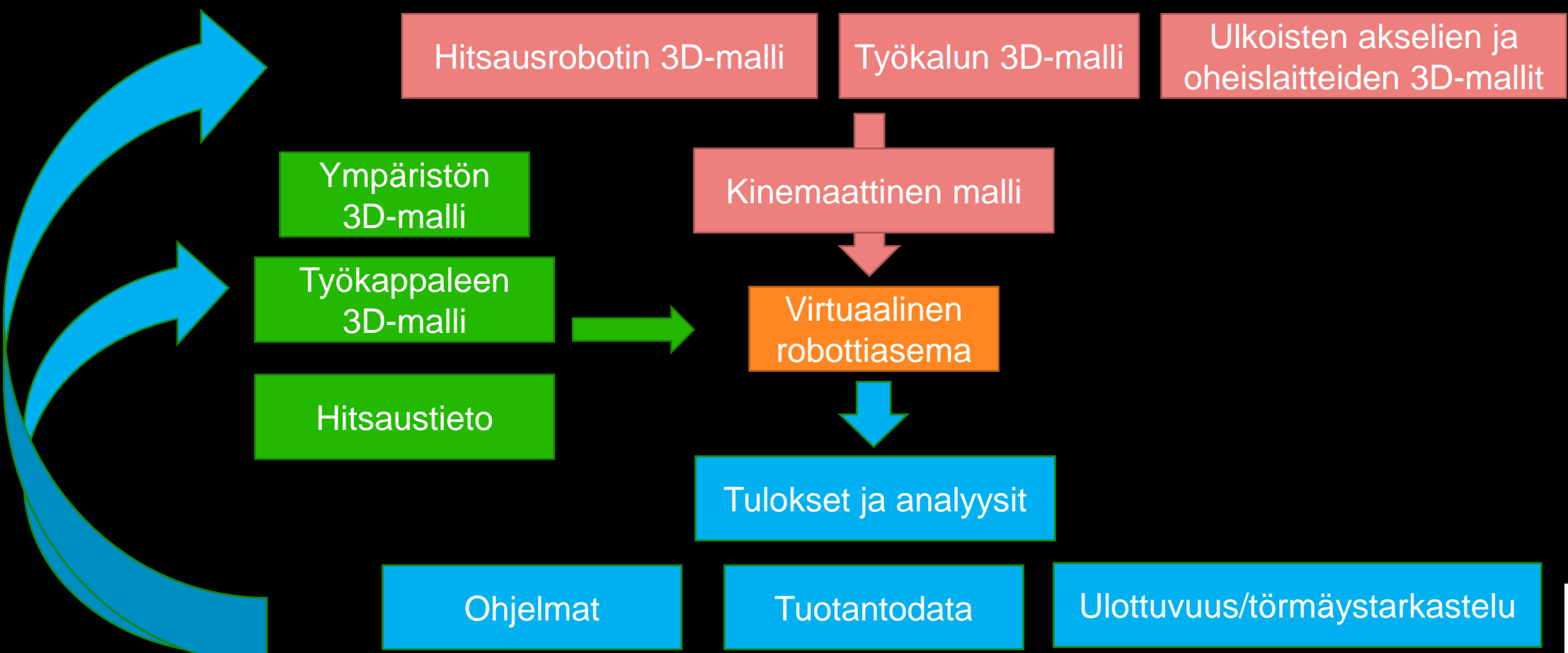


ETÄOHJELMOINTITAPOJA – PIIRREPOHJAINEN

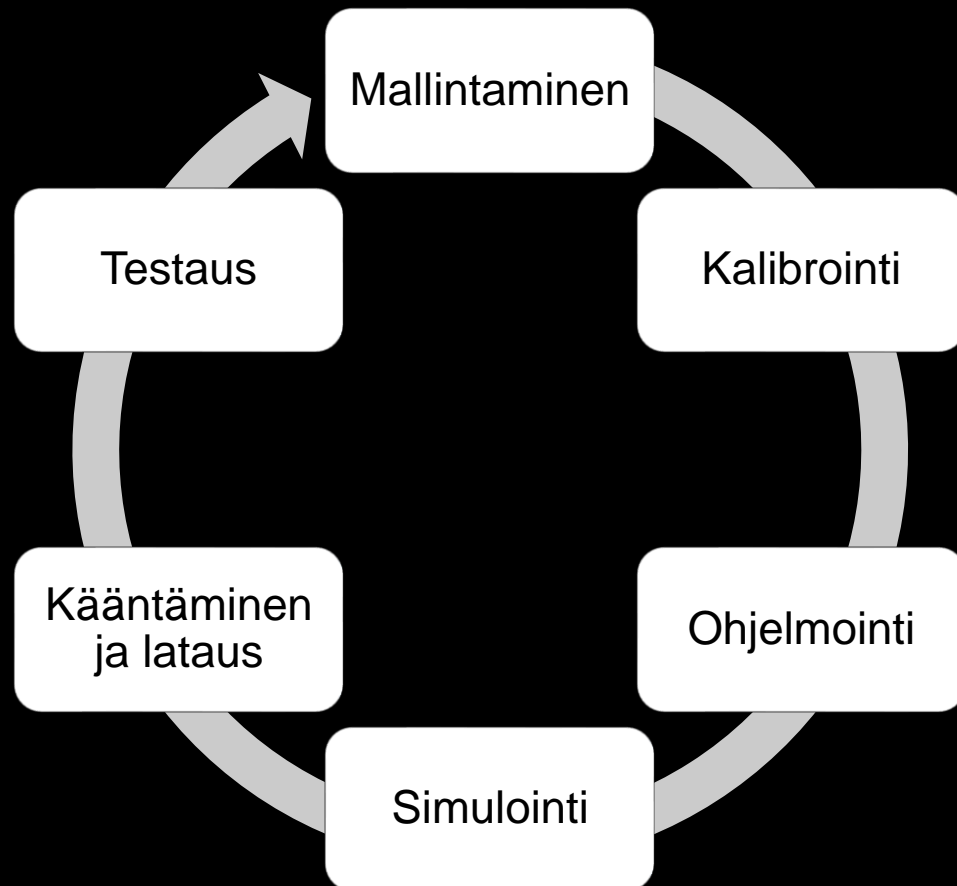
- » Piirreperohjainen etäohjelmointi
- » Robotin ohjelmointi virtuaalisessa ympäristössä
- » Robotin hitsausohjelmien liikekäskyt työkappaleen 3D-mallien geometrinen muotojen mukaan, mutta mallista tunnistettujen piirteiden mukaan
- » Automatisoi robotin ohjelmoinnin
 - » Paikoituspaikat ja polttimen asento automaattisesti piirteen mukaan
 - » Nopea



ETÄOHJELMOINTIYMPÄRISTÖ



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

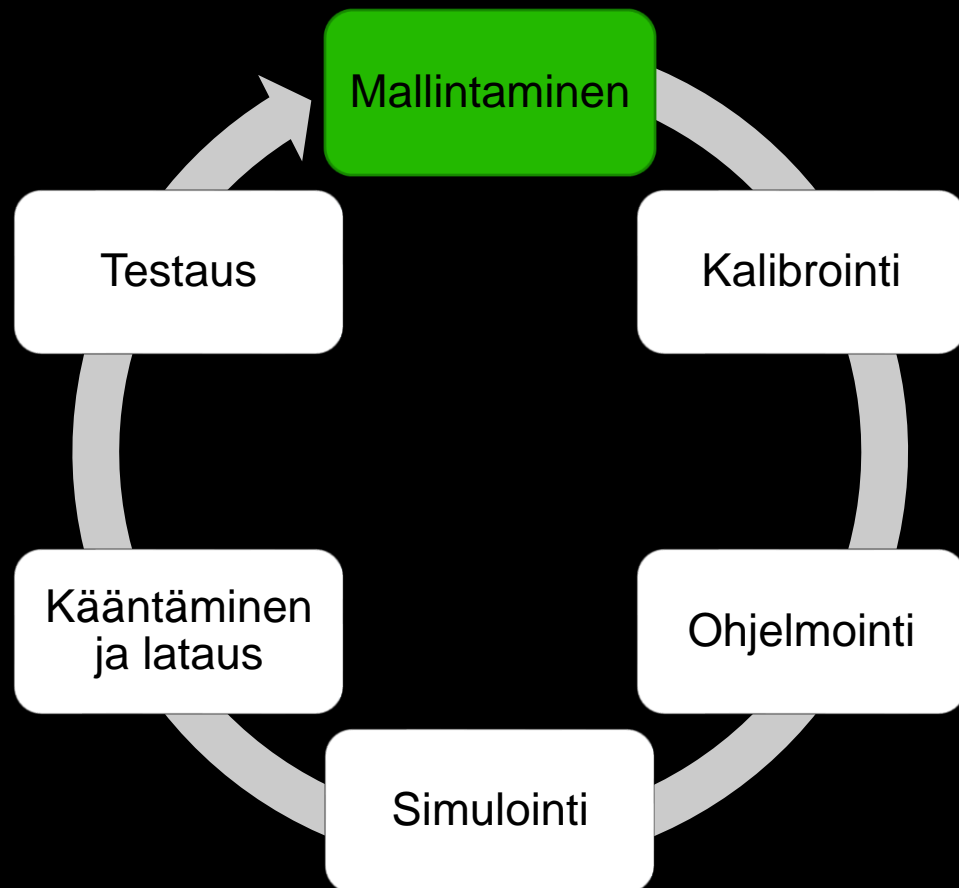


- » Etäohjelmoinnin vaiheet noudattavat kuvan mukaista työkiertoa
- » Vaiheita voidaan suorittaa myös limittäin, osittain erijärjestyksessä tai osan vaiheista voi jopa automatisoida
- » Kuitenkin jokainen etäohjelma sisältää jollakin tasolla näitä vaiheita
- » Osa vaiheista saattaa olla jo valmiina aiemmista ohjelmista tai tuotteista
- » **Täysin uuden** robottiaseman suunnittelua/hankintaa varten oltava kattava **vaatimuslista**, johon kerätään toiminnallisia yms. vaatimuksia ja toiveita asemaan liittyen



Euroopan unionin osarahoittama

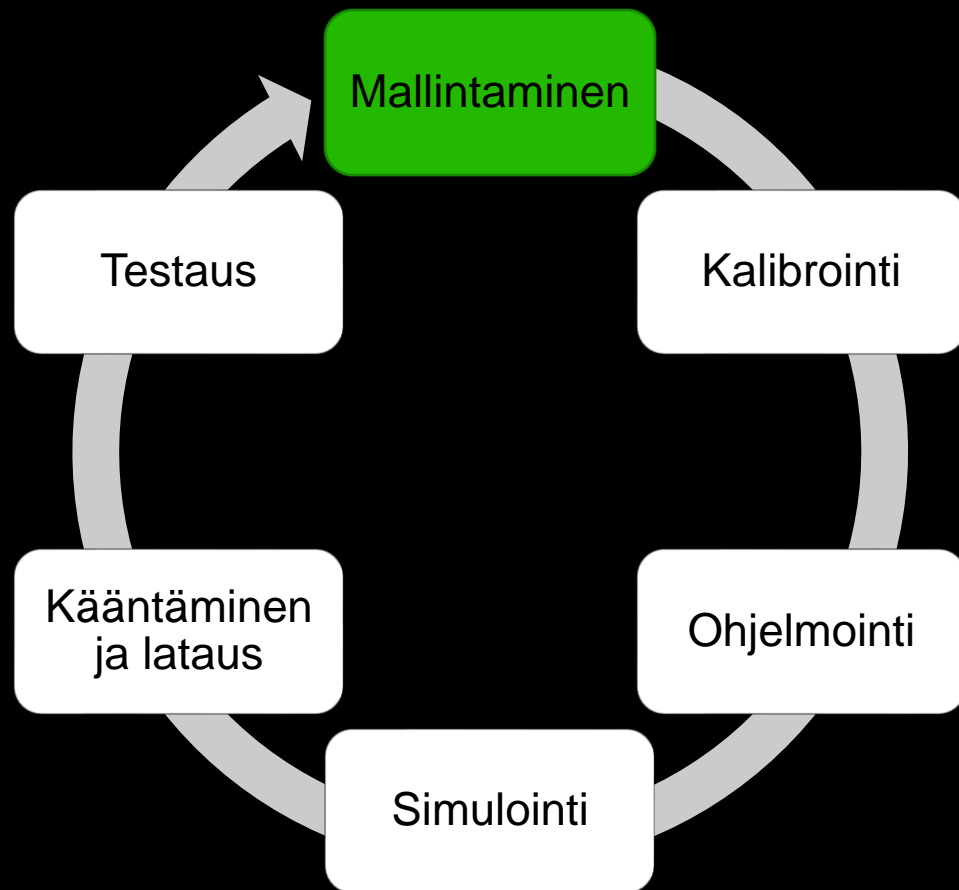
ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



- » Etäohjelmoinnissa mallintamisen vaiheeseen kuuluu ainakin:
- » Ympäristön mallinnus:
 - » Robottiaseman kaikki oleelliset oheislaitteet ja esineet, jotka ovat robotin työalueella ja/tai aiheuttavat törmäys/turvallisuusriskin
- » Robottiaseman mallinnus
 - » Hitsausrobotti, ulkoiset akselit, käsittelypöydät, muut robotit, työkalun vaihto/puhdistus/kalibrointi-piste
- » Hitsauspolttimen mallinnus
 - » Kirjastosta tai valmistajan CAD-malli
 - Voi joutua myös itse mallintamaan
 - » Optinen anturointi, jos on
- » Kiinnittimien ja jigien mallinnus
- » Työkappaleen mallinnus



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



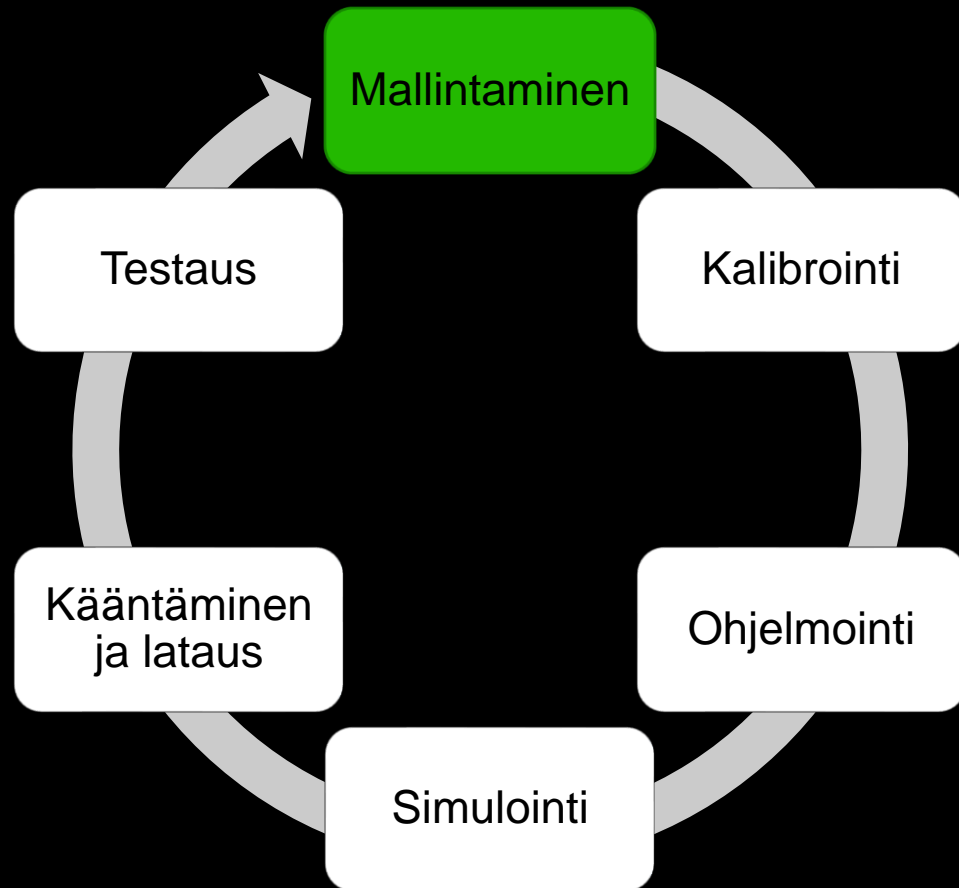
»» Mallintamisen työkaluja:

- »» Olemassaolevat CAD-kirjastot
- »» CAD-suunnitteluohjelmistot
- »» 3D-skannaus
- »» Valmistajan katalogit
- »» Piirustukset
- »» Mittaaminen



**Euroopan unionin
osarahoittama**

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



» Ympäristön ja robottiaseman mallinnus:

» Kun robottiasema on jo olemassa:

- » Etäohjelmointiohjelmistoon voidaan tuoda pohjapiirustus olemassa olevasta robottiasemasta, jonka perusteella robotti ja muut ympäristön laitteet ovat helppo sijoittaa oikealle paikalleen
- » Jos pohjapiirustusta ei ole, voidaan robotin ja muiden ympäristön laitteiden paikat mitata jostain tunnetusta kiintopisteestä, esim robotin jalustasta
 - Ympäristön laser-keilaus yms.

» Kun robottiasemaa vasta suunnitellaan:

- » Hahmotellaan robotin ja muiden ympäristön osien paikka, niin että robotille mahdollistetaan riittävä ulottuvuus tulevien tuotteiden hitsaamista varten
- » Robotti ja komponenttikirjastoja hyödyntäen eri layout-ratkaisuja on helppo kokeilla

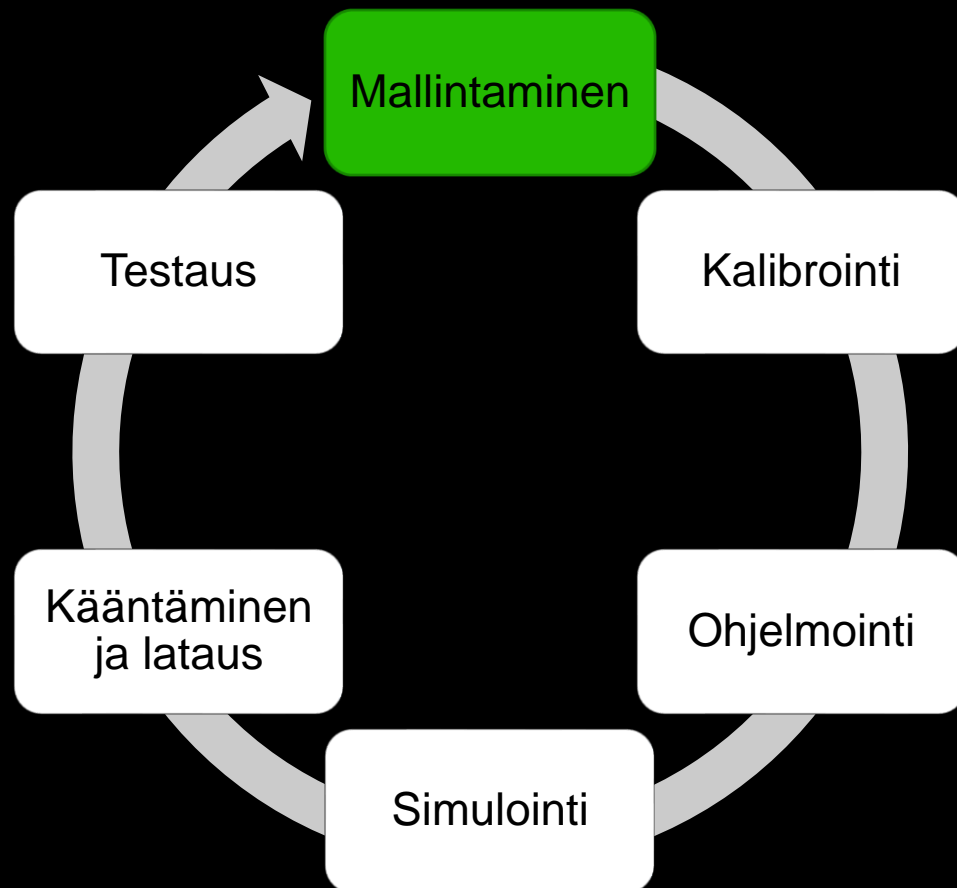
» Robotti ja ulkoiset akselit löytyvät yleensä ohjelmiston kirjastosta, muuten:

- » Laitevalmistajalta
- » Itse mallinnettava



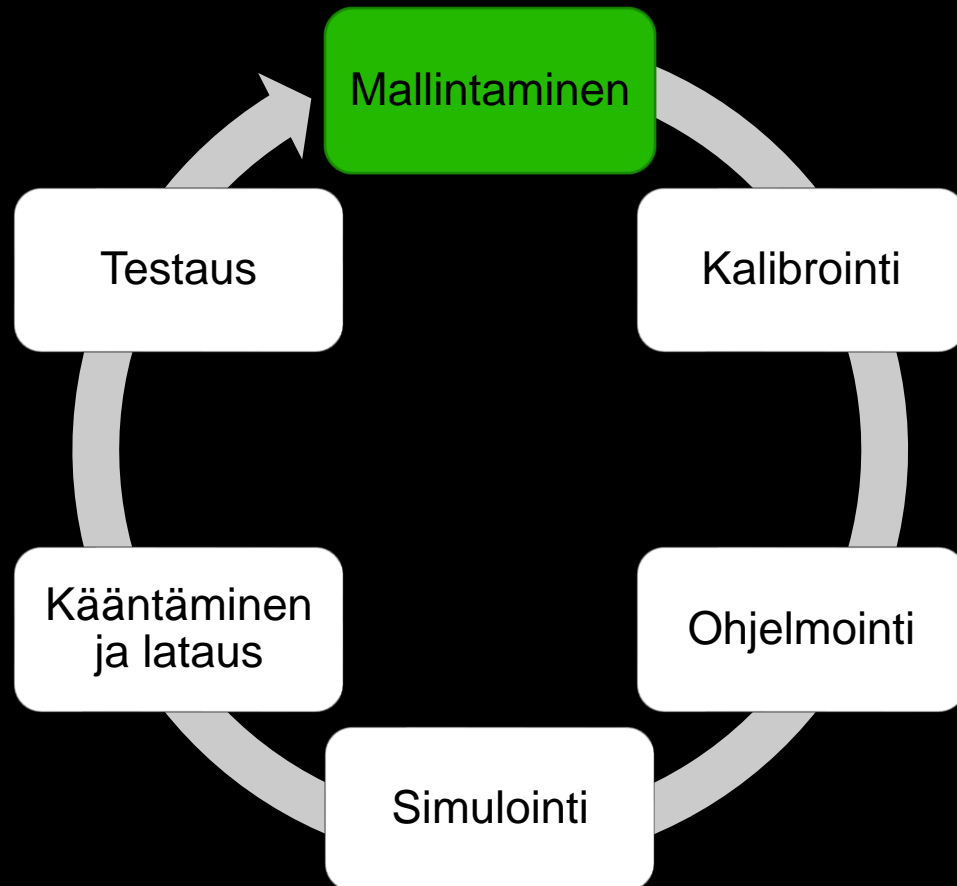
Euroopan unionin osarahoittama

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



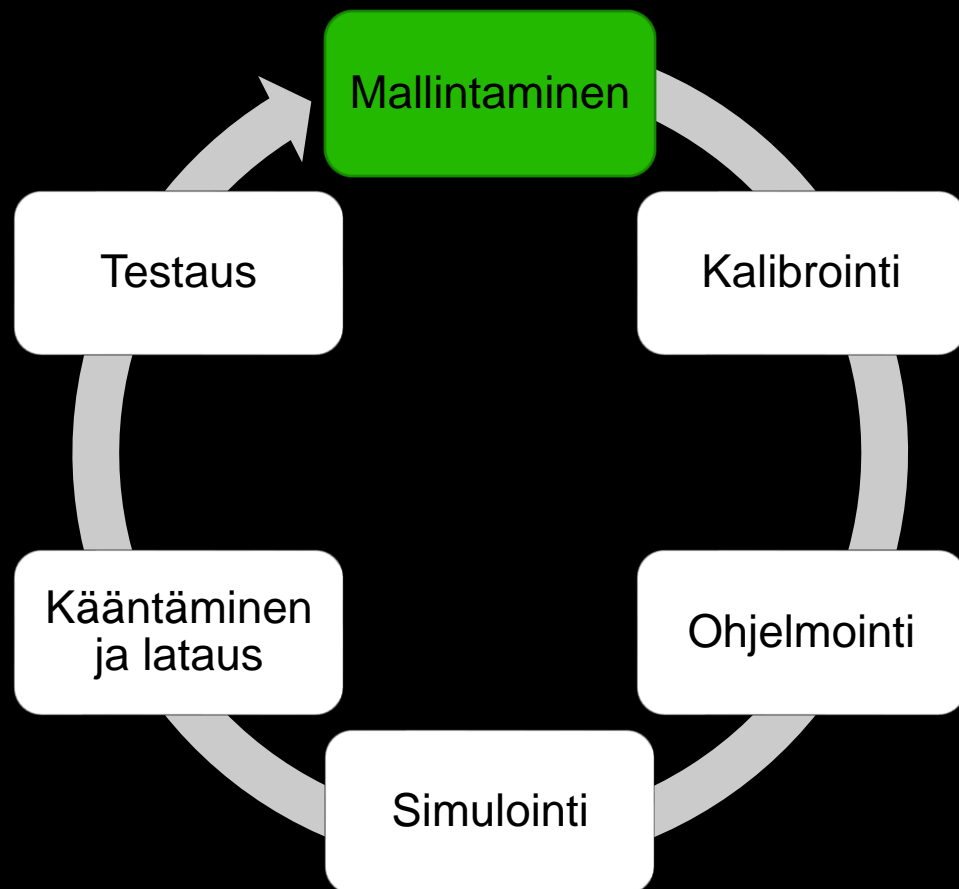
- » Layout suunnittelu:
 - » Hitsausrobotin paikka
 - » Ulkoisten akselien ja oheislaitteiden paikat
 - » Työkappaleen paikka
 - » Ulottuvuustarkastelu ja liikealuetta rajoittavat tekijät
 - Langansyöttö
 - Polttimen puhdistus
 - Anturit
 - Aidat
 - Jigit, kiinnittimet
 - Savunpoisto
 - » Turvallisuus
 - » Ergonomia
 - » Robotin käyttöaste mahdollisimman suureksi
- » Tehdään yleensä vain käyttöönoton ja isompien muutosten takia
- » Aseman mallinnuksessa lisäksi tärkeätä, että kalibroittavien komponenttien nivelpinnat ovat tarkkoja
- » Nivelliikkeiden raja-arvot oikean aseman mukaan
- » **Pahimmassa tapauksessa joudutaan mallintamaan robottien/ulkoisten akselien kinematiikkaa...**

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



- » Hitsauspoltin, optinen anturointi, kiinnittimet ja jigrit sekä työkappale, ovat tyypillisiä esineitä, jotka tuodaan etäohjelmointiohjelmistoon CAD-mallina
- » Hitsauspolttimen mallinnus oltava tarka, vaikka kalibrointi hieman pelastaakin
 - » Kirjastosta tai valmistajan CAD-malli
 - Voi joutua myös itse mallintamaan
 - **Työkalupiste!**
- » Optisen anturin käyttö heikentää luoksepäästävyyttä oleellisesti, joten jos sellaista käytetään on anturi ja sen kiinnitys mallinnettava
- » Kiinnittimien ja jigien mallinnus
 - » Aiheuttavat törmäysvaaran ja heikentävät luoksepäästävyyttä, joten tarka mallinnus tarpeen
- » Työkappaleen mallinnus
 - » Paikka ja asento oikein
 - » Railon geometria oikein
 - » Materiaali, hitsausjärjestys ja WPS-tiedot malliin mukaan!

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



» Kiinnittimien sekä jigien suunnittelu ja mallinnus

» Suunniteltava modulaarisiksi ja joustaviksi

» Kiinnitinkirjastot säästää aikaa ja resursseja

» Otettava huomioon:

» Työkappaleen asento, paikka, robotin ulottuvuus, luoksepäästävyys, törmäysten välttö, hitsauksen työvaiheet hitsausasentoineen

» Tukipisteet, kiinnittimen ja työkappaleen massakeskipiste, kiinnityskohdat

» Epätarkkuuksien sallittu keskittyminen

» Eräs tapa:

» 1. karkea rakenne

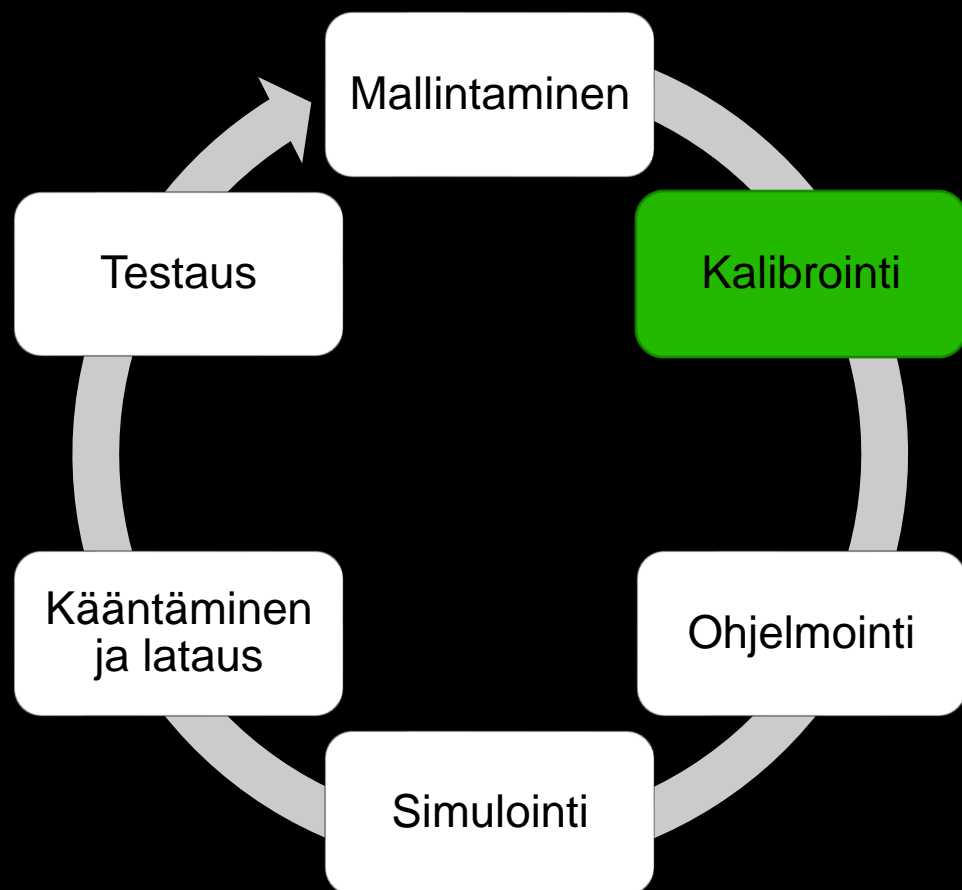
» 2. hitsausohjelma työkappaleelle

» 3. jigien rakenteen täsmäntäminen luoksepäästävyys ja törmäyksien välttö huomioiden

» 4. Tarvittavat kehitysehdotukset tuotteelle

» 5. Jigin valmistus

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



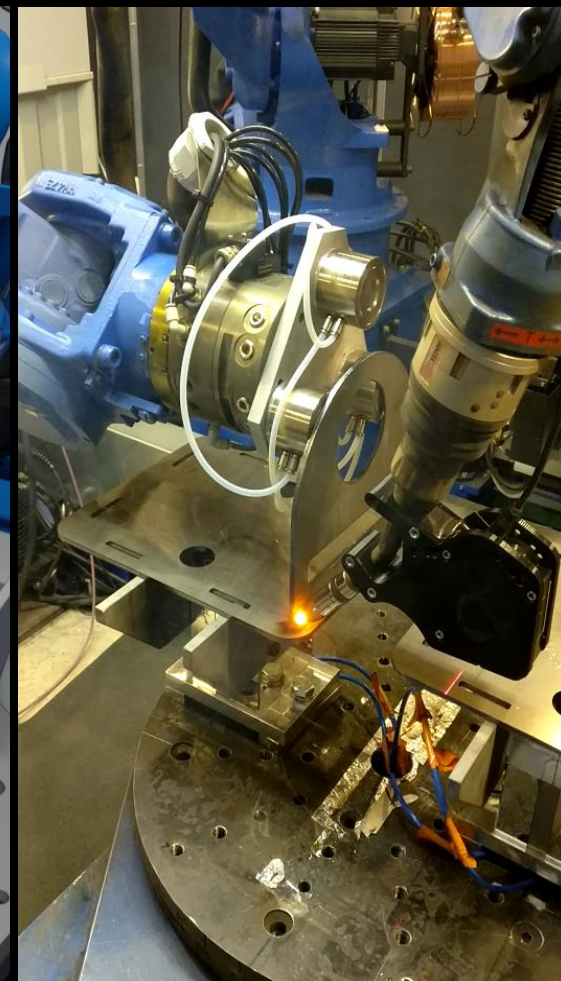
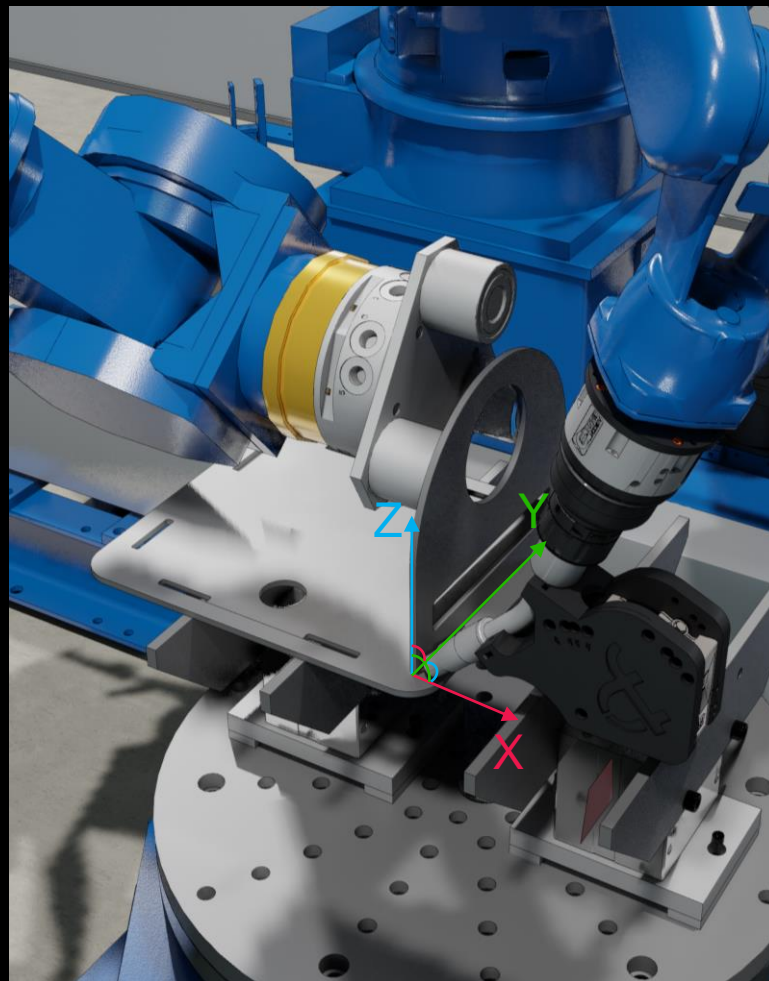
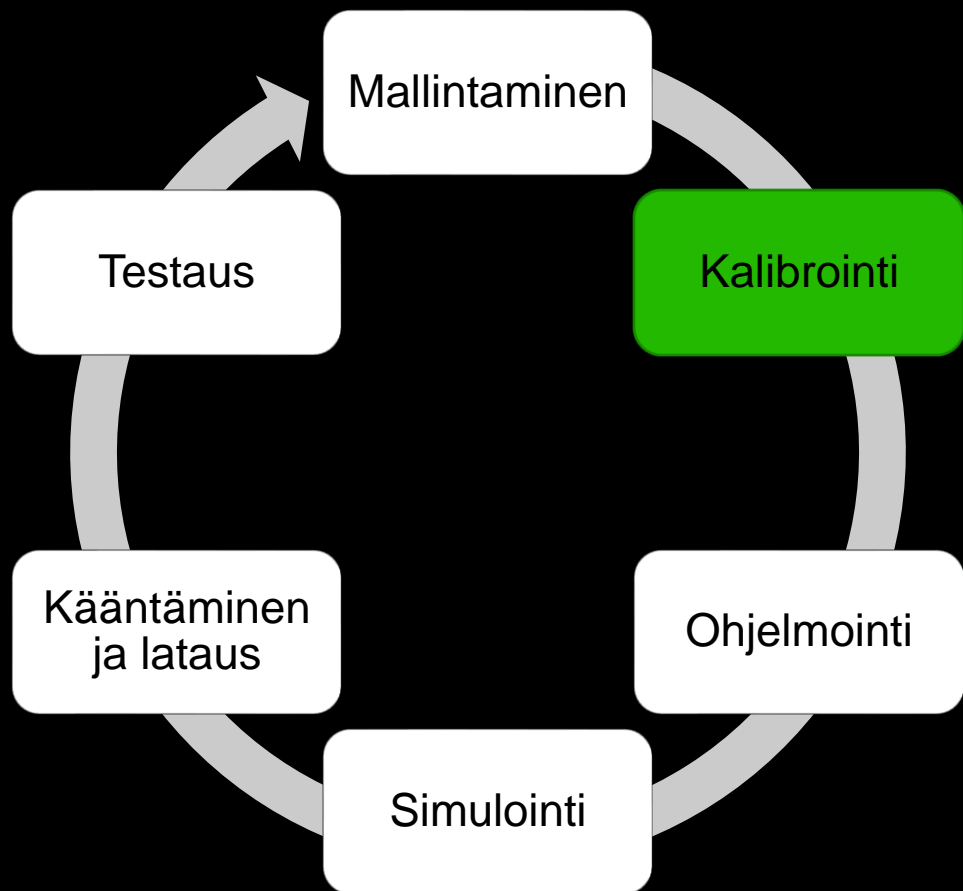
» Idealisesti todellinen robottiasema ja robottiaseman malli vastaavat toisiaan

» Näin ei kuitenkaan yleensä ole, mahdollisia virheitä:

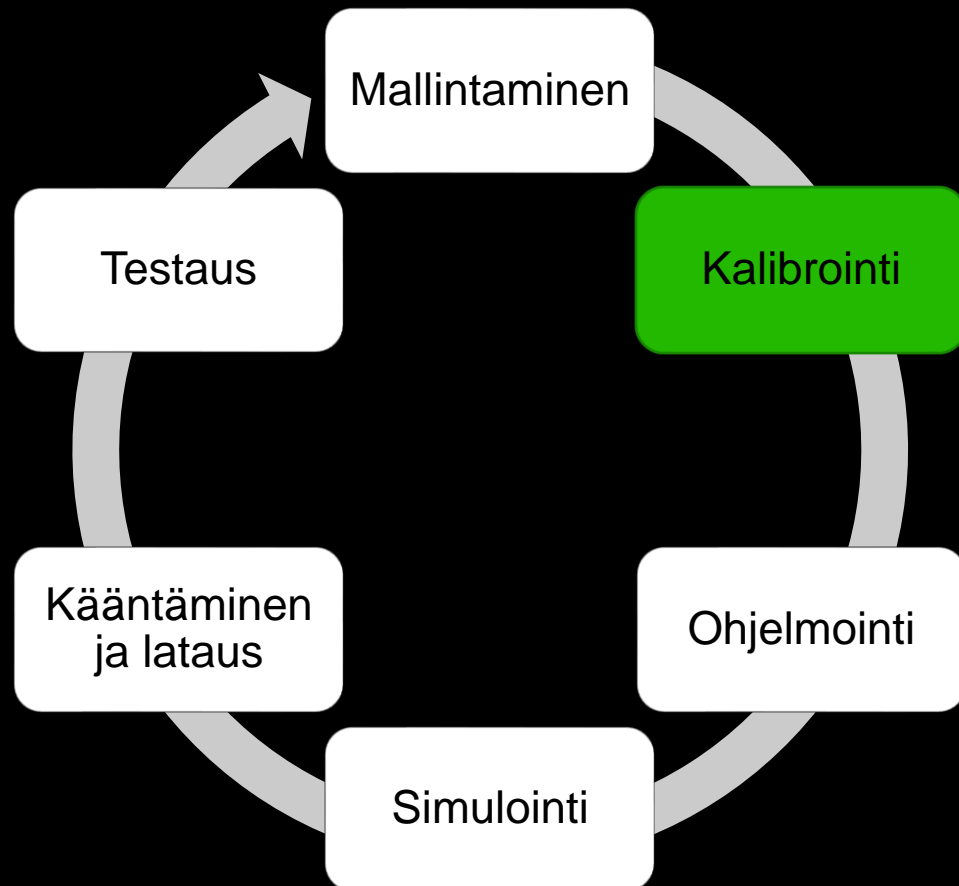
- » Robotin paikoitustarkkuus
- » Robotin ratatarkkuus
- » Hitsauspolttimen asennustarkkuus
- » Työkalun määrittäminen
- » Työkalun kuluma/vääntymiset
- » Kohdepisteen määrittäminen tarkkuus
- » Työkappaleen kiinnityksen tarkkuus
- » Työkappaleen valmistuksen tarkkuus
- » Työkappaleen geometriset muodonmuutokset hitsauksen aikana
- » Ulkoisten akselien paikoitus- ja ratatarkkuus
- » Ulkoisten akselien suhde robotin paikkaan

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

Löydä erot todellisen robottiaseman ja virtuaalisen aseman välillä

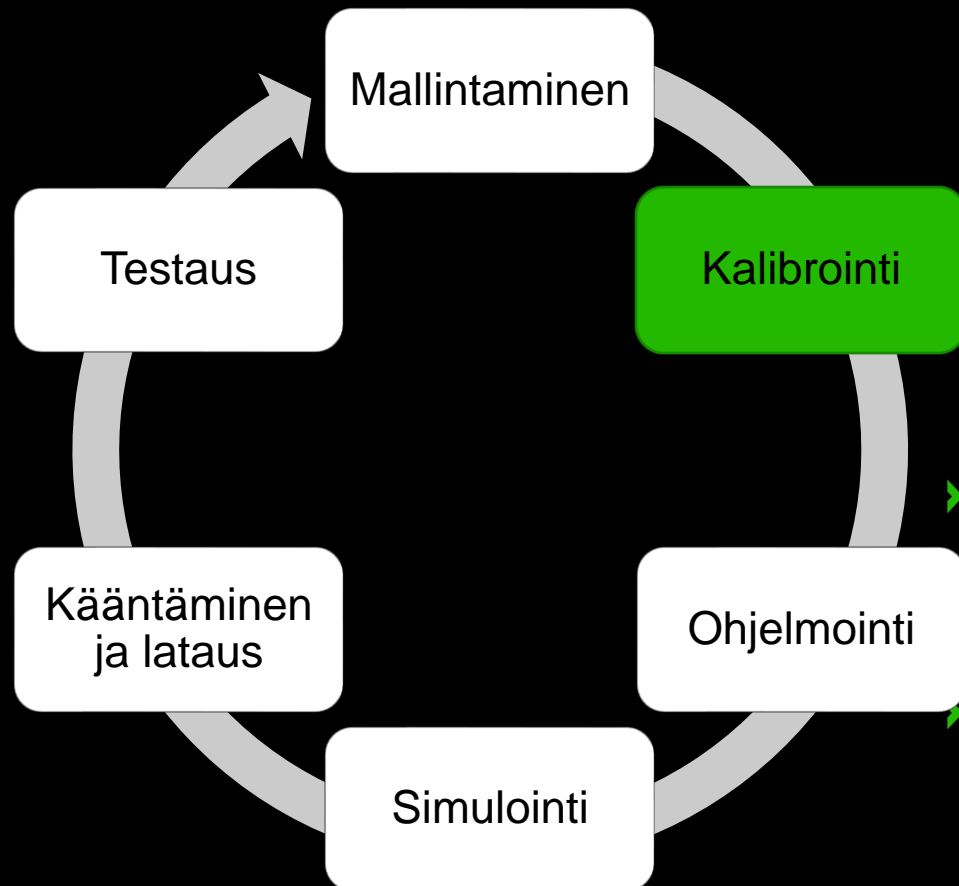


ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



- » Virhelähteiden pääsyy löytyy robottiohjaimen robotin kinematiikan ja virtuaalimallin kinematiikan eroavaisuuksista:
 - » Nivelten nolla-asentojen virhe
 - » Nivelpituuksien eroavaisuus
 - » Nivelten liitoskohtien suuntaamisvirheet
 - » Ulkoisten akselien virheet
 - » Työkalun eroavaisuudet
 - » Ympäristötekijät, kuormat, välykset, lämpötila
- » Kalibrointi mahdollistaa robottiaseman mallin tarkkuden
- » Kalibroinnin tarkkuusvaatimukset riippuvat käytetystä prosessista, käytössä olevasta anturoinnista sekä hakurutiineista
 - » Robottihitsauksessa tarkat vaatimukset

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



» Kalibrointi etäohjelmointiohjelmistoon:

» Todellisen aseman robotti mittalaitteena

- Yksinkertainen ja tarka menetelmä, kunhan itse robotti on tarkka
- Mittaa ympäristöä suhteessa robottiin
- Edullinen ja nopea
- Pienet virhelähteet keskiarvottuvat vaikutuksiltaan mitättömiksi

» Työkalupisteen kalibrointi

- Pienimmän neliösumman menetelmällä

» Työkappaleen kalibrointi

- 6/9 pisteen menetelmä
- Pienimmän neliösumman menetelmä

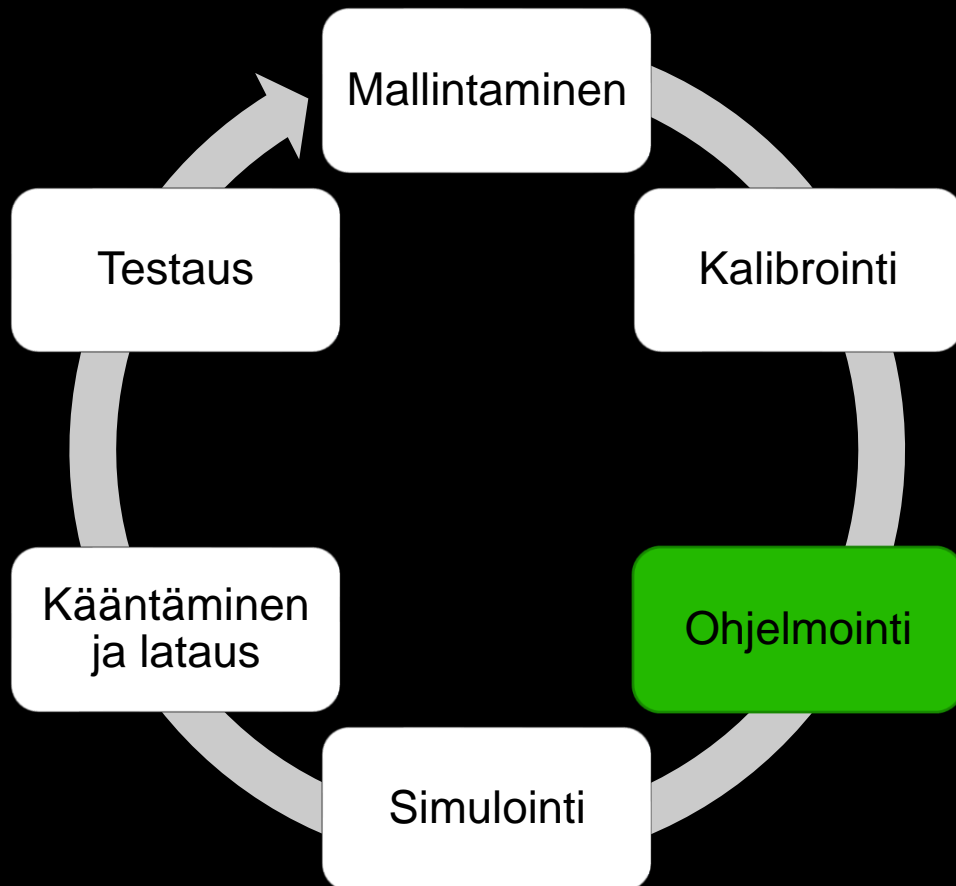
» Robotin radan kalibrointi

» Kappaleenkäsittelijän kalibrointi

» Kalibrointi ohjelmat ylösdataan (upload) robotti ohjaimelta etäohjelmointiohjelmistoon ja ajetaan ohjelmiston omat kompensointi- ja kalibrointityökalut

» Testataan kalibroinnin onnistuminen alaslataamalla kalibroidut ja kompensoidut ohjelmat robottiasemaan

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



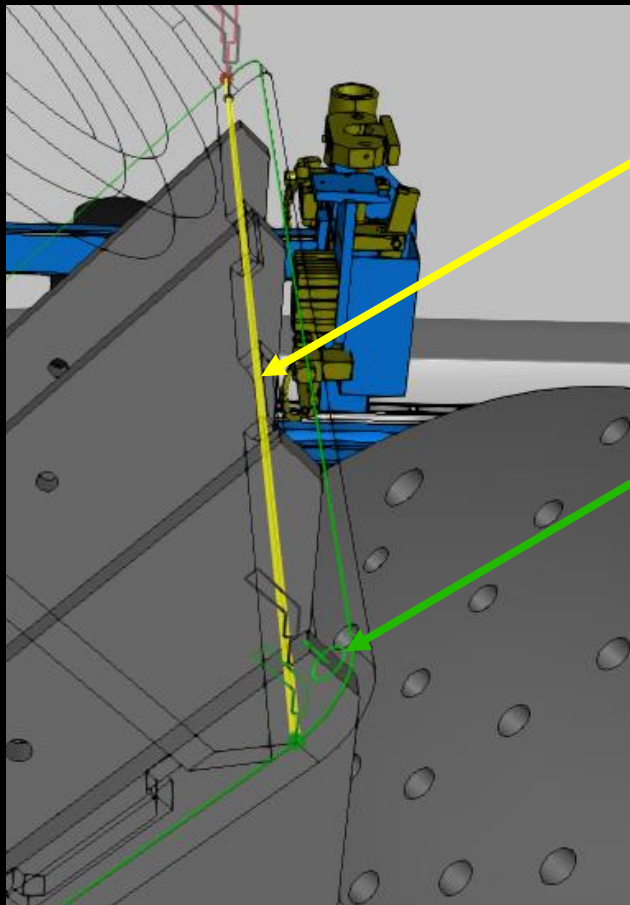
- Hitsausohjelman etäohjelmointi
- Ohjelmarakenne kannattaa tehdä selkeäksi ja noudattaa yhteistä ohjelmointityyliä
 - Pääohjelma selkeä ja yksinkertainen
 - Hitsausohjelmat aliohjelmina
 - Järkevä osakokonaisuus per aliohjelma
 - Esim. Kappale aina yhdessä asennossa aliohjelmassa
 - Kommentointi parantaa ohjelman selkeyttä ja ymmärrettävyyttä huomattavasti



Euroopan unionin osarahoittama



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



Tunnistettu railo

Valitsin

- » Hitsausohjelman etäohjelmointi
- » Hitsausohjelman voi tehdä **käsin** tai etäohjelmointiohjelmiston työkaluja hyödyntäen
 - » Käsin: Samat periaatteet kuin online-ohjelmoinnissa
 - » Työkaluilla: Suurin osa ohjelmoinnista automatisoitavissa
 - Tiedettävä työkalun oikeaoppinen käyttö
- » Luodaan liikerata turvalliseen kohtaan työkappaleen/railon lähetyville
- » Nykyaikaiset etäohjelmointiohjelmit sisältävät työkaluja joilla valitaan työkappaleesta piirre, eli railo joka hitsataan.
- » Piirteen/railon etsinnälle voidaan asettaa ehtoja
 - » Railon pituus, etsintäaskeleen pituus, kulmien tai rakojen asetukset, ympyrä tai käyrät hitsit
- » Valinnan jälkeen työkalu luo automaattisesti tyypillisen hitsausliikeradan
 - » Lähestymisliikerata
 - » Hitsausliikerata
 - » Poistumisliikerata



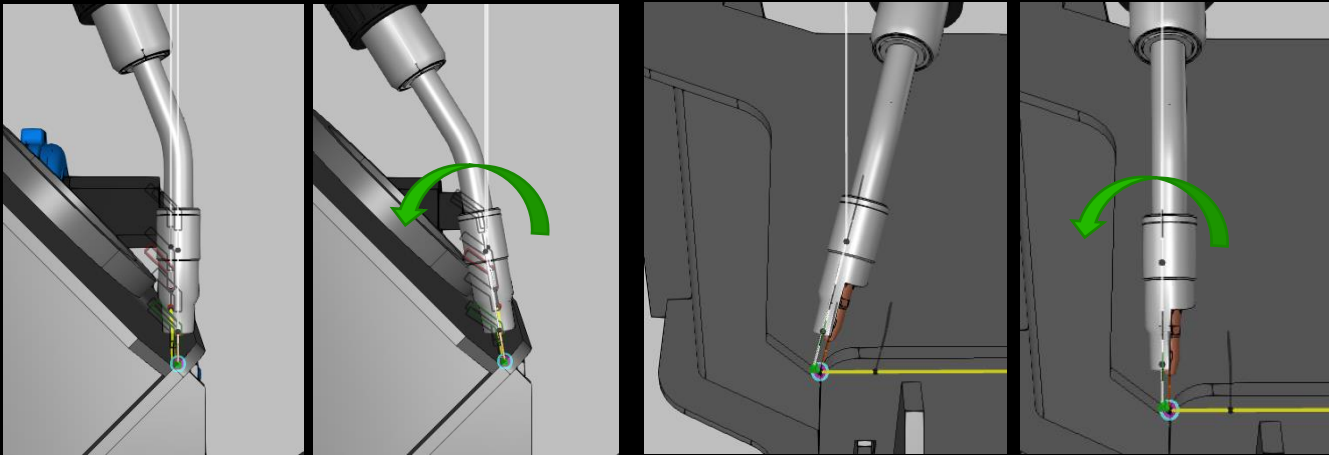
Euroopan unionin osarahoittama

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



» Hitsausliikeradan luomisen jälkeen luotuja pisteitä voidaan muokata ja testata

- » Käytettävä koordinaatisto, työkalu, konfiguraatio
- » Lähestymis- ja poistumispisteiden etäisyys työkappaleesta sekä lähestymis/poistumisakseli ja –suunta
- » Hitsin pituus, aloitus- ja lopetuspisteiden paikan säätö
- » Työkalun asento ja suunta, poltinkulma ja kallistuskulma
- » Hitsiliikeradan poikkeutus
- » Ulkoisten akselien säätö
 - Robotin liikuttaminen lineaariradalla, portaalissa
 - Pyörityspöydän/grillin kääntäminen ja hitsausasennon säätö
- » Muut hienosäätöasetukset
- » Hitsiliikeradan nopea simulointi ja tarkastelu



W32 has issues:

- P1: UNREACHABLE
- P6: exceeded joint limits: U
- P7: exceeded joint limits: U
- P8: exceeded joint limits: U
- P9: exceeded joint limits: U
- P10: exceeded joint limits: U
- P11: exceeded joint limits: U

W32 is OK (reachability, singularity and joint limits of individual path targets)

Etäohjelmointiohjelmistot osaavat kertoa mahdollisista ongelmista piste- ja ongelmakohtaisesti



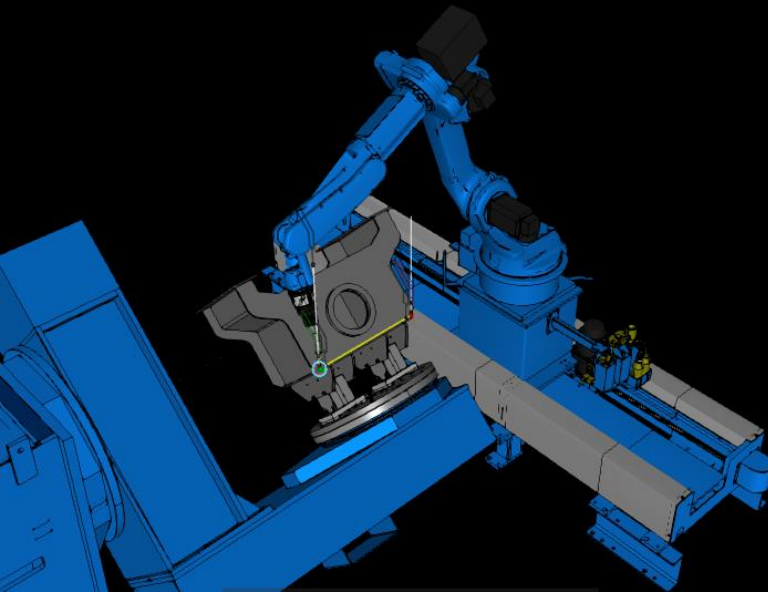
Euroopan unionin osarahoittama

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

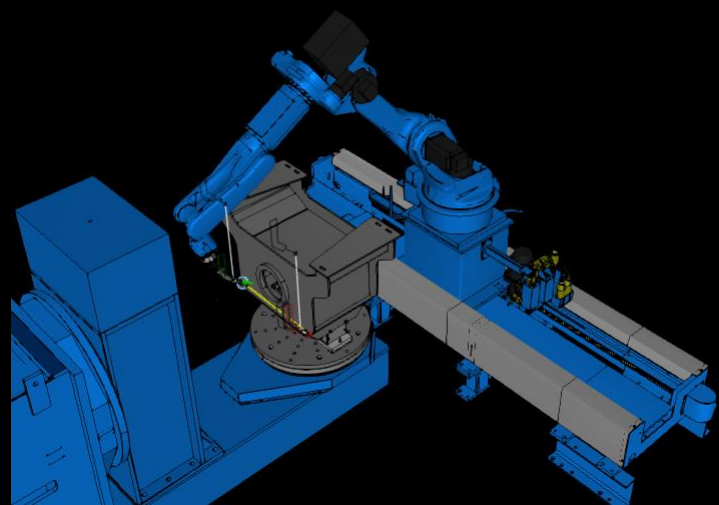


» Hitsausliikeradan luomisen jälkeen luotuja pisteitä voidaan muokata ja testata

- » Käytettävä koordinaatisto, työkalu, konfiguraatio
- » Lähestymis- ja poistumispisteiden etäisyys työkappaleesta sekä lähestymis/poistumisakseli ja –suunta
- » Hitsin pituus, aloitus- ja lopetuspisteiden paikan säätö
- » Työkalun asento ja suunta, poltinkulma ja kallistuskulma
- » Hitsiliikeradan poikkeutus
- » Ulkoisten akselien säätö
 - Robotin liikuttaminen lineaariradalla, portaalissa
 - Pyörityspöydän/grillin kääntäminen ja hitsausasennon säätö
- » Muut hienosäätöasetukset
- » Hitsiliikeradan nopea simulointi ja tarkastelu



Jalkoasento PA



Alapiena asento PF





ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

▼ Process parameters

Speed mm/s

▼ Process on

Parameter	Value
Hitsi aloitus	ARCON AC=200 AVP=50 T=1
Seuranta aloitus	ACORON

+ X

▼ Process off

Parameter	Value
Hitsi lopetus	ARCOF AC= 160 AVP=50 T=0.50
Seuranta lopetus	ACOROF

+ X

PA a4
PA a5
PA a6
PF a4
PF a5
PF a6

» Liikekäskyjen lisäksi hitsausohjelmassa annetaan virtalähteelle tai sitä ohjaavalle robottiohjaimelle hitsausparametrikäskyjä

- » Hitsauksen aloitus- ja lopetuskäsky
- » Virta- ja jännitearvoja
- » Kaasunvirtauksen säätöarvoja
- » Hitsausnopeus
- » Aloitus- ja lopetuskohtaisia hitsausarvoja ja käskyjä

» Hitsausarvojen ja –parametrien käskyt ovat yleensä robottimerkkiohtaisia

» Hitsausarvojen ja –parametrien säätö voidaan myös tehdä virtalähteen avulla

» Käytetyt asetukset voidaan tallentaa tietokantaan, jolloin niitä on helppo käyttää uudelleen samanlaisia hitsejä ohjelmoitaessa

- » Ns. WPS-tietokanta kannattaa rakentaa hitsausasentojen ja a-mittojen mukaan



Euroopan unionin osarahoittama

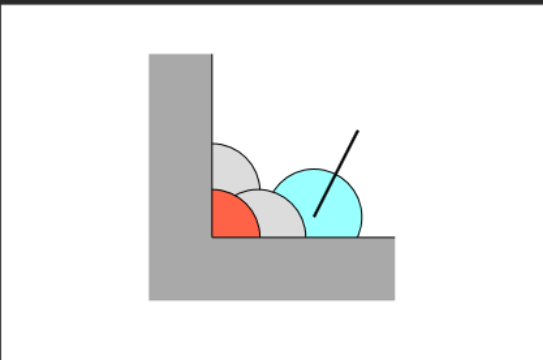


ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

- » Monipalkohitsaus
- » Monipalkohitsaukselle on omat ohjelmointityökalunsa
- » Työkalun avulla alkuperäisen pohjapalon poltinasetuksien mukaan luodaan uusia palkokerroksien ohjelmia

Multipass

a = 3 mm
 α = 90 °
 PB
 Flip



		Process on				Process off					
		Parameter	Value		Parameter	Value					
		Row_1	ARCON		Row_1	ARCOF					
		+		X		+		X			

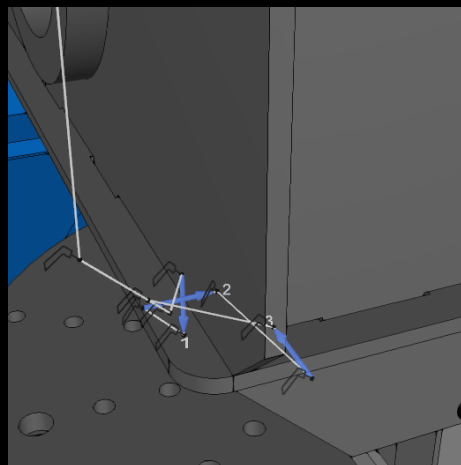
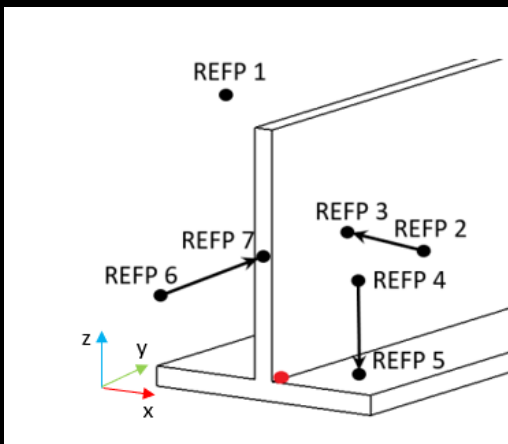
Pass	Layer	Base offset	Wall offset	Bisector offset	Wire offset	Wire angle	Speed	Start offset	End offset	Reversed	A	D	WPS
1	1	0 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 °	9 mm/s	0 mm	0 mm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Demokappale_hitsaus
2	1	4 mm	0 mm	0 mm	0 mm	0 °	9 mm/s	0 mm	0 mm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Demokappale_hitsaus
3	1	0 mm	4 mm	0 mm	0 mm	0 °	9 mm/s	0 mm	0 mm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Demokappale_hitsaus
4	1	8 mm	0 mm	0 mm	2 mm	18 °	9 mm/s	0 mm	0 mm	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Demokappale_hitsaus



Euroopan unionin osarahoittama



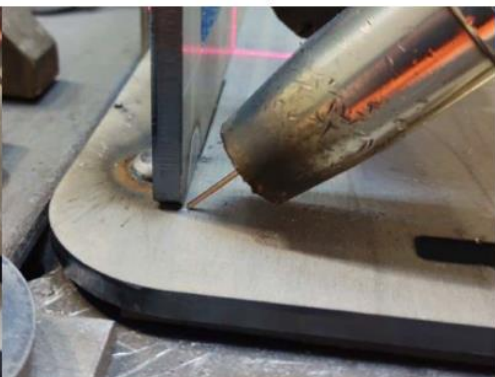
ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



Alkuperäinen

Poikkeutettu x, y, z-suunnissa

Mitatut muutosarvot

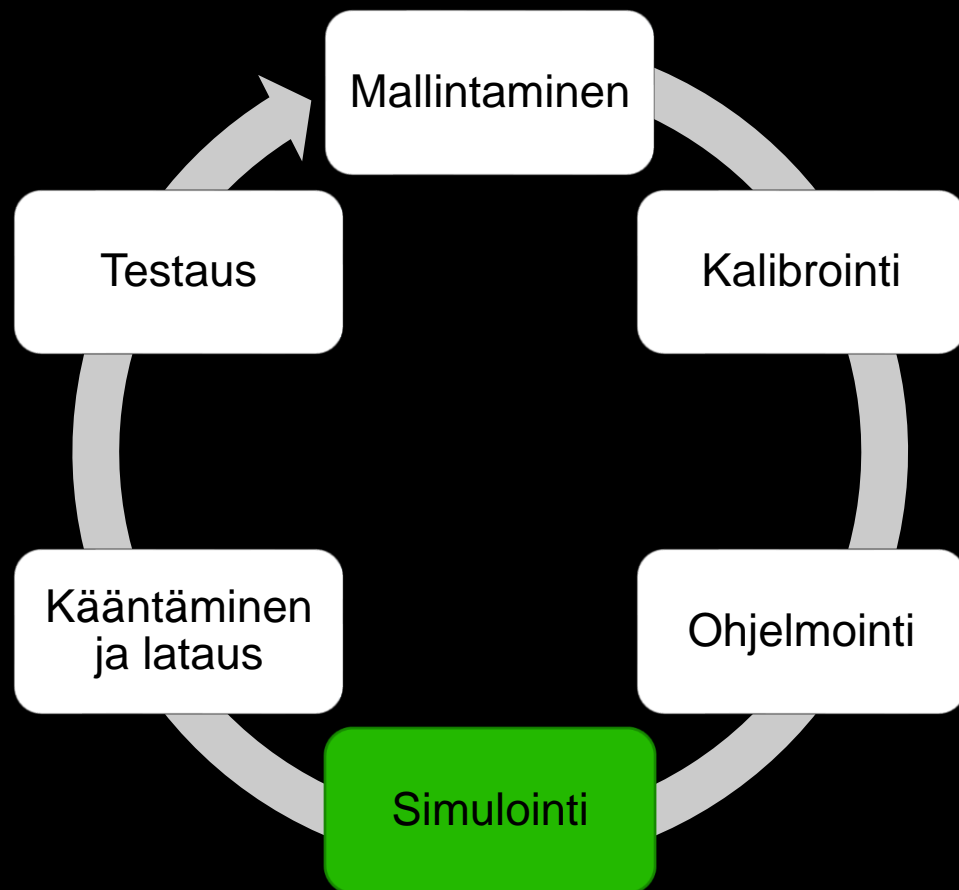


PAIKKAMUUTTUJA	
#P006	MASTER
R1 :X	3.960
Y	3.106
Z	-3.739
Rx	0.00
Ry	0.00
Rz	0.00

- » Kun hitsausohjelma on saatu valmiiksi kannattaa sille ohjelmoida kaveriksi hakuohjelma
- » Myös hakuohjelmien ohjelmoimiseksi on ohjelmointia automatisoivia työkaluja, jotka toimivat samalla periaatteella kuin hitsiohjelmien työkalut
- » Haut ohjelmoidaan tyypillisesti hitsin aloitus ja lopetus pisteiden lähetyville
 - » Hakuja on 1 ulotteisesta aina 3 ulotteisiin hakuihin
 - » 3-ulotteinen haku korjaa polttimen työkalupisteen paikkaa X,Y ja Z-suunnassa
- » Kun hakuohjelmat on tehty, kerrotaan hitsausohjelmalle muistipaikat, joihin paikkamuuttujien arvot tallentuvat
- » Esimerkiksi 6-pisteinen hitsausohjelma
 - » Lähestymispiste, hitsin aloituspiste ja prosessiliikepiste 1 = muistipaikka 21
 - » Prosessiliikepiste 2, hitsin lopetuspiste ja poistumispiste = muistipaikka 22



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



- » Etäohjelmoinnin suurimpia etuja on hitsausohjelmien testaaminen virtuaaliympäristössä
- » Luoksepäästävyystarkastelu
- » Törmäystarkastelu
 - » “Läheltä piti”-tarkastelu
- » Nivelrajat
- » Singulariteetit
- » Nopeusrajat
- » Kiihtyvyyssrajat



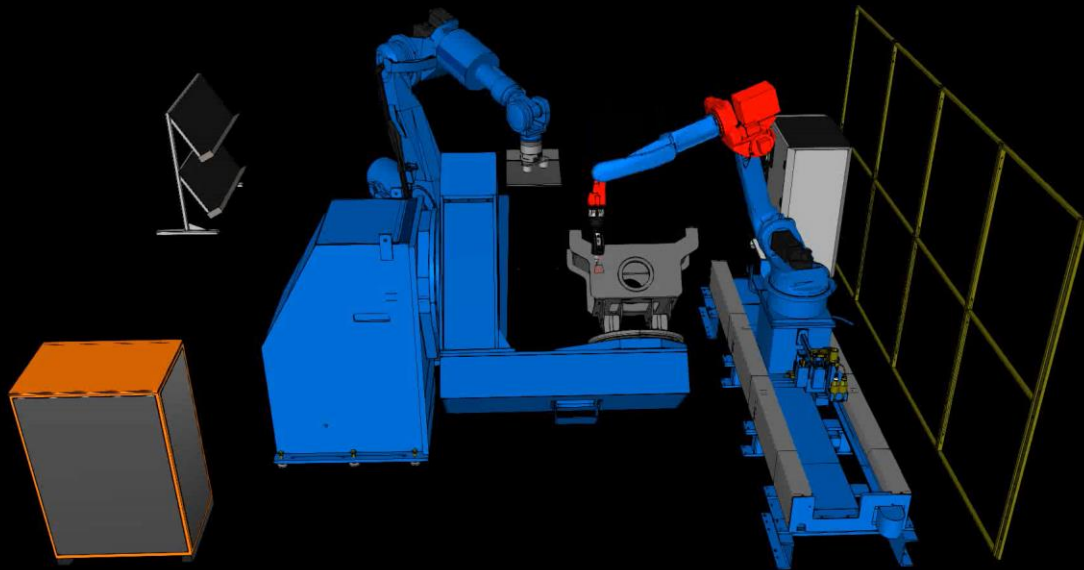
Euroopan unionin osarahoittama



Simulointi

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

- Hitsausohjelmien testaaminen virtuaaliympäristössä
- Ohjelmien halutunlaisen toiminnan varmentaminen
- Mahdollisten virhetilanteiden selvittäminen ja korjaaminen
- Testausta voidaan tehdä
 - Simuloimalla koko ohjelman tai aliohjelman suoritus
 - Ohjelmien pikatarkastuksella ja simuloinnilla
- Koko ohjelman simulointi
 - Simulointi nopeus – reaaliaika – virtuaaliaika
 - Simuloinnin alku ja lopetus
 - Toisto
 - Virheiden raportointi Output-paneelilta
 - Simulaatio saattaa pysähtyä kesken, jos tulee ylitsepääsemätön virhe





Simulointi

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

» Output-paneeli

- » Antaa lisätietoja virheistä
- » Virhetietojen sijainti ohjelmassa joskus hankala tietää
 - Simulaatiota tarkkailtava
 - Mahdollista antaa omia output "printtauksia" ja näin seurata ohjelman kulkua

```

MA1900: Hello world
MA1900: Nyt ruvettaa sillottamaa, eli mennään aliohjelmaan Silta1
R1Track::J1 exceeded speed limit of 100.
MA1900::S exceeded speed limit of 197.
R1Track::J1 exceeded speed limit of 100.
MA1900::S exceeded speed limit of 197.
R1Track::J1 exceeded speed limit of 100.
MA1900::S exceeded speed limit of 197.
R1Track::J1 exceeded speed limit of 100.
MA1900::S exceeded speed limit of 197.
R1Track::J1 exceeded speed limit of 100.
MA1900::S exceeded speed limit of 197.
R1Track::J1 exceeded speed limit of 100.
MA1900::S exceeded speed limit of 197.
R1Track::J1 exceeded speed limit of 100.
MA1900::S exceeded speed limit of 197.
R1Track::J1 exceeded speed limit of 100.
MA1900::S exceeded speed limit of 197.
MA1900::L exceeded speed limit of 175.
MA1900::U exceeded speed limit of 185.
MA1900::L exceeded speed limit of 175.
MA1900::U exceeded speed limit of 185.
MA1900: Silta1 valmis
  
```

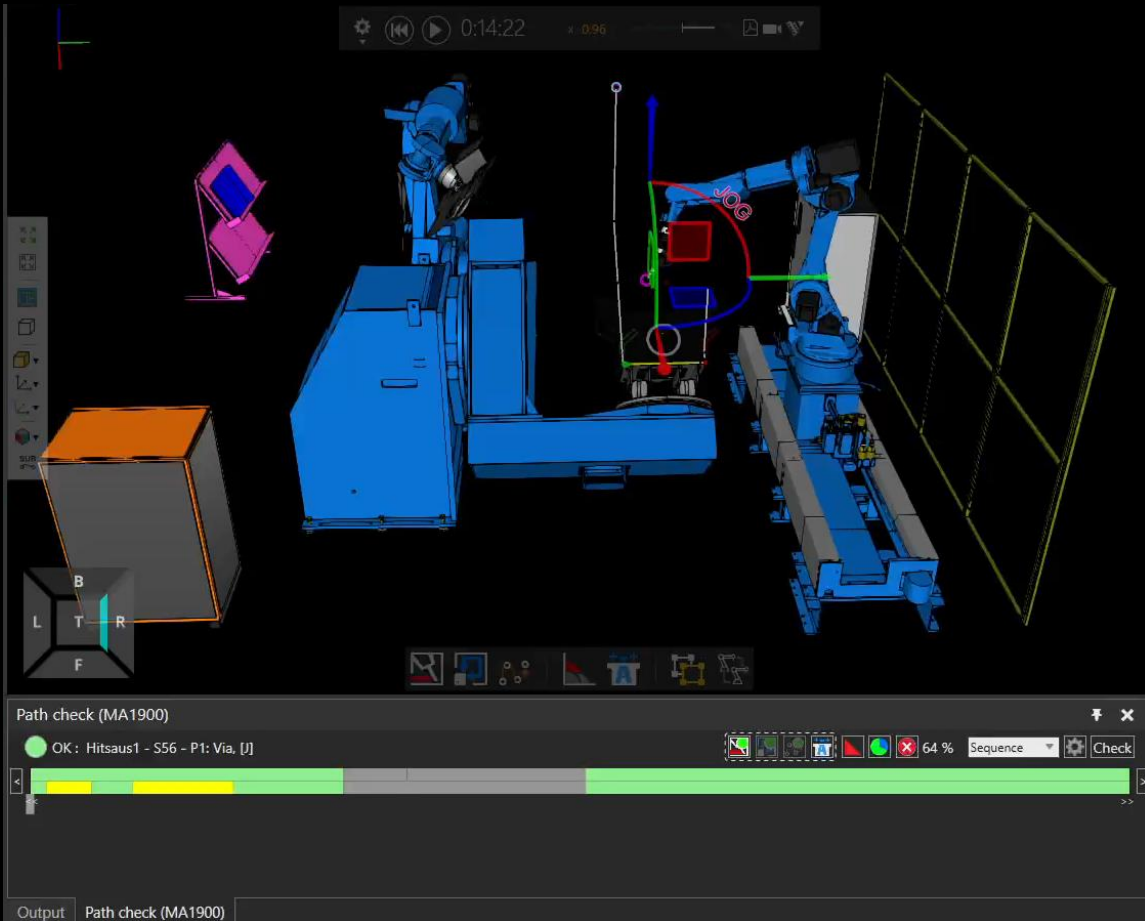


Euroopan unionin osarahoittama



Simulointi

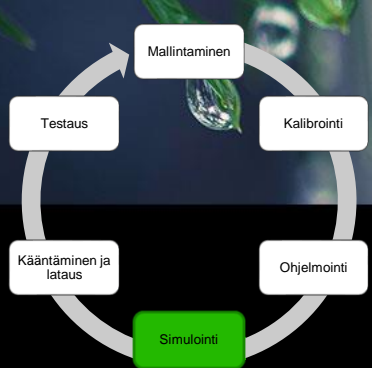
ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



- » Hitsausohjelmien testaaminen virtuaaliympäristössä
- » Ohjelmien halutunlaisen toiminnan varmentaminen
- » Mahdollisten virhetilanteiden selvittäminen ja korjaaminen
- » Testausta voidaan tehdä
 - » Simuloimalla koko ohjelman tai aliohjelman suoritus
 - » Ohjelmien pikatarkastuksella ja simuloinnilla
- » Ohjelman pikatarkastus
 - » Koko ohjelma, aliohjelma, käsky
 - » Raportoi mahdolliset virheet sekä missä kohtaa ohjelmaa virheet ilmenee
 - » Mahdollisuus myös virheiden automaattiseen korjaukseen ns. solver



**Euroopan unionin
osarahoittama**



Simulointi

ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

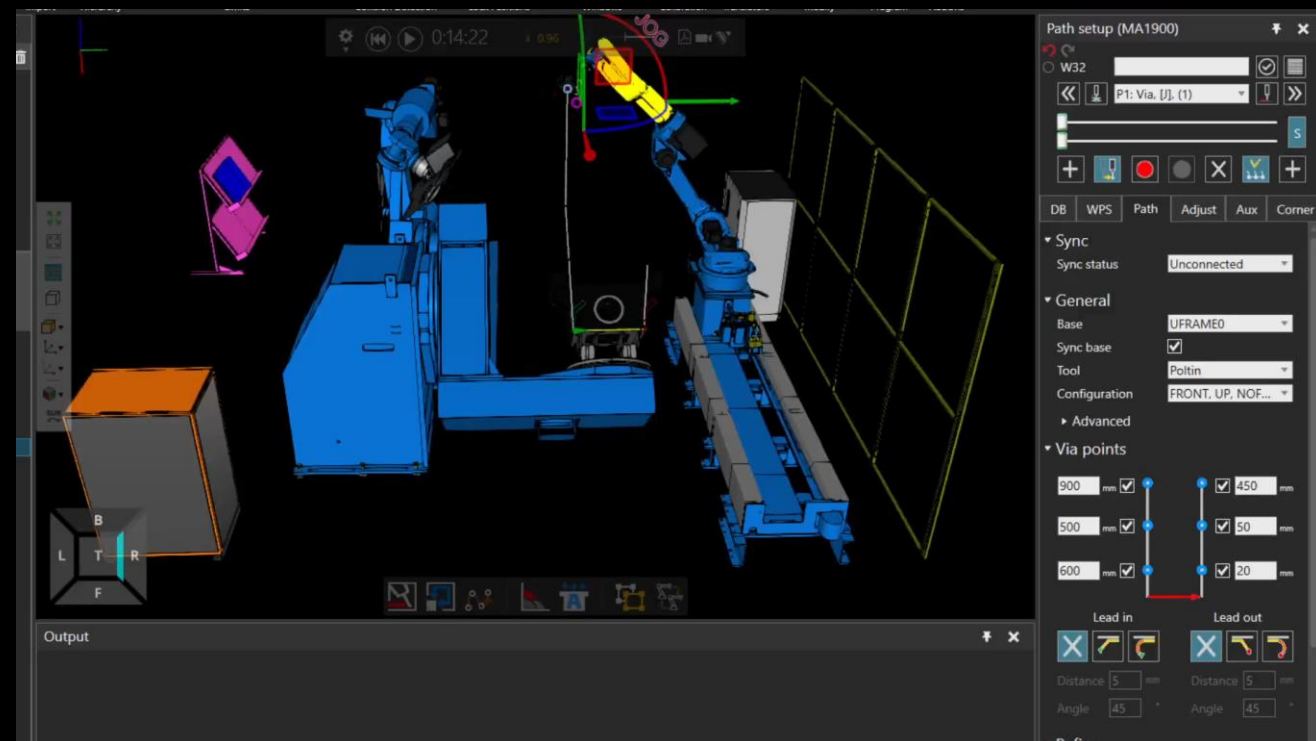
- Hitsausohjelmien testaaminen virtuaaliympäristössä
- Ohjelmien halutunlaisen toiminnan varmentaminen
- Mahdollisten virhetilanteiden selvittäminen ja korjaaminen

➤ Testausta voidaan tehdä

- Simuloimalla koko ohjelman tai aliohjelman suoritus
- Ohjelmien pikatarkastuksella ja simuloinnilla

➤ Käskykohtainen tarkastus

- Nopea silmämääräinen tarkastus
- Helppo korjata havaitut virheet välittömästi

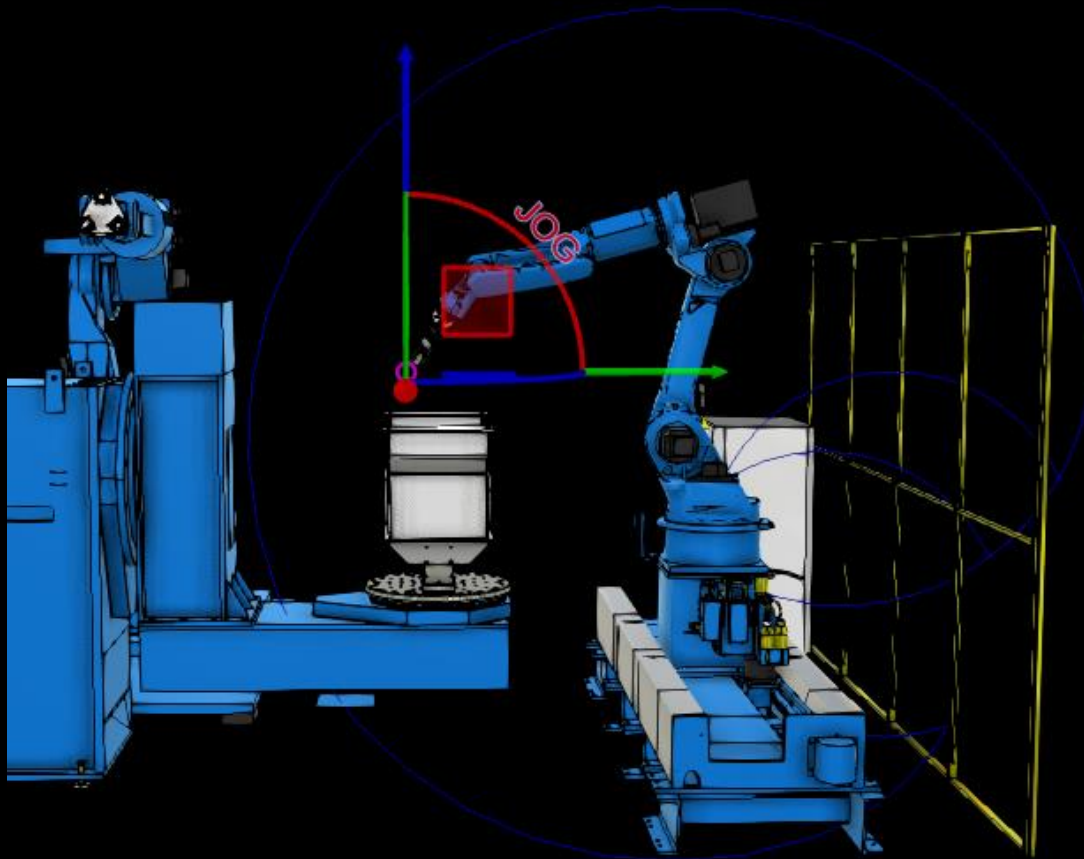


Euroopan unionin
osarahoittama



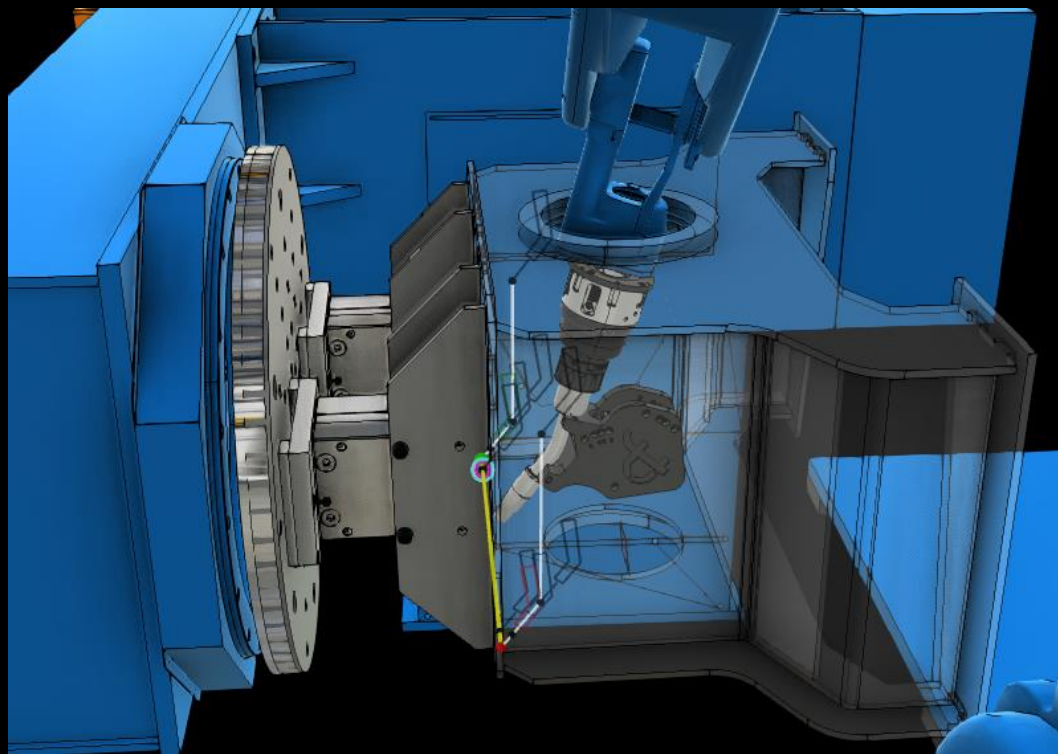
ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

- » Luoksepäästävyystarkastelu
- » Varmistetaan että robotti ja työkalu ulottuu jokaiseen hitsattavaan kohtaan eikä esimerkiksi työkappaleen tai jigien geometrinen muoto estä työkalun luoksepäästävyyttä hitsattavaan railoon





ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



Sisäpuoleisen hitsin luoksepäästävyys mahdoton

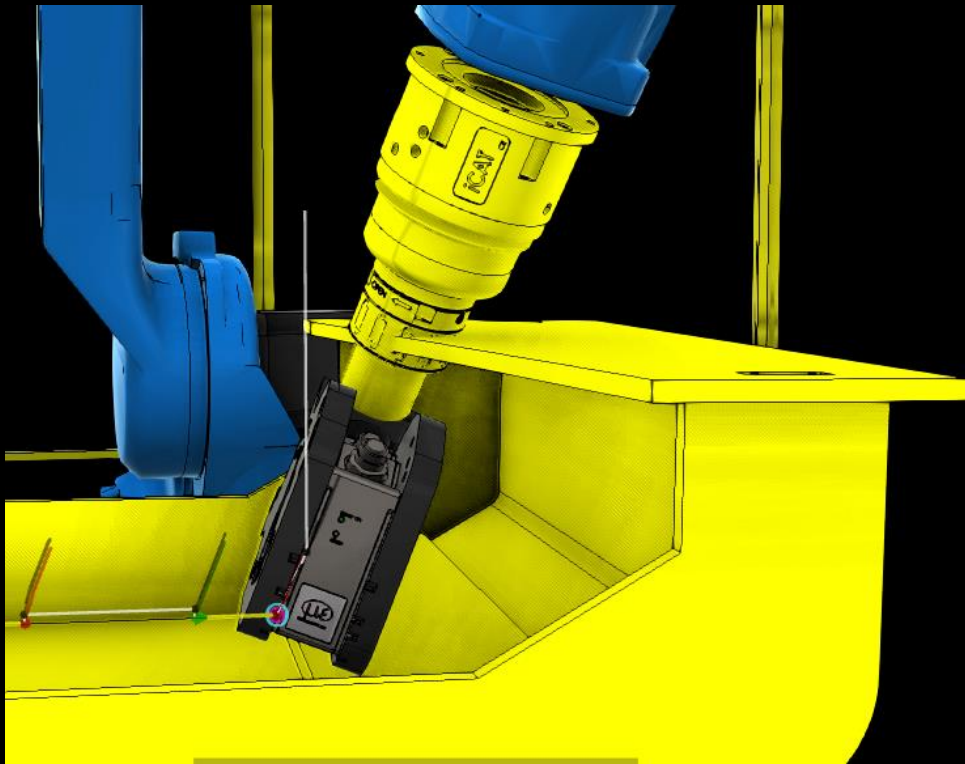
- » Luoksepäästävyystarkastelu
- » Varmistetaan että robotti ja työkalu ulottuu jokaiseen hitsattavaan kohtaan eikä esimerkiksi työkappaleen tai jigien geometrinen muoto estä työkalun luoksepäästävyyttä hitsattavaan railoon



Euroopan unionin
osarahoittama



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



» Törmäystarkastelu

- » Näyttää törmäävät esineet esim. Keltaisella värillä
- » Työkappale vs poltin
- » Robotti vs ulkoiset akselit
- » Poltin vs robotti
- » Robotti vs ympäristö

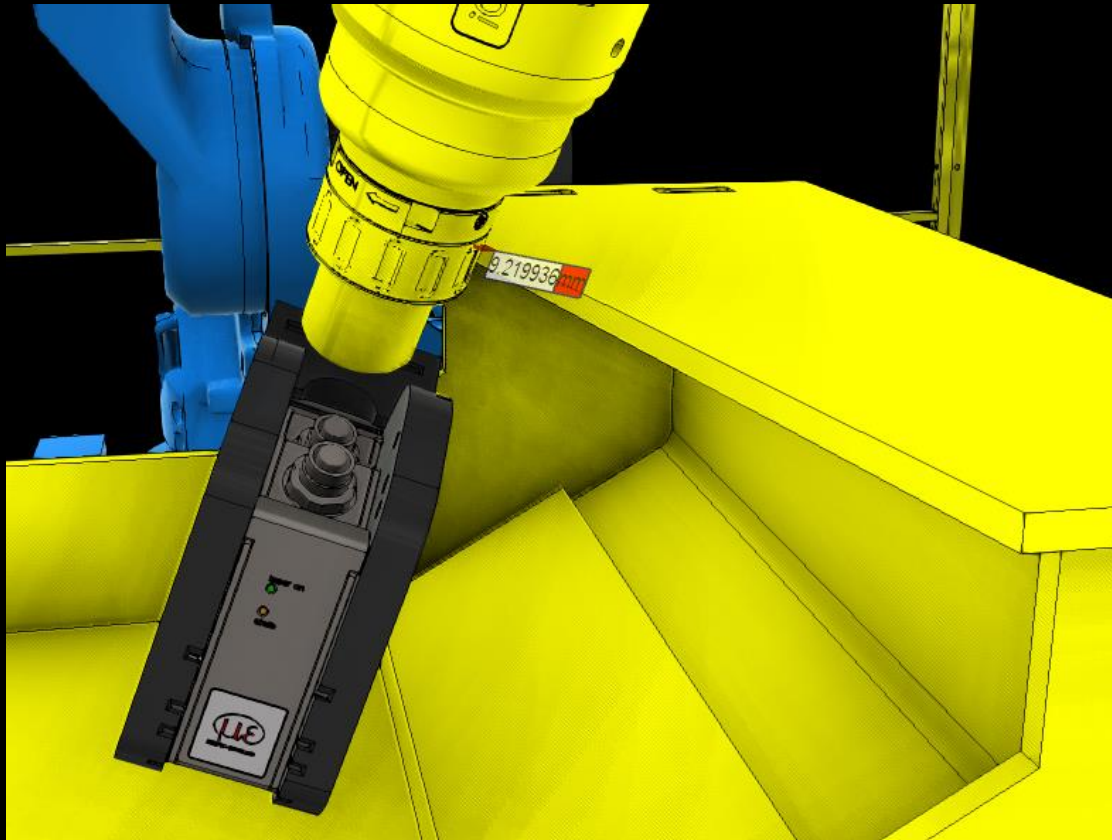
» “Läheltä piti”-tarkastelu

- » Toleranssi ennen törmäystä, esim 10 mm
- » Ahtaat ja törmäysalttiit kohdat





ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



» Törmäystarkastelu

- » Näyttää törmäävät esineet esim. Keltaisella värillä
- » Työkappale vs poltin
- » Robotti vs ulkoiset akselit
- » Poltin vs robotti
- » Robotti vs ympäristö

» “Läheltä piti”-tarkastelu

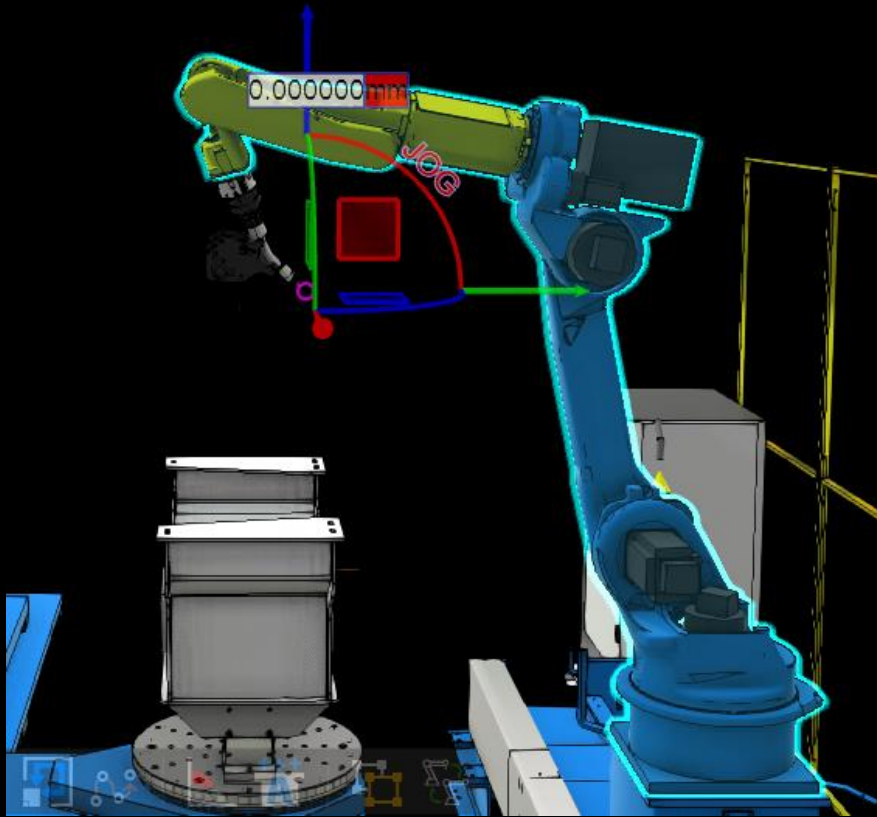
- » Toleranssi ennen törmäystä, esim 10 mm
- » Ahtaat ja törmäysalttiit kohdat





ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

- » Törmäystarkastelu
- » Mahdollisia törmäyksiä
- » Robotti törmää itseensä

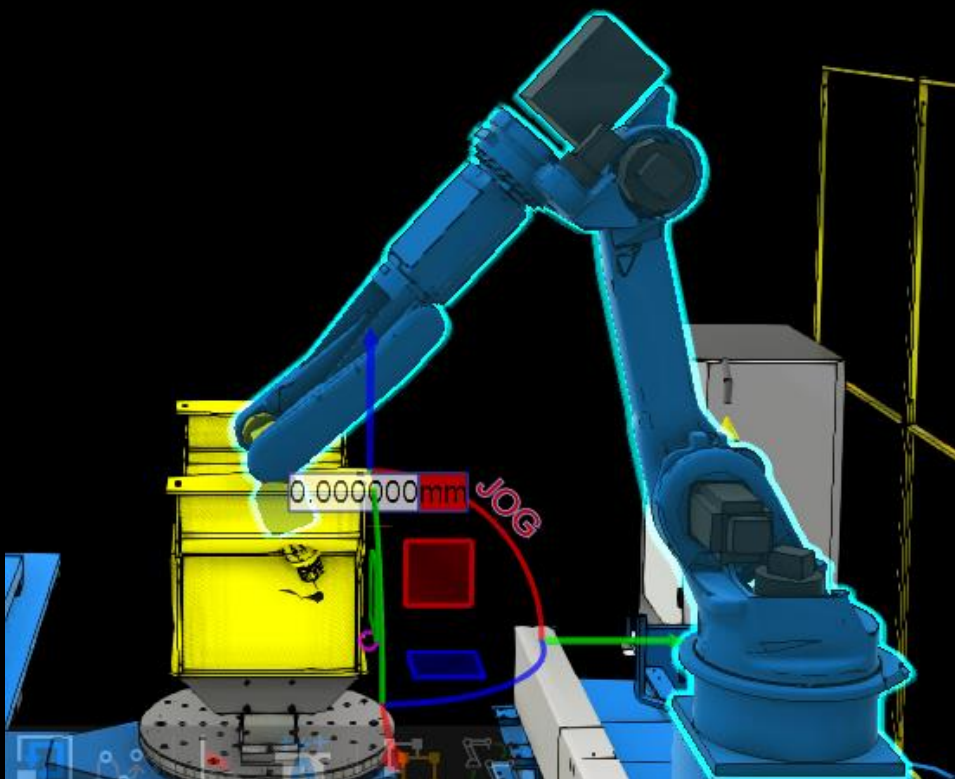


Euroopan unionin
osarahoittama



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

- » Törmäystarkastelu
- » Mahdollisia törmäyksiä
- » Robotti tai työkalu törmää työkappaleeseen

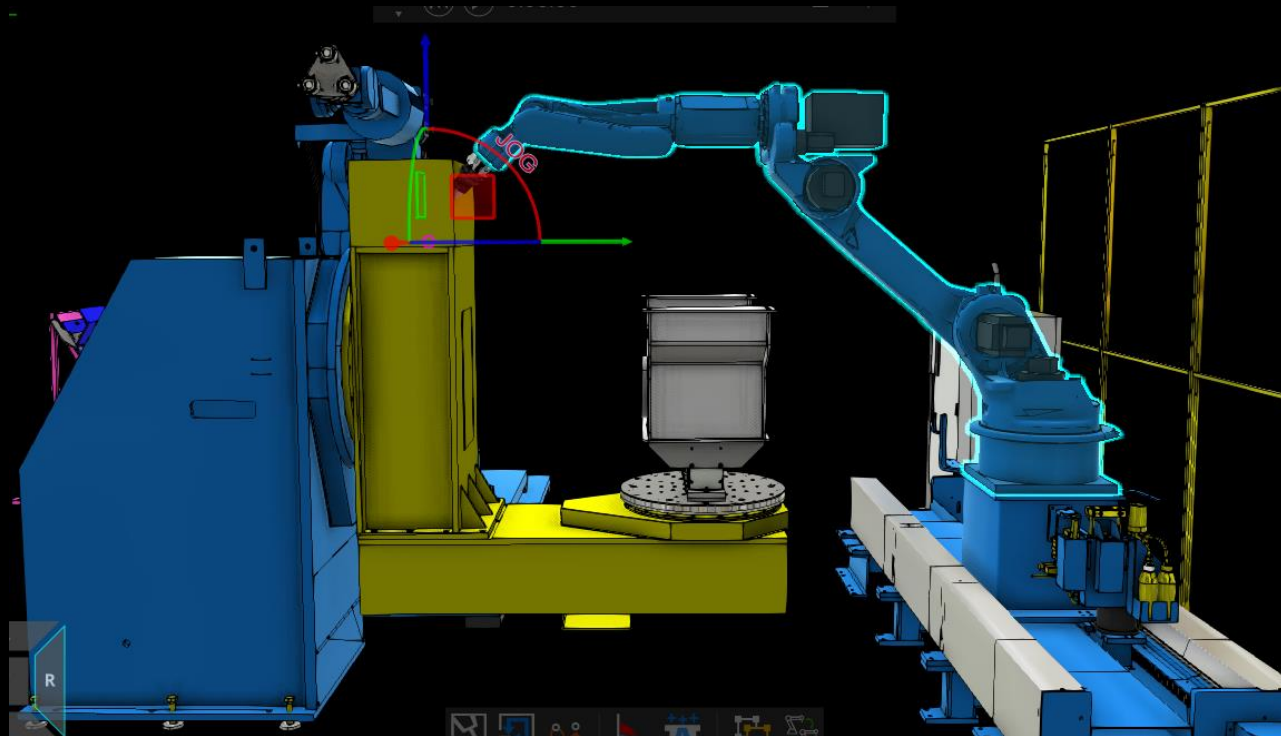


Euroopan unionin
osarahoittama



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

- » Törmäystarkastelu
- » Mahdollisia törmäyksiä
- » Robotti tai työkalu törmää ulkoiseen akseliin

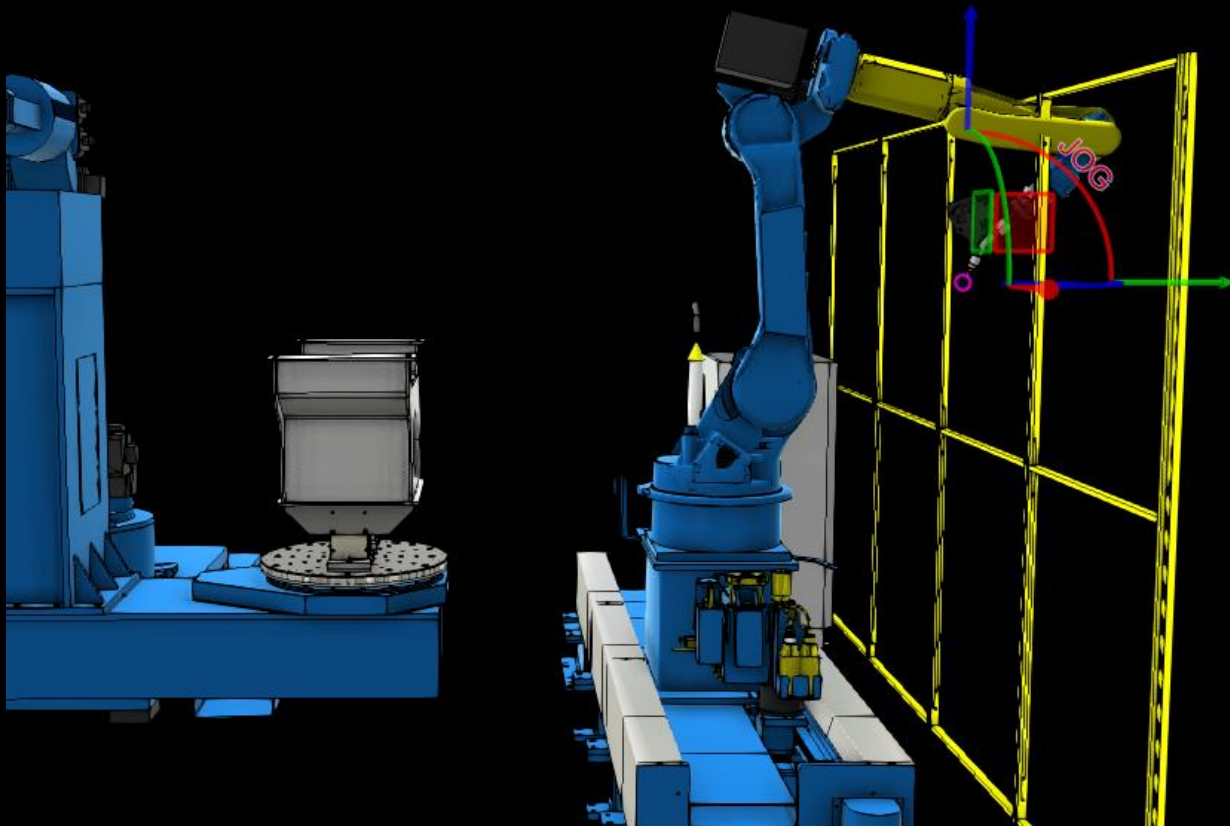


Euroopan unionin osarahoittama

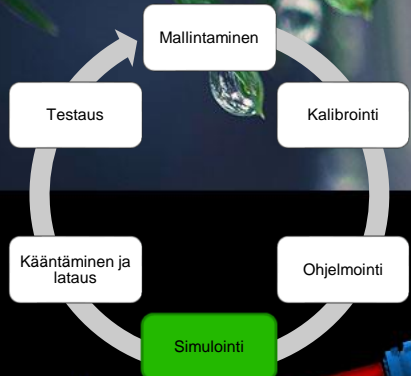


ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

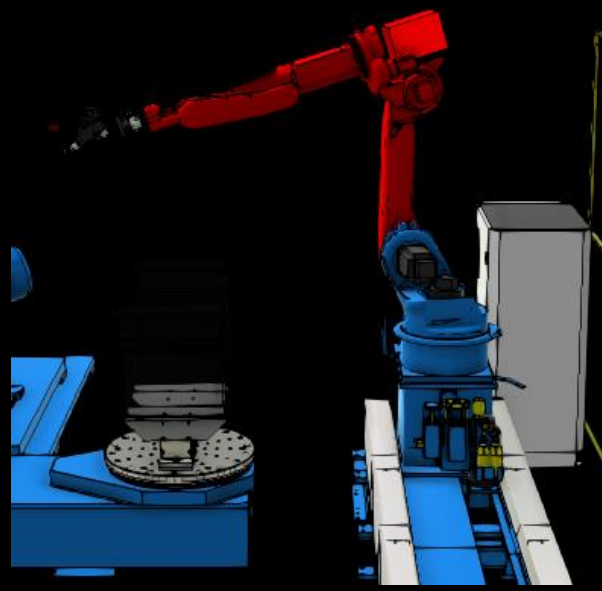
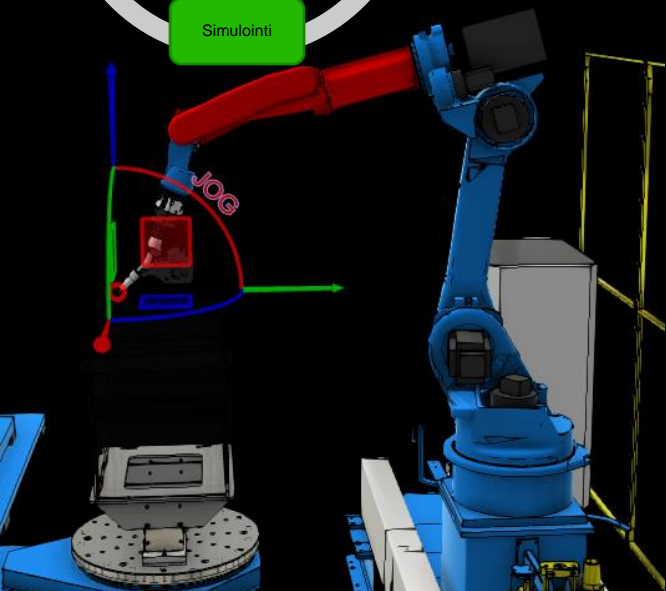
- » Törmäystarkastelu
- » Mahdollisia törmäyksiä
- » Robotti tai työkalu törmää ympäristöön
- » Entäs niiden osien törmäykset jotka eivät näy simulaatiossa?



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



- » Nivelrajat, singulariteetit, nopeusrajat, kiihtyvyyserajat
- » Robotin suorittaessa ohjelmaansa voi helposti käydä niin, että robotin nivelrajat ylittyvät tai robotti ajautuu singulariteettiin
 - » Pisteestä toiseen liikuttaessa
 - » Aliohjelmasta toiseen siirryttäessä
- » Etäohjelmointi- ja simulointiohjelmistot harvoin tarjoavat dynaamista mallinnusta, joten nopeus- ja kiihtyvyyserajojen varoitukset ovat suuntaa antavia
 - » Ymmärrettävä annettujen nopeus- ja kiihtyvyyserojen suuruusluokat



▼ Joints

S	-98.68
L	97.562
U	-22.435
R	-176.755
B	53.809
T	-11.106

▼ Joints

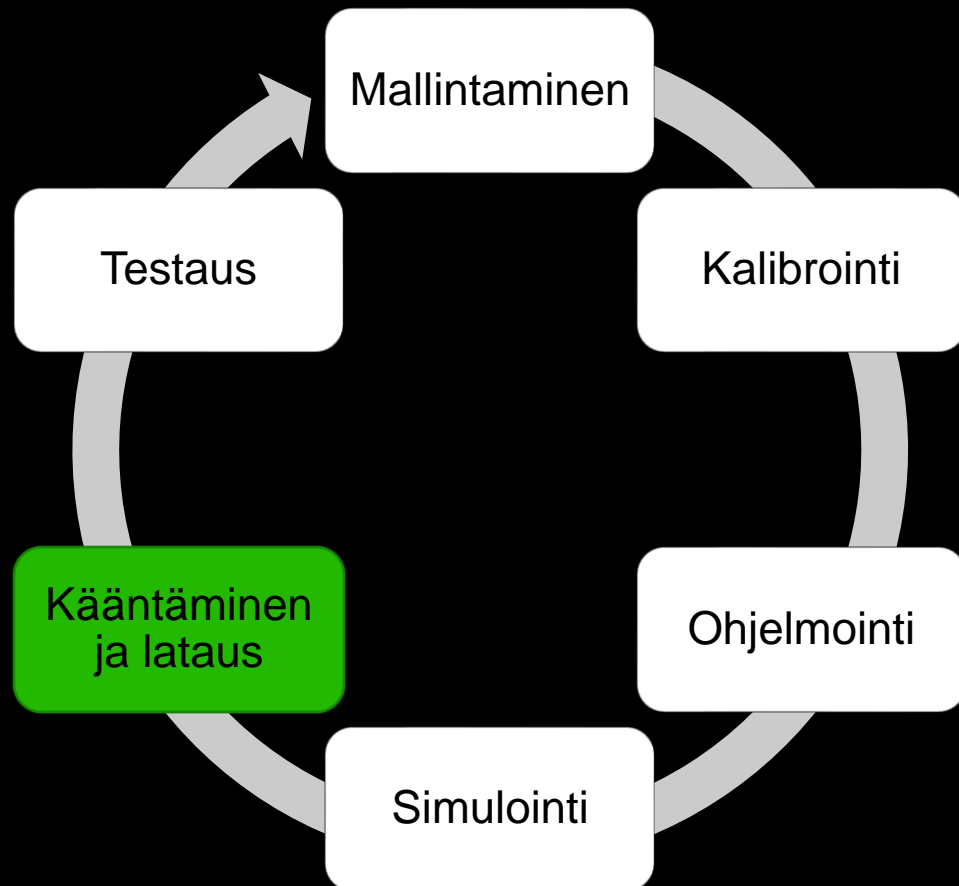
S	-77.664
L	91.01
U	-17.259
R	-1.08
B	0.947
T	-35.507

Nivelraja

Singulariteetti



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET



- » Kun etäohjelmoidun ohjelman simulaation tuloksiin ollaan tyytyväisiä, eli kun etäohjelma on valmis, se täytyy saada siirrettyä robottiohjaimelle
- » Geneeristä robottikoodia käyttävä etäohjelmointiohjelmisto kääntää ohjelman robottikohtaiselle kielelle
- » Merkkikohtainen etäohjelmointiohjelmisto ei tarvitse erillistä kääntäjää
- » Kun koodi on käännetty/valmis voidaan se siirtää robottiohjaimelle





ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

» Ohjelman kääntäminen (postprocessing)

» Geneerisessä koodissa

» Hakuohjelma S48

- Työkalu: poltin, Koordinaatisto: UFRAME0, ei WPS
- 13 Paikkapistettä

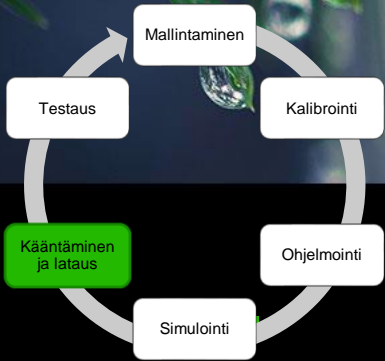
» Hitsausohjelma W10

- Työkalu: poltin, Koordinaatisto: UFRAME0, WPS: PF a4
- 14 paikkapistettä

```

- [S48] S48 [ Poltin, UFRAME0, Defaults ] -> 1
  | <no references, 13 positions>
- [W10] W10 [ Poltin, UFRAME0, PF a4, (1) ]
  | <no references, 14 positions>
  
```





ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

```

/JOB
//NAME SILTA1
//POS
///NPOS 27,27,27,0,0,0
///TOOL 0
///POSTYPE PULSE
///PULSE
C00000=-137139,-17263,-54220,-6288,43559,-56977
C00001=-137026,-4221,-62635,-9087,54376,-55850
C00002=-136489,3608,-60063,-9610,56370,-55757
C00003=-136283,6718,-58963,-9834,57115,-55713
C00004=-131658,7401,-60264,-6818,58466,-57802
C00005=-131662,9300,-60685,-7283,59563,-57628
C00006=-131671,8330,-60114,-6959,58791,-57746
C00007=-131473,10907,-58013,-6758,58703,-57862
C00008=-141869,13085,-53402,-13400,56186,-53214
C00009=-140549,12425,-53996,-12566,56368,-53802
C00010=-136489,3608,-60063,-9610,56370,-55757
C00011=-137026,-4221,-62635,-9087,54376,-55850
C00012=-137139,-17263,-54220,-6288,43559,-56977
C00013=-132194,-21691,-36027,-3149,30935,-59253
C00014=-132073,1156,-62302,-6558,56867,-57814
C00015=-131713,9086,-59471,-6974,58744,-57732
C00016=-131575,12225,-58272,-7152,59440,-57694
C00017=-129492,11770,-58707,-5392,59585,-58785
C00018=-128096,11524,-58946,-4191,59664,-59523
C00019=-128140,9945,-59553,-4141,59316,-59532
C00020=-113976,10108,-59682,8014,59261,-67011
C00021=-114033,11688,-59074,8142,59607,-67046
C00022=-112634,11966,-58861,9319,59518,-67777
C00023=-110543,12470,-58464,11034,59359,-68855
C00024=-110379,9328,-59669,10708,58666,-68767
C00025=-109951,1391,-62510,9946,56796,-68569
C00026=-109651,-21806,-36438,4665,30923,-66358
  
```

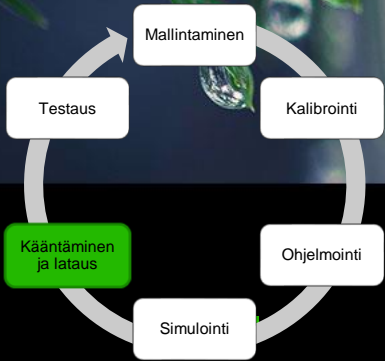
» Ohjelman kääntäminen (postprocessing)

» Robottimerkkikohtaisessa koodissa:

- » Työn määrittely: Nimi
- » Paikkojen määrä: 27
- » Työkalun määrittely: Tool 0
- » Koordinaatiston määrittely/paikkatiedon määrittely: Pulssiarvoina
- » Robotin paikoituspisteiden pulssiarvot: C00000-C00026



Euroopan unionin osarahoittama



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

```

BC00000=139850
BC00001=139850
BC00002=139850
BC00003=139850
BC00004=139850
BC00005=139850
BC00006=139850
BC00007=139850
BC00008=139850
BC00009=139850
BC00010=139850
BC00011=139850
BC00012=139850
BC00013=139850
BC00014=139850
BC00015=139850
BC00016=139850
BC00017=139850
BC00018=139850
BC00019=139850
BC00020=139850
BC00021=139850
BC00022=139850
BC00023=139850
BC00024=139850
BC00025=139850
BC00026=139850
  
```

```

EC00000=0,0
EC00001=0,0
EC00002=0,0
EC00003=0,0
EC00004=0,0
EC00005=0,0
EC00006=0,0
EC00007=0,0
EC00008=0,0
EC00009=0,0
EC00010=0,0
EC00011=0,0
EC00012=0,0
EC00013=0,0
EC00014=0,0
EC00015=0,0
EC00016=0,0
EC00017=0,0
EC00018=0,0
EC00019=0,0
EC00020=0,0
EC00021=0,0
EC00022=0,0
EC00023=0,0
EC00024=0,0
EC00025=0,0
EC00026=0,0
  
```

```

//INST
///DATE 2022/08/12 15:24
///ATTR SC,RW
///GROUP1 RB1,BS1
///GROUP2 ST1
  
```

» Ohjelman kääntäminen (postprocessing)

» Robottimerkkikohtaisessa koodissa:

- » Työn määrittely: Nimi
- » Paikkojen määrä: 27
- » Työkalun määrittely: Tool 0
- » Koordinaatiston määrittely/paikkatiedon määrittely: Pulssiarvoina
- » Robotin paikoituspisteiden pulssiarvot: C00000-C00026
- » Robotin radan pulssiarvot: BC00000-B00026
- » Pyörityspöydän pulssiarvot: EC00000-EC00026
- » Ohjelman luonnin päivämäärä: DATE
- » Akseliryhmät: GROUP1, GROUP2





ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

» Ohjelman kääntäminen (postprocessing)

» Robottimerkkikohtaisessa koodissa:

- » Ohjelman alku: NOP
- » Ohjelman nimi kommentoituna: 'Silta1
- » Hakuohjelman aloitus kommentoituna: 'S48
- » Paikkamuuttujien käyttö pois = SSFTOF
- » Liiketyyppi: MOVJ, MOVL
- » Nopeus: VJ=100 = 100 %, V=400 = 400 mm/s
- » Referenssipiste haulle = SREFP
- » Hakuliikkeohjelman kutsu = CALL JOB:S1-HAKU4
- » Paikkamuuttujan tallennus = SET P001 P006

```

NOP
'Silta1
'Path S48
SSFTOF
MOVJ C00000 BC00000 VJ=100.00 +MOVJ EC00000 VJ=100.00
MOVL C00001 BC00001 V=1000.0 +MOVJ EC00001 VJ=100.00
MOVL C00002 BC00002 V=400.0 +MOVJ EC00002 VJ=100.00
SREFP 1 C00003 BC00003 +REFP EC00003
SREFP 2 C00004 BC00004 +REFP EC00004
SREFP 3 C00005 BC00005 +REFP EC00005
SREFP 4 C00006 BC00006 +REFP EC00006
SREFP 5 C00007 BC00007 +REFP EC00007
SREFP 6 C00008 BC00008 +REFP EC00008
SREFP 7 C00009 BC00009 +REFP EC00009
CALL JOB:S1-HAKU4
SET P001 P006
SSFTOF
MOVL C00010 BC00010 V=400.0 +MOVJ EC00010 VJ=100.00
MOVL C00011 BC00011 V=1000.0 +MOVJ EC00011 VJ=100.00
MOVL C00012 BC00012 V=1000.0 +MOVJ EC00012 VJ=100.00
  
```





ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

```

'Path W10
SSFTOF
SSFTON P001
MOVJ C00013 BC00013 VJ=100.00 +MOVJ EC00013 VJ=100.00
MOVL C00014 BC00014 V=1000.0 +MOVJ EC00014 VJ=100.00
MOVL C00015 BC00015 V=400.0 +MOVJ EC00015 VJ=100.00
SMOVL C00016 BC00016 V=100.0 PL=0 +MOVJ EC00016
ARCON
SMOVL C00017 BC00017 V=9.0 +MOVJ EC00017
SMOVL C00018 BC00018 V=9.0 +MOVJ EC00018
ARCOF
MOVL C00019 BC00019 V=100.0 +MOVJ EC00019 VJ=100.00
MOVL C00020 BC00020 V=100.0 +MOVJ EC00020 VJ=100.00
SMOVL C00021 BC00021 V=100.0 PL=0 +MOVJ EC00021
ARCON
SMOVL C00022 BC00022 V=9.0 +MOVJ EC00022
SMOVL C00023 BC00023 V=9.0 +MOVJ EC00023
ARCOF
MOVL C00024 BC00024 V=400.0 +MOVJ EC00024 VJ=100.00
MOVL C00025 BC00025 V=1000.0 +MOVJ EC00025 VJ=100.00
MOVL C00026 BC00026 V=1000.0 +MOVJ EC00026 VJ=100.00
SSFTOF
RET
END
  
```

» Ohjelman kääntäminen (postprocessing)

» Robottimerkkikohtaisessa koodissa:

- » Hitsausohjelman aloitus kommentoituna: 'W10
- » Paikkamuuttujien käyttö päälle = SSFTON P001
- » Paikkamuuttujallinen liikekäsky = SMOVL
- » Liikkeen toteutuksen tarkkuus = PL=0
- » Hitsauskäsky päälle = ARCON
- » Hitsauskäsky pois päältä = ARCOF
- » Paluu pääohjelmaan = RET
- » Ohjelman lopetus = END




```

PROC Silta1()
  ActUnit BS1;
  ActUnit ST1;
  !
  ! Path S48
  PDispOff;
  MoveJ S48_1,v1000,z1,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  MoveL S48_2,v1000,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  MoveL S48_3,v400,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  MoveL S48_4,v100,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  Search_1D\Wire,1,S48_5,S48_6,v20,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  Search_1D\Wire,1,S48_7,S48_8,v20,TOOL0\Wobj:=UFRAME0\PrePDisp:=1;
  Search_1D\Wire,1,S48_9,S48_10,v20,TOOL0\Wobj:=UFRAME0\PrePDisp:=1;
  MoveL S48_11,v400,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  MoveL S48_12,v1000,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  MoveL S48_13,v1000,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  PDispOff;
  !
  ! Path W10
  PDispSet 1;
  MoveJ W10_1,v1000,z1,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  MoveL W10_2,v1000,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  MoveL W10_3,v400,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  ArcLStart W10_4,v100,seam1,weld1,fine,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  ArcL W10_5,v100,seam1,weld1,z1,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  ArcLEnd W10_6,v100,seam1,weld1,fine,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  MoveL W10_7,v100,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  MoveL W10_8,v100,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  ArcLStart W10_9,v100,seam1,weld1,fine,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  ArcL W10_10,v100,seam1,weld1,z1,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  ArcLEnd W10_11,v100,seam1,weld1,fine,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  MoveL W10_12,v400,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  MoveL W10_13,v1000,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  MoveL W10_14,v1000,z5,TOOL0\Wobj:=UFRAME0;
  PDispOff;
ENDPROC

```

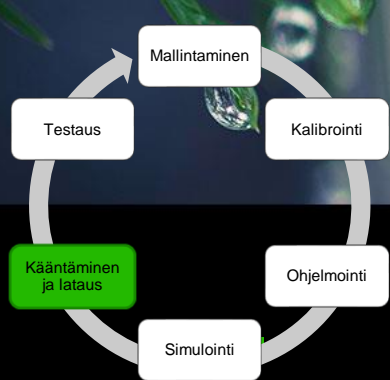
» Sama ohjelma, mutta eri robottimerkille
käännettynä

» Huomio!

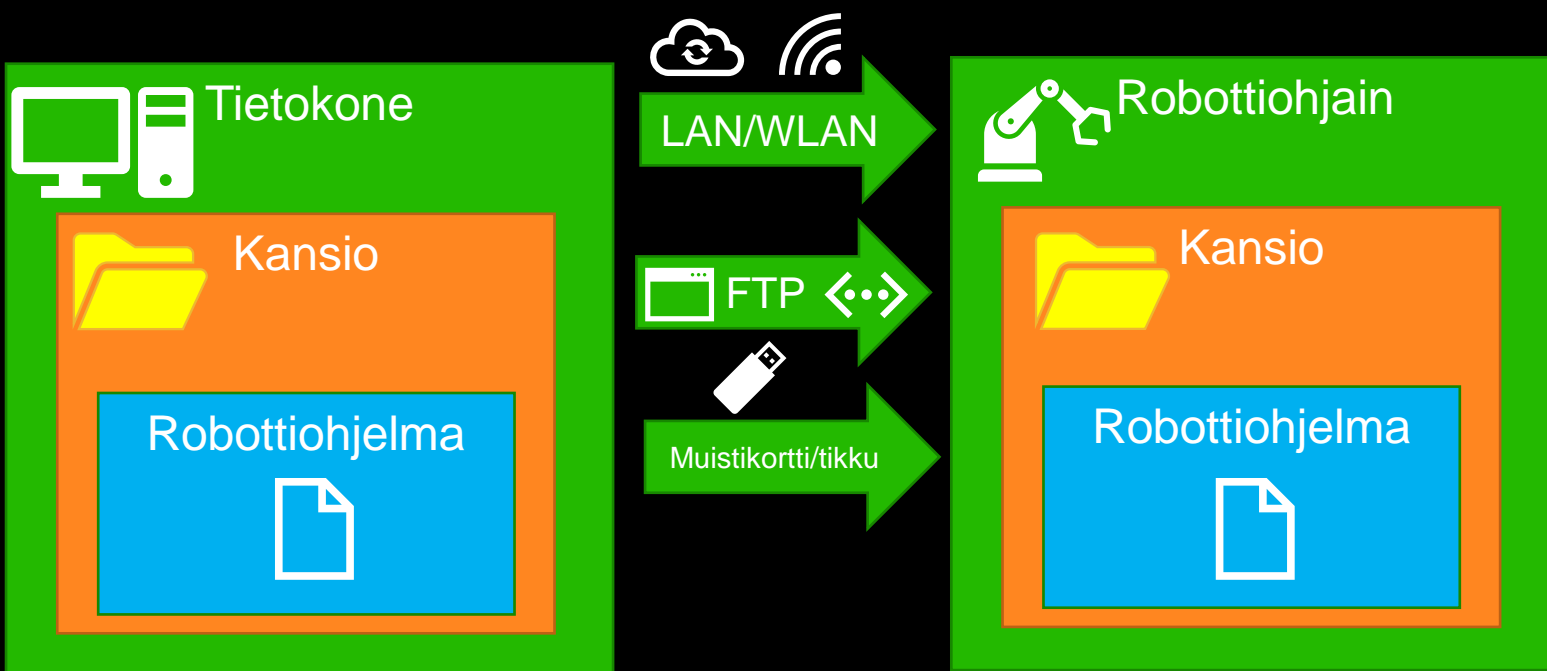
» Sisältää todennäköisesti virheitä syntaksissa



Euroopan unionin
osarahoittama



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET

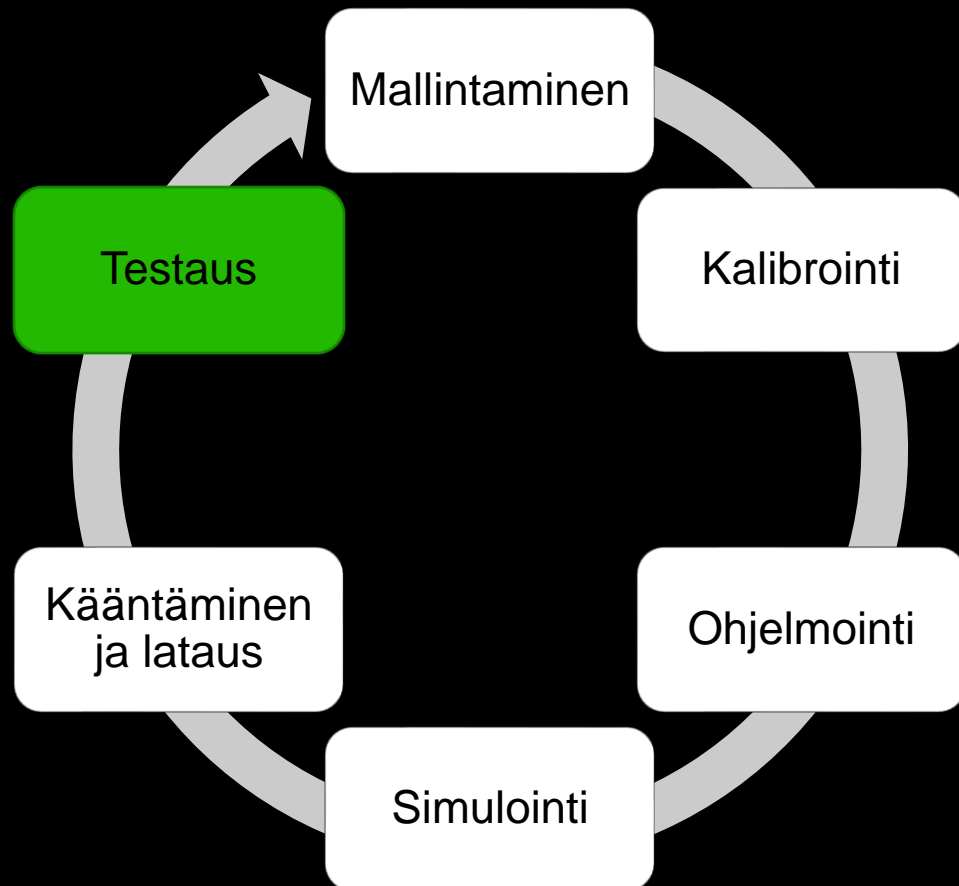


» Ohjelman lataaminen robottiohjaimelle (alaslataus/downloading)

- » Ohjelman lataaminen tapahtuu robottimerkkikohtaisesti, sekä myös etäohjelmointiohjelmistokohtaisesti
- » Periaatteena tiedoston siirtäminen kansiota toiseen
 - » Tiedonsiirto tietokoneelta toiselle "tietokoneelle"



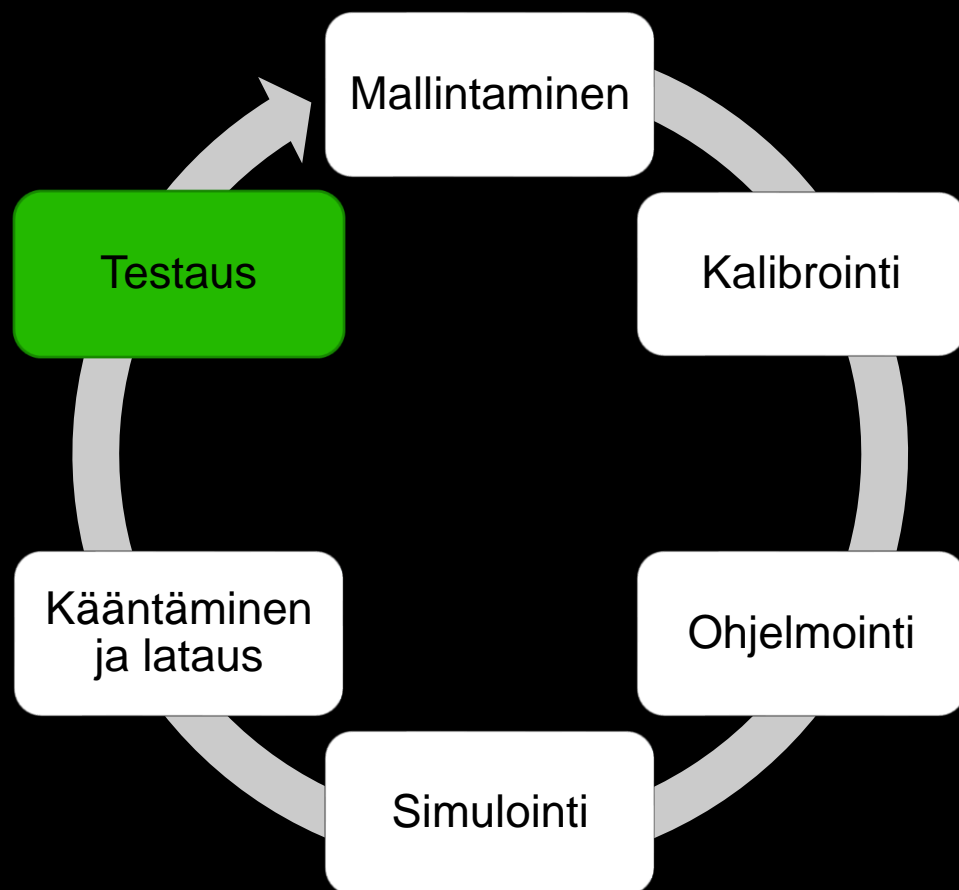
ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET - TESTAUS



- » Etäohjelmoitu ohjelma on ensin testattava todellisessa robottiasemassa mahdollisten huomaamatta jääneiden virheiden varalta sekä epätarkkuuksien korjaamiseksi ja **hitsauslaadun** varmistamiseksi
- » Railonhakua ja –seuranta käyttämällä voidaan vähentää testaamisen tarvetta, mutta ei poistaa



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET - TESTAUS

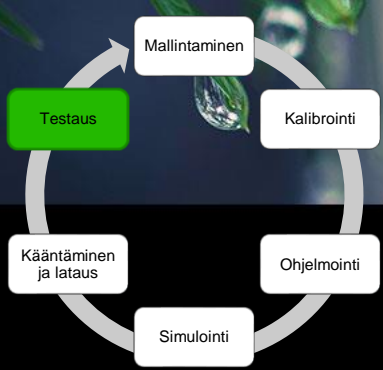


» Testauksen “huolellisen” toteuttamisen tarpeellisuuten vaikuttaa:

- » Etäohjelmointimallin tarkkuus/kalibroinnin tarkkuus
- » Railonhaku & -seuranta
- » Hitsaus
- » Robotin tarkkuudet
- » Kokemus



Euroopan unionin osarahoittama



ETÄOHJELMOINNIN VAIHEET - TESTAUS

» Testauksen vaiheet

- » Ajetaan robotti kotipisteeseen tai turvalliseen pisteeseen enne ohjelman käynnistämistä
- » Ajetaan robottia opetustilassa ensimmäisen ohjelman läpikäyntikerran ajan
 - Tarkistetaan väliliikkeet
 - Tarkistetaan hakujen toiminta
 - Tarkistetaan hitsauspolttimen oikea kohdistus
- » Ohjelman mahdolliset korjaukset ja lisäykset opettamalla
- » Hitsataan hitsit samalla kun testataan
 - Visuaalinen tarkastus hitseille, tulee ko haluttua laatua?
 - Muistiinpanoja hitsausvirheistä/poikkeamista yms

- » Testikierroksen jälkeen testattu/korjattu ohjelma on valmis tuotantokäyttöä varten
 - Jos ei ole, niin uusi testikierros korjauksineen
- » Korjatun ohjelman voi ylösadata (upload) takaisin etäohjelmointiohjelmistoon esimerkiksi optimointia varten





ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI

- » Robottihitsaustuotannon mallinnus
- » Layout suunnittelu
- » Statistiikka, tehokkuus ja tuottavuuslaskelmat
- » Etäohjelmointi
- » Validointi ja käyttöönotto
- » Laajennettu todellisuus



ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI – MALLINNUS

- » Simulointi = Todellisen maailman prosessin tai systeemin jäljitelmä tietyssä ajankohtana
- » Malli = Prosessin tai systeemin oleellisten erityispiirteiden, toimintojen ja käyttäytymisen mallinnus
- » Robottihitsaustuotannon simulointia varten on siis mallinnettava vähintään
 - » Robottihitsausasema
 - » Hitsattava tuote
 - » Tuotteen hitsaus
- » Lisäksi
 - » Tuotantomäärät
 - » Mallinnetaanko esi- tai jälkiprosesseja, koko tuotantoketju
 - » Tulosten tarkkuus/realistisuus
 - » Mitä tulosta halutaan simulaatiosta saada
- » Mallinnus voidaan tehdä suuntaa antavaksi tai realistisen tarkaksi
 - » Hankintapäätöksen tueksi
 - » Tuotannon pullonkaulojen ratkominen
 - » Tuotannon tehostaminen ja optimointi
 - Tuottavin hitsausjärjestys



ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI – LAYOUT

»» Layout suunnittelu

- »» Vaatimuslista robottihitsaustuotannolle
- »» Tila & ympäristö
- »» Laitteet & koneet
- »» Ergonomia & turvallisuus
- »» Materiaalivirtaus & tuotannonohjaus
- »» Varastot ja varastointi

»» Hitsaustuotannon näkökulmasta vaatimuksia

- »» Tarpeeksi robottihitsattavaa
 - Paljon hitsejä
 - Hitsejä moneen suuntaan
 - Lyhyitä ja keskipitkiä hitsejä
 - Kaarevia pintoja
 - Sopivat hitsityypit ja hitsausasennot

»» Hitsattavien tuotteiden koko mitoittaa robottiaseman fyysisen koon, sekä

- Ulkoisten akselien ja käsittelylaitteiden
 - Kuormankäsittelykapasiteetin
 - Lukumäärän
 - Liikepituudet

»» Käsittelylaitteiden vaatimukseen vaikuttaa vaadittu hitsausajan tehokkuus ja työkappaleiden monimutkaisuus

- Yksinkertainen = vähemmän vapausasteita
- Monimutkainen = enemmän vapausasteita

»» Ei turhan yksinkertaisia hitsattavia tuotteita, joissa pitkiä suorita hitsejä

- Mekanisointi

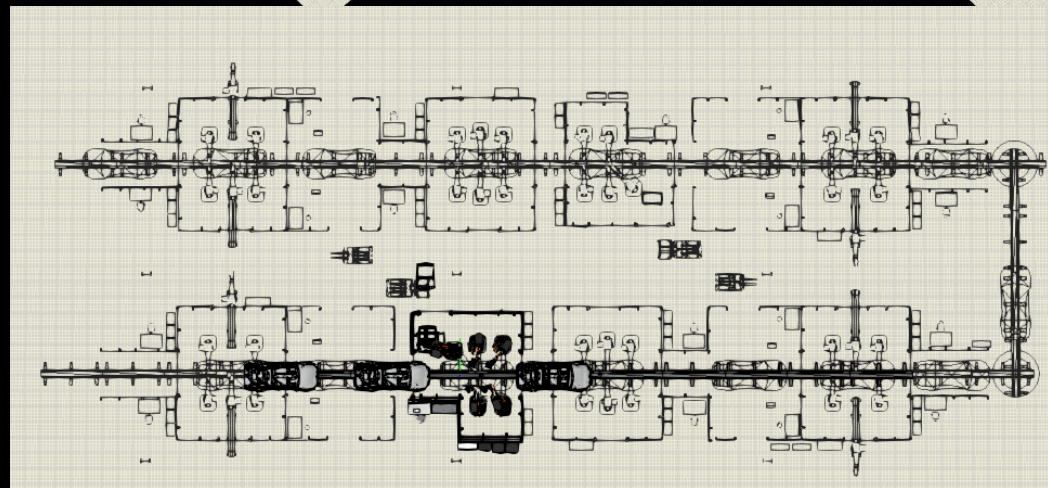
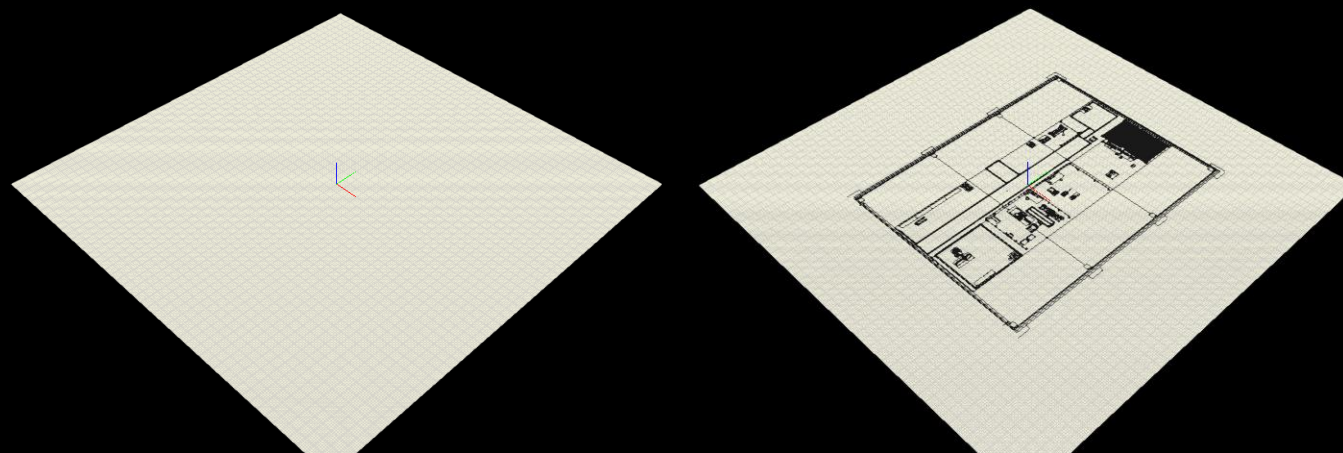


ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI – I ΔΥΟΙΤ

- » Robottiaseman layout voidaan hahmotella olemassa olevan tuotantotilan pohjapiirustuksen mukaan
 - » Tai ns. puhtaalta pöydältä

- » Olemassa olevat tilat voidaan laser-skannata ja ympäristön pistedata voidaan tuoda ohjelmistoon

- » <https://www.youtube.com/watch?v=PCsM8H366ag&t=209s>



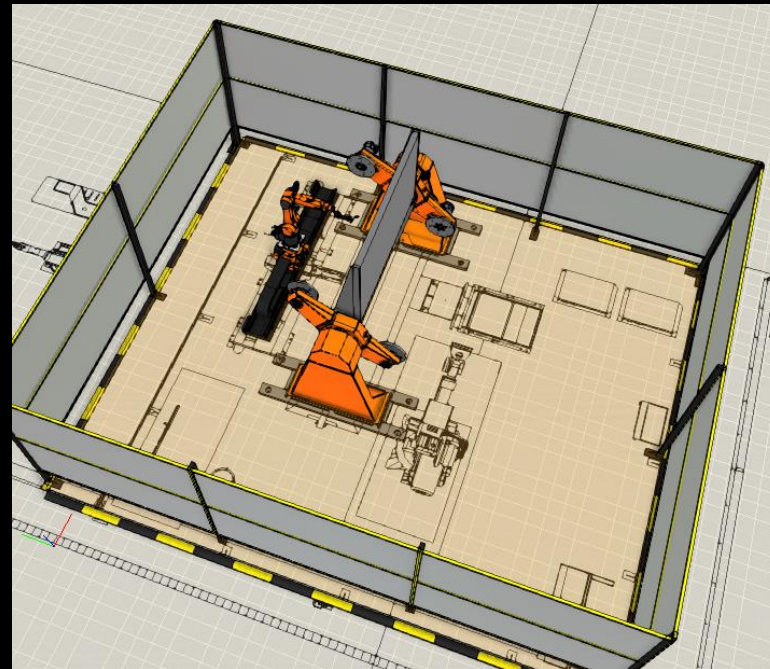
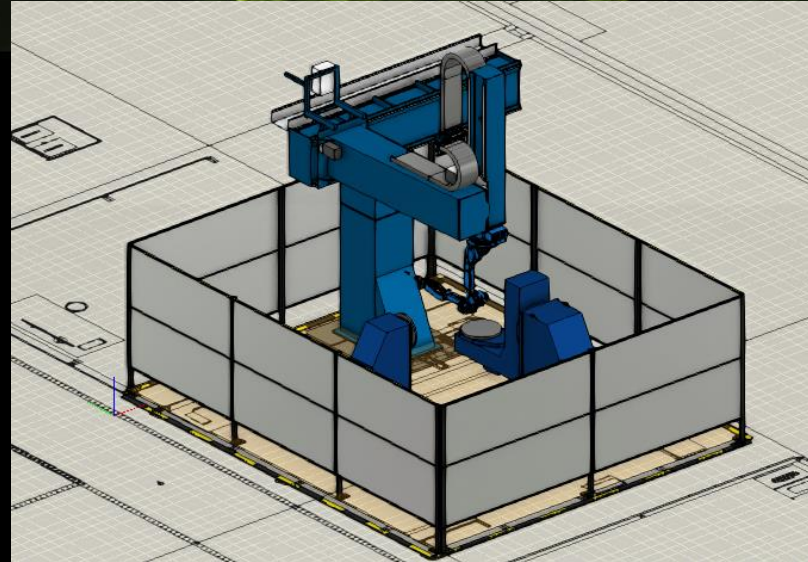
ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI – LAYOUT

» Etäohjelmointi- ja simulointiohjelmistot sisältävät komponenttikirjaston, josta voi eri ratkaisuja vertailla ja testata helposti ja nopeasti

- » Robotin radat
- » Robotit
- » Käsittelylaitteet
- » Hitsauspolttimet
- » Ja paljon muuta

» Valmistajat tarjoavat tuotteistaan yleensä myös ladattavia CAD-malleja joita voi hyödyntää

» Kun layout on saatu mieleiseksi voidaan sen toiminnot ohjelmoida tai ottaa käyttöön simulaatiotyökaluilla, jolloin saadaan simulaatiolle **malli**

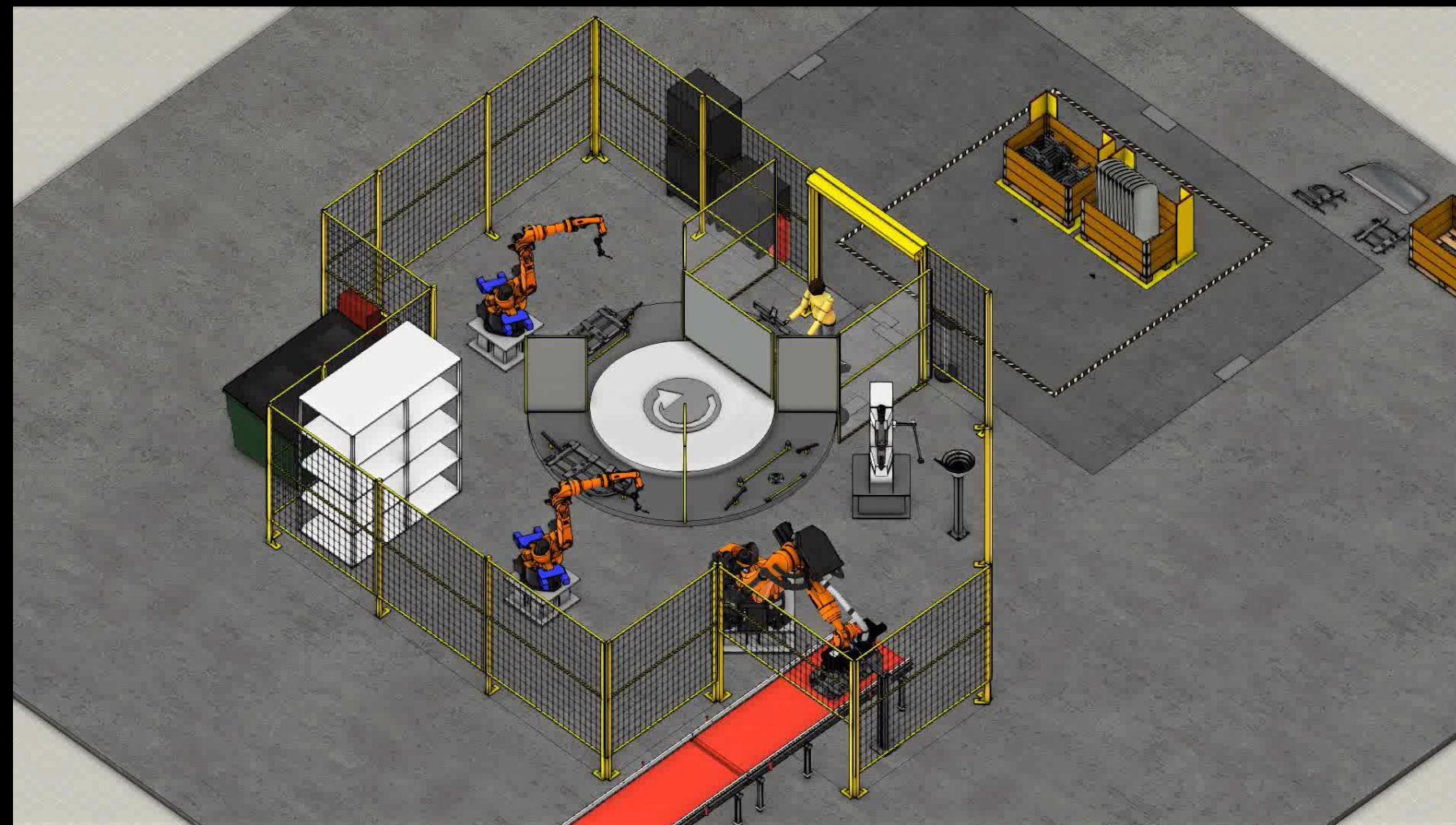


- Models by Type
 - Basic Shapes
 - Cameras
 - Characters
 - Component Templates
 - Conveyor Utilities
 - Conveyors
 - Facilities - Factory
 - Facilities - Interior
 - Facilities - Robot
 - Feeders
 - Layout Templates
 - Layouts
 - Life Science Library
 - Machines
 - Machines In-Line
 - Misc
 - Packaging Library
 - Physics
 - Pick and Place Library
 - PM Cranes
 - PM Flow Components
 - PM Mobile Robot Utilities
 - PM Mobile Robots
 - PM Resource Utilities
 - PM Resources
 - PM Transport Controllers
 - PM Warehousing
 - Products and Containers
 - Robot Positioners
 - Robot Tools**
 - Robot Workpiece Positioners
 - Robots
 - Single Axis Linear Actuators
 - Statistics
 - VR Interaction
 - Works Library
 - Works Mobile Robots



Euroopan unionin
osarahoittama

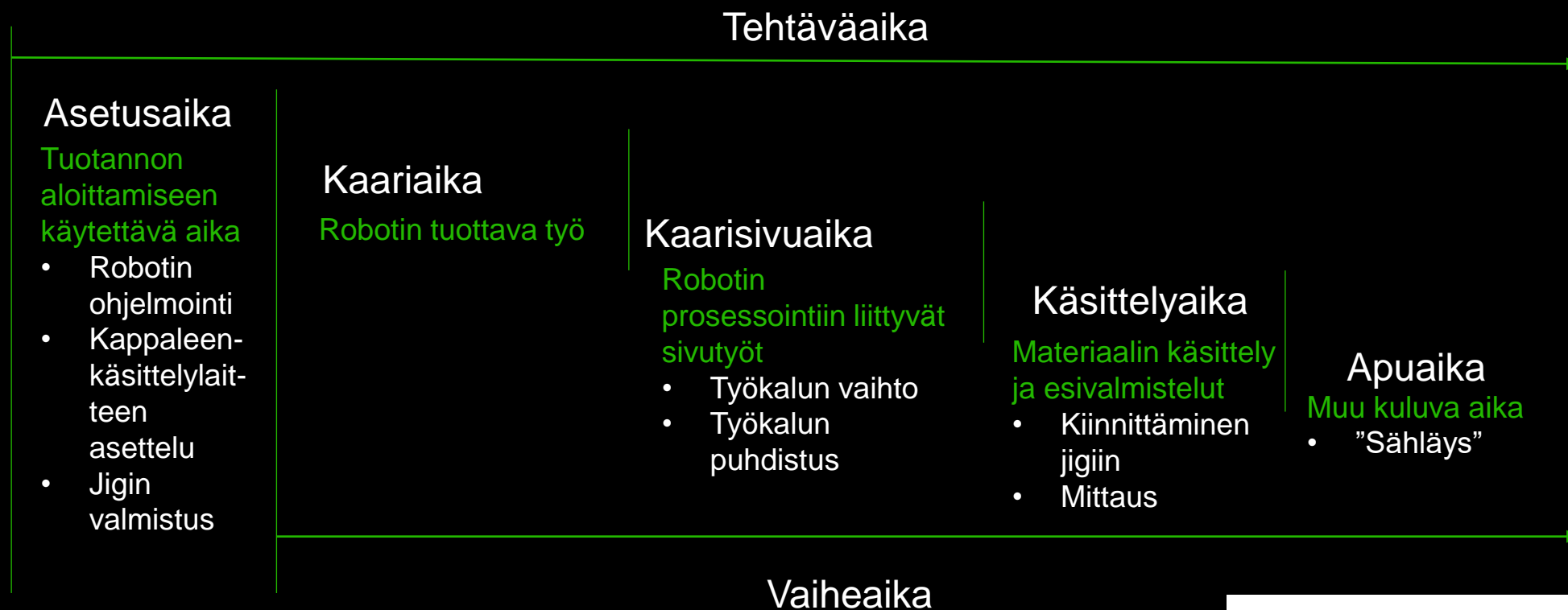
ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI – MALLIESIMERKKI



Euroopan unionin
osarahoittama

ROBOTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI – STATISTIIKKA, TEHOKKUUS JA TUOTTAVUUSLASKELMAT

- Oleelliset osa-ajat robottihitsauksen tuotannon aikana
- Vaiheajan osa-ajat ovat tyypillisiä robottihitsaustuotannon simulaatiosta haluttavia tuloksia





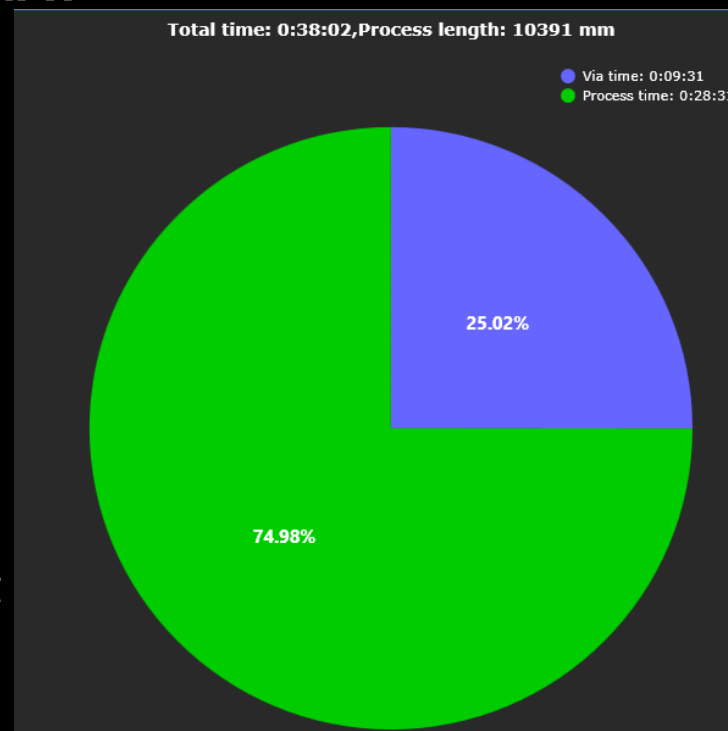
ROBOTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI – STATISTIIKKA, TEHOKKUUS JA TUOTTAVUUSLASKELMAT

- » Etäohjelmointi- ja simulointiohjelmistot tarjoavat työkaluja, joilla voidaan mitata tuotannosta haluttuja ominaisuuksia
- » Mittareita voidaan myös luoda itse, mutta se voi vaatia koodausta
- » Simuloinnissa voidaan seurata robotin ominaisuuksista esimerkiksi milloin hitsausprosessi on käynnissä ja hyödyntää tätä tietoa kaariajan ja sivuaikojen mittaamiseksi

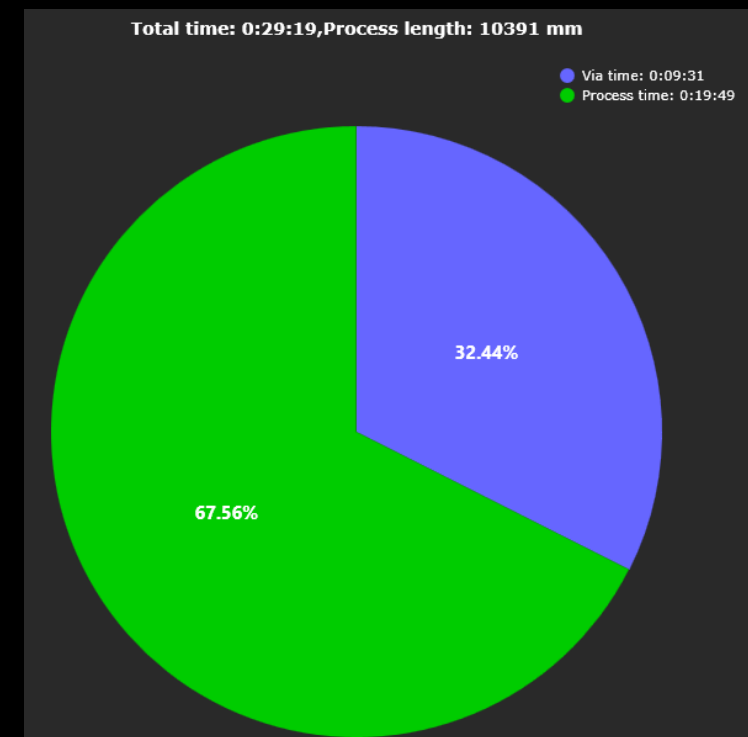


ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI – STATISTIIKKA, TEHOKKUUS JA TUOTTAVUUSLASKELMAT

- » Esimerkki hitsausnopeuden kasvattamisen vaikutus
- » Mahdollisia syitä nostaa nopeutta
 - » Haluttiin a-mitta pienemmäksi
 - » Vaihdettiin tuottavampi lisäainelanka
- » Kaariaika ja vaiheaika pienenevät
- » Paloaikasuhte pienenee!



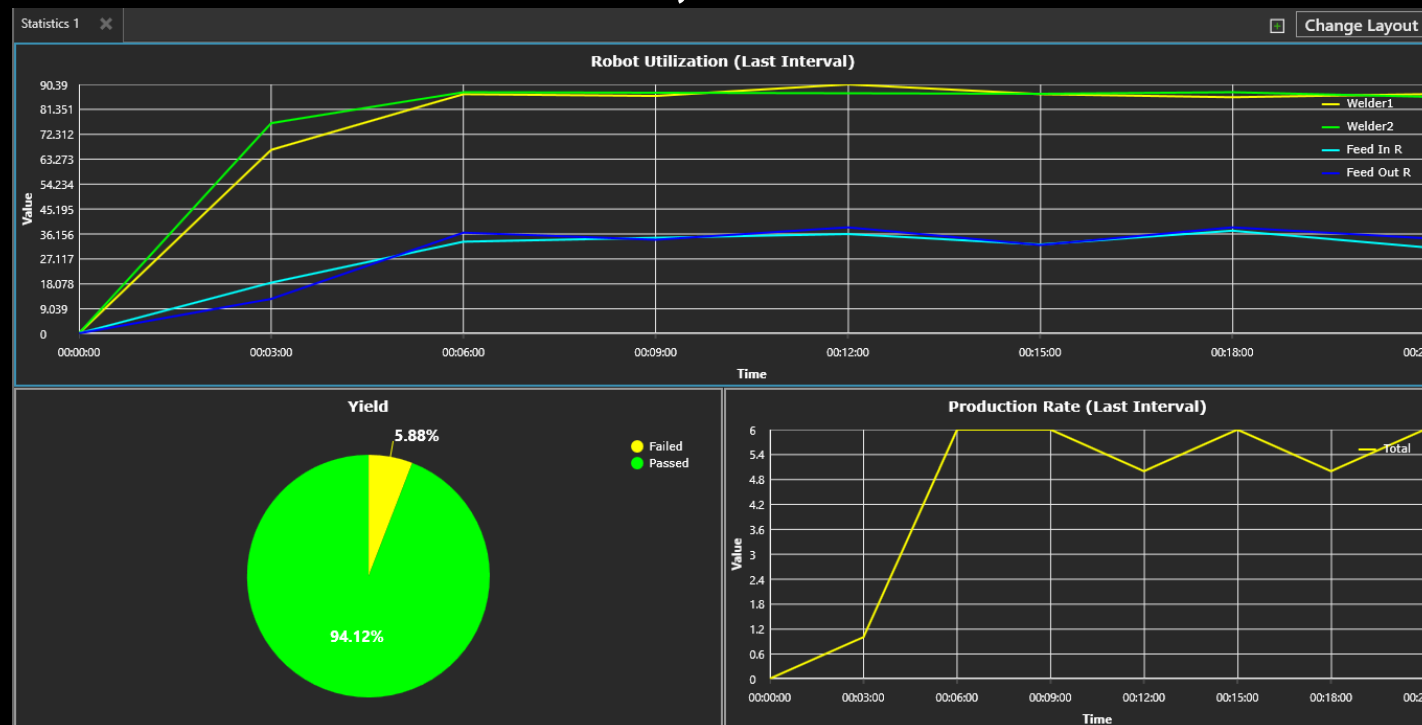
Hitsausnopeus 6 mm/s



Hitsausnopeus 9 mm/s

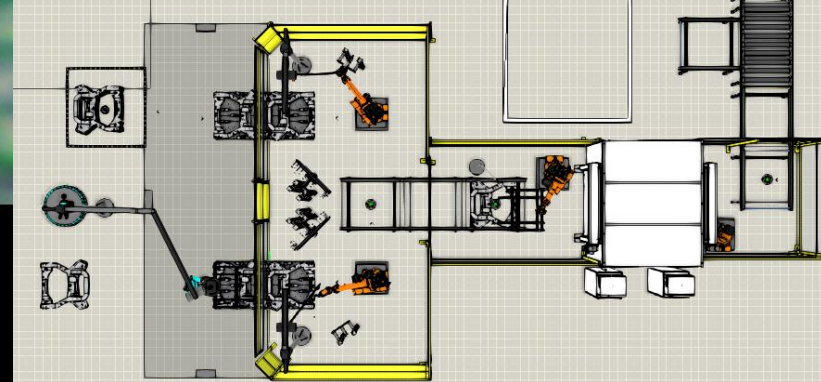
Vaiheaika, hitsien pituus, **kaariaika**, **paloaikasuhte**, **kaarisivuaika**

ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI – STATISTIIKKA, TEHOKKUUS JA TUOTTAVUUSLASKELMAT

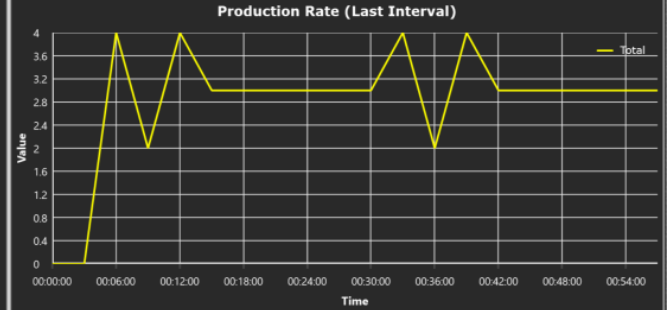
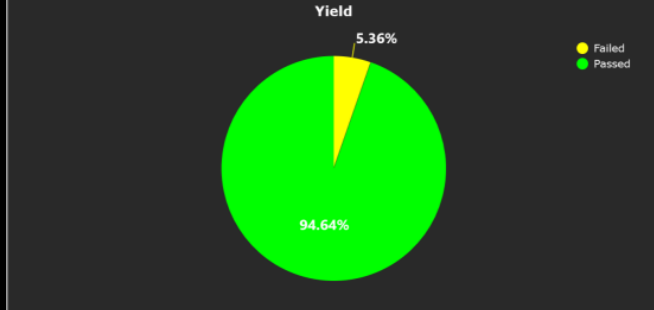
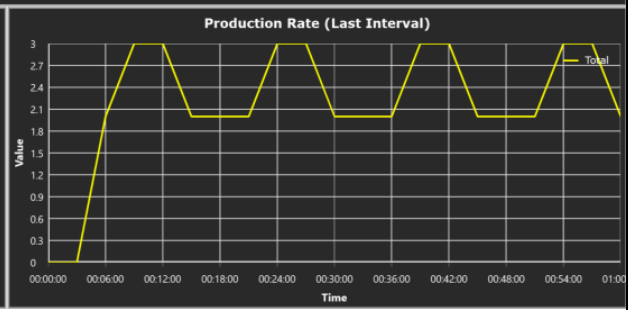
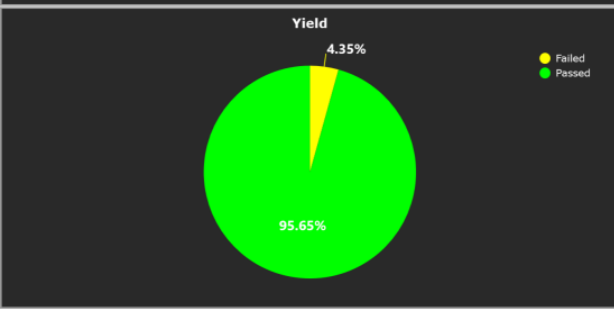
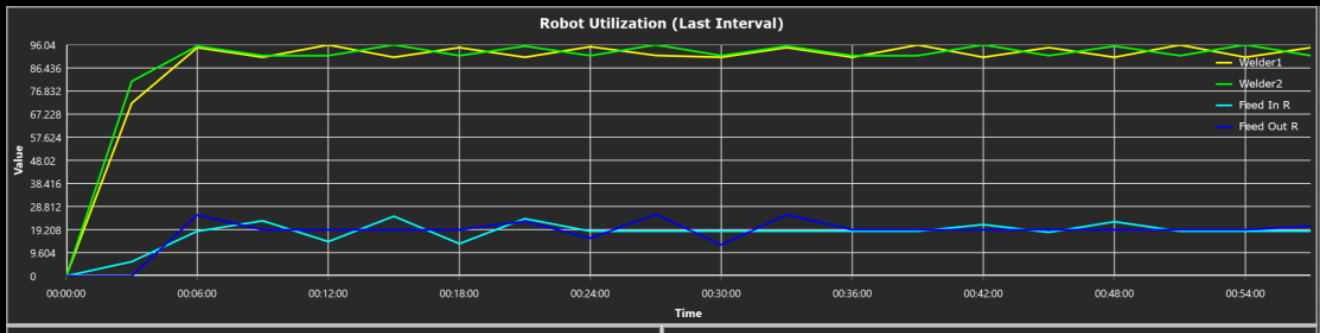
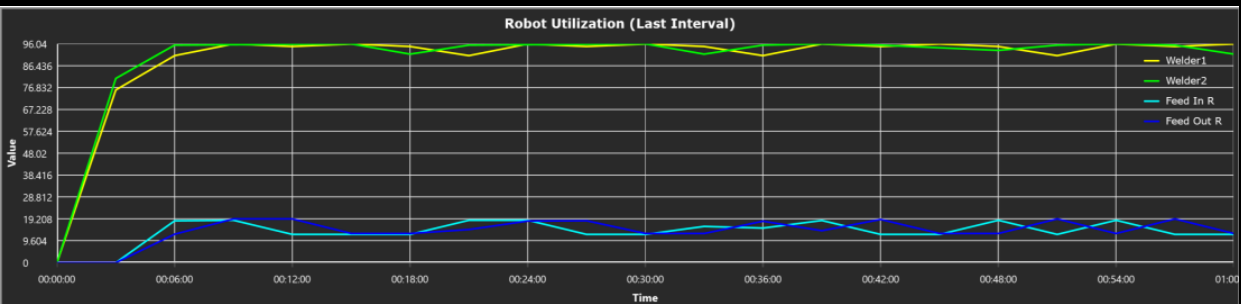


Robotin käyttöaste, tuotos, tuotantomäärä





ROBOTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI – STATISTIIKKA, TEHOKKUUS JA TUOTTAVUUSLASKELMAT



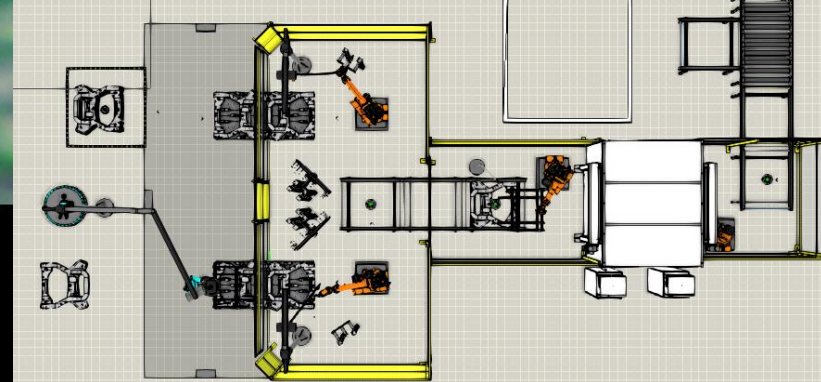
Hitsausnopeus 6 mm/s

Hitsausnopeus 9 mm/s

Robotin käyttöaste, tuotos, tuotantomäärä



Euroopan unionin osarahoittama



ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI – STATISTIIKKA, TEHOKKUUS JA TUOTTAVUUSLASKELMAT

Simulaatituloset saa myös tuottaa Exceliin

Simulation Time	Conveyor #3:Statistics:Parts Exited	Conveyor #4:Statistics:Parts Exited	Simulation Time	Conveyor #3:Statistics:Parts Exited	Conveyor #4:Statistics:Parts Exited
0	0	0	0	0	0
180	0	0	180	0	0
360	0	2	360	0	3
540	0	4	540	1	5
720	1	6	720	1	9
900	1	9	900	1	11
1080	1	11	1080	1	15
1260	1	13	1260	1	17
1440	1	15	1440	1	21
1620	1	18	1620	1	24
1800	1	21	1800	1	27
1980	1	23	1980	2	29
2160	1	25	2160	2	32
2340	2	27	2340	2	35
2520	2	29	2520	2	38
2700	2	32	2700	2	42
2880	2	34	2880	2	45
3060	2	36	3060	2	48
3240	2	39	3240	2	51
3420	2	41	3420	3	53

Tuotosten ja hylättyjen määrä

Suurentamalla hitsausnopeutta saatiin 12 tuotosta enemmän tunnissa

Hitsausnopeus 6 mm/s Hitsausnopeus 9 mm/s



Euroopan unionin osarahoittama



ROBOTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI – ETÄOHJELMOINTI

- Robottihitsaustuotannon simuloinnin etäohjelmointi ei eroa periaatteiltaan paljoakaan tuotantoon menevän hitsausrobotiohjelman etäohjelmoimisesta
- Realistisen robottihitsaustuotannon simulointituloksen saadakseen on hitsausrobotit ohjelmitava tuotantoa vastaavasti
- Suuntaa antavia simulointituloksia varten etäohjelman ei tarvitse olla aivan täydellinen ja loppuunsa hiottu
- Simulointiohjelmistojen työkalujen avulla voidaan myös joidenkin robotin liikkeiden ohjelmointi jättää simulointityökalujen automaation huoleksi, esimerkiksi jotkin väliliikkeet
- Koskaan ei robottihitsaustuotannon simulointia tehdä samalla mallilla kuin todellisen tuotannon etäohjelmointiin tarkoitetulla kalibroidulla mallilla
 - Etäohjelmointimallista voidaan tehdä vaikkapa kopio, jota käytetään tuotannon simuloimiseen





ROBOTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI –VIRTUAALINEN KÄYTTÖÖNOTTO JA VALIDOINTI

» Virtuaalinen käyttöönotto ja validointi tulevat kyseeseen, kun käytettävä laitteisto on suunnitelmissa “lyöty lukkoon” jolloin on varmistettava eli validoitava, että kyseinen laitteisto kykenee toimimaan niin kuin on haluttu, eli hitsaamaan työkappaleet

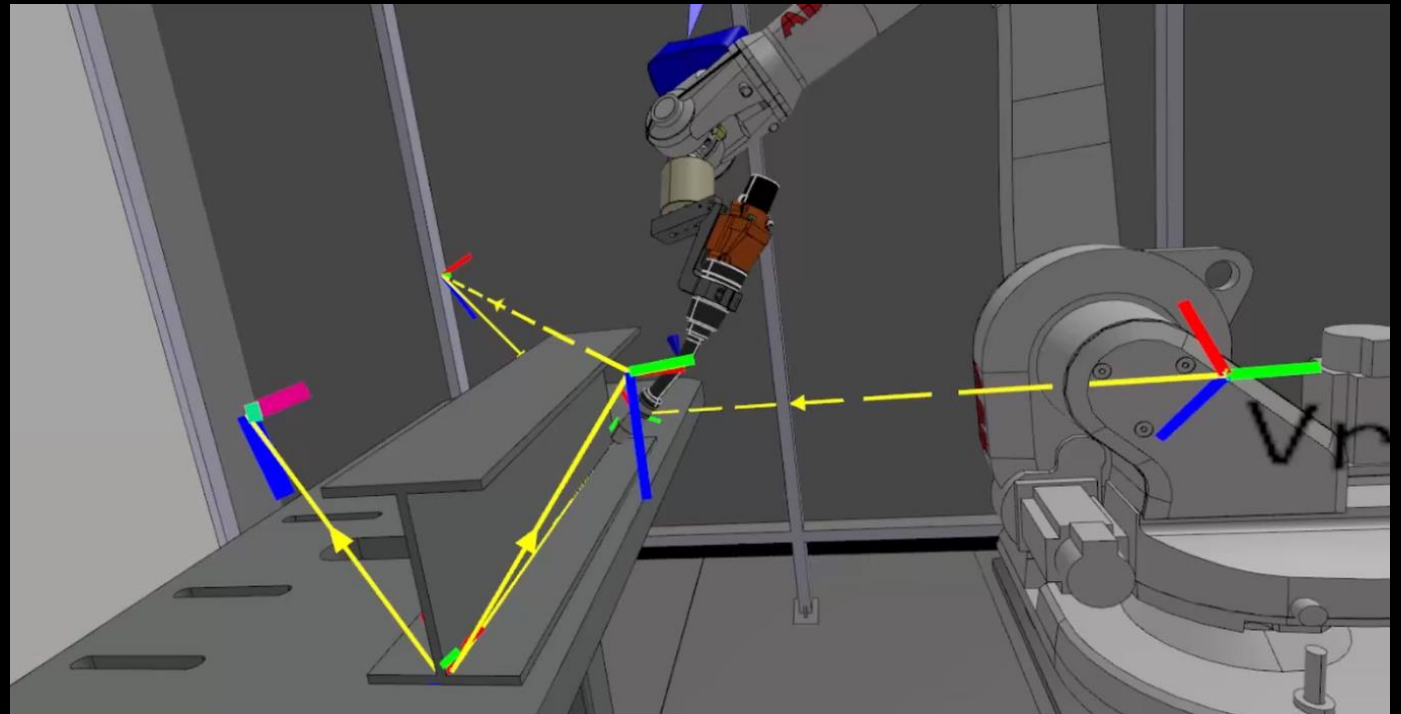
- Ulottuvuustarkastelu
- Luoksepäästävyystarkastelut
- Törmäystarkastelut
- Ohjelman logiikan oikea toiminta
- Kaikki robottiasemalle esitetyt vaatimukset täyttyvät

» Virtuaalinen käyttöönotto ja validointi nopeuttavat robottiaseman hankintaprosessia



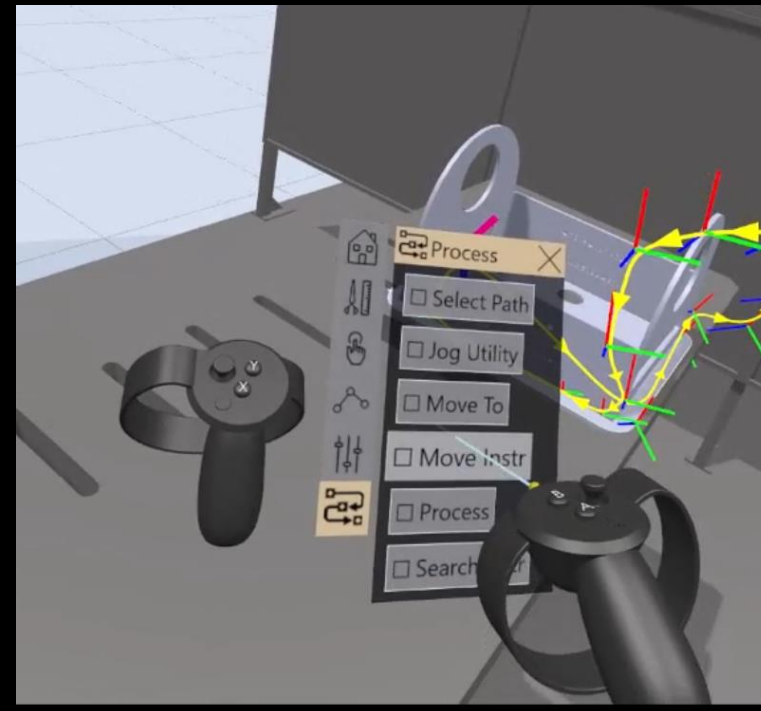
ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI –LAAJENNETTU TODELLISUUS

- » XR- laajennettu todellisuus (Extended reality) = VR,AR,MR
- » VR- virtuaalinen todellisuus (Virtual reality)
- » AR- lisätty todellisuus (Augmented reality)
- » MR- yhdistetty todellisuus (Mixed reality)
- » Ovat nopeasti kehittyviä robottien simulointi ja etäohjelmointiympäristöjä



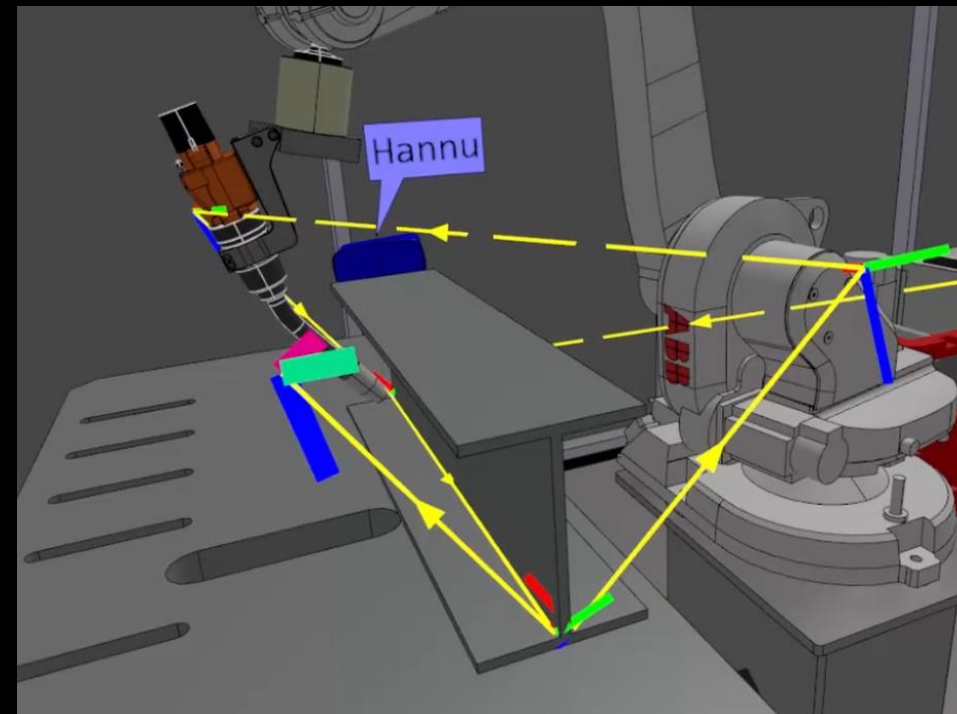
ROBOTTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI –LAAJENNETTU TODELLISUUS

- »» Robottihitsausta varten on olemassa etäohjelmointityökaluja virtuaalitodellisuudessa
- »» Ohjelmointi kuin johdattamalla ohjelmointi
- »» Lisäksi myös virtuaalinen työkalu, josta voi valita liike-, prosessi- tai hakutoimintoja



ROBOTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI –LAAJENNETTU TODELLISUUS

- »» Virtuaalitodellisuus mahdollistaa myös realistisen ja immerstiivisen kokemuksen robottihitsausasemasta
 - »» Ympäristön mittasuhteet realistisia ja helpommin ymmärrettäviä kuin pelkästä etäohjelmointi/simulointiohjelmistosta
 - »» Mahdollisuus järjestää vaikka palaveri virtuaalimallissa



ROBOTIHITSAUSTUOTANNON SIMULOINTI –LAAJENNETTU TODELLISUUS

- » AR eli lisätty todellisuus mahdollistaa virtuaalisten robottien “sovittamisen” todellisen maailman ympäristöön
- » Vapaaehtoinen tehtävä ja testaa saatko robotin ilmestymään:
 - » Lataa **RobotStudio® AR Viewer** kännykälle
- » Google play:
 - » <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.ab.b.hayes&hl=fi&gl=US>
- » Apple store:
 - » <https://apps.apple.com/us/app/robotstudio-ar-viewer/id1514364084>



Euroopan unionin
osarahoittama

