

# Oblikovanje robotizirane linije za montažu uređaja za hemodijalizu

---

Šijak, Filip

Undergraduate thesis / Završni rad

2022

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University North / Sveučilište Sjever**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:278187>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-08-06**



Repository / Repozitorij:

[University North Digital Repository](#)





**Sveučilište  
Sjever**

# **Oblikovanje robotizirane linije za montažu uređaja za hemodijalizu**

**Filip Šijak, 3848/336**

Varaždin, rujan 2022. godine





**Sveučilište  
Sjever**

**Mehatronika**

**Oblikovanje robotizirane linije za montažu uređaja za  
hemodijalizu**

**Student**

Filip Šijak, 3848/336

**Mentor**

mag. ing. mech. Božidar Hršak

Varaždin, rujan 2022. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za mehatroniku		
STUDIJ	preddiplomski stručni studij Mehatronika		
PRISTUPNIK	Filip Šijak	JMBAG	0336036317
DATUM	01.06.2022.	KOLEGIJ	Robotika
NASLOV RADA	Oblikovanje robotizirane linije za montažu uređaja za hemodijalizu		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Designing a Robotic Line for assembling a Chemodialysis Machine		
MENTOR	Božidar Hršak, dipl. ing. stroj.	ZVANJE	viši predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. Zoran Busija, dipl.ing.stroj, predavač - predsjednik povjerenstva		
	2. Božidar Hršak, dipl.ing.stroj, viši predavač		
	3. prof.dr.sc. Ante Čikić		
	4. Siniša Švoger, dipl.ing.stroj., predavač - rezervni član		
	5. _____		

## Zadatak završnog rada

BR.01	008/MEH/2022
OPIS	

U završnom radu potrebno je obraditi slijedeće teme:

- opisati uređaj za hemodijalizu i postupak njegove montaže
- dijelove dijalizatora oblikovati u 3D CAD programu SolidWorks i uvesti ih u Robot Studio
- unutar programa Robot Studio oblikovati liniju za montažu
- opisati "off-line" programiranje robota pomoću programa Robot Studio
- prikazati korištenje ulazno/izlaznih signala upravljačke jedinice robota
- objasniti izradu "Pametne komponente (eng. Smart Component)" unutar programa RobotStudio
- izraditi mehanizam i povezati ga sa ostalim komponentama montažne linije
- analizirati jedan od RAPID programa koji je nastao kao rezultat "off-line" programiranja
- izraditi simulaciju rada cijele linije

Ključne riječi: Robotika, Robot Studio, SolidWorks, programiranje robota, linija za montažu

ZADATAK URUČEN

28. 08. 2022.



## **Predgovor**

*Posebne zahvale mom mentoru Božidaru Hršaku, dipl.ing.stroj. i profesoru Zoranu Busiji, dip.ing.stroj. na njihovim stručnim savjetima, velikoj susretljivosti te strpljenju tijekom izrade ovog rada. Također, velike zahvale i kolegama koji su uvijek bili spremni za suradnju.*

*Na kraju, želim se zahvaliti mojoj djevojci i obitelji koji su mi bili najveća potpora ,te ujedno i motivacija, tijekom preddiplomskog studija.*

## Sažetak

U ovome je radu prikazan temelj moderne 4.0 industrije. Prvenstveno, objašnjen je i prikazan princip rada linije za montažu uređaja za hemodijalizu koristeći program za simulaciju industrijskih postrojenja ABB RobotStudio. Tijekom izrade rada prvo je prikazano na koji način je potrebno oblikovati dijelove dijalizatora koristeći SolidWorks. Zatim, navedeno je koji industrijski roboti su korišteni u izradi postrojenja te na koji način se postavljaju unutar radnog okruženja u RobotStudio-u. Također, demonstrirano je kako se definira dopremanje dijelova dijalizatora transporterom te kako se stvaraju signali koji upravljaju postrojenjem.

Prikazano je i kako se unutar RobotStudio-a programira „Pick n' Place“ način rada robota te kako se programira postupak zavarivanja robotom. Opisan je i prikazan način oblikovanja „Smart Component“ objekta i način na koji se povezuju svi signali unutar radnog okruženja. Na kraju je objašnjen ispis RAPID programa za pojedini robot.

**Ključne riječi:** Industrija 4.0, uređaj za hemodijalizu, ABB RobotStudio, SolidWorks, signali, „Smart Component“, RAPID.

## Summary

The foundation of the modern 4.0 industry is shown in this paper. Firstly, the working principle of the line for the assembly of a hemodialysis device using the ABB RobotStudio program for simulating industrial plants is explained and shown. During the making of this paper, it is first shown in which way it is necessary to form the parts of the dialyzer using SolidWorks. Afterwards, it is stated which industrial robots are used in the making of the plant and in which way they are set up inside the working environment in RobotStudio. It is also demonstrated how to define the delivery of the dialyzer parts with a transporter and how to make signals that control the plant.

Furthermore, it is shown how to program the „Pick n' Place“ (mode of robot operation) and how to program a welding procedure using a robot. The way of shaping „Smart Component“ objects and the way in which all the signals in the working environment are connected is also described and shown. At the end, there is an explained description of the RAPID program for each robot.

**Key words:** Industry 4.0, hemodialysis device, ABB RobotStudio, SolidWorks, signals, „Smart Component“, RAPID



## Popis korištenih kratica

<b>Itđ.</b>	I tako dalje
<b>Cca.</b>	Otprilike, oko, cirka
<b>Npr.</b>	Na primjer
<b>mm</b>	Milimetar
<b>IoT</b>	The Internet of Things (Internet stvari)
<b>Kg</b>	Kilogram
<b>TCP</b>	Tool center point (koordinatni sustav alata)
<b>PLC</b>	Programmable logic controller (programibilni logički kontroler)
<b>MIG</b>	Metal Inert Gas (elektrolučno zavarivanje taljivom žicom)
<b>TIG</b>	Tungsten Inert Gas (elektrolučno zavarivanje netaljivom elektrodom u zaštiti inertnog plina)

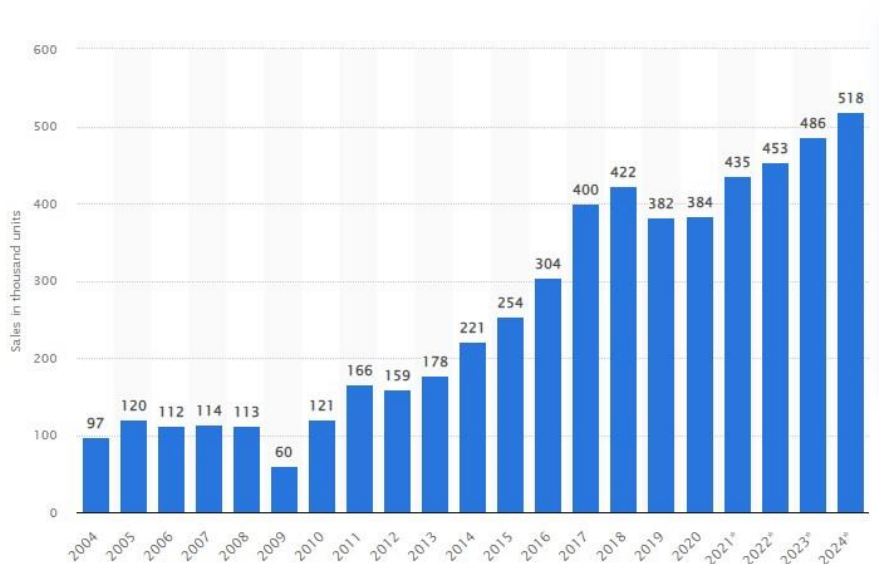
## Sadržaj

1. Uvod.....	1
2. Uređaj za hemodijalizu (dijalizator) .....	3
2.1. Hemodijaliza.....	3
2.2. Komponente i princip rada uređaja za hemodijalizu (dijalizator) .....	3
2.3. Oblikovanje dijelova dijalizatora u SolidWorks-u .....	5
2.4. Sklapanje dijelova dijalizatora u SolidWorks-u .....	21
3. Princip rada robotizirane linije (postrojenja) za montažu uređaja za hemodijalizu.....	24
4. Priprema i pozicioniranje industrijskih robota u radnom okruženju RobotStudio-a .....	36
4.1. Roboti i tračnice potrebni za postavljanje radnog okruženja u RobotStudio-u.....	36
4.2. Pozicioniranje industrijskih robota u radnom okruženju RobotStudio-a .....	43
5. Opis objekta „SmartComponent“ .....	52
6. Princip dopremanja komponenata dijalizatora pomoću transporterata.....	53
6.1. Odabir transporterata i njegovo pozicioniranje u radnome okruženju .....	53
6.2. Stvaranje „Smart Component“ objekta za dopremanje komponente transporterom .	54
6.3. Logika dopremanja (princip dopremanja) police unutar „Smart Component“ objekta	62
7. Prihvat dopremljene police pomoću industrijskog robota („Pick n' place“).....	66
7.1. Povezivanje industrijskog robota sa kontrolerom .....	66
7.2. Izrada putanje i ulaznih i izlaznih signala robota .....	68
7.3. Dopuna „Smart Component“ objekta .....	81
7.4. Dopuna putanje robota.....	83
7.5. Povezivanje signala u „Station Logic“ alatu .....	85
8. Postupak izrade programa (putanje) robota za zavarivanje .....	87
8.1. Izrada putanje zavarivanja .....	87
8.2. Izrada i povezivanje signala zavarivanja .....	94
9. Izrada mehanizama (pozicionera) za podizanje i okretanje dijalizatora tijekom postupka montaže .....	96
9.1. Izrada i mehanizma sa rotacijskim gibanjem i povezivanje s robotom .....	96
9.2. Izrada i povezivanje s robotom mehanizma sa translacijskim gibanjem (platforma za podizanje dijalizatora) .....	104
10. Objasnjene RAPID programa na primjeru Robot3.....	108
11. Zaključak.....	110
12. Literatura .....	111
Popis slika .....	114



# 1. Uvod

Promatrajući tehnološki napredak tijekom povijesti čovječanstva, tj. od prvog bitnog izuma u ljudskoj povijesti (izuma kotača), možemo zaključiti da se najveći tehnološki skok upravo dogodio u posljednjih pedesetak godina. U samo posljednjih pedesetak godina ljudi su postigli povijesna postignuća poput odlaska na Mjesec, razvoja interneta koji nam danas omogućuje neprestanu komunikaciju, itd. Vrijedi spomenuti da su tijekom tog razdoblja razvijena i računala za komercijalnu upotrebu koja su tadašnjim raznim hobistima omogućila da razviju i realiziraju ideje bez kojih nam je današnja svakodnevica nezamisliva. Također, u tome razdoblju čovječanstvo je otkrilo nova, poboljšana rješenja za eksploataciju i gospodarenje energetske resursima što je omogućilo enormno povećanje stvaranja električne energije. Povećanjem dostupnosti i količine električne energije razvila se i industrija u svakom pogledu. Jedan od važnijih faktora u razvoju industrije je taj da su gotovo sva područja industrije u navedenom razdoblju postala automatizirana (barem u nekom segmentu). Automatizaciji industrije je svakako pridonio i razvoj industrijskih robota. Iako je prvi moderni industrijski robot proizveden 1961. godine u američkoj tvrtki Unimation, pravi skok u upotrebi industrijskih robota dogodio se 80-ih godina prošlog stoljeća te je od tog trenutka nastavio ubrzano rasti. Prema analizama stručnjaka godišnja nabava industrijskih robota od početka tisućljeća pa sve do danas narasla je s brojke od cca. 100 tisuća komada godišnje na cca. 460 tisuća komada godišnje te će i dalje nastaviti rasti.



Slika 1.1. Grafički prikaz prodaje industrijskih robota u tisućama [1]

*Slika 1.1. prikazuje graf godišnje prodaje industrijskih robota. Iz grafa je vidljivo da od početka tisućljeća prodaja industrijskih robota kontinuirano raste. Također je vidljivo da ekonomska situacija u svijetu uvjetuje pad ili rast prodaje robota, npr. vidljiv je drastičan pad prodaje robota 2009. godine kada se svjetska ekonomija nalazila u ekonomskoj krizi koja je nastupila 2007. godine te je vidljivo da je prodaja industrijskih robota pala i 2019. i 2020. godine kada je svijet pogodila ekonomska kriza uzrokovana pandemijom Covid-19 virusa.*

Samim industrijskim napretkom omogućeni su tehnološki pomaci u područjima od velike važnosti za čovječanstvo poput medicine i zdravstva. Tehnološkim napretkom omogućeno je poboljšanje postojećih medicinskih uređaja i stvaranje novih uređaja koji su ljudima omogućili sigurniju zdravstvenu zaštitu. Prema dostupnim analizama vrijednost tržišta medicinskih uređaja 2021. godine iznosila je 495.46 milijardi američkih dolara te se predviđa da će vrijednost tog tržišta krajem 2022. godine doseći iznos od 718.92 milijardi američkih dolara. Iako su te brojke neusporedive s vrijednostima vodećih svjetskih tržišta (npr. vrijednost tržišta automobila iznosi 2.86 bilijuna američkih dolara), tržište medicinskim uređajima i dalje možemo smatrati jednim od većih svjetskih tržišta. Kako bi i dalje dolazili do novih postignuća u polju medicinskih uređaja i samim time povećali zdravstvenu zaštitu ljudi potrebno je svakodnevno ulagati u njihov razvoj te proširivanje i razvoj proizvodnih procesa i postrojenja u kojima oni nastaju.

S obzirom da se veličina i kompleksnost industrijskih postrojenja svakodnevno povećava inženjeri su morali doći do rješenja koje bi im olakšalo planiranje i izgradnju takvih industrijskih postrojenja i samih proizvodnih procesa te je iz te potrebe nastalo ono što danas nazivamo Industrijom 4.0. Industrijom 4.0 smatramo načinom na koji tvrtke poboljšavaju svoju proizvodnju i distribuciju proizvoda. Proizvođači u tvornice i proizvodnju integiraju nove tehnologije poput: umjetne inteligencije, IoT tehnologije koja omogućuje neprestanu komunikaciju bez potrebe ljudskih operatera, korištenje Cloud tehnologije za pohranu podataka te korištenje simulacija. Korištenjem navedenih tehnologija raste stupanj automatizacije tvornica te samim time raste i učinkovitost proizvodnje i dobit.

Temeljem navedenih činjenica u ovome radu prikazana je jedno od temeljnih načela Industrije 4.0, a to je korištenje simulacije u proizvodnom procesu. Cilj projekta bio je prikazati kako simulacijom napravljenom u ABB-ovom programu RobotStudio možemo oblikovati robotiziranu liniju za montažu uređaja za hemodijalizu.

## **2. Uređaj za hemodijalizu (dijalizator)**

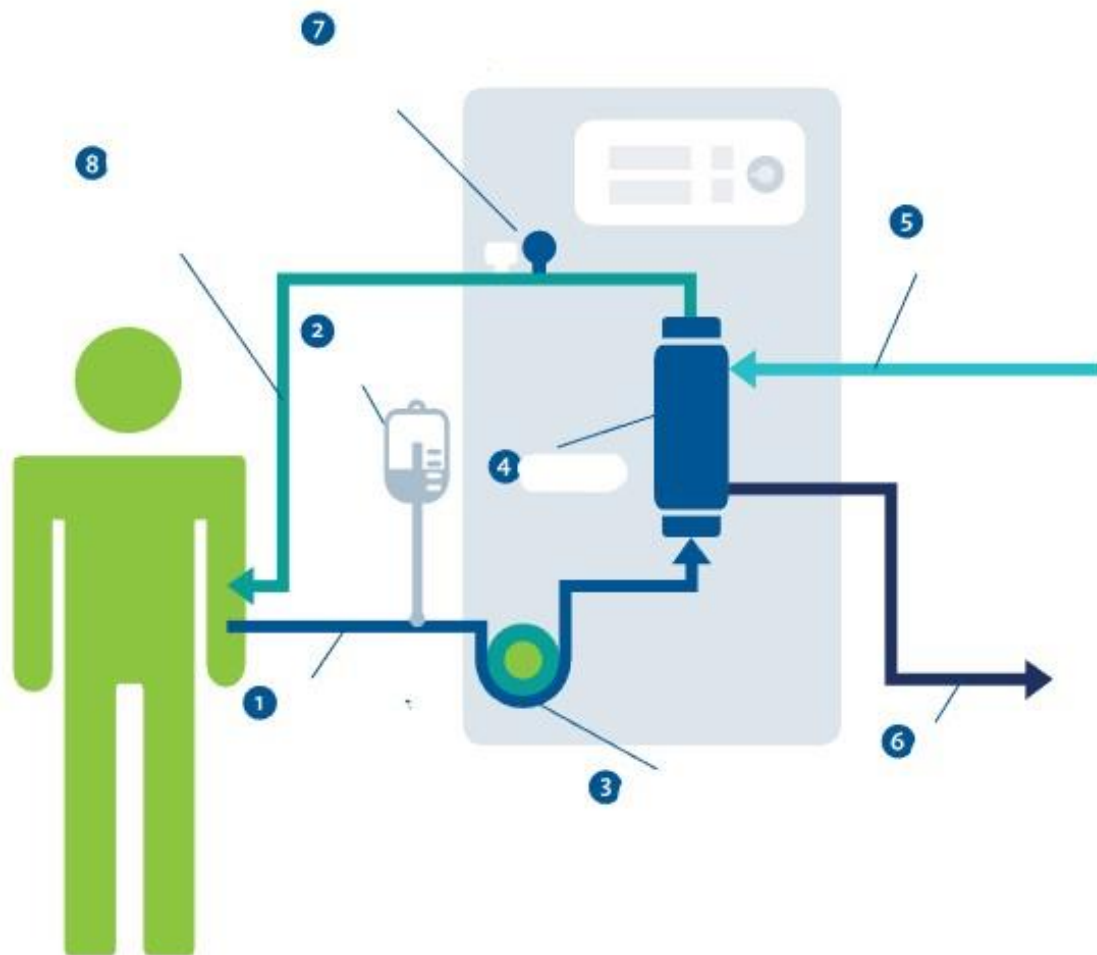
### **2.1. Hemodijaliza**

Hemodijalizom nazivamo postupak kojim se primjenom polupropusnih membrana nisko molekulske tvari uklanjaju iz krvi, dok visoko molekulske tvari i krvne stanice ostaju u krvotoku. Svrha postupka je nadomještanje ili potpomaganje rada bubrega kako bi se održao konstantan sastav i volumen tjelesnih tekućina.

### **2.2. Komponente i princip rada uređaja za hemodijalizu (dijalizator)**

Uređaj za hemodijalizu se sastoji od mnogo komponenata te kako bi se objasnile njihove uloge i princip rada potrebno je dublje ući u tematiku njihove proizvodnje. Ovdje su spomenute neke bitnije komponente koje su potrebne za daljnju razradu projekta poput: membrane ravnotežne komore koja odvaja svježi i iskorišteni dijalizat, ulazne pumpe koja dovodi krv i izlazne pumpe koja odvodi krv iz dijalizatora, separatora zraka koji odvaja mjehuriće zraka iz krvi, bikarbonatne pumpe koja odvaja višak fluida iz krvi te blok za miješanje dijalizata.

Princip rada uređaja za hemodijalizu objašnjen je u opisu slike 2.1.



**Slika 2.1.** Princip rada uređaja za hemodijalizu [2]

*Slika 2.1. prikazuje skicu principa rada uređaja za hemodijalizu. Prateći oznake na slici vidi se da uređaj za hemodijalizu funkcionira na slijedeći način:*

- 1. Dijalizator je spojen na pacijenta pomoću dvije cijevi na mjestu koje je prije predviđeno za spajanje te se krv odvodi u dijalizator;*
- 2. Nakon dovođenja krvi u dijalizator, postoji mogućnost dodavanja preparata za razrjeđivanje krvi kako se krv ne bi zgrušala tijekom postupka hemodijalize;*
- 3. Pumpa otprema krv dalje u dijalizator istom frekvencijom na kojoj krv pumpa i srce pacijenta kako ne bi došlo do razlike u izlaznom i ulaznom tlaku krvi kod pacijenta;*
- 4. Krv ulazi u dijalizator gdje se filtrira uz pomoć filtara koji vrše difuziju, konvekciju i adsorpciju krvi;*

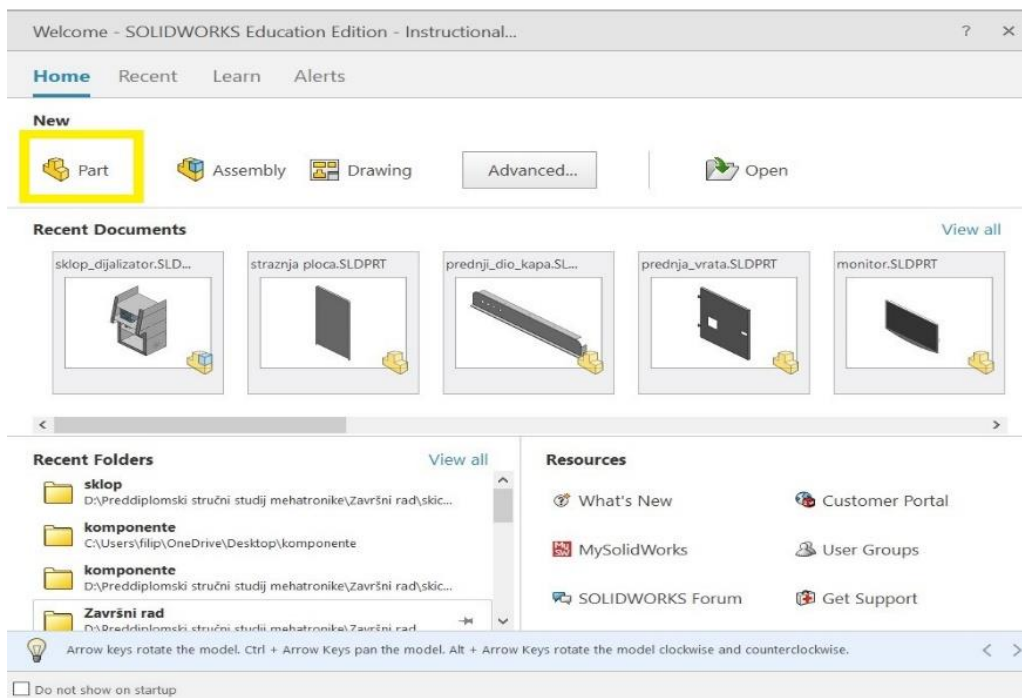
5. Otopina dijalizata ulazi u dijalizator te veže na sebe otpad iz krvi;
6. Iskorištena otopina dijalizata odvodi se iz uređaja;
7. Krv prolazi kroz još jedan mjerač tlaka i zračnu zamku kako bi se odstranio mogući zrak iz krvi te se time omogućava siguran povratak krvi u tijelo;
8. Očišćena krv se vraća u tijelo kroz cijev spojenu na pristupno mjesto.

### 2.3. Oblikovanje dijelova dijalizatora u SolidWorks-u

Kako bi se realizirala kompletna simulacija robotizirane linije za montažu uređaja za hemodijalizu, potrebno je oblikovati njegove komponente. Komponente su oblikovane u programskom sustavu SolidWorks koji omogućava parametarsko modeliranje zasnovano na značajkama.

U programskom sustavu SolidWorks većina konstrukcijskih komponenata dijalizatora oblikovana je na slijedeći način\*:

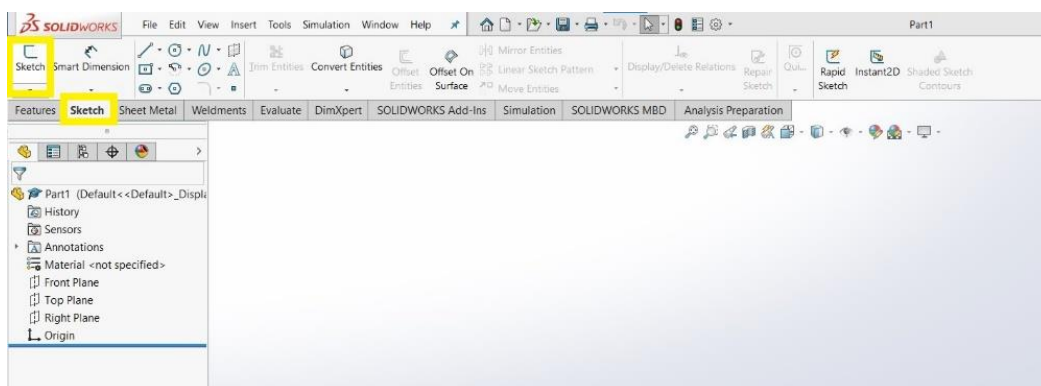
1. Otvaranjem programskog sustava SolidWorks pojavljuje se početni prozor u kojem se odabire što želimo oblikovati (mogućnosti oblikovanja koje su nam ponuđene u početnom prozoru: Part, Assembly i Drawing); s obzirom da se oblikuje bazna (početna) komponenta odabrana je opcija Part.



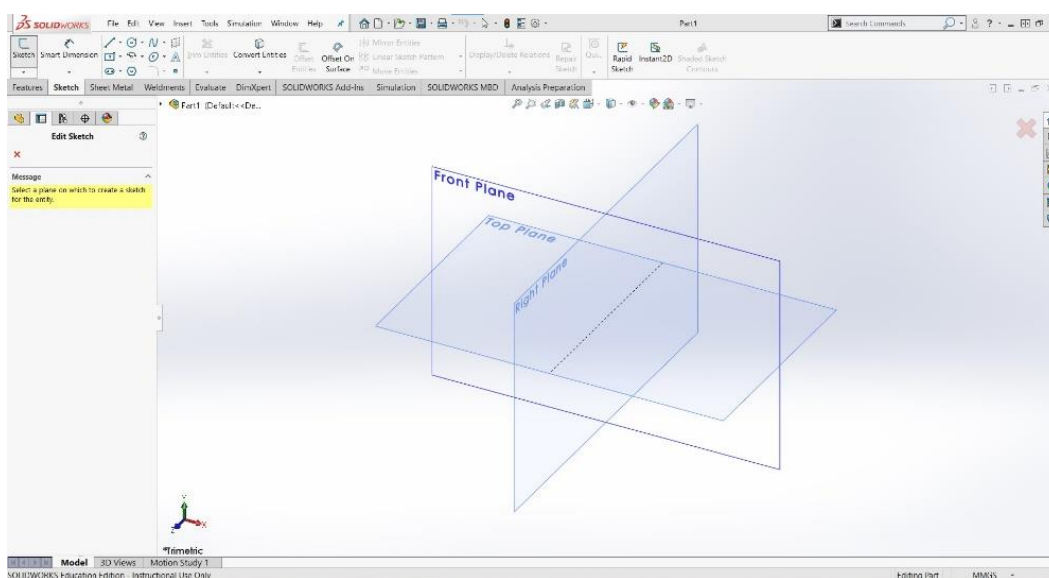
Slika 2.2. Kreiranje novog Part-a u SolidWorks-u [4]



2. Odabirom opcije Part otvara se radna površina SolidWorks-a. Kako bi se započelo oblikovanje komponente, potrebno je kliknuti na karticu „Sketch“ te zatim i na gumb „Sketch“ pored nje (slika 2.3.). Odabirom gumba „Sketch“ na radnoj površini (slika 2.4.) prikazu se 3 ravnine (Front, Top, Right Plane) pa se za početak skiciranja odabire ravnina na kojoj će se skica konstruirati. U ovom slučaju odabire se „Top Plane“.

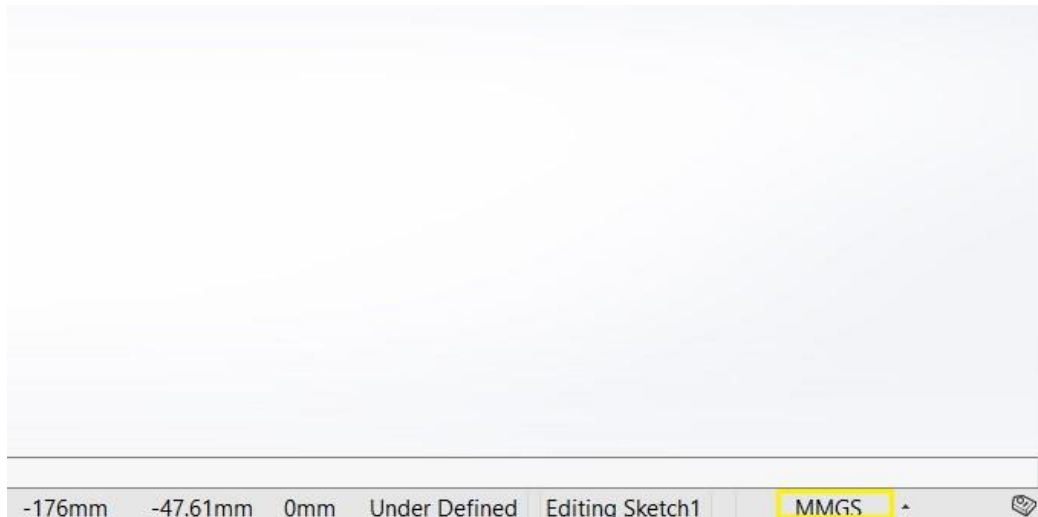


**Slika 2.3.** Odabir kartice „Sketch“ i odabir gumba „Sketch“ u lijevom kutu iznad kartice



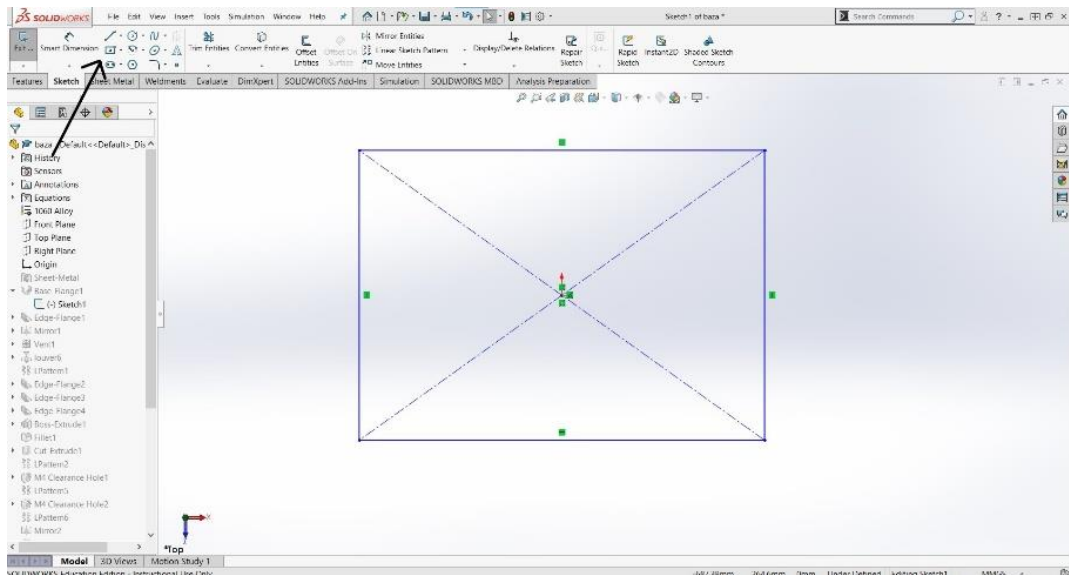
**Slika 2.4.** Odabir ravnine skiciranja klikom na „Top Plane“ [4]

3. Prije početka samog skiciranja potrebno je provjeriti u donjem desnom uglu (slika 2.5.) je li sustav mjernih jedinica podešen na „MMGS“. Ukoliko nije potrebno je postaviti u „MMGS“ kako bi skica bila valjano skicirana u milimetrima.

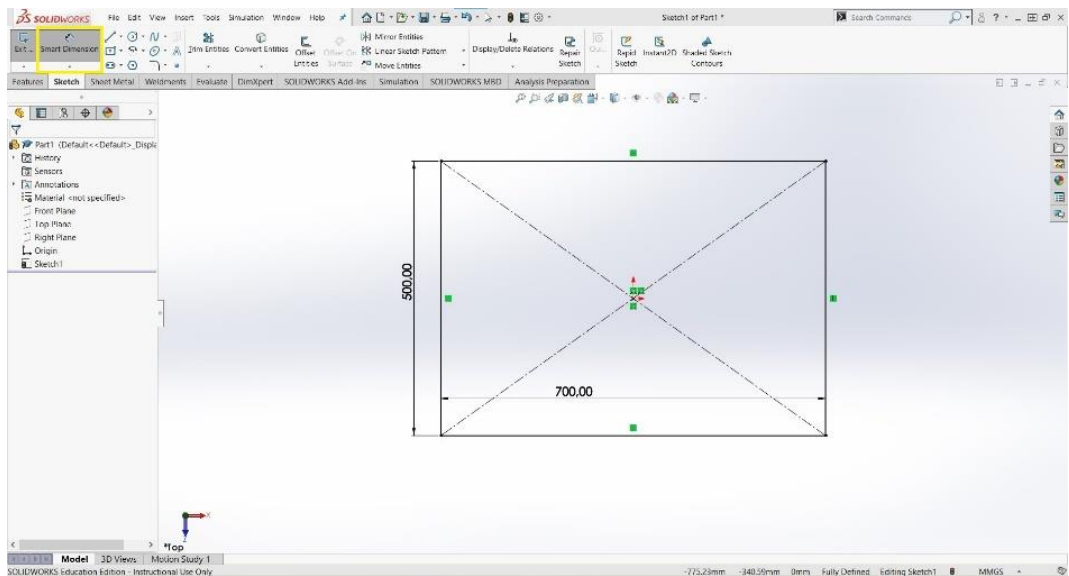


**Slika 2.5.** Odabir sustava mjernih jedinica „MMGS“ [4]

4. Izrada skice započinje tako da se u kartici „Sketch“ odabire ikona pravokutnika, tj. odabire se „Center Rectangle“ (slika 2.6.). Odabirom „Center Rectangle“ aktiviran je alat za skiciranje pravokutnika, te se nakon toga odabire ishodište iz kojeg će nastati pravokutnik. Poželjno je da se ishodište pravokutnika definira na koordinatnom sustavu radne površine kako bi se lakše definirali parametri linija. Nakon što se odabere ishodište konstruira se proizvoljan pravokutnik. Zatim, nakon što je pravokutnik konstruiran, odabire se alat „Smart Dimension“ (slika 2.7.). Aktivacijom alata „Smart Dimension“ definira se duljina stranica pravokutnika klikom na stranice te upisivanjem željenih dimenzija. U ovome slučaju upisuje se visina od 500 mm i širina od 700 mm. Ukoliko je ishodište pravokutnika postavljeno u ishodište radne površine SolidWorks će sam preračunati udaljenost stranica od ishodišta te će se skica zacrniti što znači da je potpuno definirana. Ukoliko skica nije potpuno definirana potrebno je odrediti udaljenost baze pravokutnika od ishodišta radne površine pomoću alata „Smart Dimension“. Nakon odabira alata klikom na ishodište (koordinatni sustav) radne površine i klikom na stanicu dobivamo udaljenost između njih što omogućuje potpunu definiranost skice.



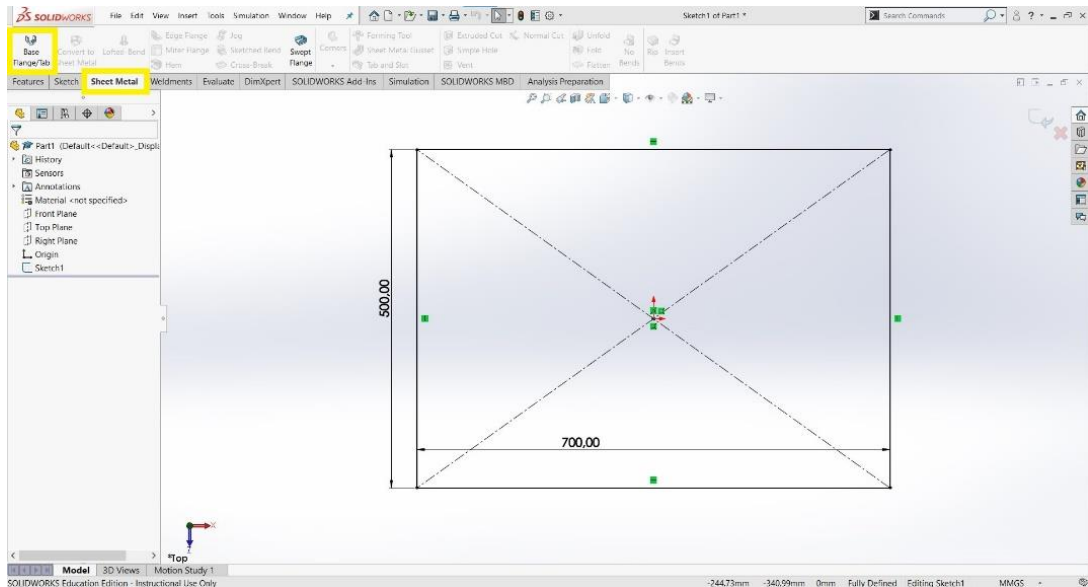
Slika 2.6. Izrada skice pravokutnika pomoću alata „Center Rectangle“



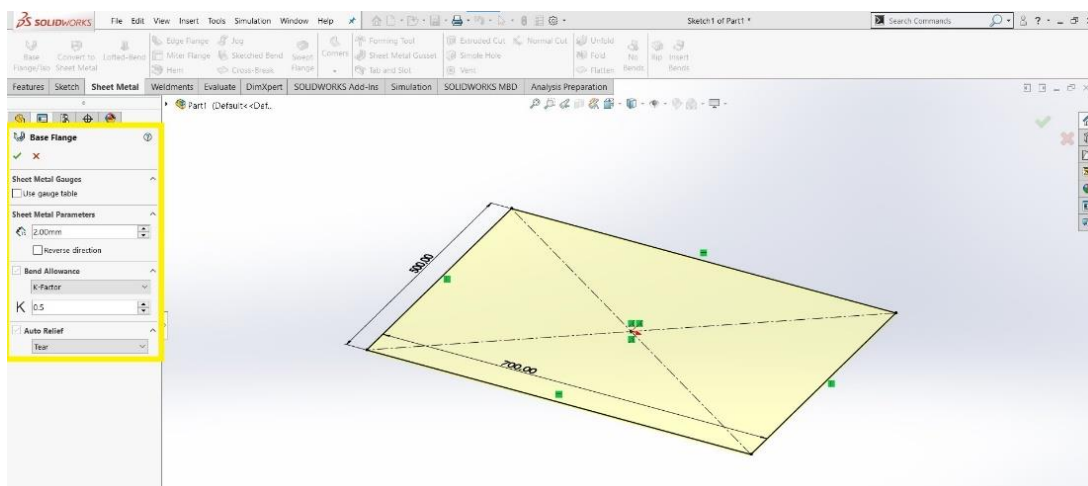
Slika 2.7. Definiranje duljina stranica pravokutnika

5. Nakon stvaranja skice potrebno je odabrati karticu „Sheet metal“ kako bi se realizirala komponenta. Ukoliko nema kartice „Sheet metal“ desnim klikom na karticu „Sketch“ otvara se padajući izbornik gdje se aktivira kartica „Sheet metal“. Odabirom kartice „Sheet metal“ otvaraju se dva početna alata za izradu komponenata. Kako bi se stvorila bazna (donja) ploha bazne komponente odabire se alat „Base Flange/Tab“ (slika 2.8.). Aktivacijom alata „Base Flange/Tab“ otvara se izbornik u koji se upisuju parametri bazne (donje) plohe bazne komponente; Za parametar „Sheet metal parameters“ upisuje se 2 mm (tim parametrom definira se debljina materijala na baznoj plohi), pod parametrom „Bend Allowance“ u

padajućem izborniku se odabire „K-factor“ te se upisuje vrijednost od 0.5 te za posljednji, „Auto Relief“, parametar u padajućem izborniku odabire se opcija „Tear“ (Slika 2.9.). U konačnici kako bi se stvorila bazna ploha potrebno je pritisnuti zelenu kvačicu kako bi se potvrdili zadani parametri.

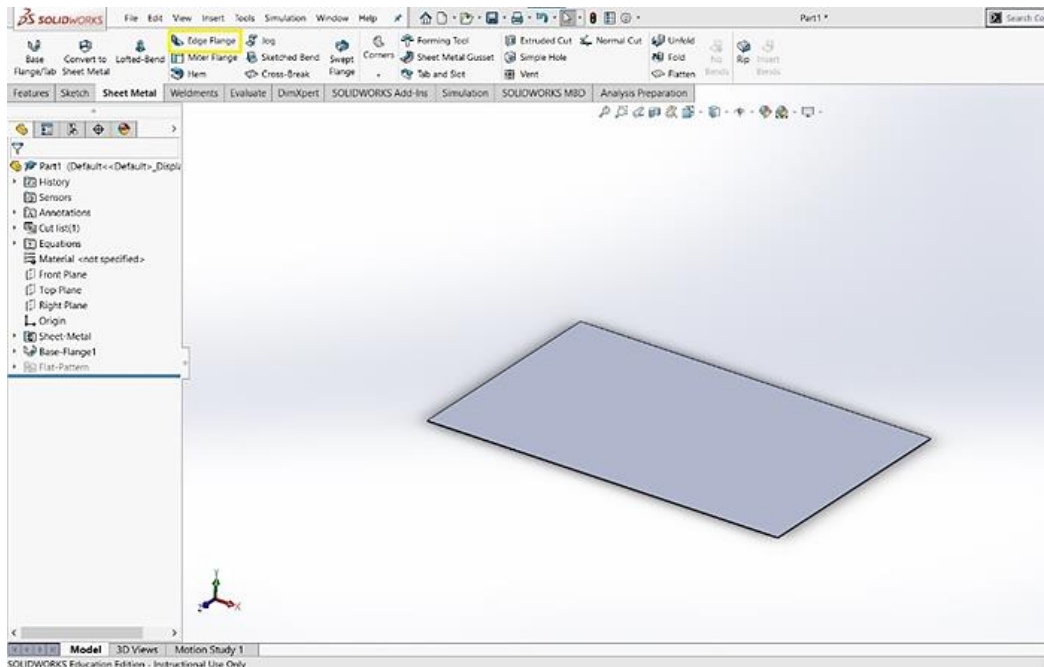


Slika 2.8. Odabir kartice „Sheet metal“ i alata „Base Flange/Tab“



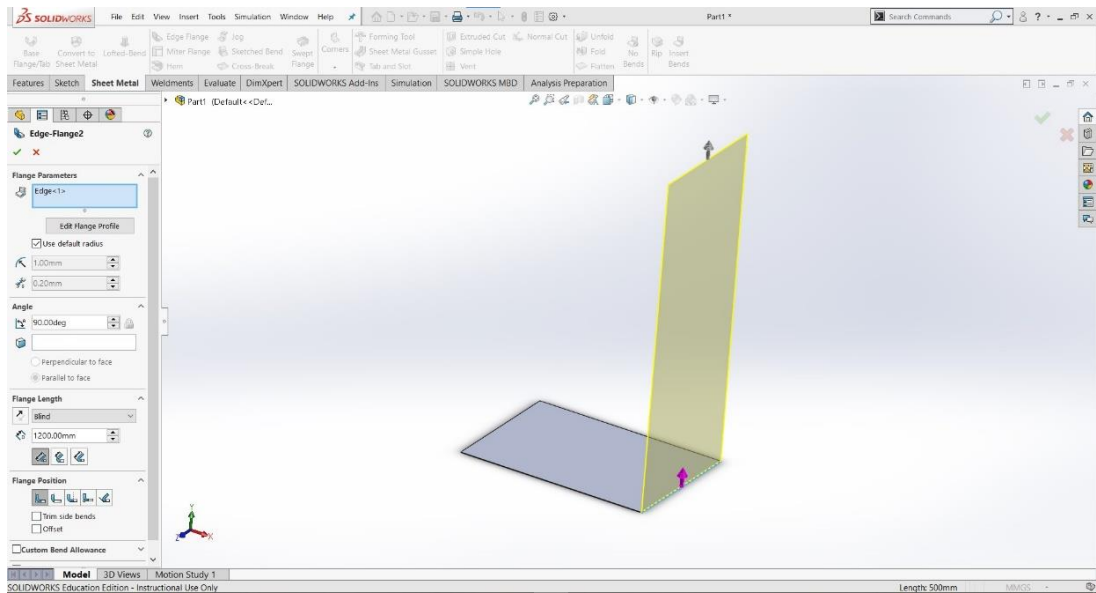
Slika 2.9. Definiranje parametara osnovnog građevnog elementa

- Nakon što je stvorena donja ploha bazne komponente u kartici „Sheet Metal“, postaju dostupni i ostali alati za uređivanje komponenata. Kako bi se nastavila izrada potrebno je oblikovati bočne stranice bazne komponente dijalizatora odabirom alata „Edge Flange“ (slika 2.10.).



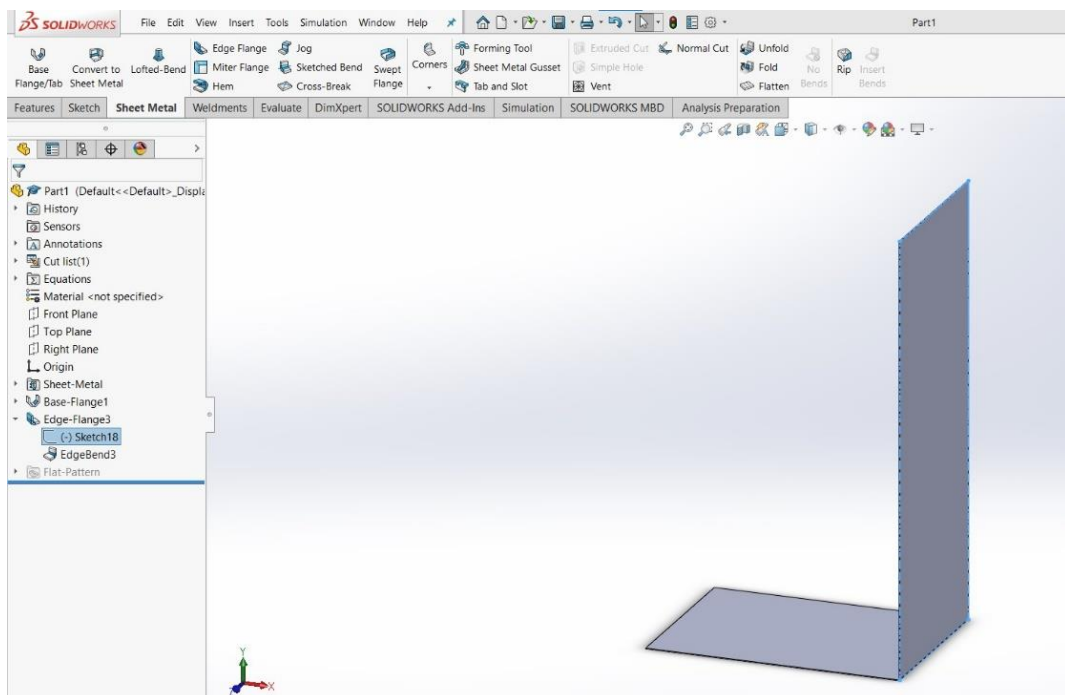
**Slika 2.10.** Aktivacija alata „Edge Flange“

Klikom na alat otvara se izbornik za upisivanje parametara bočnih stranica bazne komponente. Kako bi se kreirala bočna stranica bazne komponente potrebno je odabrati desni rub na kojem će se oblikovati prva bočna strana. Kada je definiran rub na kojem će se oblikovati bočna strana potrebno je definirati željenu visinu te u ovome slučaju upisuje se 1200 mm u parametar „Flange Length“, ostale opcije za definiranje ovog parametra ostaju kako su zadane. U konačnici potrebno je još definirati parametar „Flange Position“, u ovome slučaju odabire se „Material Inside“ (slika 2.11).



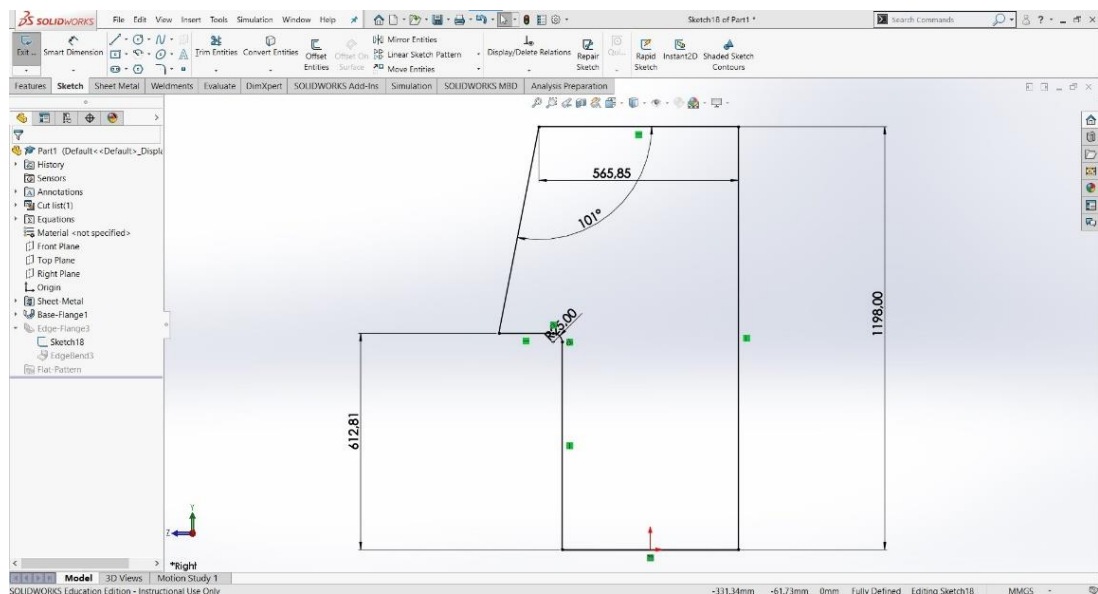
**Slika 2.11.** Definiranje parametara bočne stranice

Nadalje, kako bi se dobio željeni oblik bočne strane potrebno je modificirati automatski nastalu skicu bočne strane. Skica se modificira tako da u lijevoj strani radne površine otvori se padajući izbornik stvorene bazne stranice, te se desnim klikom na „Sketch“ otvara izbornik gdje se odabire „Edit Sketch“ (slika 2.12.).



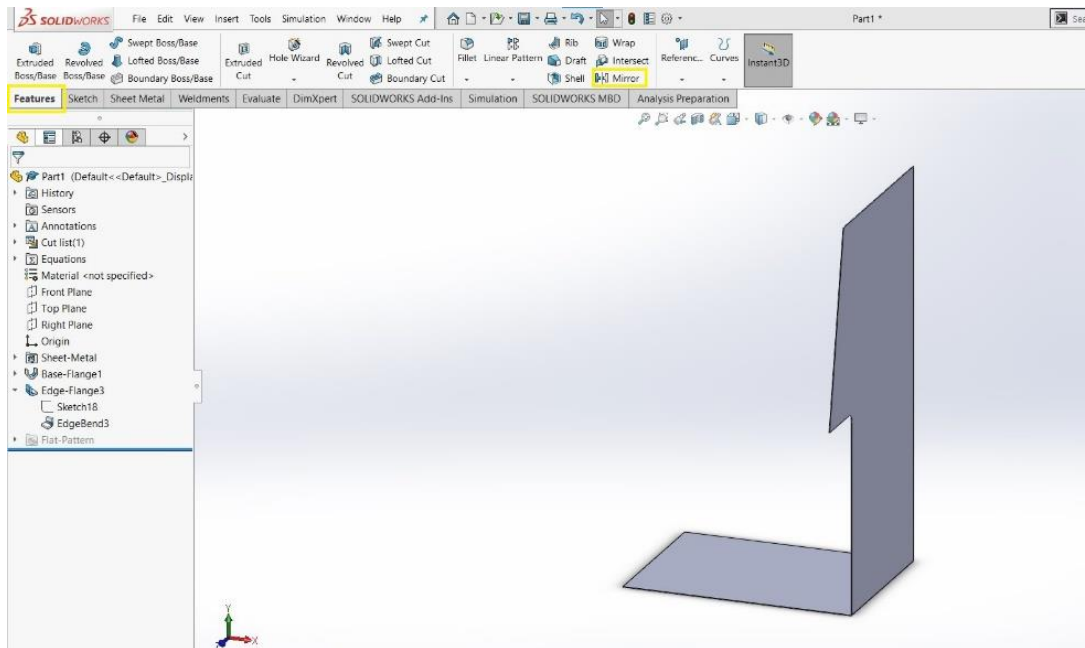
**Slika 2.12.** Modificiranje skice bočne strane

Odabirom „Edit Sketch“ otvara se automatski stvorena skica koju je potrebno modificirati. Skicu je potrebno modificirati prema dimenzijama na slici 2.13. Kako bi se modificirala skica potrebno je prvo izbrisati lijevu stranicu pravokutnika. Gornja stranica se zatim modificira alatom „Smart Dimension“ na potrebnu duljinu. Nakon toga konstruira se proizvoljni pravac pomoću alata „Line“ (nalazi se pored alata „Center Rectangle“) od lijevog ishodišta gornje stranice prema donjoj stranici. Zatim, kada je pravac konstruiran, pomoću alata „Smart Dimension“ definira se kut između gornje stranice i novonastalog pravca. Nakon definiranja kuta potrebno je definirati udaljenost između vrha pravca i donje stranice. Kada je definirana duljina prvog pravca konstruira se idući drugi pravac. Drugi pravac se konstruira s ishodištem u lijevoj točki na donjoj dužini, te se konstruira okomito prema gornjoj dužini no ne i do nje. Nakon toga konstruira se treći pravac koji ima ishodište u vrhu prvog pravca te on mora biti okomit na drugi pravac i treba ga sjeći. Kada je dobiveno sjecište drugog i trećeg pravca, pomoću alata „Trim Entities“ izreže se njihov dio od sjecišta pa do vrha. U konačnici u sjecištu pravaca dobiven kut pretvara se u polukružnicu alatom „Fillet“; radijus: 25 mm. Nadalje kako bi skica bila potpuno definirana potrebno je alatom „Smart Dimension“ definirati sve potrebne dimenzije kao na slici 2.13., te se na kraju potvrdi skica kako bi se spremili modificirane dimenzije.



Slika 2.13. Modifikacija skice bočne strane

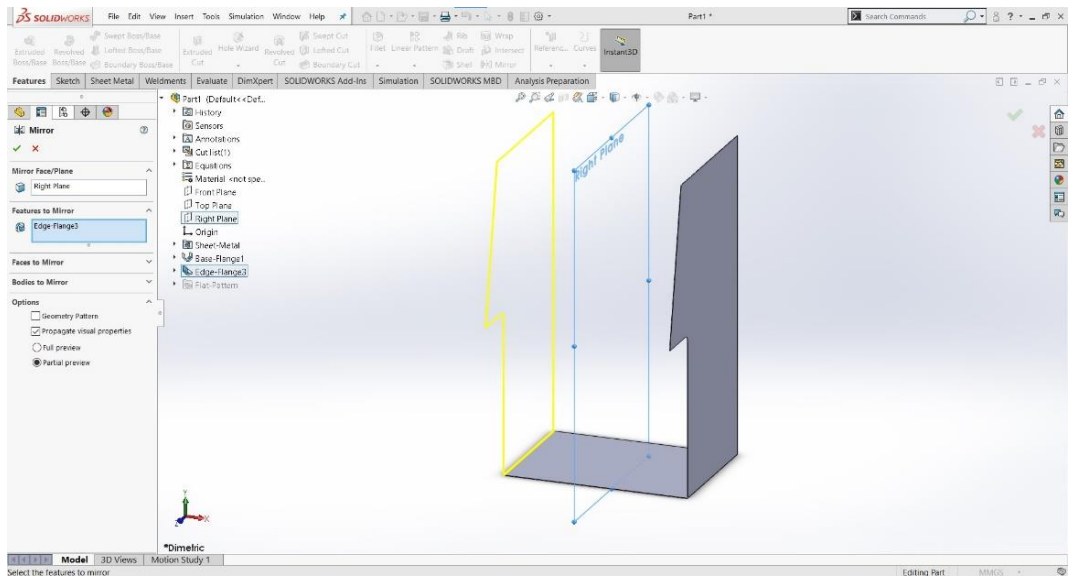
7. Nadalje, potrebno je konstruirati i drugu bočnu stranicu. Kako bi se konstruirala i druga bočna stranica u ovoj situaciji poželjno je koristiti alat „Mirror“ koji je moguće pronaći klikom na karticu „Features“ (slika 2.14.).



**Slika 2.14.** Aktiviranje alata „Mirror“

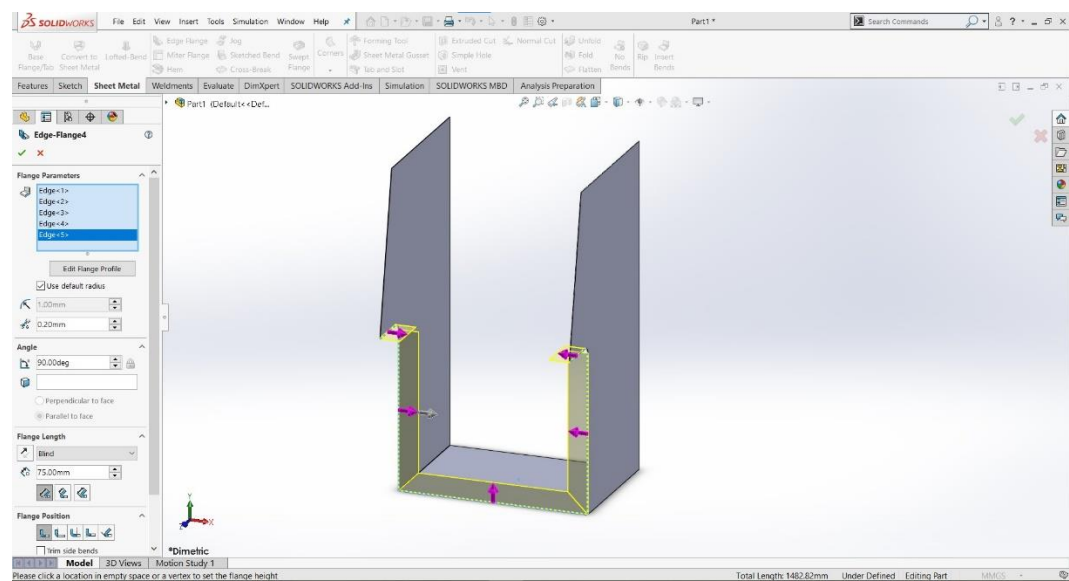
Klikom na alat „Mirror“ otvara se izbornik za definiranje parametara. Prvi parametar koji je potrebno definirati je ravnina preko koje želimo da se komponenta zrcali; u ovome slučaju potrebno je otvoriti padajući izbornik „part“ te odabrati „Right Plane“. Nakon odabira ravnine potrebno je odabrati komponentu (Feature) koju je potrebno zrcaliti te se u ovome slučaju odabire postojeća bočna strana baze (slika 2.15.). Nakon definiranja potrebno je potvrditi parametre te će druga bočna strana biti automatski stvorena.





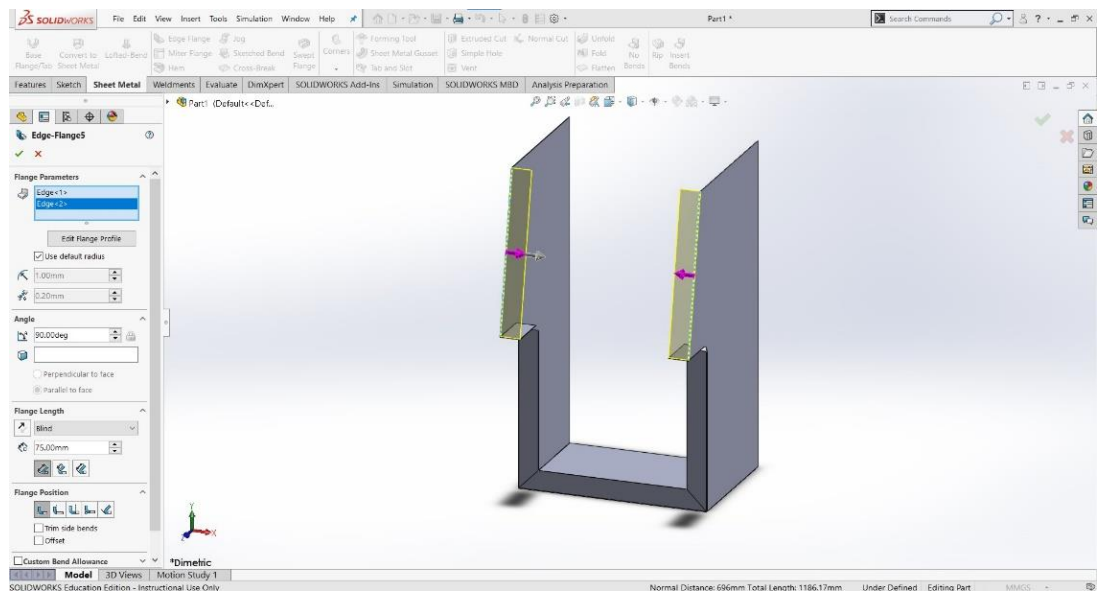
Slika 2.15. Definiranje parametara za zrcaljenje bočne strane

8. Idući korak oblikovanja baze je oblikovanje prednjih dijelova za montažu vrata i prednje ploče. Kao i u 6. koraku i ovdje se koristi alat „Edge Flange“.
- Aktivacijom alata odabiru se rubovi iz kojih će nastati potrebni dijelovi bazne komponente gdje će se postaviti prednja ploča te se upisuje duljina od 75 mm (slika 2.16.).



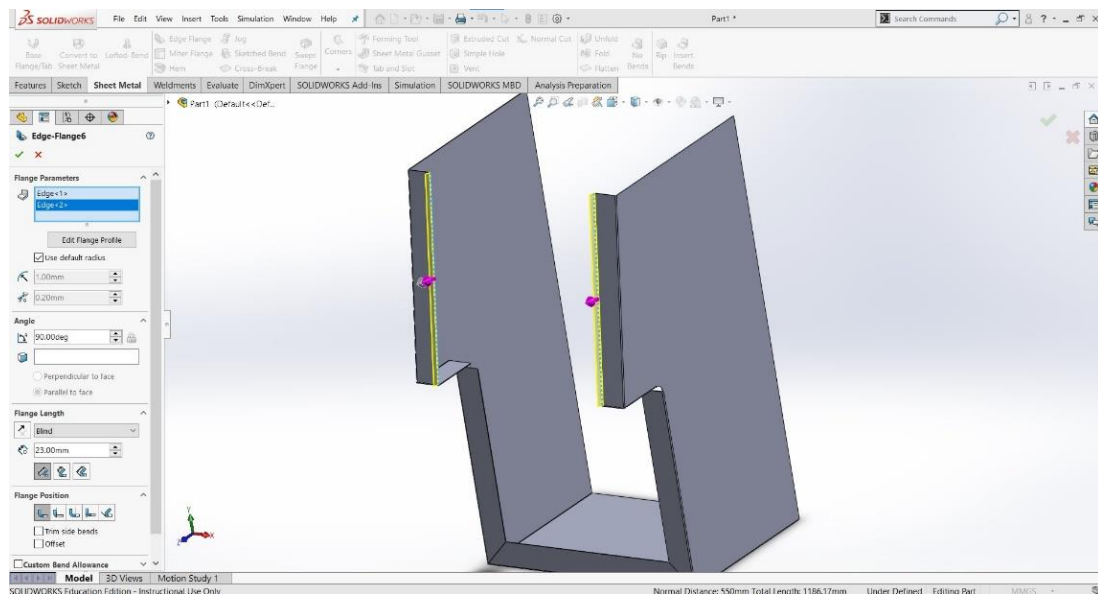
Slika 2.16. Oblikovanje dijelova bazne komponente za postavljanje prednje ploče

Također, na isti način potrebno je i stvoriti dijelove za postavljanje vrata. Prvo se odabiru vanjski rubovi baze i definira se duljina od 75 mm (Slika 2.17.).



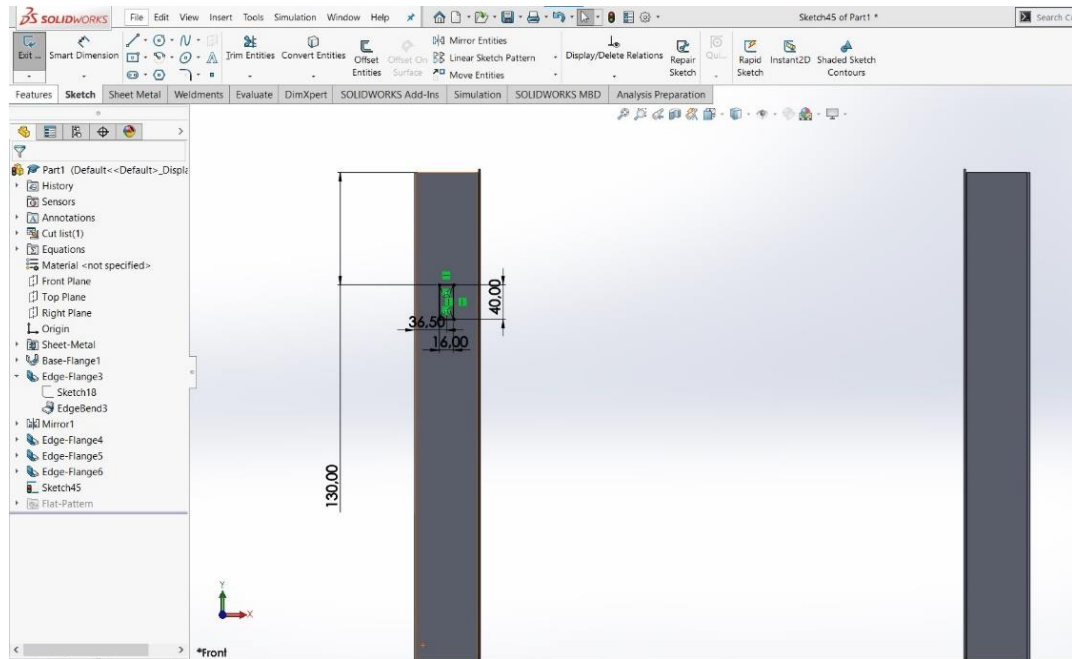
Slika 2.17. Oblikovanje dijelova za postavljanje vrata

Nakon toga potrebno je na isti način oblikovati i sam okvir na koji će se postaviti vrata; u ovome slučaju odabiru se rubovi kao na slici 2.18. i definira se duljina od 23 mm.



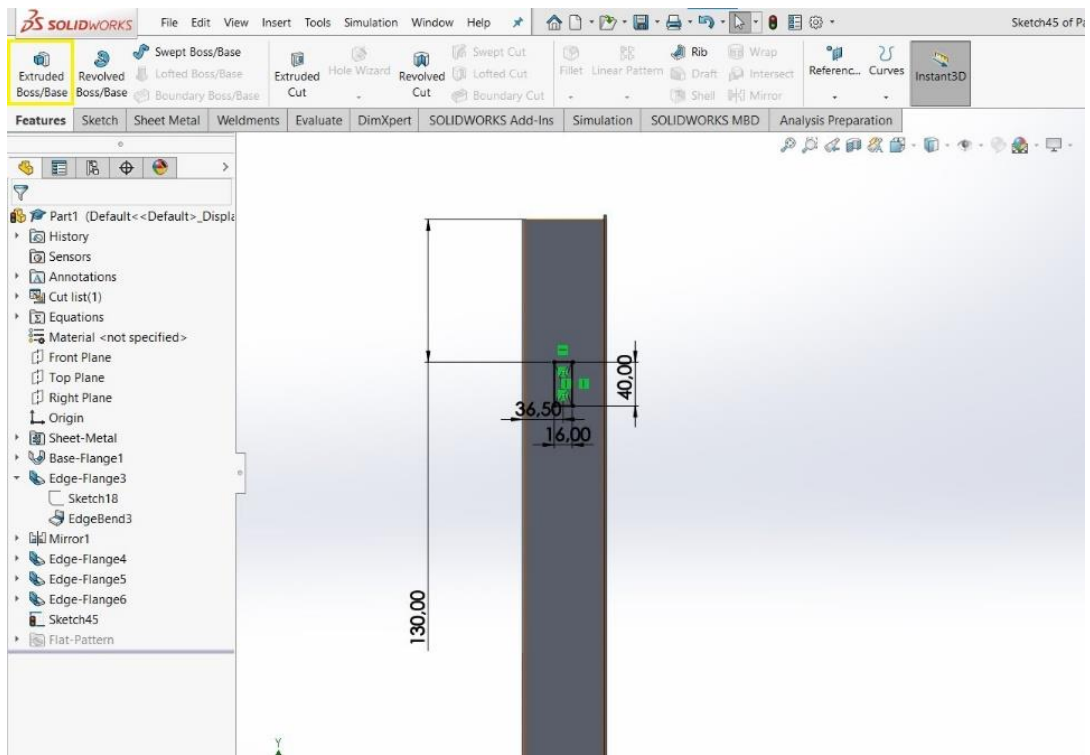
Slika 2.18. Oblikovanje okvira vrata

9. Idući korak je oblikovanje donjeg dijela šarke za vrata. Prvi korak izrade šarke za vrata je izrada skice na prednjoj plohi gdje su predviđene šarke za vrata. Skica se stvara na način da se klikom označi ploha na kojoj je potrebno oblikovati šarku te se zatim aktivira „Sketch“, zatim se konstruira skica kao na slici 2.19.



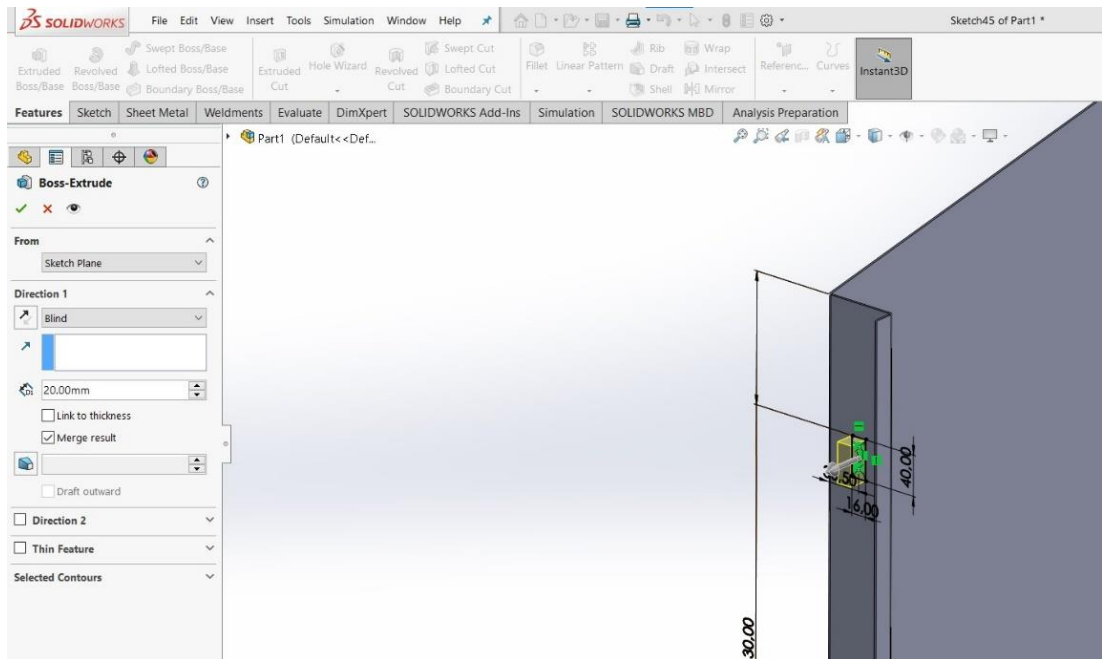
**Slika 2.19.** Izrada skice potrebne za oblikovanje šarke

Nakon konstruiranja skice potrebno je kliknuti na karticu „Features“ te aktivirati alat „Extruded Boss/Base“ (slika 2.20.).



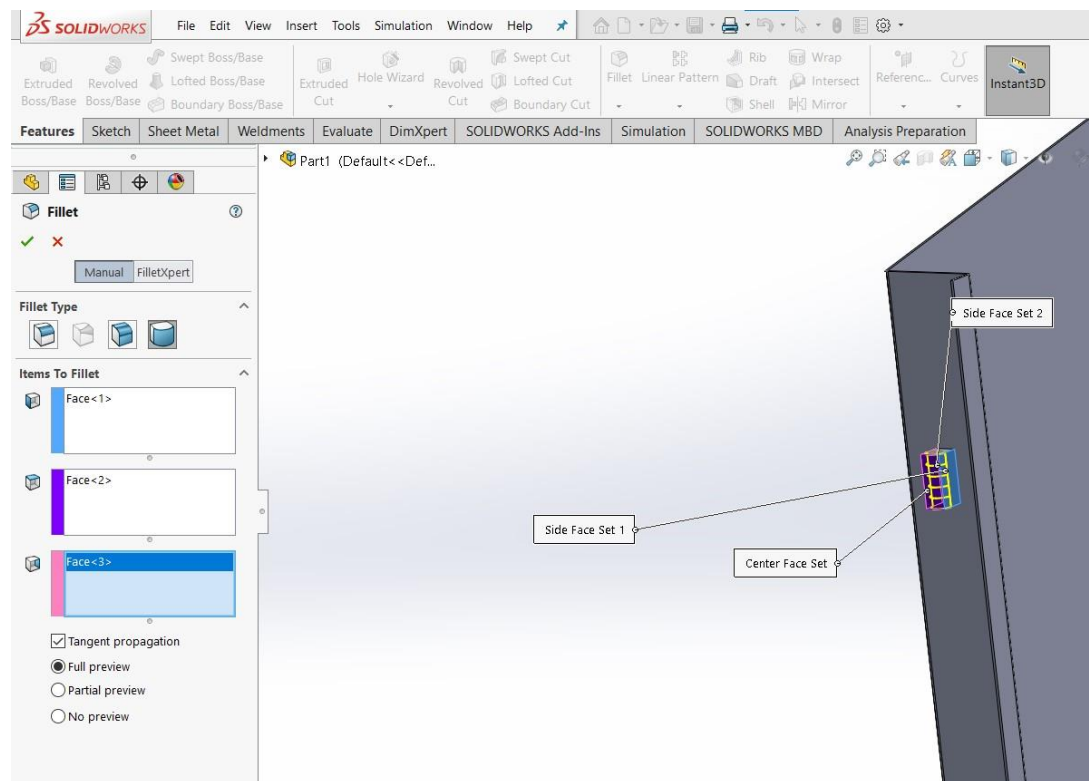
**Slika 2.20.** Aktivacija alata „Extruded Boss/Base“

Nakon aktivacije alata pojavljuje se izbornik za definiranje parametara; za parametar „Direction 1“ upisuje se duljina od 20 mm, te se u padajućem izborniku odabire „Blind“ i ostali parametri ostaju kako su zadani (slika 2.21.).



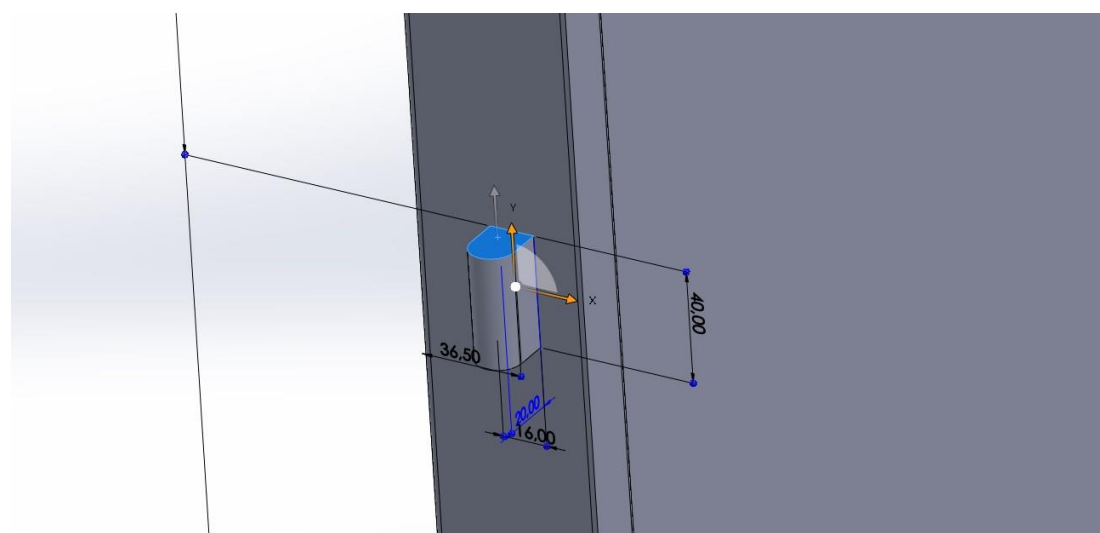
**Slika 2.21.** Definiranje parametara tijela šarke za vrata

Nakon konstruiranja potrebno je zaobliti pant što se izvršava alatom „Fillet“ u kartici „Features“. Aktivacijom alata u parametarskom izborniku odabire se opcija „Full Round Fillet“, te se odabiru površine kao na slici 2.22.



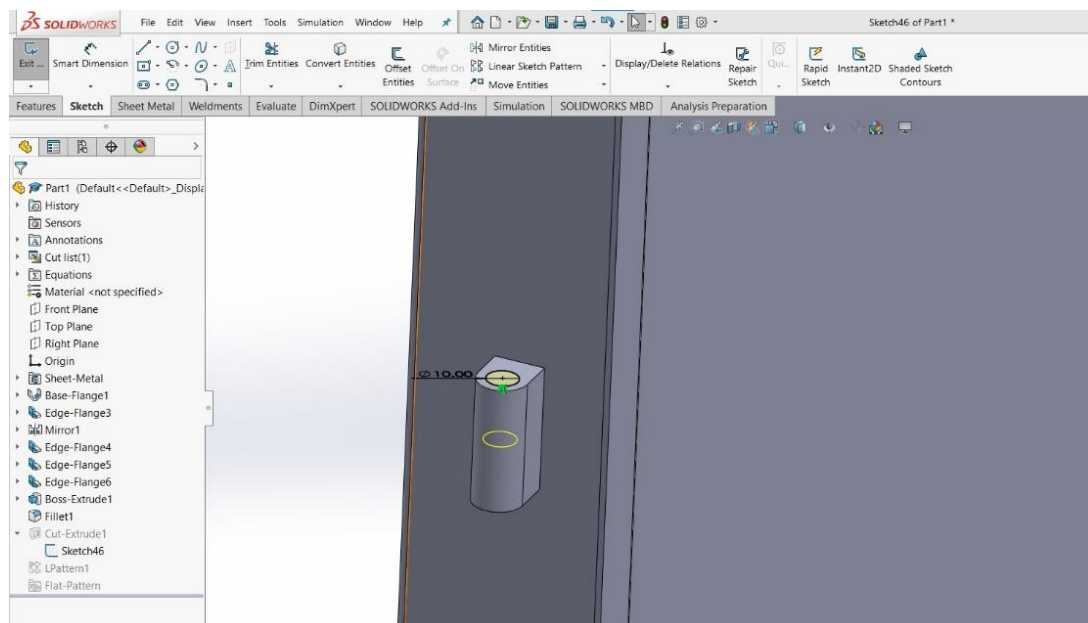
**Slika 2.22.** Definiranje parametara zaobljenja

Nakon zaobljenja panta potrebno je konstruirati provrt u koji će se postaviti gornji dio panta. Skica potrebna za konstrukciju provrta se konstruira na površini prema slici 2.23.



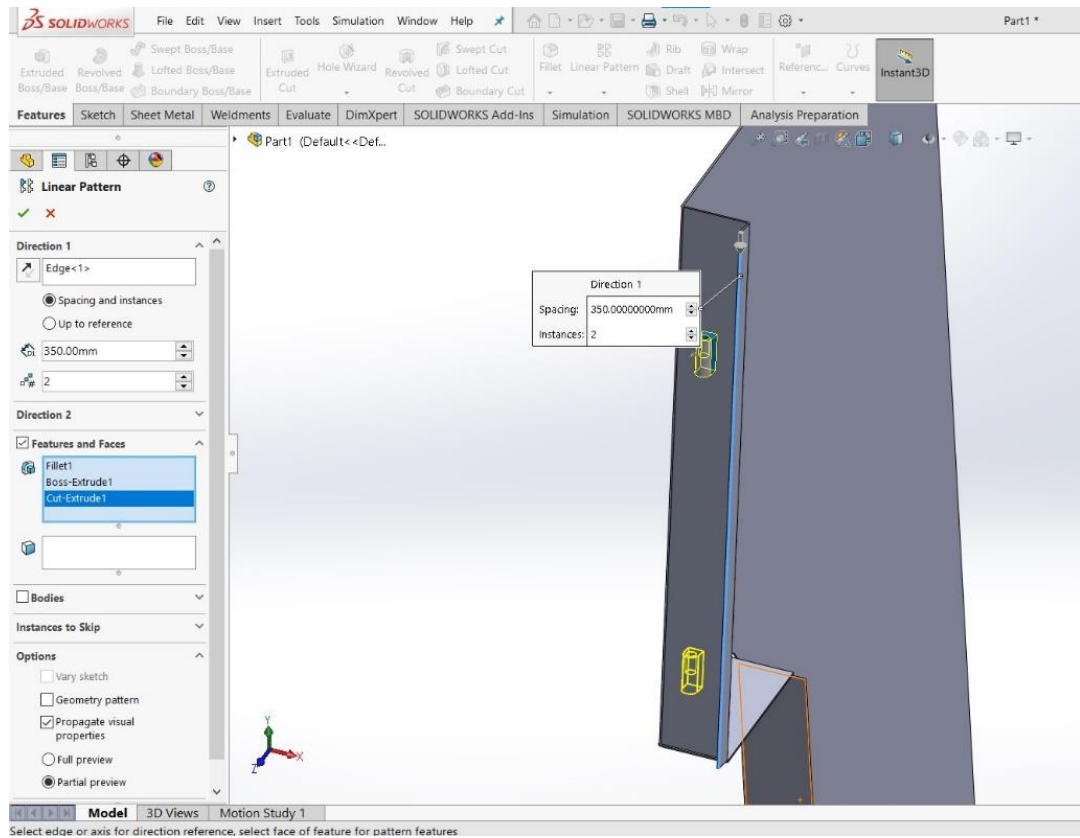
**Slika 2.23.** Površina za konstruiranje skice za provrt

Za izradu provrta potrebno je napraviti kružnicu promjera 10 mm. Centar kružnice se postavlja u centar polukružnice koja je nastala oblikovanjem zaobljenja (slika 2.24.).



**Slika 2.24.** Položaj kružnice za izradu provrta

Nakon izrade kružnice potrebno je konstruirati provrt dubine 20 mm alatom „Extruded Cut“ u kartici „Features“. Parametri se definiraju na isti način kao i kod alata „Extruded Boss/Base“. Idući korak je oblikovanje drugog panta. Drugu šarku je potrebno oblikovati pomoću alata „Linear Pattern“ u kartici „Features“. Aktivacijom alata otvara se izbornik gdje je prvo potrebno odabrati smjer kojim će se stvoriti niz, zatim je potrebno odrediti razmak između komponenata u nizu i broj komponenata, te je na kraju potrebno odabrati zahtijevane komponente u nizu. U ovome slučaju potrebno je odabrati stvoreno tijelo panta i zaobljenje te provrt, potreban broj komponenata je 2 i razmak između njih je 350 mm. Odabir smjera niza određuje se klikom na rub kao na slici 2.25.



**Slika 2.25.** Izrada niza od 2 panta

Kada su oblikovane sve komponente potrebno ih je spremi u jednu mapu u ACIS (.sat) formatu.

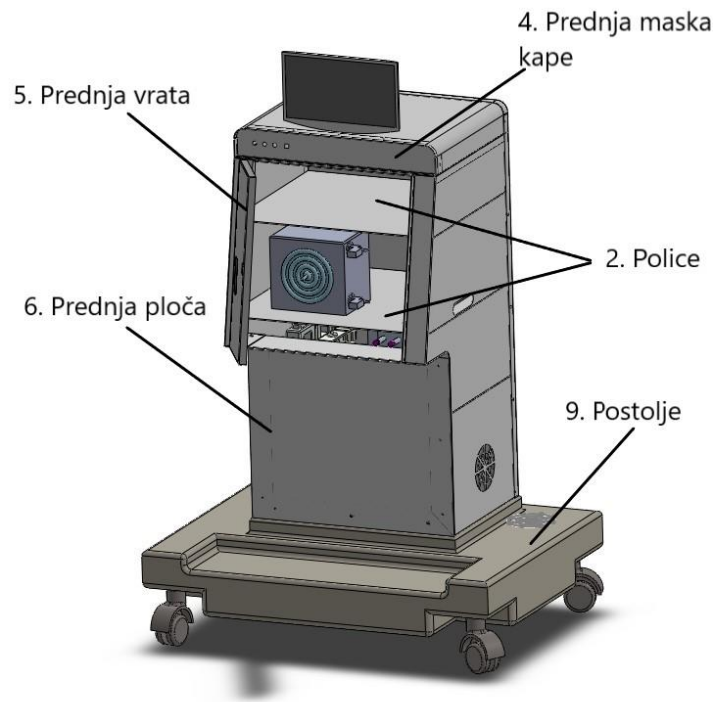
\*primjer izrade komponenata u SolidWorks-u prikazan je na primjeru bazne komponente. Ostale komponente koje su oblikovane za potrebe simulacije konstruirane su na sličan način.

## 2.4. Sklapanje dijelova dijalizatora u SolidWorks-u

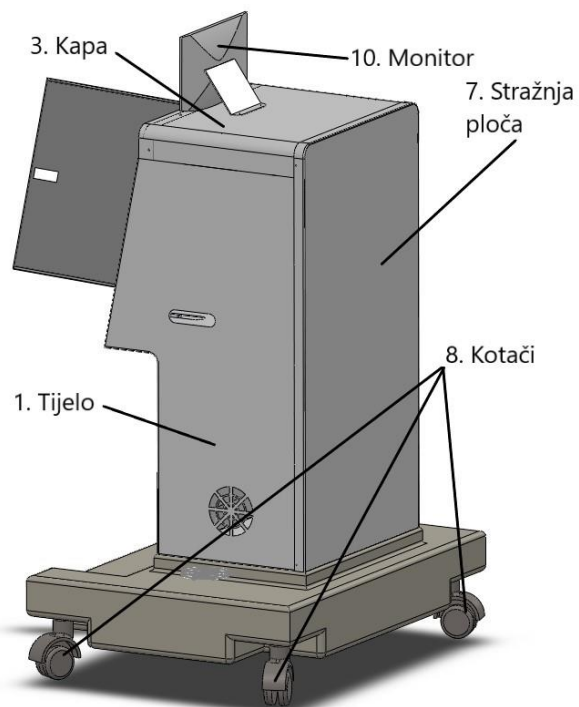
Za potrebe realizacije simulacije montaže uređaja za hemodijalizu, prema prethodno opisanom postupku, oblikovane su komponente koje se dijele u dvije skupine: vanjske (konstrukcijske) i unutarnje (bitne za proces rada) komponente. Nakon toga komponente su u SolidWorks-u sklopljene u sklop čime je potvrđena točnost njihovih dimenzija.



Vanjske (konstrukcijske) komponente: 1. tijelo, 2. police, 3. kapa, 4. prednja maska kape, 5. prednja vrata, 6. prednja ploča, 7. stražnja ploča, 8. kotači, 9. postolje, 10. monitor.



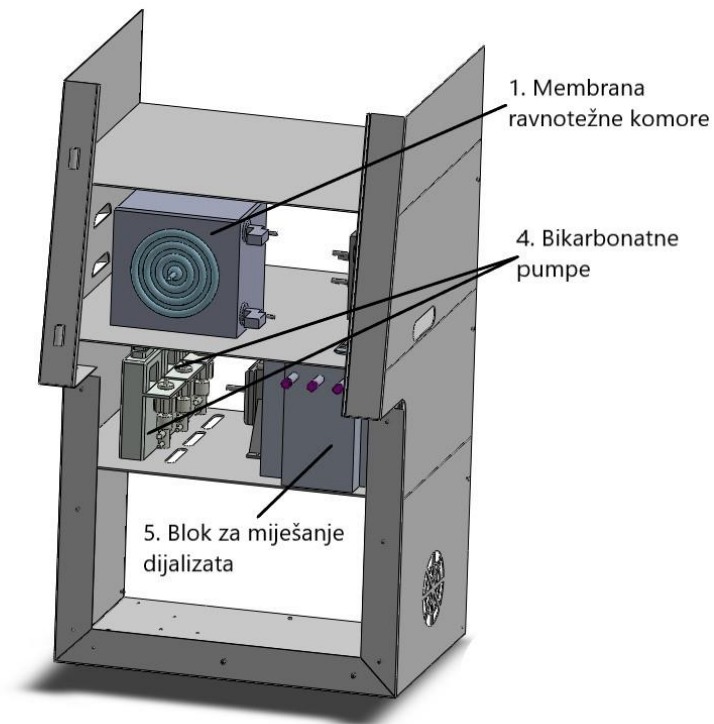
**Slika 2.26.** Vanjske (konstrukcijske) komponente uređaja za hemodijalizu



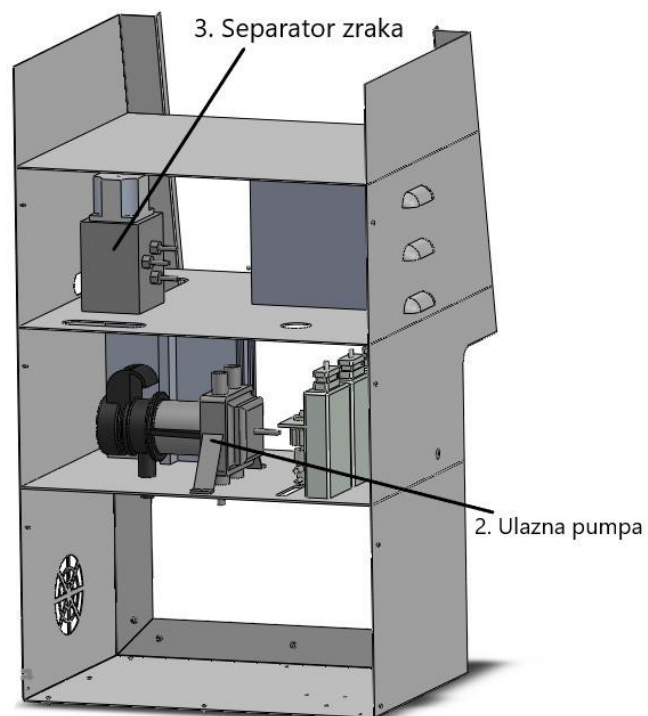
**Slika 2.27.** Vanjske (konstrukcijske) komponente uređaja za hemodijalizu

*Iz slika 2.26. i 2.27. vidi se kako su sklopljene vanjske komponente dijalizatora u SolidWorks-u, tj. kako su pozicionirane unutar sklopa i u kojim položajima se nalaze.*

Unutarnje komponente: 1. membrana ravnotežne komore, 2. ulazna pumpa, 3. separator zraka, 4. bikarbonatne pumpe, 5. blok za miješanje dijalizata.



**Slika 2.28.** Unutarnje komponente uređaja za hemodijalizu

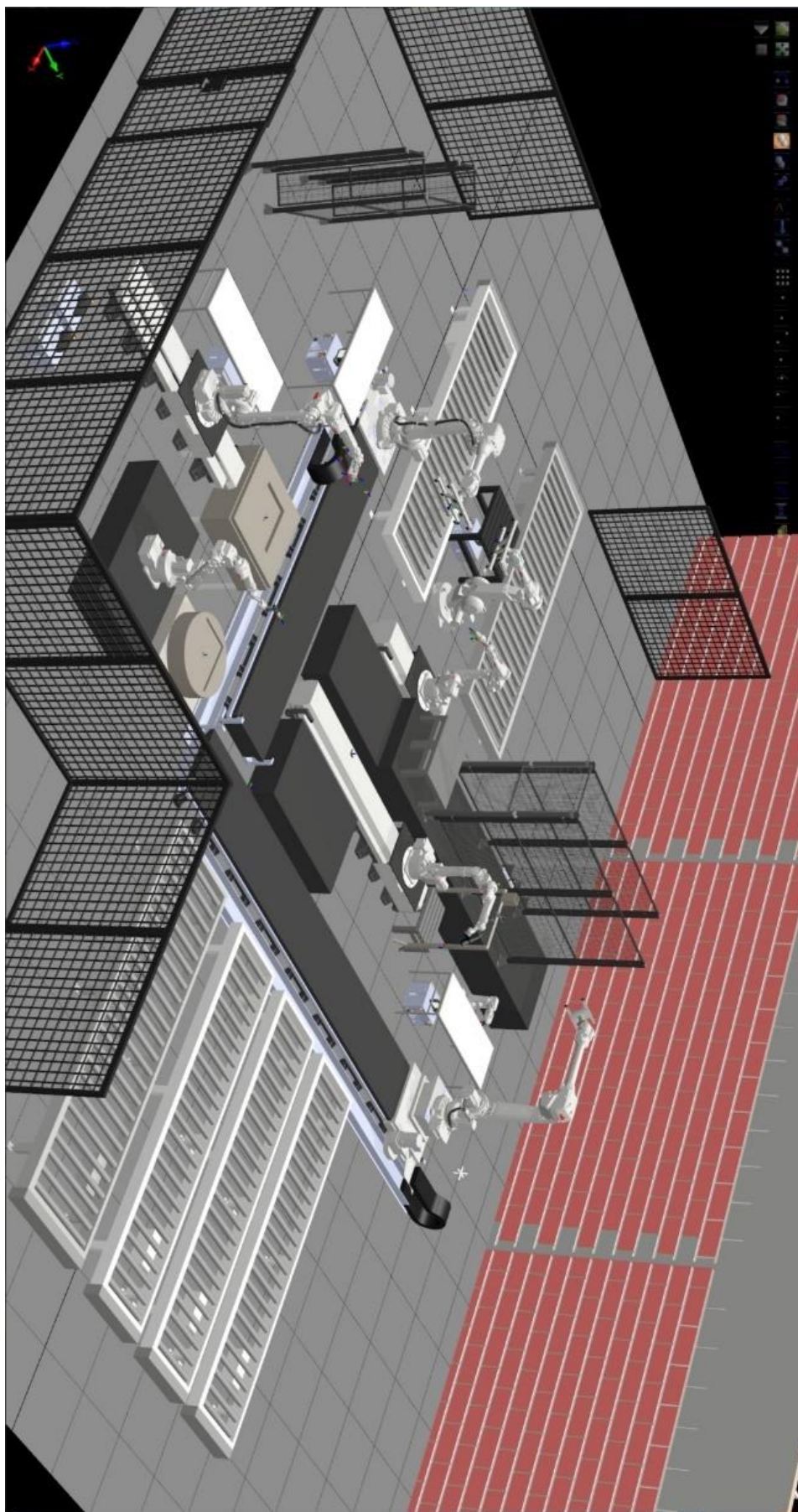


**Slika 2.29.** Unutarnje komponente uređaja za hemodijalizu

*Iz slika 2.28. i 2.29. vidi se kako su sklopljene unutarnje komponente dijalizatora u SolidWorks-u, tj. kako su pozicionirane na policama i u kojim se položajima nalaze.*

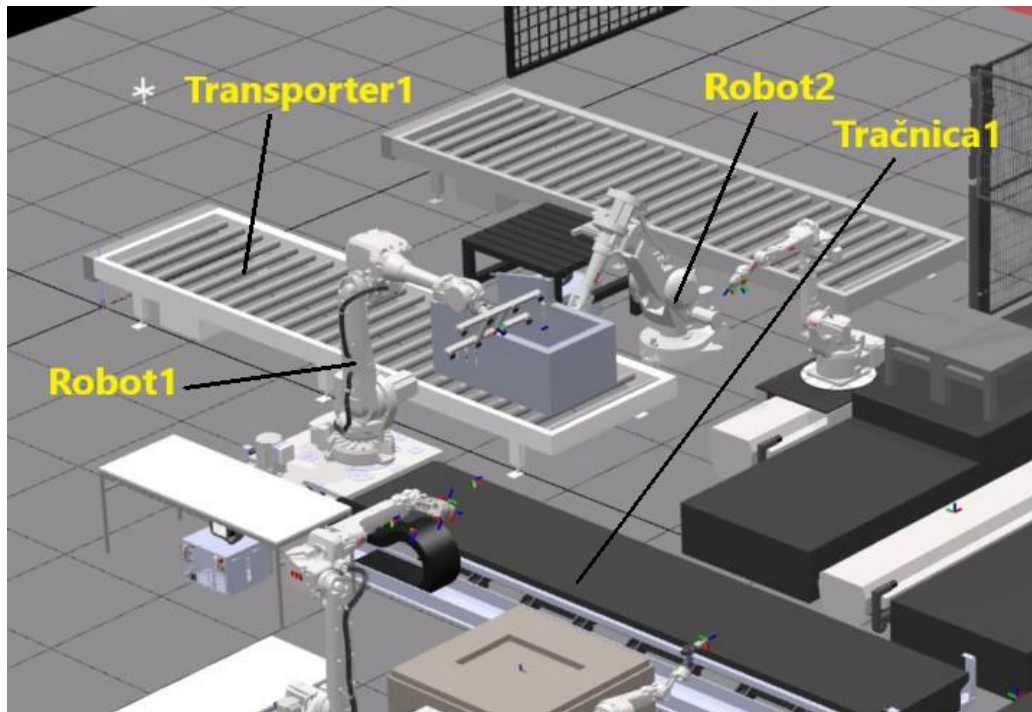
### **3. Princip rada robotizirane linije (postrojenja) za montažu uređaja za hemodijalizu**

U ovome poglavlju opisan je cjelokupni princip rada linije za montažu od njezina početka pa do gotova proizvoda. Tijekom opisivanja korišteni su opisni nazivi poput Robot1 ili Transporter1; u idućim poglavljima detaljno je opisano koji industrijski roboti, trake, tračnice i ostala oprema su korišteni za izradu postrojenja. Gotovo postrojenje za montažu uređaja za hemodijalizu izgleda kao na slici 3.1. koja prikazuje robote u početnim položajima prije početka procesa montaže uređaja za hemodijalizu. Video postupka montaže uređaja za hemodijalizu i samim time princip rada postrojenja moguće je pogledati na slijedećoj poveznici: <https://youtu.be/aEH8EpXK9qo>.



**Slika 3.1.** Robotizirana linija (postrojenje) za montažu uređaja za hemodijalizu

Proces montaže uređaja za hemodijalizu počinje s dopremom tijela na Transporteru1. Nakon što bazna konstrukcija dođe do ruba Transportera1, Robot2 ju prihvaća i podiže do pozicije na kojoj ju Robot1 preuzima (slika 3.2.). Robot1 se nalazi na tračnici, te nakon prihvata baze odnosi ju na radnu platformu gdje ju otpušta i zatim se vraća na početni položaj (slika 3.3).

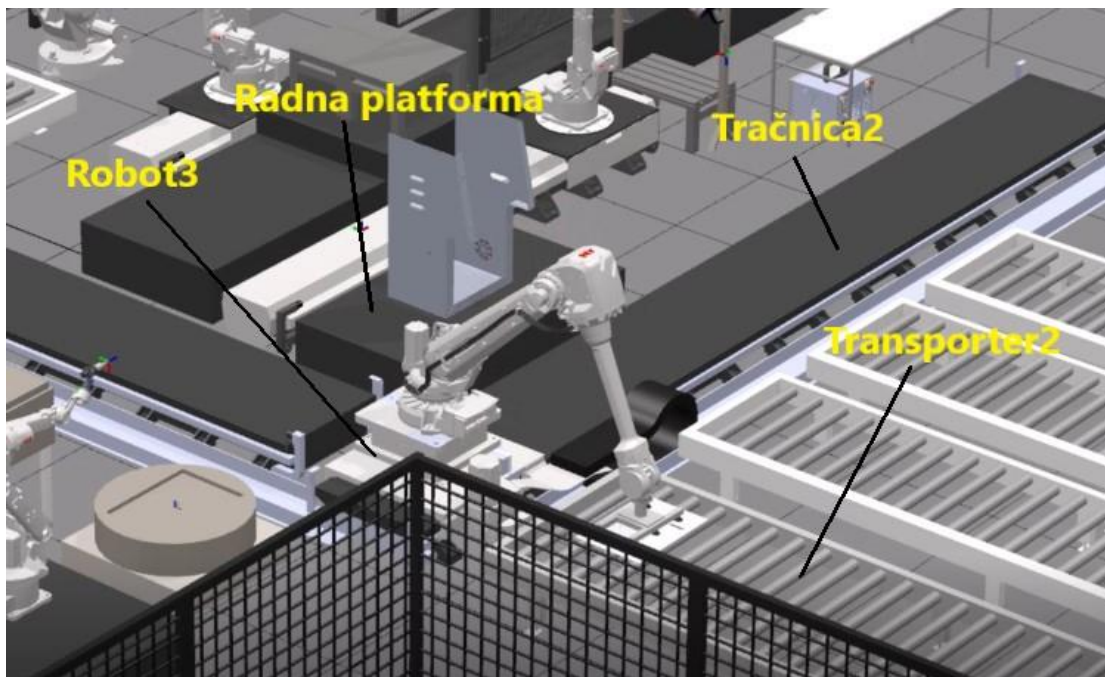


**Slika 3.2.** Prihvat i podizanje tijela



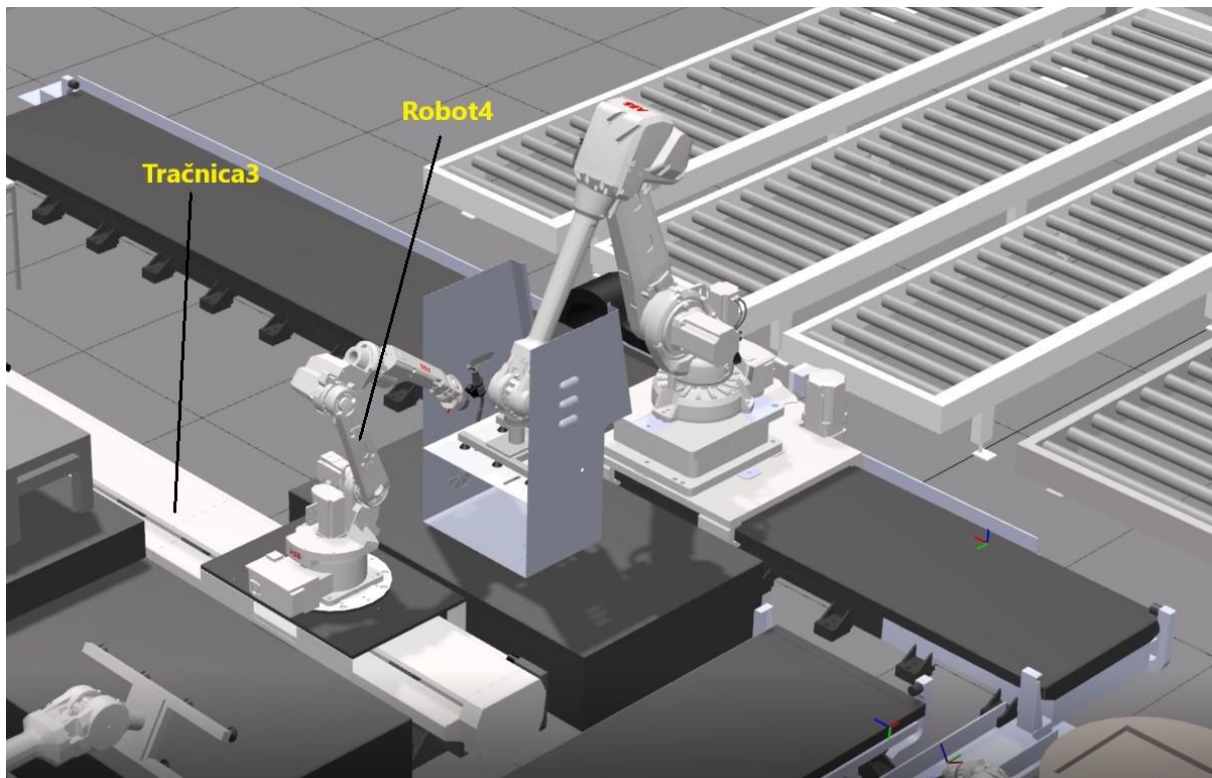
**Slika 3.3.** Robot1 preuzima tijelo dijalizatora

U trenutcima kada Robot1 otpušta bazu na radnu platformu, Transporter2 doprema prvu policu te se Robot3 giba po tračnici kako bi prihvatio policu sa transportera (slika 3.4.). Nakon prihvata police Robot3 podiže i prebacuje policu do bazne konstrukcije gdje ju je potrebno zavariti. U međuvremenu, Robot4 krenuo se gibati po tračnici do položaja gdje će zavarivati police. Nakon dolaska do položaja zavarivanja Robo4 započinje proces zavarivanja police (slika 3.5.). Nakon što Robot4 zavari prvu policu, Robot3 odlazi po drugu policu koja je u međuvremenu dopremljena po transporteru te i nju ponovno prebacuje na položaj gdje ju je potrebno zavariti. Isti postupak se ponavlja i za treću policu.

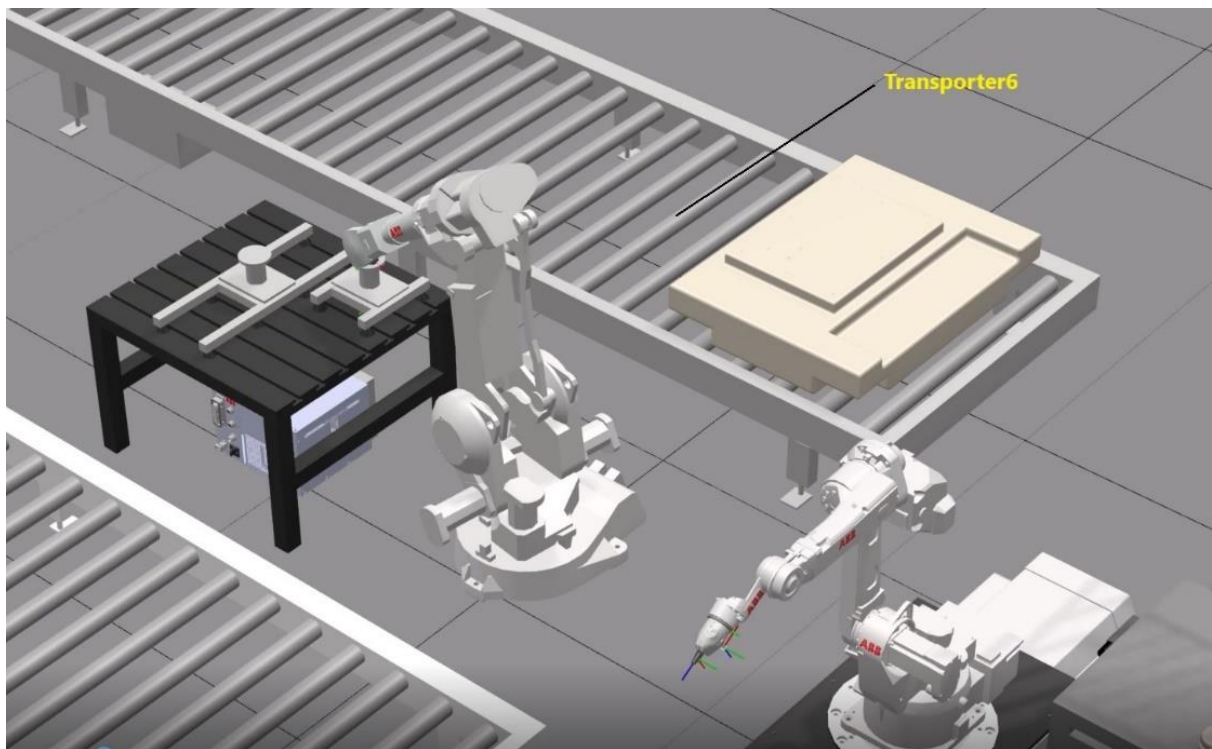


**Slika 3.4.** Robot3 izvršava prihvrat prve police

U trenutcima kada Robot4 započinje zavarivanje druge police, Robot2 otpušta vakuumski alat koji zamjenjuje drugim (manjim) vakuumskim alatom te u to vrijeme Transporter6 doprema postolje dijalizatora (slika 3.6.).

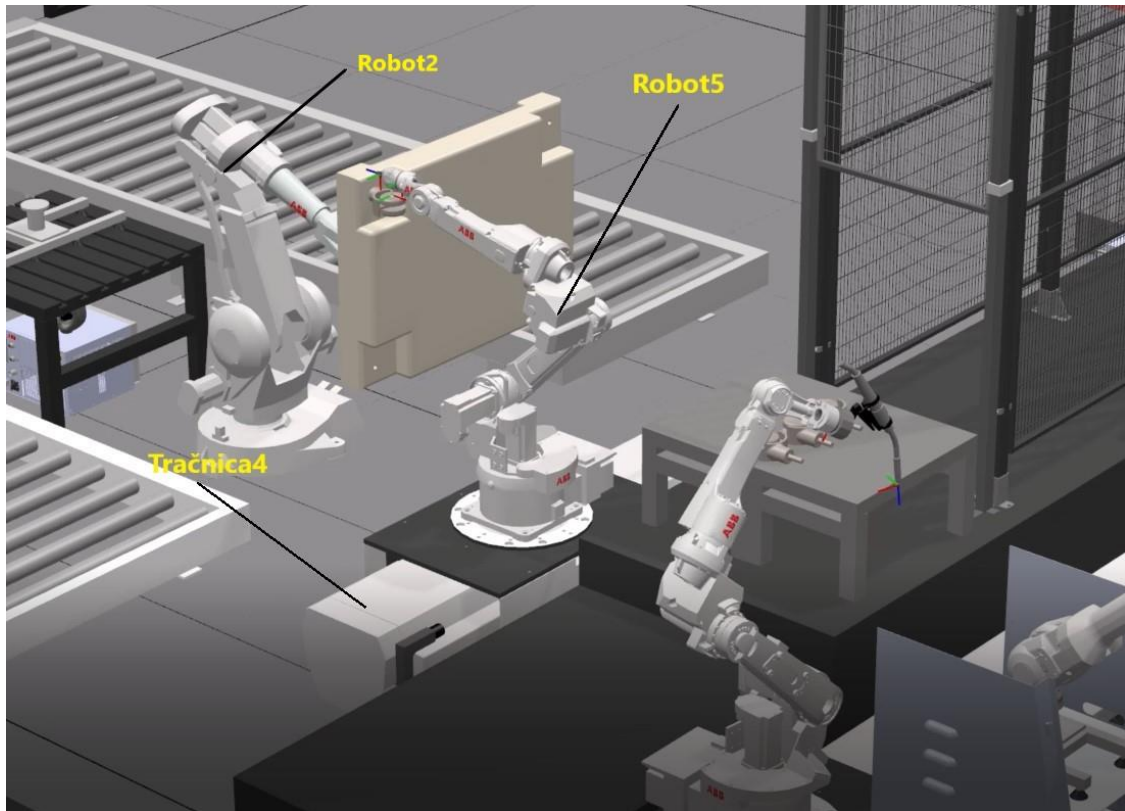


Slika 3.5. Robot4 zavaruje prvu policu



Slika 3.6. Robot2 mijenja alat te postolje dijalizatora se doprema transporterom

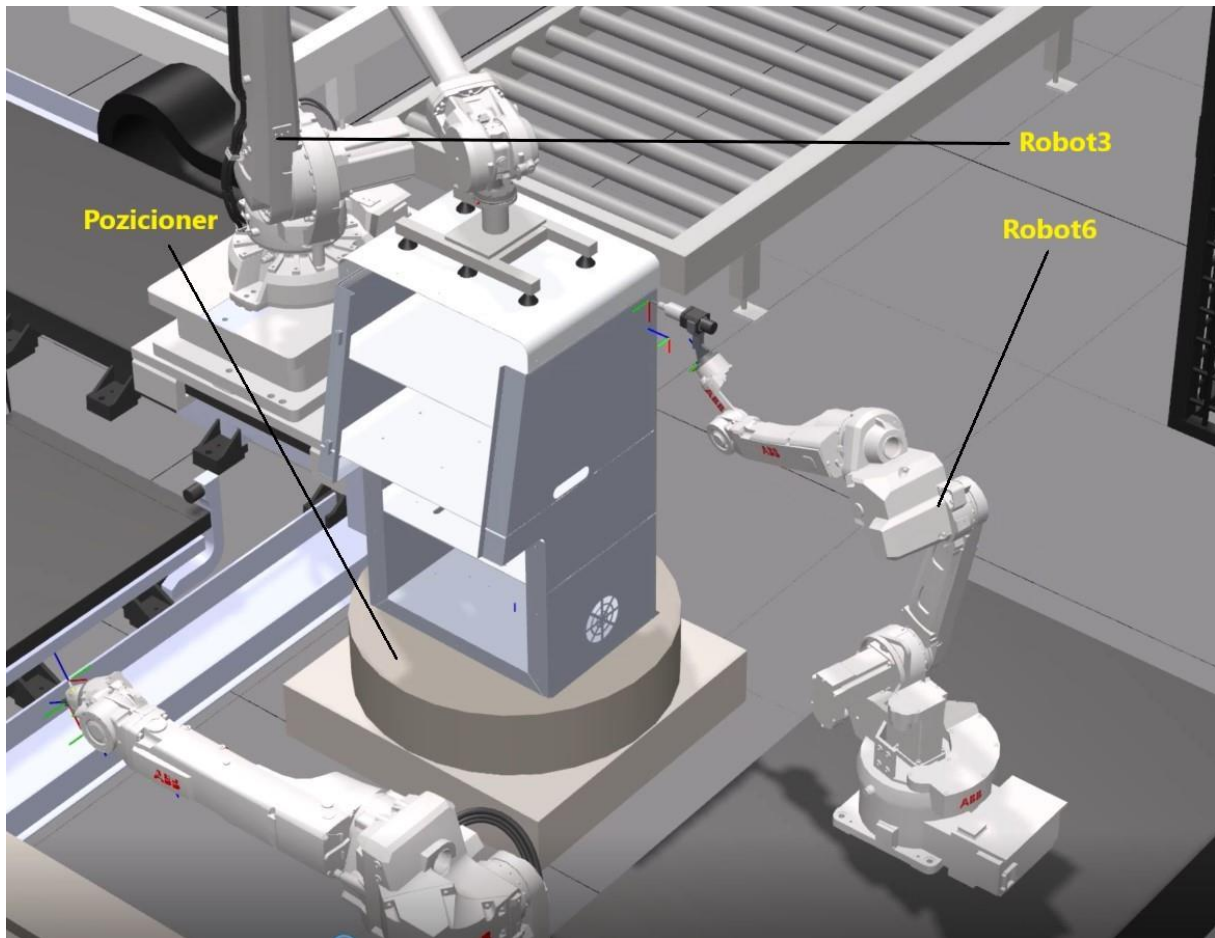
Nakon zamjene alata Robot2 podiže postolje dijalizatora na položaj za montažu kotača. Robot5 dolazi po Tračnici4 na položaj za postavljanje kotača te prihvaća prvi kotač (kotači se u simulaciji pojave na signal, u stvarnome svijetu predviđeno je da ih dopremi operater koji nadzire rad postrojenja). U idućem koraku postavlja kotač na predviđeno mjesto na postolju (slika 3.7.), te nakon toga odlazi po drugi kotač. Postupak se ponavlja sve dok se ne postave sva četiri kotača.



**Slika 3.7.** Robot5 postavlja kotače na predviđeno mjesto

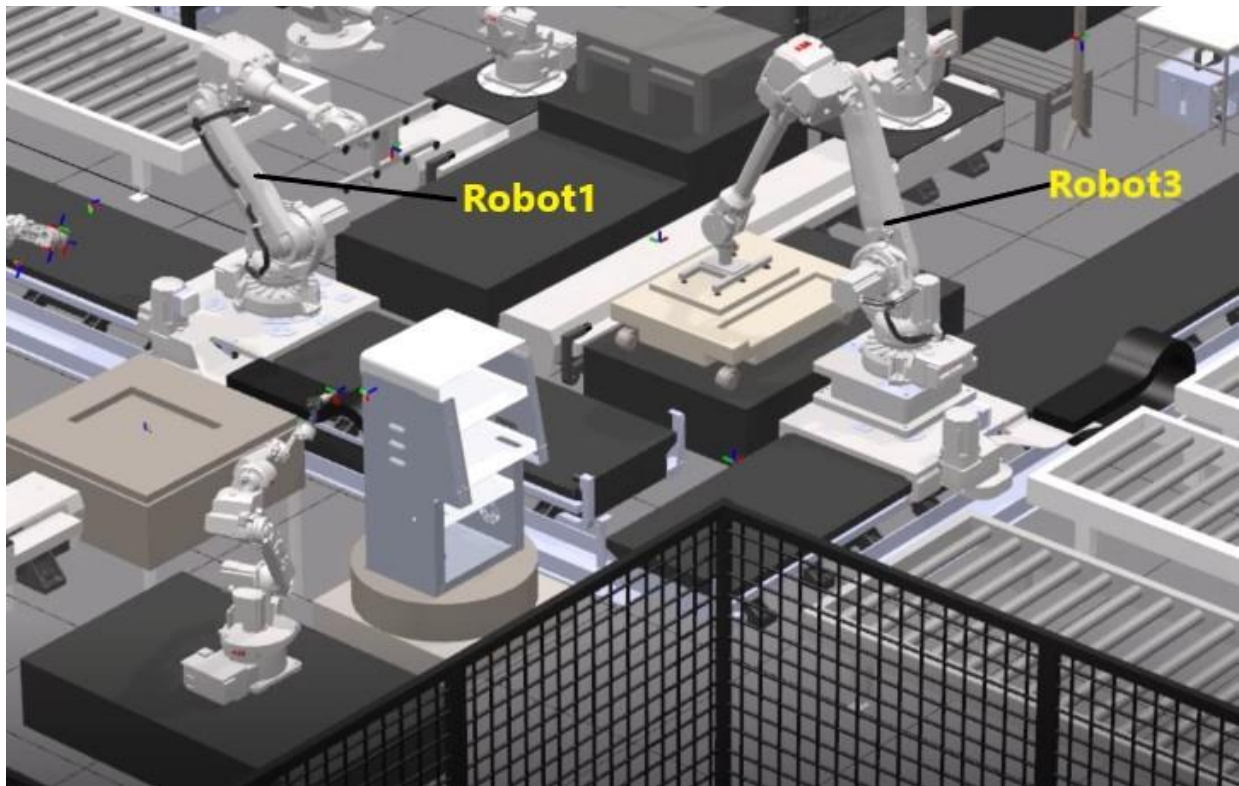


Nakon što su zavarene sve police dijalizatora, Robot1 dolazi po zavarene dijelove dijalizatora i prebacuje ih na Pozicioner. Robot3 u to vrijeme sa Transportera5 podiže kapu i prenosi ju do zavarenih dijelova dijalizatora gdje ju postavlja na vrh bazne konstrukcije kako bi ju Robot6 pričvrstio vijcima (slika 3.8.).



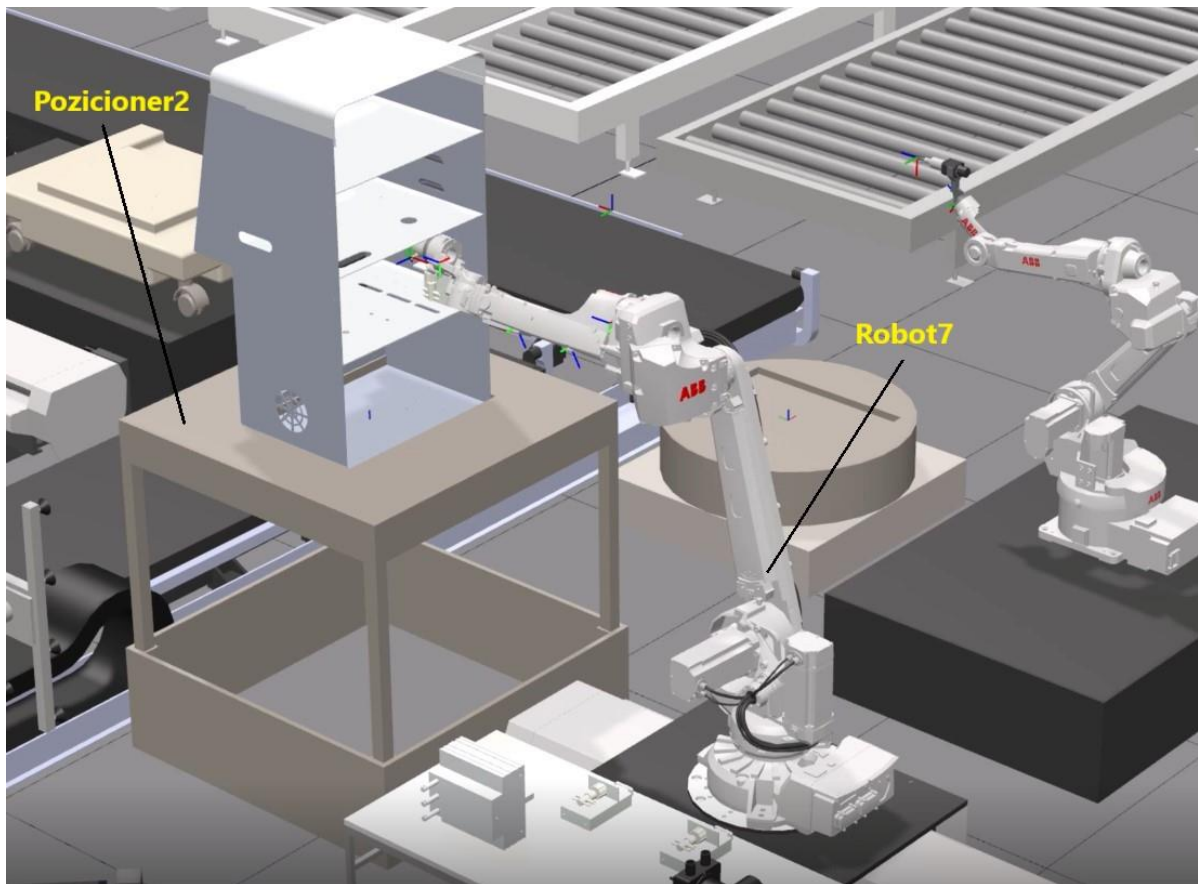
**Slika 3.8.** Pričvršćivanje kape vijcima

U vremenu kada Robot6 postavlja vijke na kapu dijalizatora, Robot1 preuzima postolje s kotačima te ga prenosi do Robot3 koji ga preuzima i spušta na radnu platformu (slika 3.9.).



**Slika 3.9.** Otpuštanje postolja dijalizatora

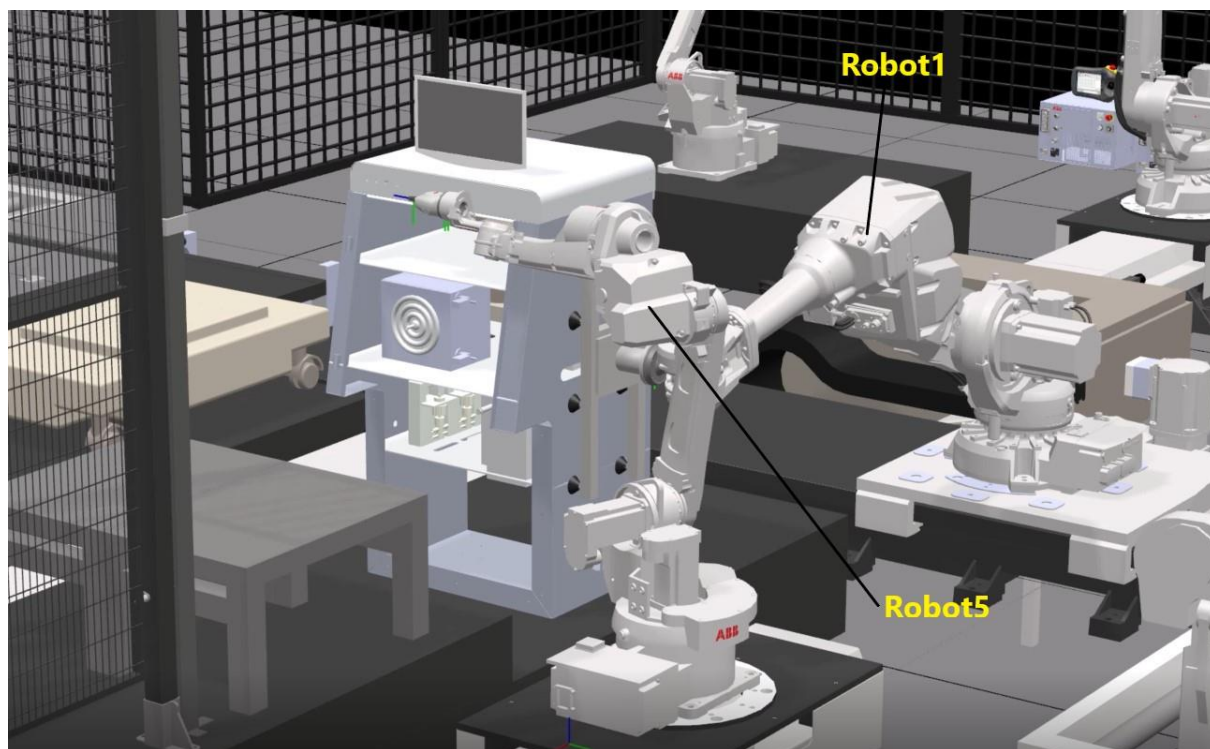
U idućem koraku Robot1 preuzima dijalizator i prebacuje ga na Pozicioner2. Pozicioner2 podiže dijalizator u položaj za postavljanje unutrašnjih komponenata na prvu policu. Robot7 preuzima prvu komponentu (bikarbonatnu pumpu) te ju postavlja u dijalizator (slika 3.10), (komponente se u simulaciji također pojavljuju na signal te je i u ovome slučaju zamišljeno da se u realnom svijetu operater brine za njihovu dopremu).



**Slika 3.10.** Postavljanje unutarnjih komponenata dijalizatora

Nakon postavljanja prve komponente preuzima drugu te ju također postavlja u dijalizator. Postupak se ponavlja dok sve komponente nisu postavljene te u tom postupku postavljanja Pozicioner2 prilagođava svoju visinu prema potrebi.

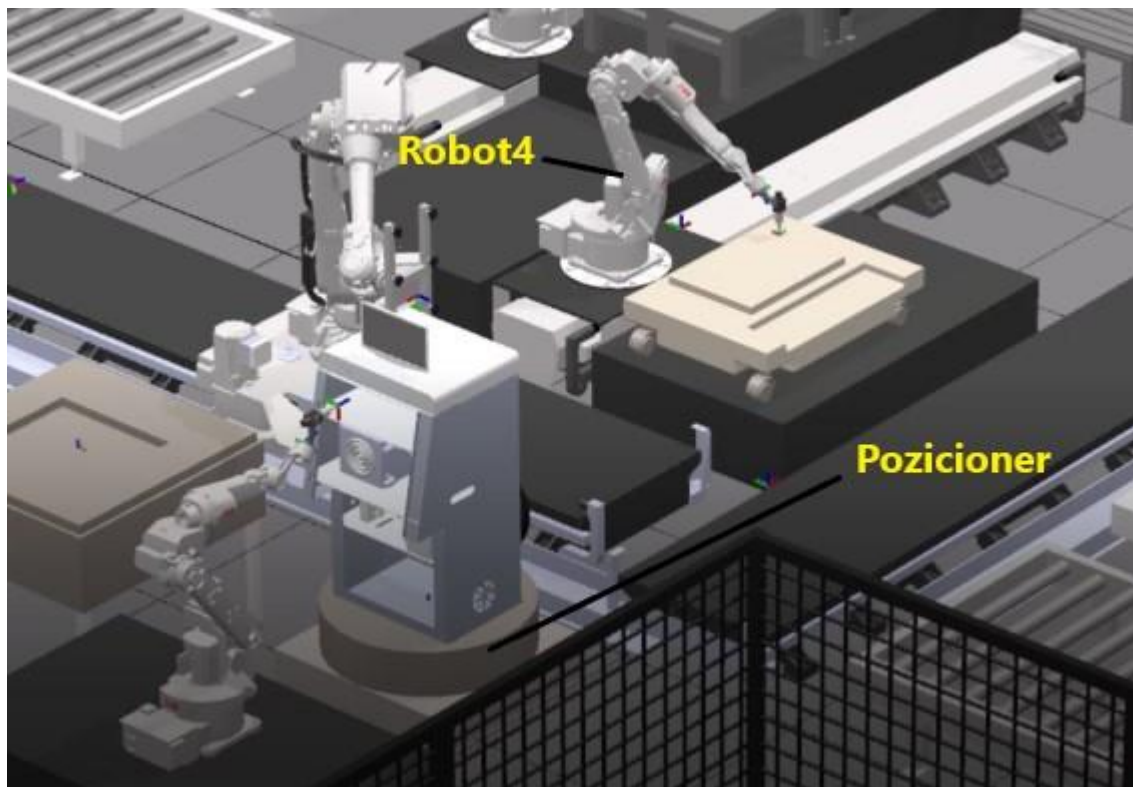
Nakon što je Robot7 postavio sve unutarnje komponente dijalizatora, Robot1 prebacuje dijalizator na drugu radnu platformu gdje Robot5 postavlja prednju masku kape (slika 3.11).



**Slika 3.11.** Postavljanje prednje maske kape

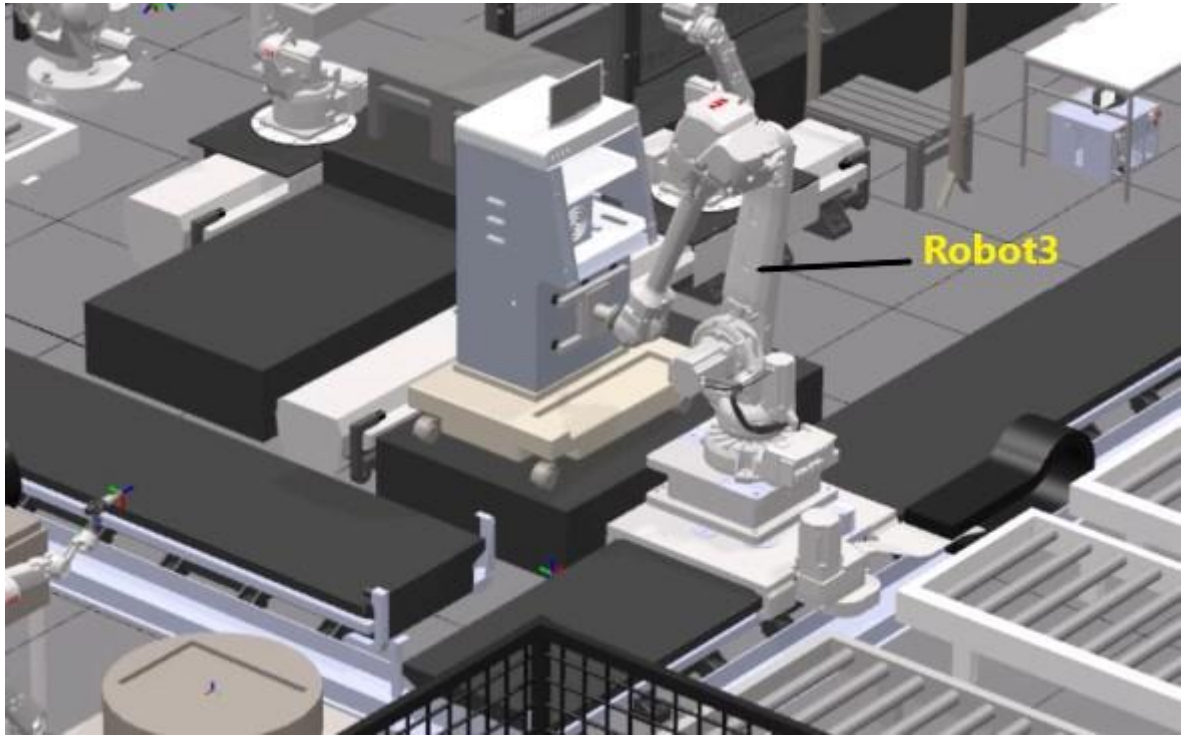
Nakon što je prednja maska kape postavljena, Robot1 ponovno prebacuje dijalizator na Pozicioner gdje on okreće dijalizator kako bi Robot1 mogao prebaciti dijalizator na postolje koje se nalazi na radnoj platformi (slika 3.12.).

U trenucima kada Pozicioner okreće dijalizator, Robot4 postavlja ljepilo na postolje dijalizatora kako bi se dijalizator pričvrstio na postolje (slika 3.12.). Prije toga Robot4 je promijenio alat s obzirom da je prvobitno imao pištolj za zavarivanje. Nakon što je Robot4 postavio ljepilo, Robot1 dobiva signal za prebacivanje dijalizatora na postolje.



**Slika 3.12.** Pozicioner okreće dijalizator i Robot4 postavlja ljepilo

Posljednji dio procesa montaže uređaja za hemodijalizu započinje kada Robot1 prebaci dijalizator na postolje. Nakon što je dijalizator postavljen na postolje Robot1 odlazi po stražnju ploču dijalizatora i u tim trenucima Robot3 prihvća prednju ploču dijalizatora. Nakon toga roboti postavljaju ploče (slika 3.13. i slika 3.14.).

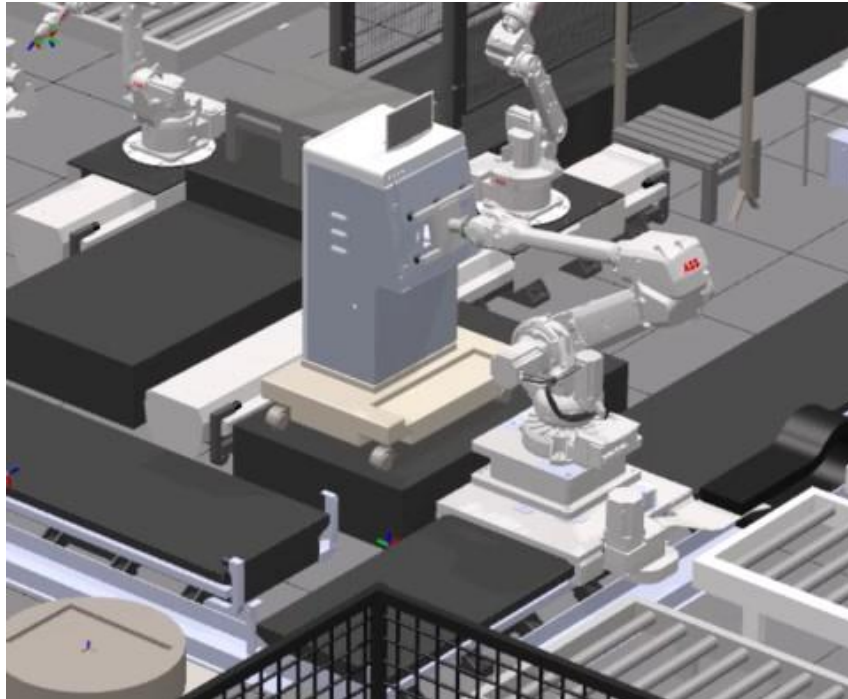


**Slika 3.13.** Robot3 postavlja prednju ploču

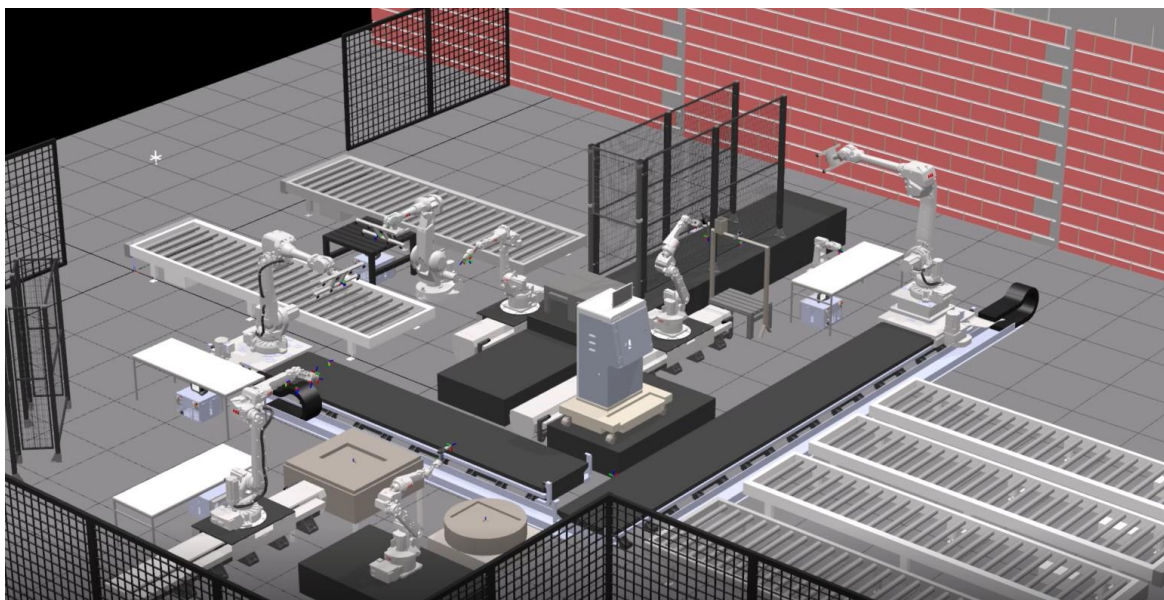


**Slika 3.14.** Robot1 postavlja stražnju ploču

Posljednji korak izvršava Robot3 postavljajući prednja vrata na dijalizator (slika 3.15.) te s tim korakom završava montažu i on se vraća na početni položaj (slika 3.16.).



**Slika 3.15.** Robot3 postavlja prednja vrata



**Slika 3.16.** Završena je montaža uređaja za hemodijalizu

## **4. Priprema i pozicioniranje industrijskih robota u radnom okruženju RobotStudio-a**

Prije izrade same simulacije u RobotStudio-u, potrebno je postaviti radno okruženje, tj. postrojenje u kojem će se izvršavati montaža uređaja za hemodijalizu.

### **4.1. Roboti i tračnice potrebni za postavljanje radnog okruženja u RobotStudio-u**

Kako bi se postavilo radno okruženje potrebno je 7 industrijskih robota Švicarsko/Švedskog proizvođača ABB. Tijekom prvobitne izrade radnog okruženja izabrani su roboti koji imaju zadovoljavajuću maksimalnu nosivost tereta i zadovoljavajući doseg kako bi se simulacija mogla pravilno i realno (kao u stvarnom industrijskom okruženju) realizirati. U postrojenju su potrebne i 4 tračnice koje omogućuju gibanje robotima.

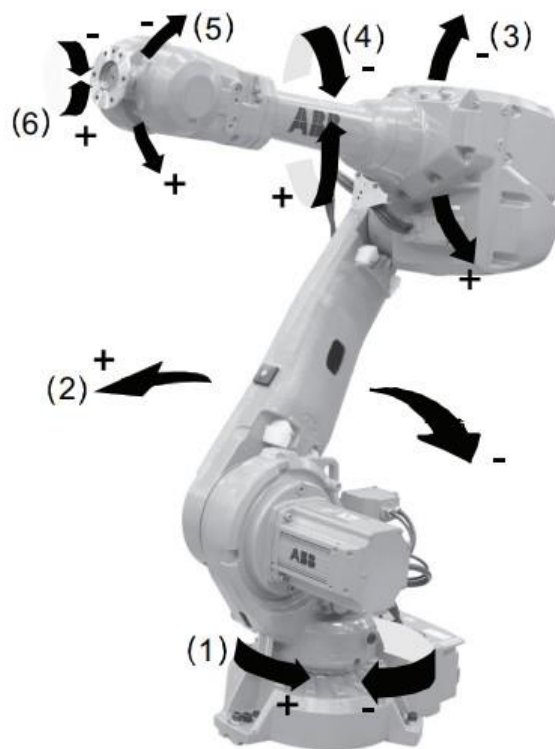
**Roboti koji su nam potrebni za izradu radnog okruženja su:**

1. ABB IRB 4600



**Slika 4.1.** Industrijski robot ABB IRB 4600 [6]





**Slika 4.2.** Stupnjevi slobode gibanja industrijskog robota ABB IRB 4600 [7]

IRB 4600 je industrijski robot sa slobodom gibanja po 6 osi (slika 3.1.2.). Ovaj model robota se često koristi u industrijskim postupcima poput: elektrolučnog zavarivanja, laserskog zavarivanja i rezanja, sastavljanja komponenata, rukovanja materijalima, pakiranju, itd. Također, IRB 4600 sadrži certifikat IP 67 što znači da je lakiran zaštitnom bojom koja ga štiti od korozije i od oštećenja do kojih bi moglo doći prskanjem topljenih metala ili drugih materijala. Certifikatom IP 67 garantirana je i otpornost električnih vodova na vlagu te mu to omogućuje rad i u najtežim industrijskim uvjetima.

Ovaj model robota je dostupan u 4 verzije:

Model robota	Maksimalan teret (kg)	Doseg (m)
IRB 4600	60	2.05
IRB 4600	45	2.05
IRB 4600	40	2.55
IRB 4600	20	2.50

**Tablica 4.1.** Verzije ABB IRB 4600 industrijskog robota

Za potrebe izrade radnog okruženja u ovome radu potrebna su dva IRB 4600 robota. Prvi robot je verzije s nosivošću maksimalnog tereta od 60 kg i dosegom od 2.05 m (Robot1), dok je drugi robot s maksimalnom nosivošću tereta od 40 kg i dosegom od 2.55 m (Robot3). Na ova dva robota potrebno je postaviti vakuumski alat kako bi prenosili komponente uređaja za hemodijalizu.

## 2. ABB IRB 2400



**Slika 4.3.** Industrijski robot ABB IRB 2400 [8]

Industrijski robot ABB IRB 2400 ima mogućnost gibanja po 6 osi kao i IRB 4600. Također, ovaj model robota se koristi i za iste industrijske postupke kao i prethodno opisani model te također sadrži certifikat IP 67. Ovaj model industrijskog robota dostupan je u 2 verzije:

Model robota	Maksimalan teret (kg)	Doseg (m)
IRB 2400/10	10	1.55
IRB 2400/16	16	1.55

**Tablica 4.1.** Verzije ABB IRB 2400 industrijskog robota

U ovome radu je potreban jedan model robota IRB 2400 (Robot2); potreban je robot verzije IRB 2400/16 te je na njega potrebno postaviti vakuumski alat kojim će prenositi komponente uređaja za hemodijalizu.

### 3. IRB 1520ID



**Slika 4.4.** Industrijski robot ABB IRB 1520 [9]

Industrijski robot IRB 1520ID ima, kao i prethodno navedeni roboti, slobodu gibanja po 6 osi. Najčešće se koristi u poslovima koji zahtijevaju veliku preciznost poput elektrolučnog zavarivanja i montaže. Ovaj model je dostupan u jednoj verziji. Njegova maksimalna nosivost tereta iznosi 4 kg i njegov maksimalan doseg iznosi 1.5 m. Za potrebe izrade radnog okruženja u ovome radu potrebna su 3 robota ovog modela te na svaki od tih robota potrebno je postaviti različite alate. Na jedan od robota potrebno je postaviti alat Smart Gripper s prstima i jednom vakuumskom čašicom (Robot5), na drugi robot potrebno je postaviti alat AW GUN (Robot4), te na treći robot potrebno je postaviti alat My Tool (Robot6).

#### 4. IRB 2600ID



**Slika 4.5.** Industrijski robot ABB IRB 2600ID [10]

ABB IRB 2600ID je industrijski robot sa slobodom gibanja po 6 osi. Koristi se u zadacima kao i model IRB 1520ID zbog njegove velike preciznosti tijekom rada. Specifičnost ovog robota je ta da je njegov zglob za prihvata alata vrlo malih dimenzija (227×130 mm) što mu omogućuje da obavlja zadatke na mjestima gdje ima vrlo malo prostora. Ovaj model robota dostupan je u dvije verzije:

Model robota	Maksimalan teret (kg)	Doseg (m)
IRB 2600ID-15/185	15	1.85
IRB 2600ID-8/200	8	2

**Tablica 4.3.** Verzije ABB IRB 2600ID industrijskog robota

U ovome radu potreban je jedan robot verzije IRB 2600ID-8/200 te je na njega potrebno postaviti i alat Smart Gripper koji sadrži dvije vakuumske čašice i prste (Robot7).

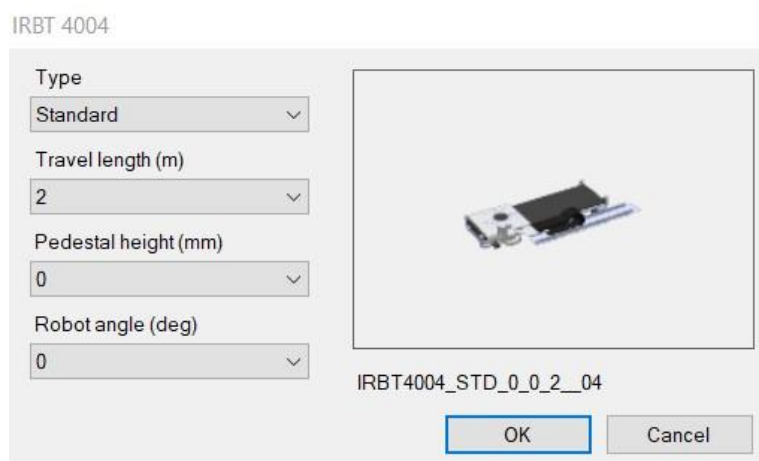
**Tračnice koje su potrebne za izradu radnog okruženja su:**

1. IRBT 4004



**Slika 4.6.** ABB IRBT 4004 tračnica za robote [11]

Tračnica za robote IRBT 4004 predviđena je za modele robota IRB 4X00, IRB 66XX, IRB 6700 i IRB 7600. U ovome radu potrebne su dvije tračnice ovog modela na koje je potrebno montirati dva IRB 4600 industrijska robota; parametre za definiranje potrebnih tračnica (slika 4.7.) potrebno je definirati kao na tablici 4.4.

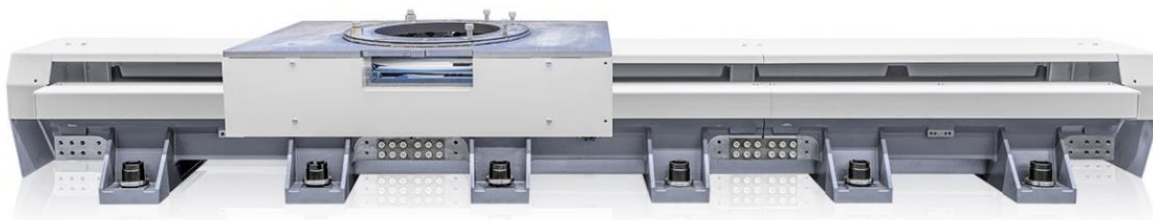


**Slika 4.7.** Definiranje parametara tračnica modela IRBT 4004

Robot	Tip tračnice	Duljina tračnice (m)	Visina postolja (mm)	Orijentacija (°)
IRB 4600-60/205 (Tračnica1)	Standard	5	0	0
IRB 4600-40/255 (Tračnica2)	Standard	7	250	0

**Tablica 4.4.** Parametri za definiranje tračnica IRBT 4004

## 2. IRBT 2005



**Slika 4.8.** ABB IRBT 2005 tračnica za robote [12]

Model tračnice za robote IRBT 2005 je predviđen za modele robota IRB 1520, IRB 1600, IRB 2600, IRB 4600. Za izradu radnog okruženja u ovome radu potrebne su 3 tračnice ovog modela na koje je potrebno montirati robote modela IRB 1520ID i IRB 2600;

Robot	Alat robota	Duljina tračnice (m)	Orijentacija (°)	Visina postolja (mm)
IRB 1520ID (Tračnica4)	Smart Gripper	2	180	0
IRB 1520ID (Tračnica3)	AW GUN	4	270	0
IRB 2600ID (Tračnica5)	Smart Gripper	3	180	0

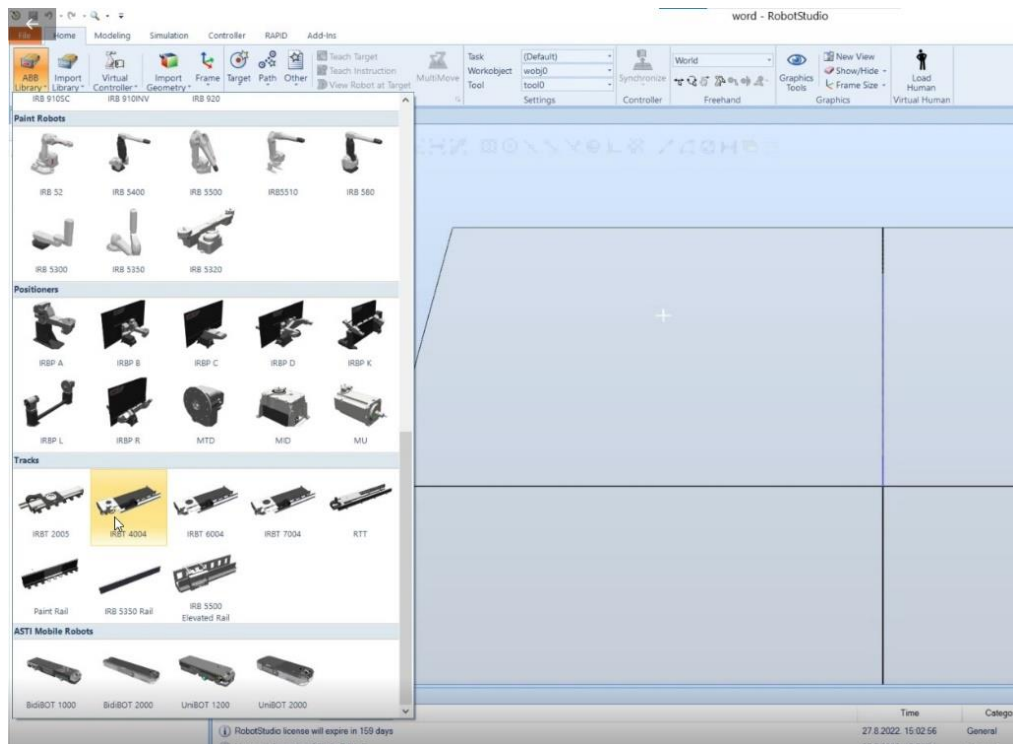
**Tablica 4.5.** Tračnice potrebne u radnom okruženju

## 4.2. Pozicioniranje industrijskih robota u radnom okruženju RobotStudio-a

U idućim koracima prikazano je na koji način je potrebno pozicionirati robote u radnom okruženju RobotStudio-a. Primjer pozicioniranja robota prikazan je na robotu ABB IRB 4600.

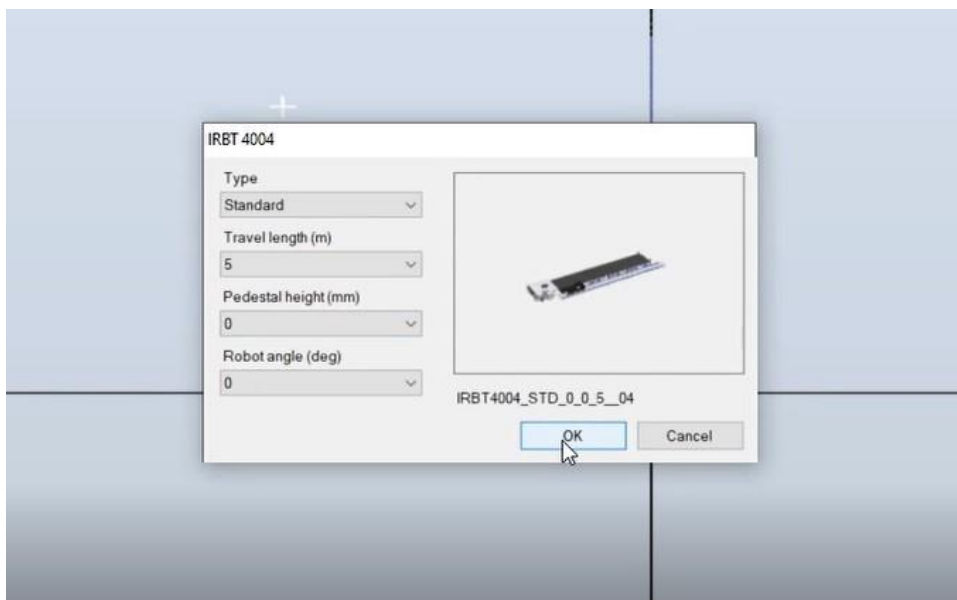
### Primjer pozicioniranja industrijskog robota ABB IRB 4600 u radnom okruženju RobotStudio-a:

1. Prvi korak postavljanja i pozicioniranja robota započinje odabirom i definiranjem parametara tračnice na koju je potrebno postaviti robot. Nakon otvaranja projekta u RobotStudio-u potrebno je kliknuti na karticu „ABB Library“ te potražiti tračnicu IRBT 4004 (slika 4.9.)



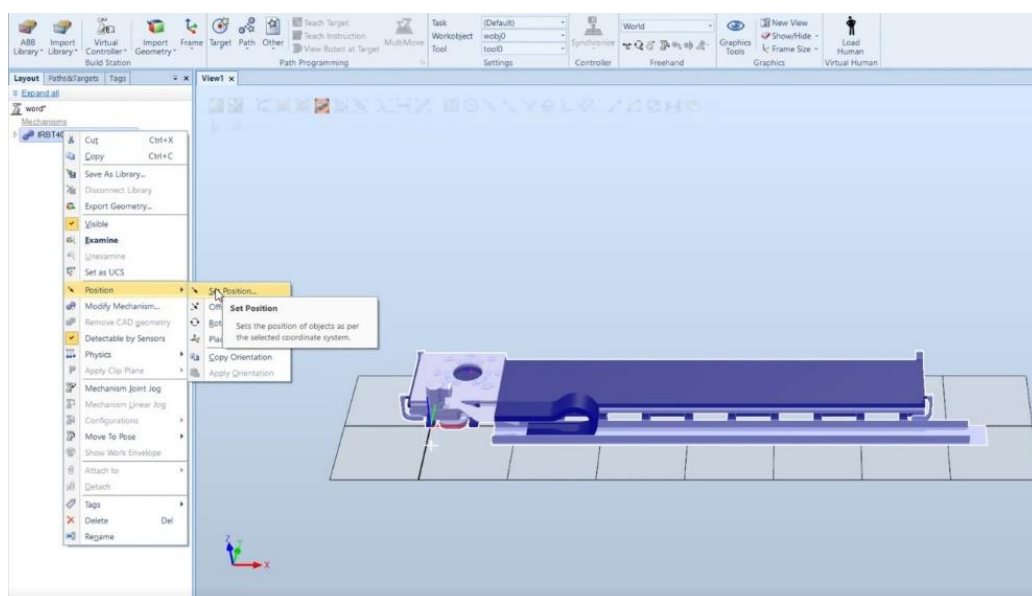
Slika 4.9. Odabir tračnice IRBT 4004 [5]

2. Nakon odabira tračnice IRBT 4004 otvara se prozor za definiranje parametara tračnice. Parametre je potrebno definirati kao na slici 4.10. te je nakon toga potrebno pritisnuti „OK“ kako bi se stvorila tračnica (parametri su prikazani i u tablici 4.4.).



**Slika 4.10.** Definiiranje parametara tračnice

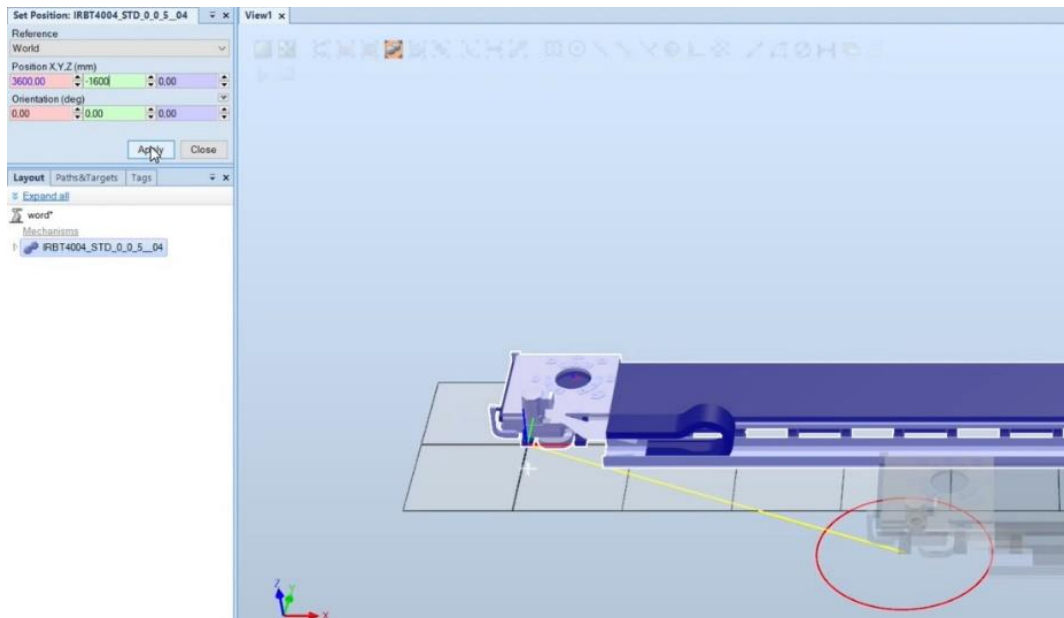
3. Nakon stvaranja tračnice potrebno ju je pozicionirati na odgovarajuću poziciju. Kako bi se pozicionirala tračnica potrebno je u lijevom bočnom izborniku u kartici „Layout“ desnim klikom odabrati tračnicu. Nakon desnog klika na tračnicu otvara se pomoćni izbornik gdje je potrebno odabrati opciju „Position“ i odmah nakon toga „Set Position“ (Slika 4.11.).



**Slika 4.11.** Definiiranje pozicije tračnice

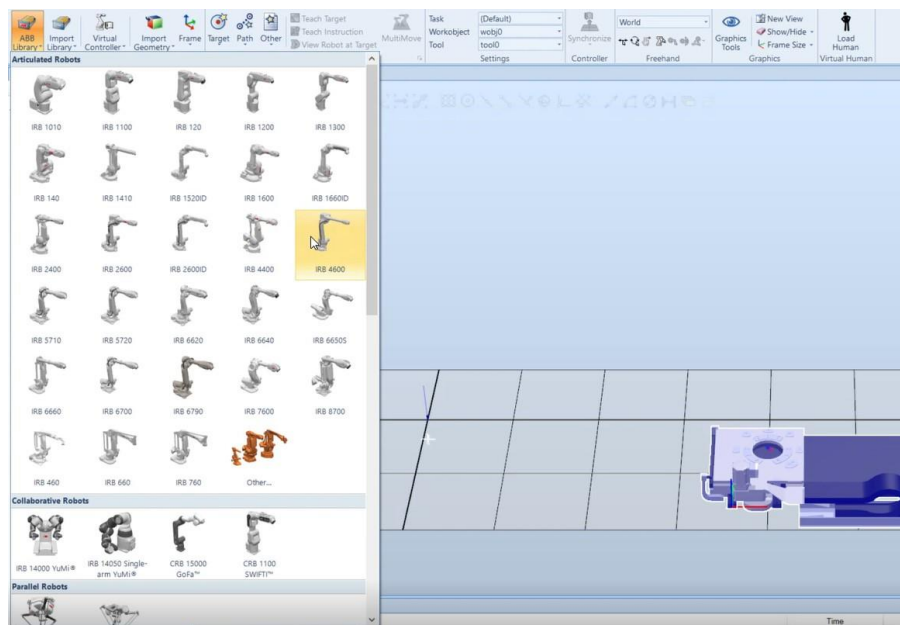
4. Nakon odabira opcije „Set Position“ otvara se izbornik za definiiranje koordinata tračnice. Koordinate se definiiraju prema x, y i z-osi. U ovome slučaju potrebno je upisati sljedeće koordinate: 3600, -1600, 0 (slika 4.12.).





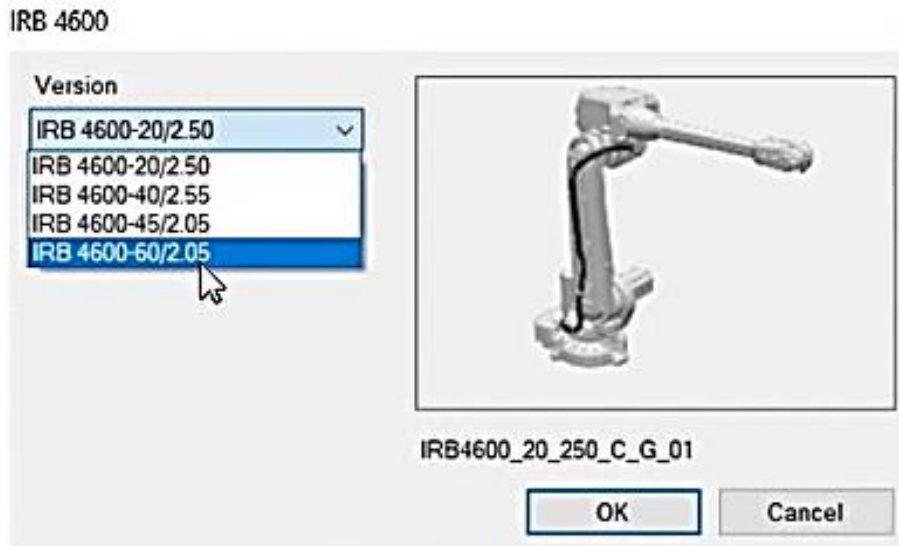
Slika 4.12. Definiranje koordinata tračnice

5. Nakon pozicioniranja tračnice potrebno je odabrati robot i postaviti ga u radnome okruženju. Za odabir robota potrebno je ponovno odabrati „ABB Library“, te treba pronaći industrijski robot 4600 (slika 4.13.).



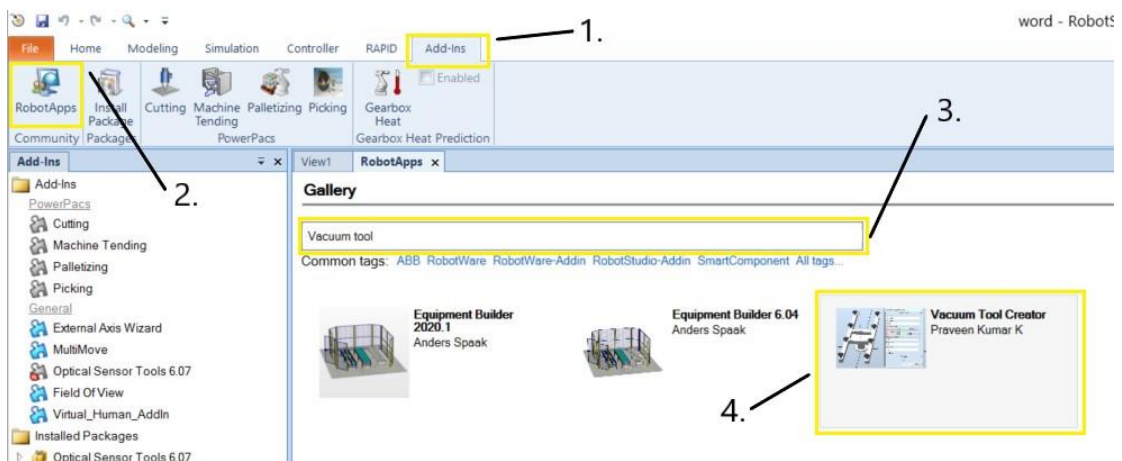
Slika 4.13. Odabir industrijskog robota ABB IRB 4600 [5]

Klikom na robot otvara se izbornik kojim se odabire potrebna verzija ovog modela. U ovome slučaju potrebno je odabrati verziju s maksimalnom nosivošću tereta od 60 kg i dosegom od 2.05 m (slika 4.14.) i nakon toga je potrebno ponovno pritisnuti „OK“ kako bi se robot stvorio u radnome okruženju.



**Slika 4.14.** Odabir verzije modela industrijskog robota ABB IRB 4600

6. Idući korak je kreiranje alata kojeg je potrebno postaviti na robot. Kako bi se kreirao alat potrebno je preuzeti aplikaciju za kreiranje vakuumske alata. Aplikacija za stvaranje alata preuzima se klikom na karticu „Add-Ins“ te nakon otvaranja kartice aktiviranjem opcije „Robot Apps“. Nakon aktivacije opcije „Robot Apps“ u traku za pretraživanje potrebno je upisati „Vacuum tool creator“ (slika 4.15.).



**Slika 4.15.** Pronalazak aplikacije „Vacuum Tool Creator“

Nakon upisivanja RobotStudio pronalazi željenu aplikaciju te je nakon toga potrebno kliknuti na nju. Nakon klika otvara se izbornik u kojem je potrebno preuzeti aplikaciju klikom na opciju „Download file“ (slika 4.16.).



**Slika 4.16.** Preuzimanje aplikacije „Vacuum Tool Creator“ [5]

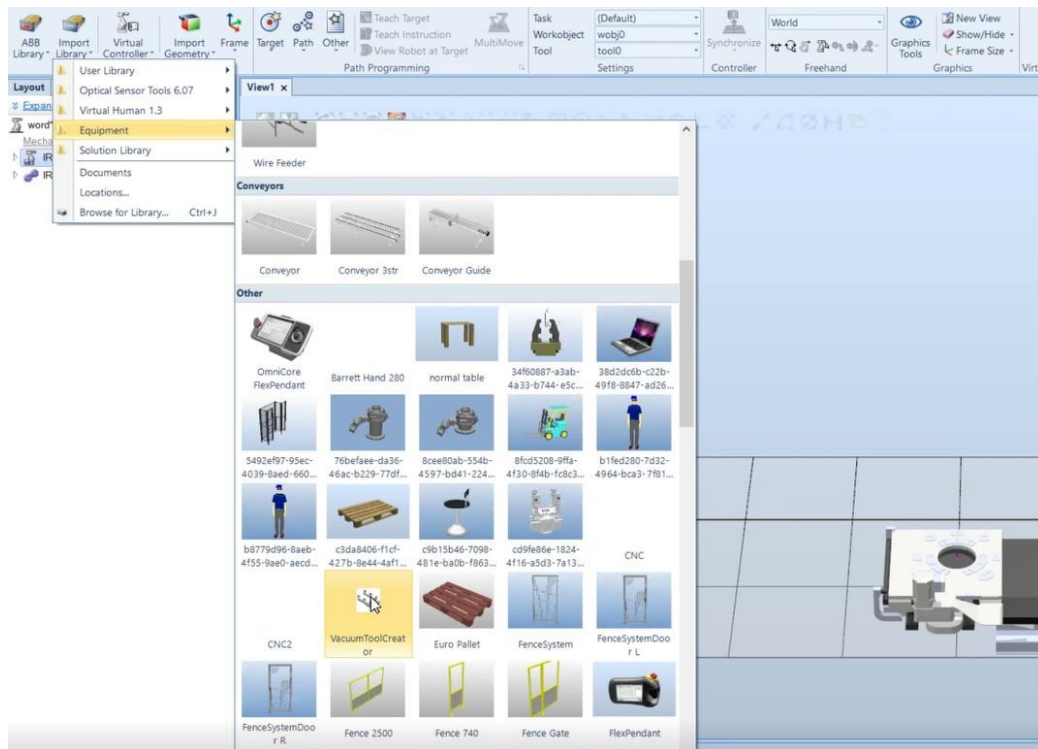
Klikom na opciju računalo preuzima aplikaciju u mapu „Preuzimanja“ na računalu. Nakon što je računalo preuzelo aplikaciju potrebno je kopirati aplikaciju te otvoriti mjesto na računalu gdje je instaliran RobotStudio. Nakon otvaranja mjesta instalacije potrebno je otvoriti mapu „ABB Library“ te nakon nje mapu „Equipment“ i u nju je potrebno zalijepiti kopiranu aplikaciju.

Nakon što je aplikacija zalijepljena u mapu „Equipment“ potrebno je vratiti se u RobotStudio i kliknuti na karticu „Import Library“. Klikom na karticu „Import Library“ otvara se izbornik gdje je potrebno pronaći opciju „Equipment“ (slika 4.1.7.).

Naziv	Datum izmjene	Vrsta	Velicina
Components	3.3.2022. 19:28	Mapa s datotekama	
Equipment	14.8.2022. 16:43	Mapa s datotekama	
Geometry	4.7.2022. 19:47	Mapa s datotekama	
Palletizing	3.3.2022. 20:00	Mapa s datotekama	
Positioners	3.3.2022. 19:28	Mapa s datotekama	
Robots	3.3.2022. 19:29	Mapa s datotekama	
Tools	3.3.2022. 19:29	Mapa s datotekama	
Tracks	4.7.2022. 19:47	Mapa s datotekama	
Training Objects	3.3.2022. 19:28	Mapa s datotekama	
Mech_Human_TransRot	27.2.2021. 18:19	RobotStudio Libra...	13 KB

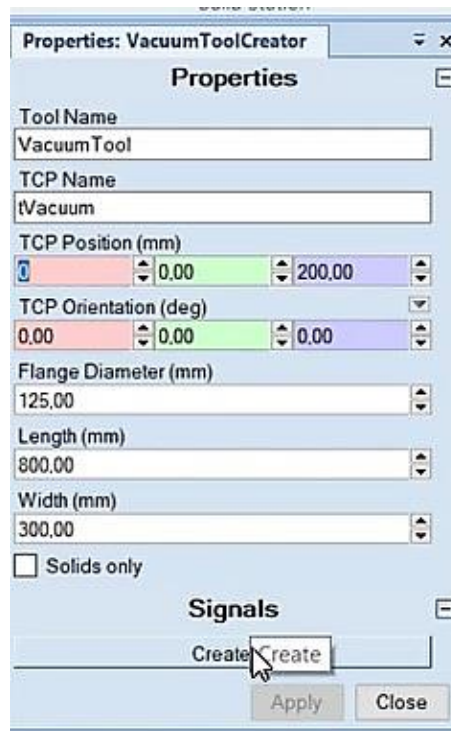
**Slika 4.17.** Kopiranje preuzete aplikacije u mapu „Equipment“

Klikom na opciju „Equipment“ otvara se baza komponenata gdje je pod rubrikom „Other“ potrebno pronaći „Vacuum Tool Creator“ (slika 4.18.).



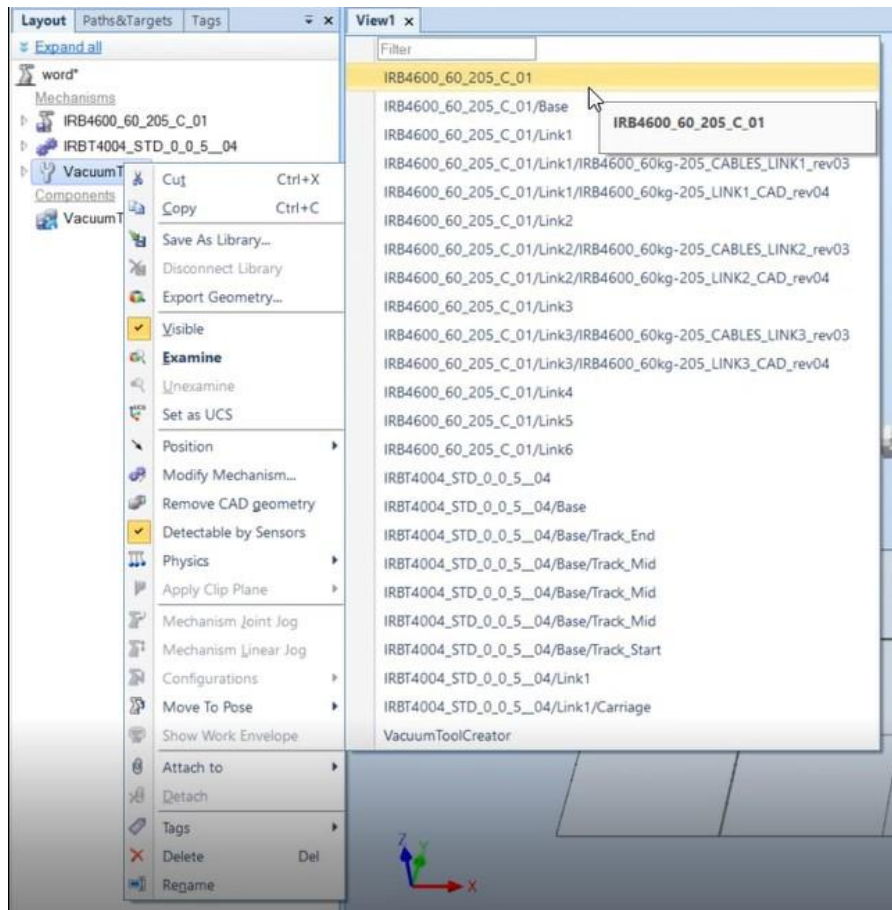
**Slika 4.18.** Aktiviranje aplikacije „VacuumToolCreator“

Odabirom aplikacije „Vacuum Tool Creator“ stvara se Smart Component pomoću kojeg je potrebno stvoriti alat robota. Dvoklikom na „VacuumToolCreator“ u kartici „Layout“ u lijevom bočnom izborniku otvara se izbornik za definiranje parametara vakuumske alata. S obzirom da smo da su automatski parametri zadovoljavajući potrebno je samo odabrati „Create“ i nakon toga alat je stvoren (slika 4.19.).



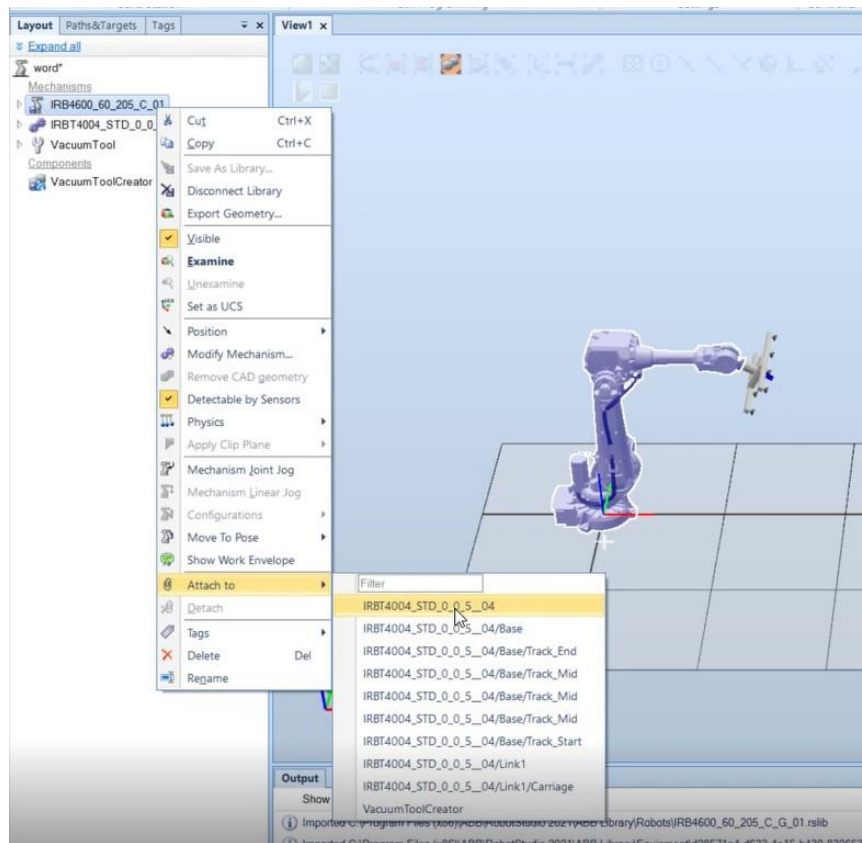
**Slika 4.19.** Stvaranje vakuumskog alata robota

7. Nakon što je stvoren vakuumski alat robota potrebno ga je postaviti na robot. Alat se postavlja na robot na način da se ponovno u lijevom bočnom izborniku u kartici „Layout“ klikne desnim klikom na alat „VacuumTool“. Klikom na alat otvara se pomoćni izbornik gdje je potrebno odabrati opciju „Attach To“ te nakon odabira opcije otvara se izbornik u kojem je potrebno odabrati robot „IRB4600\_60\_205\_V\_01“ (slika 4.20.). Nakon odabira alat se u radnom okruženju postavlja na robot.



**Slika 4.20.** Odabir robota za postavljanje alata

8. Posljednji korak je montaža robota na tračnicu. Montaža robota na tračnicu se odrađuje na isti način kao i postavljanje alata na robot. U kartici „Layout“ potrebno je desnim klikom odabrati robot IRB 4600 te nakon toga ponovno odabrati opciju „Attach To“. Nakon odabira opcije u izborniku odabiremo tračnicu „IRBT\_4004\_STD\_0\_0\_5\_04“ i nakon toga će se robot u radnome okruženju postaviti na tračnicu (slika 4.21.).



**Slika 4.21.** Postavljanje robota na tračnicu

Na isti način kako se pozicionirala tračnica robota, pozicioniraju se i roboti koji se nalaze na tračnicama. Ostale alate robota je potrebno dohvatiti iz opcije „Equipment“.

## 5. Opis objekta „SmartComponent“

„SmartComponent“ je objekt unutar RobotStudio-a za kojeg možemo reći da se ponaša na „pametnan način“.

„Smart Component“ se definira kao objekt koji ima implementirano ponašanje (djelovanje) nekim prilagođenim programskim kodom i/ili djelovanjem drugih komponenti. Ovi objekti nam omogućavaju stvaranje inteligentnog ponašanja unutar radne stanice. Glavna uloga takvog objekta je da unutar radne stanice omogućuje složenije ponašanje kao što je gibanje prihvata, gibanje objekata po transporterima, itd. Unutar radnog okruženja u RobotStudio-u zapravo na kontrolerima definiramo virtualne signale koji upravljaju simulacijom. Virtualni signali se temelje na pravim (realnim) signalima koji upravljaju postrojenjima u realnom svijetu te oni omogućuju što vjerodostojniji prikaz stvarnog (realnog) postrojenja.

Npr. stvaramo virtualne signale koji omogućuju prihvata i otpuštanje dijelova dijalizatora pomoću robota unutar simulacije. Kada kontroler pošalje virtualni signal robotu on prihvata komponentu dijalizatora te ju prebaci na određeno mjesto gdje se pomoću drugog signala izvrši otpuštanje.

Nadalje, signalima u RobotStudio-u se smatraju ulazi i izlazi koje „SmartComponent“ koristi za komunikaciju s drugim elementima stanice. Vrste signala u RobotStudio-u:

- DigitalInput,
- DigitalOutput,
- DigitalGroupInput,
- DigitalGroupOutput,
- AnalogInput,
- AnalogOutput.

Detaljniji opis i princip upravljanja signalima u RobotStudio-u prikazan je u idućem poglavlju gdje je prikazano kako se dopremaju dijelovi dijalizatora po transporterima.

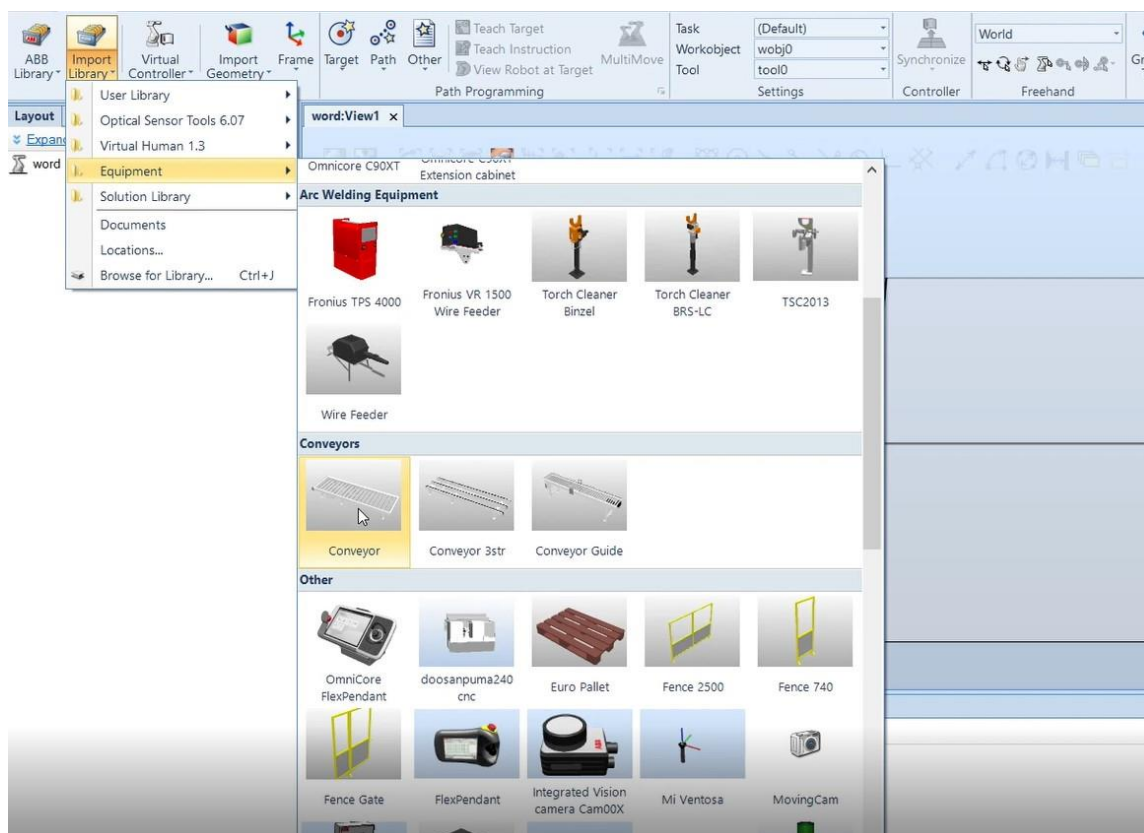


## 6. Princip dopremanja komponenata dijalizatora pomoću transportera

U ovome poglavlju prikazan je princip rada transportera te način na koji se definiraju signali potrebni za dopremanje komponenata transporterom; u ovome slučaju prikazano je na koji način se definira dopremanje prve police. Na način na koji je u ovome primjeru prikazano na isti način se dopremaju i ostale komponente. Svaka komponenta ima vlastiti transporter i svaka komponenta ima svoj „Smart Component“ objekt kojim se izvršava njeno upravljanje.

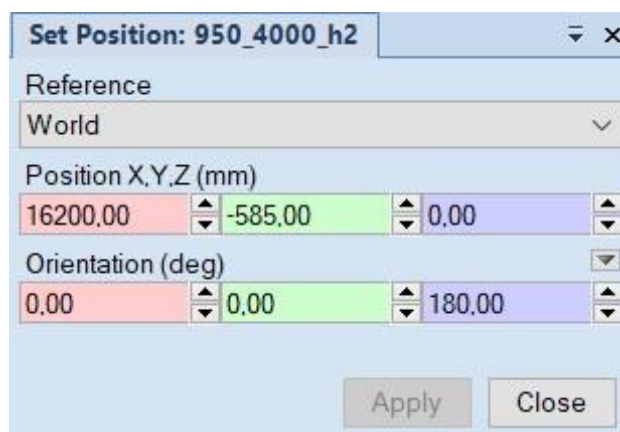
### 6.1. Odabir transportera i njegovo pozicioniranje u radnome okruženju

Kako bi se odabrao transporter, potrebno je ponovno kliknuti opciju „Import Library“ i nakon toga „Equipment“ i potražiti transporter pod nazivom „Conveyor“ (slika 6.1.).



Slika 6.1. Odabir transportera [5]

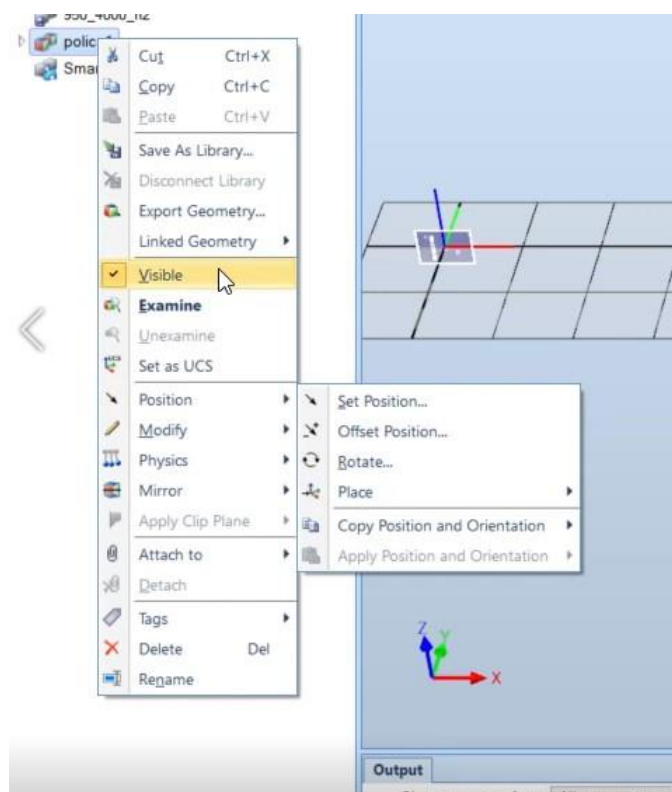
Odabirom transportera otvara se izbornik za definiranje parametara; potrebno je definirati širinu i dužinu transportera. Parametre je potrebno definirati kao na slici 6.2.



**Slika 6.2.** Pozicija transportera

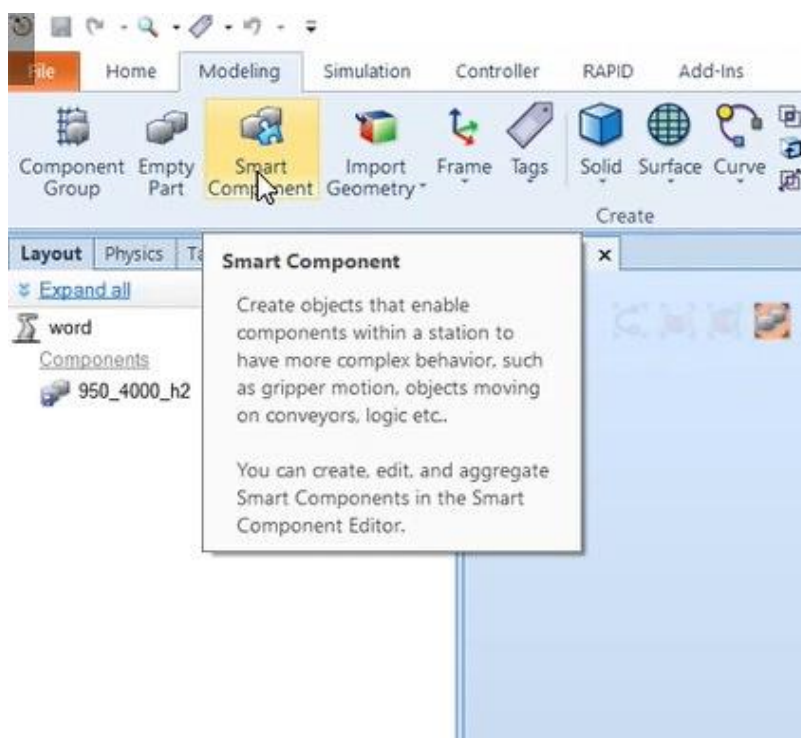
## **6.2. Stvaranje „Smart Component“ objekta za dopremanje komponente transporterom**

Kako bi se komponenta dopremala transporterom potrebno je stvoriti „Smart Component“ objekt. Prije stvaranja „Smart Component“ objekta potrebno je u okruženje umetnuti prvu policu koju je potrebno zavariti na dijalizator. Polica se ubacuje u okruženje tako da se odabere opcija „Import Geometry“ te se odabere polica na lokaciji u računalu gdje je spremljena (polica mora biti spremljena u ACIS formatu (.sat)). Nakon što je polica ubačena u radno okruženje, potrebno ju je vizualno sakriti zato što ona sama po sebi nije potrebna već je potrebna njena geometrija iz koje se stvara nova polica za transporter. Polica se sakrije tako da se u lijevome izborniku desnim klikom označi polica1 i isključi opcija „Visible“ (slika 6.3.).



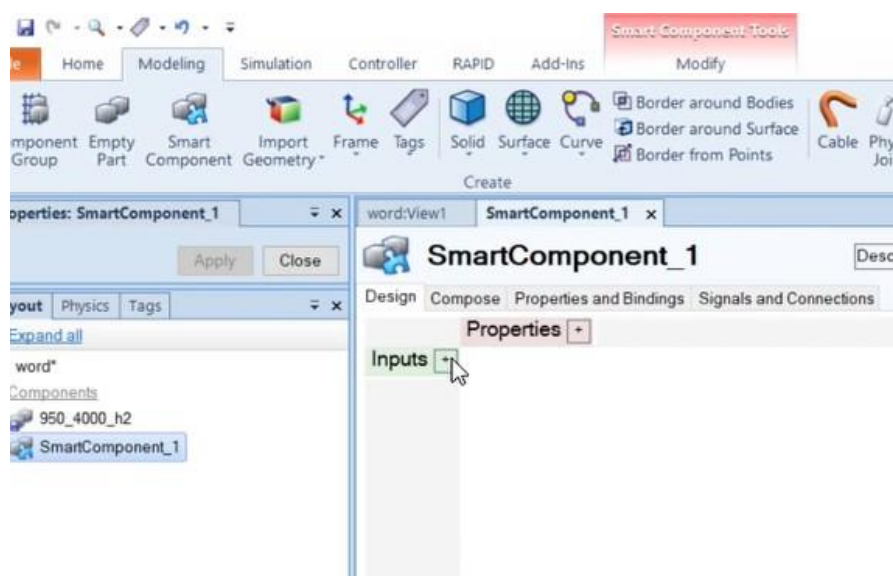
**Slika 6.3.** Isključivanje vidljivosti prve police

Nakon što je polica ubačena u radno okruženje, potrebno je stvoriti „Smart Component“ objekt. Takav objekt stvara se odabirom kartice „Modeling“ te nakon toga klikom na opciju „Smart Component“ (slika 6.4.). Nakon klika na opciju „Smart Component“ stvara se objekt.

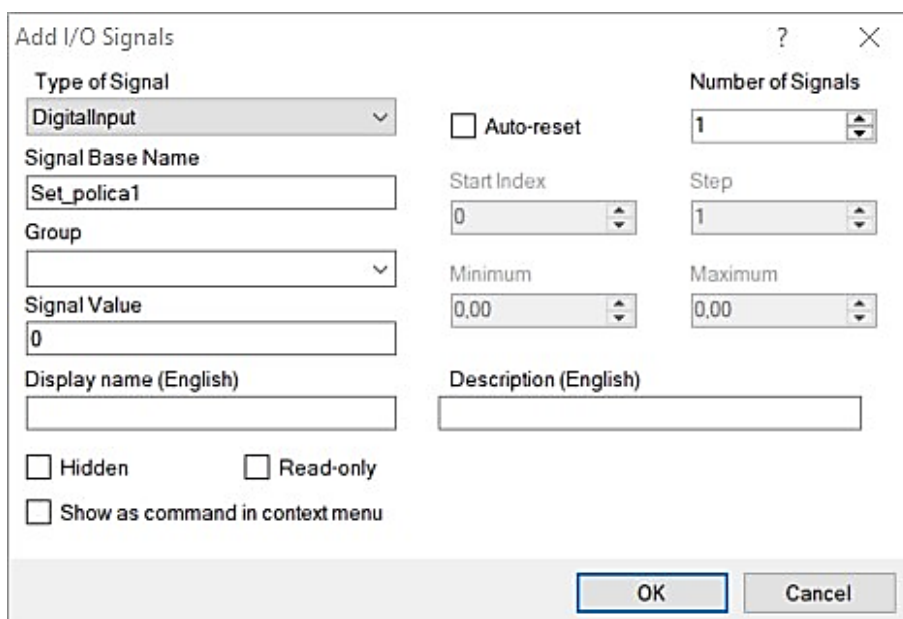


**Slika 6.4.** Stvaranje „Smart Component“ objekta

Nakon što je stvoren objekt otvara se njegovo grafičko sučelje i potrebno je stvoriti ulazni signal koji će pokrenuti dopremanje prve police transporterom. Signal se dodaje klikom na rubriku „Inputs“ i odabirom plus (+) (slika 6.5.). Nakon klika otvara se izbornik u kojem je potrebno definirati parametre ulaznog signala. U ovome slučaju potrebno je odabrati parametre kao na slici 6.6. i zatim pritisnuti „Ok“ čime se stvara potreban početni ulazni signal.



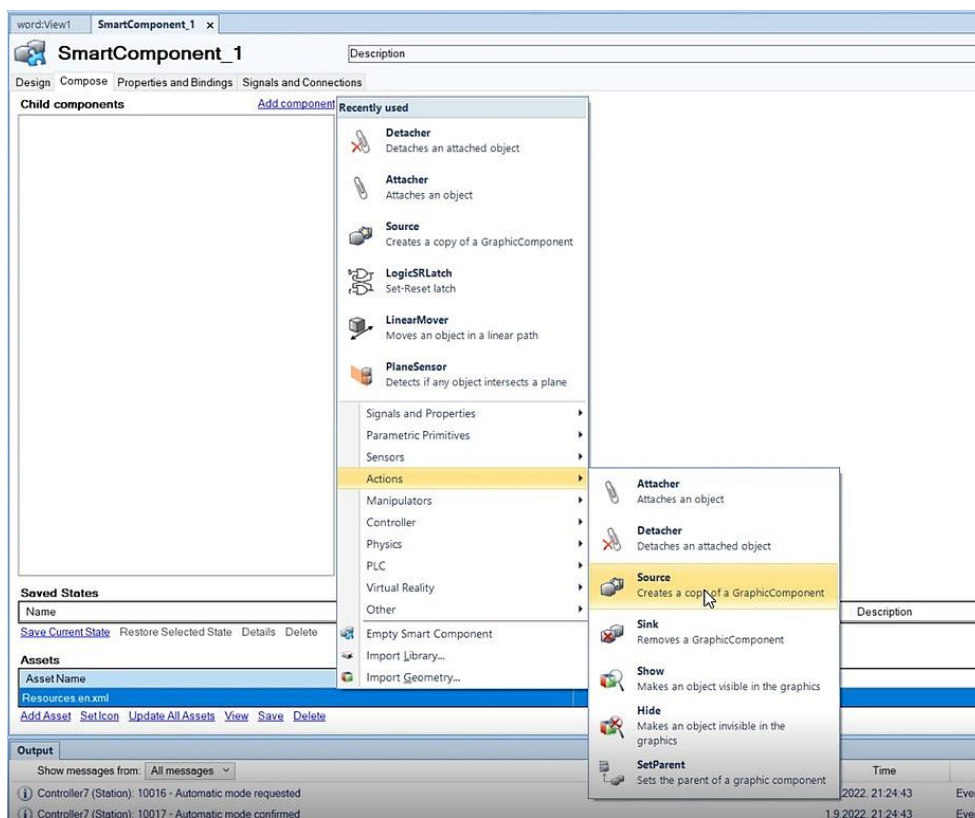
**Slika 6.5.** Stvaranje ulaznog signala za dopremanje police



**Slika 6.6.** Parametri početnog ulaznog signala

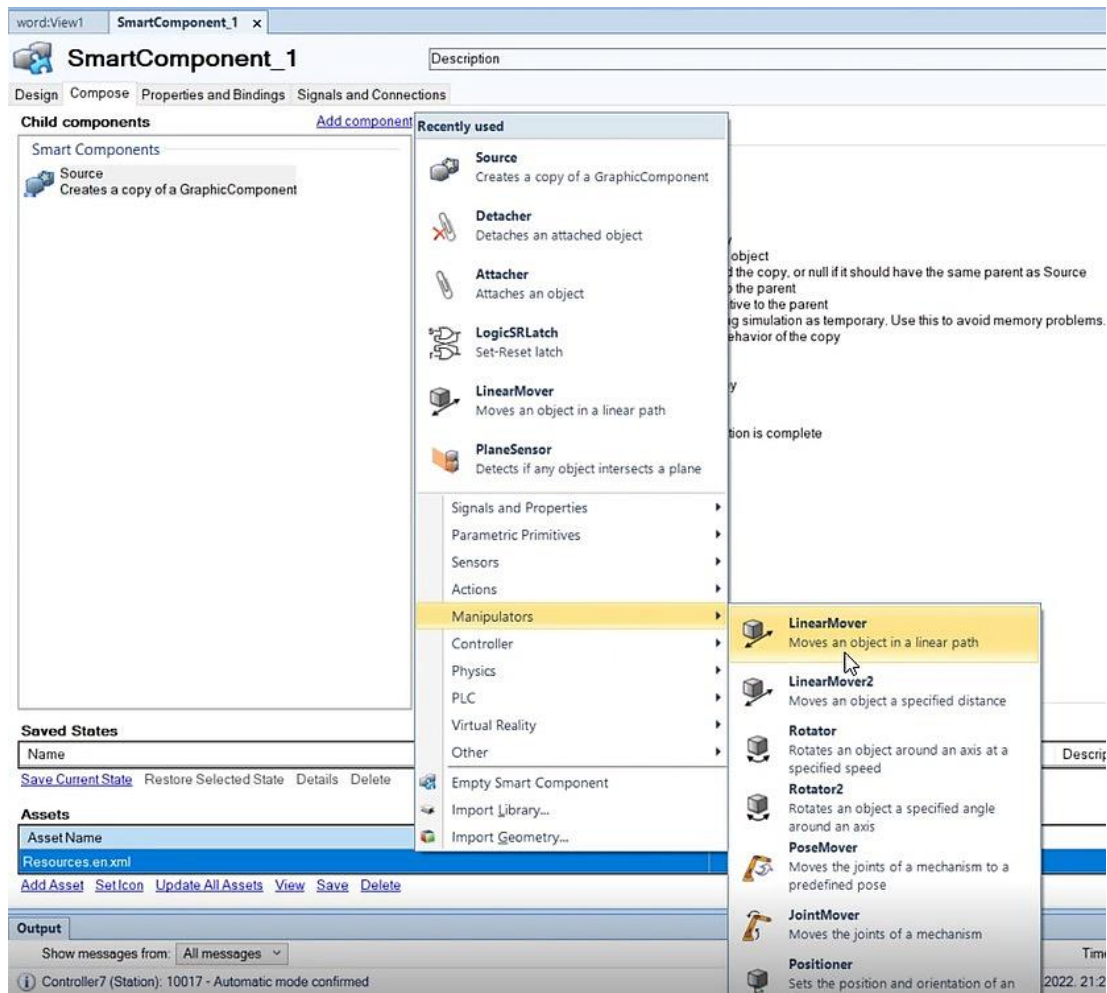
Idući korak je dodavanje komponenata unutar objekta, tj. dodavanje izvora police, linearnog gibanja police na transporteru, logičkog „ILI“ sklopa te senzora za očitavanje zaustavnog položaja.

Prvi korak je postavljanje izvora prve police. Izvor se dodaje na način da je na grafičkom prozoru komponente potrebno odabrati karticu „Compose“ te nakon toga je potrebno kliknuti na opciju „Add component“. Nakon toga otvara se izbornik za odabir komponenata; potrebno je odabrati opciju „Actions“ i zatim „Source“ (slika 6.7.).



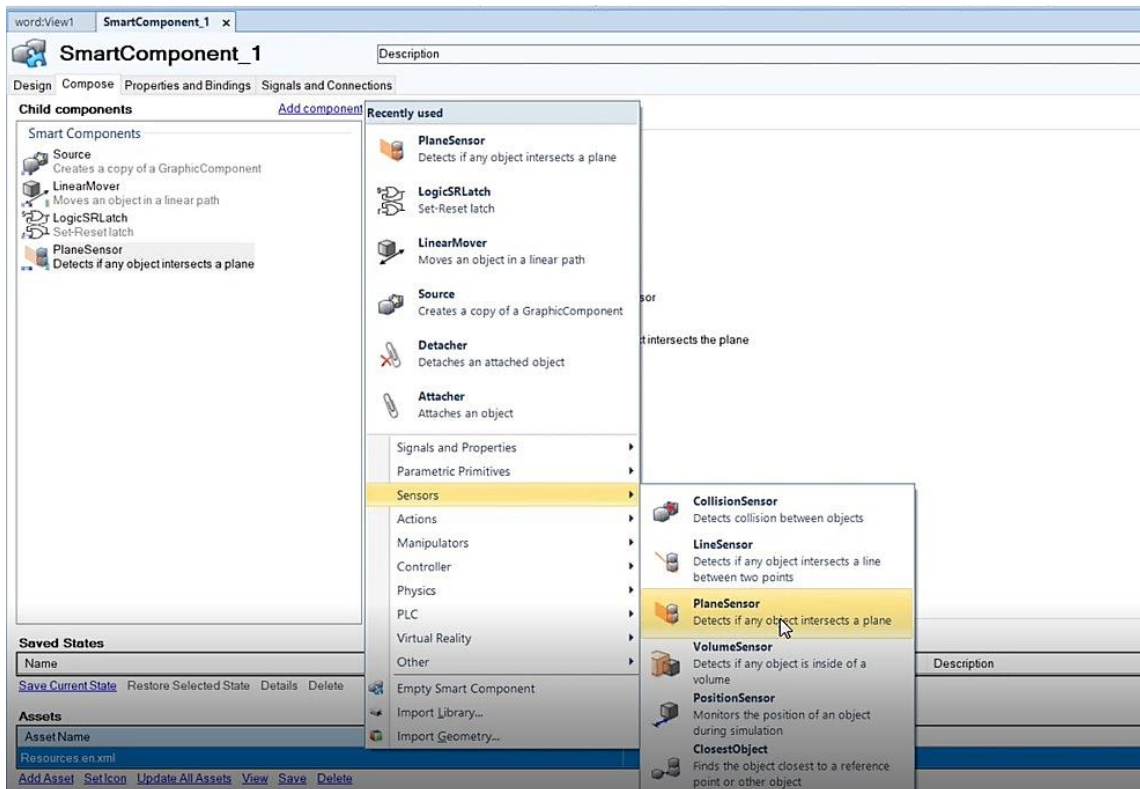
**Slika 6.7.** Stvaranje izvora police

Odabirom opcije „Source“ stvoren je izvor kojim će se stvarati nova polica u okruženju koja će biti dopremana transporterom. Idući korak je dodavanje komponente pomoću koje će se polica gibati linearno po transporteru. U ovome slučaju je postupak isti kao i kod stvaranja izvora "Source" ali sada biramo opciju „Manipulators“ umjesto „Actions“. Nakon odabira opcije „Manipulators“ potrebno je odabrati „LinearMover“ (slika 6.8.).



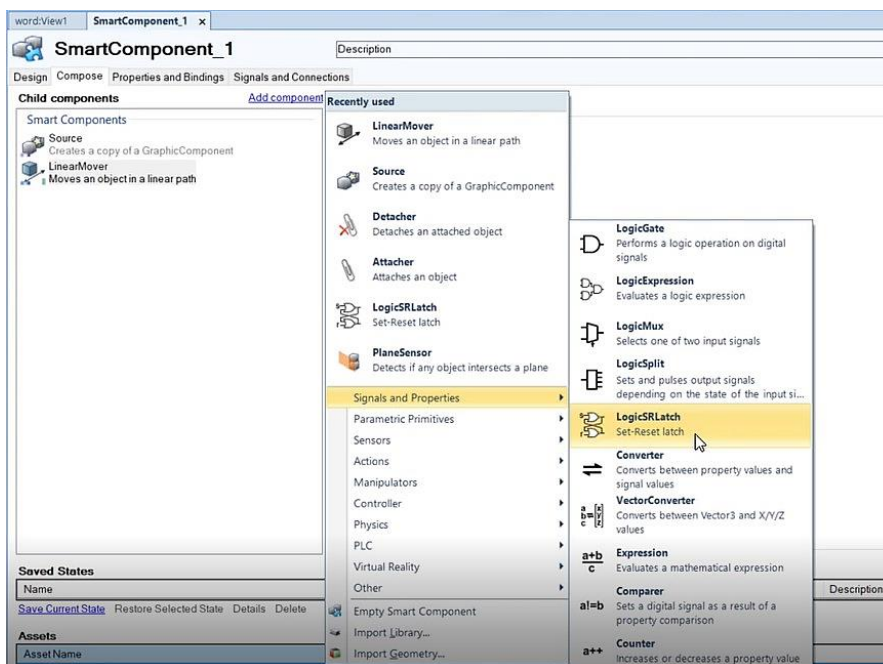
**Slika 6.8.** Stvaranje komponente za linearno gibanje police

Zatim je potrebno stvoriti senzor pomoću kojeg će se polica zaustaviti na kraju transportera. Senzor dodajemo odabirom opcije „Sensors“ te nakon toga „PlaneSensor“ (slika 6.9.).



Slika 6.9. Stvaranje senzora zaustavljanja gibanja police

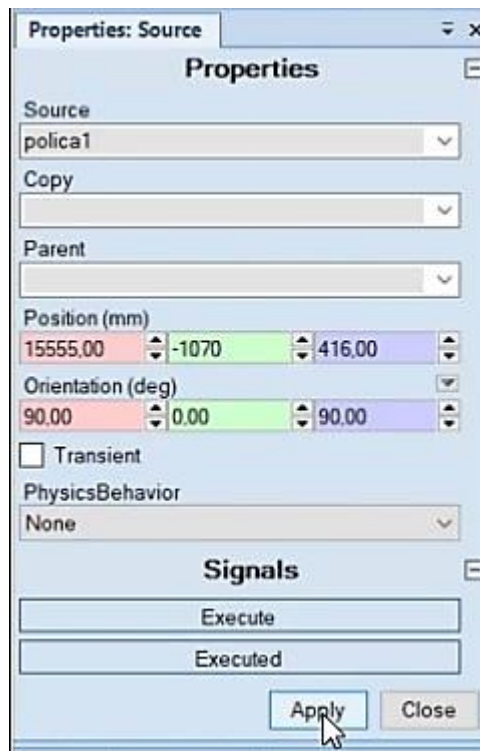
Zadnja komponenta koju je potrebno dodati je logički „ILI“ sklop; on se dodaje tako da se odabere opcija „Signals and Properties“ te se zatim odabere „LogicSRLatch“ (slika 6.10.). Stvaranjem sklopa stvorene su sve komponente za dopremanje police te još ostaje postaviti logiku dopremanja, tj. povezati stvorene komponente unutar „Smart Component“ objekta.



Slika 6.10. Stvaranje logičkog „ILI“ sklopa

Nakon što su stvorene sve komponente unutar objekta potrebno ih je pozicionirati na potrebne pozicije. Odabirom i stvaranjem komponenti objekta unutar grafičkog prozora stvoreni su blokovi koje je kasnije potrebno povezati kako bi „Smart Component“ objekt pravilno radio.

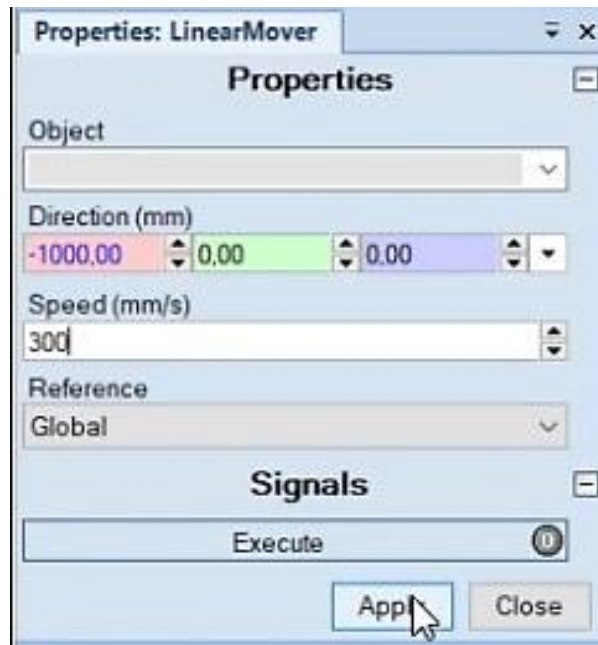
Prvo je potrebno prilagoditi „Source“ komponentu. U kartici „Design“ potrebno je pronaći „Source“ i zatim dvostrukim klikom na komponentu aktivirati izbornik za definiranje parametara. Parametre je potrebno definirati kao na slici 6.11.



**Slika 6.11.** Parametri „Source“ komponente

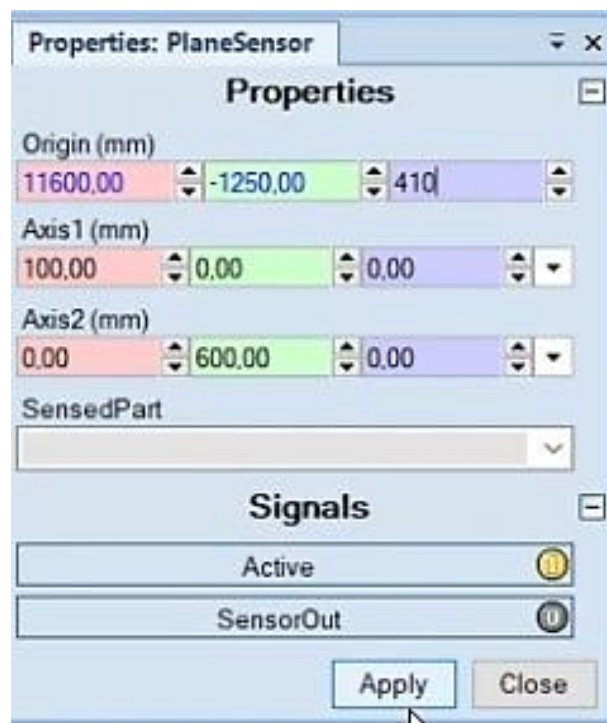
Nakon definiranja parametara „Source“ komponente potrebno je definirati parametre komponente „LinearMover“. Dvostrukim klikom na „LinearMover“ otvara se izbornik za definiranje parametara te je potrebno definirati parametre kao na slici 6.12.





Slika 6.12. Parametri komponente „LinearMover“

U idućem koraku potrebno je podesiti parametre „PlainSensor“ komponente. Parametri se podešavaju kao i u prijašnjim koracima; parametri moraju biti podešeni kao na slici 6.13.



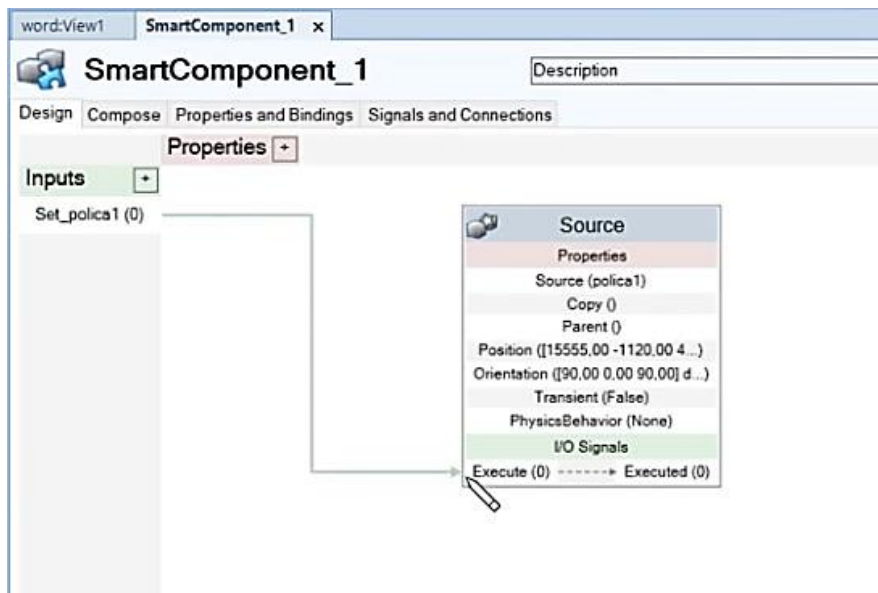
Slika 6.13. Parametri komponente „PlainSensor“

### 6.3. Logika dopremanja (princip dopremanja) police unutar „Smart Component“ objekta

Dopremanje police transporterom u RobotStudio-u funkcioniše na način da komponenta „Source“ stvori policu na transporteru. Nakon što je polica stvorena, transporter pomoću komponente „LinearMover“ pomiče policu. Na kraju, komponenta „PlaneSensor“ zaustavlja gibanje police transporterom.

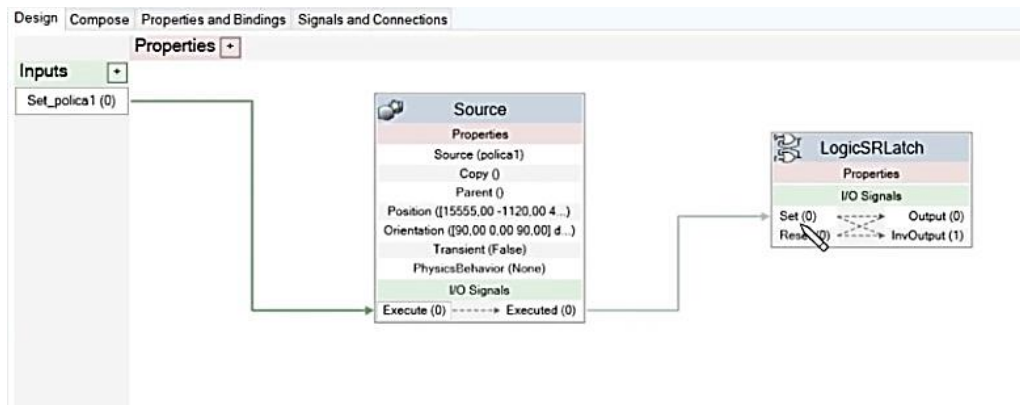
Kako bi sve komponente funkcionirale na opisani način, njihove grafičke blokove potrebno je međusobno povezati unutar „Smart Component“ objekta. Blokovi se unutar objekta povezuju po principu blokovskog dijagrama na grafičkom prozoru stvorenog objekta.

Prvi korak je povezivanje ulaznog signala objekta i bloka „Source“; kako bi se signal povezao s blokom, potrebno je kliknuti na signal i pokazivačem ga dovesti na gumb „Execute“ (slika 6.14). Kada signal direktno povežemo sa gumbom „Execute“, svaki puta kada će vrijednost ulaznog signala iznositi '1' stvorit će se nova polica koja će se gibati transporterom. Nova inačica (kopija) police će se pojaviti jer je na bloku „Source“ odabran parametar „copy()“.



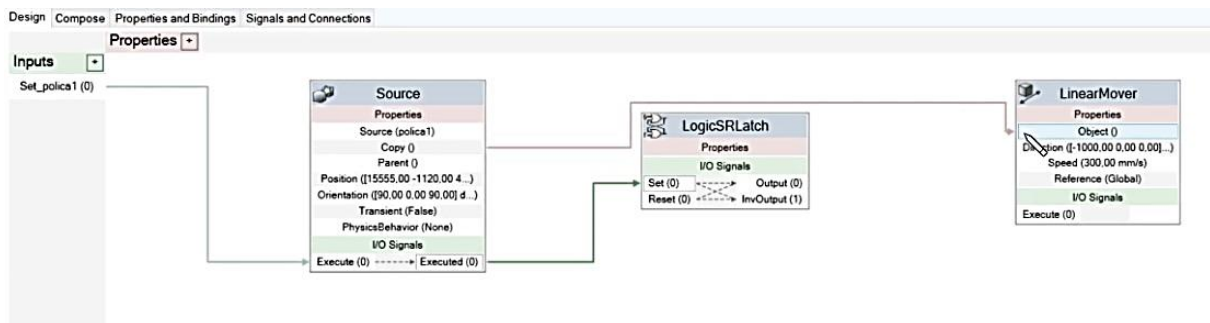
Slika 6.14. Povezivanje ulaznog signala sa blokom „Source“

Idući korak je povezivanje blokom „Source“ sa blokom logičkog sklopa „ILI“. U ovome slučaju potrebno je povezati gumb „Executed“ na bloku „Source“ i gumb „Set“ na logičkome sklopu (slika 6.15.).



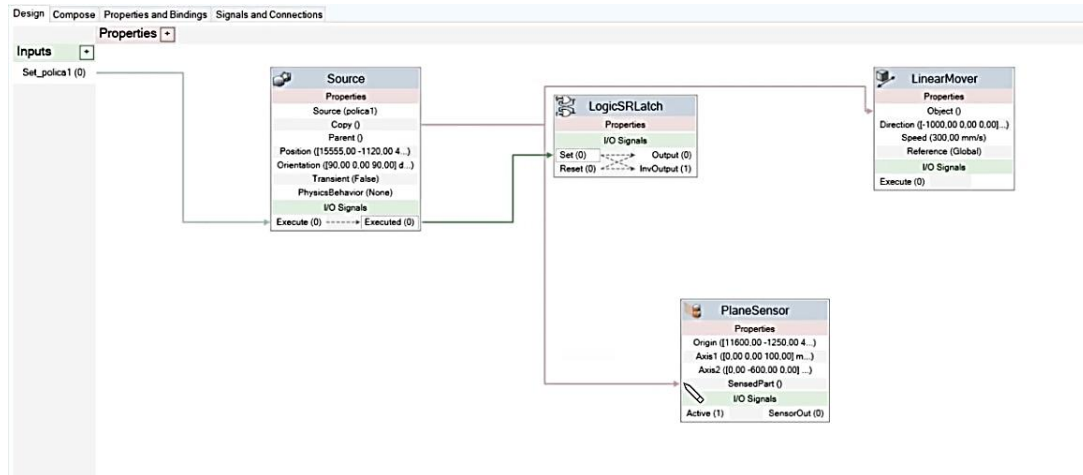
**Slika 6.15.** Povezivanje bloka „Source“ i logičkog „ILI“ sklopa

Daljnji korak je povezivanje bloka „Source“ i bloka „LinearMover“. Potrebno je povezati gumb „copy()“ na bloku „Source“ i gumb „Object()“ na bloku „LinearMover“ (slika 6.16.). Te dvije opcije se povezuju kako bi komponenta „LinearMover“ znala koji je objekt potrebno linearno gibati. Kada je povezano kao na slici 6.16. blok „LinearMover“ će pomicati objekt odnosno novonastalu policu koju je sa copy() stvorio blok "Source".



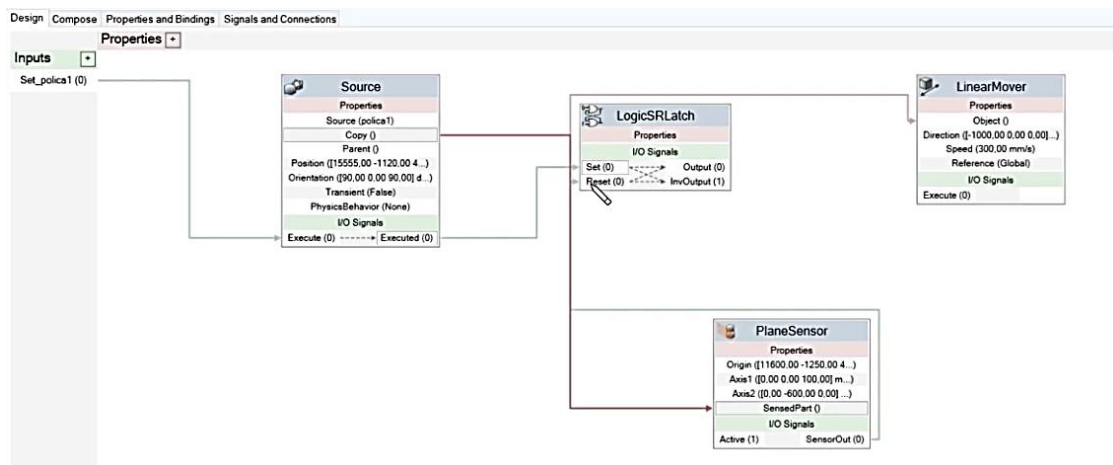
**Slika 6.16.** Povezivanje blokova „Source“ i „LinearMover“

Četvrti korak je povezivanje blokova „Source“ i „PlaneSensor“. Potrebno je povezati gumb „copy()“ na bloku „Source“ i gumb „SensedPart()“ na bloku „PlaneSensor“ (slika 6.17.). Te dvije opcije povezuju se kako bi senzor znao koju komponentu je potrebno pratiti. Kad senzor osjeti (očita) policu dati će signal na svom izlazu. Taj signal ćemo iskoristiti za zaustavljanje gibanja police na kraju transportera.



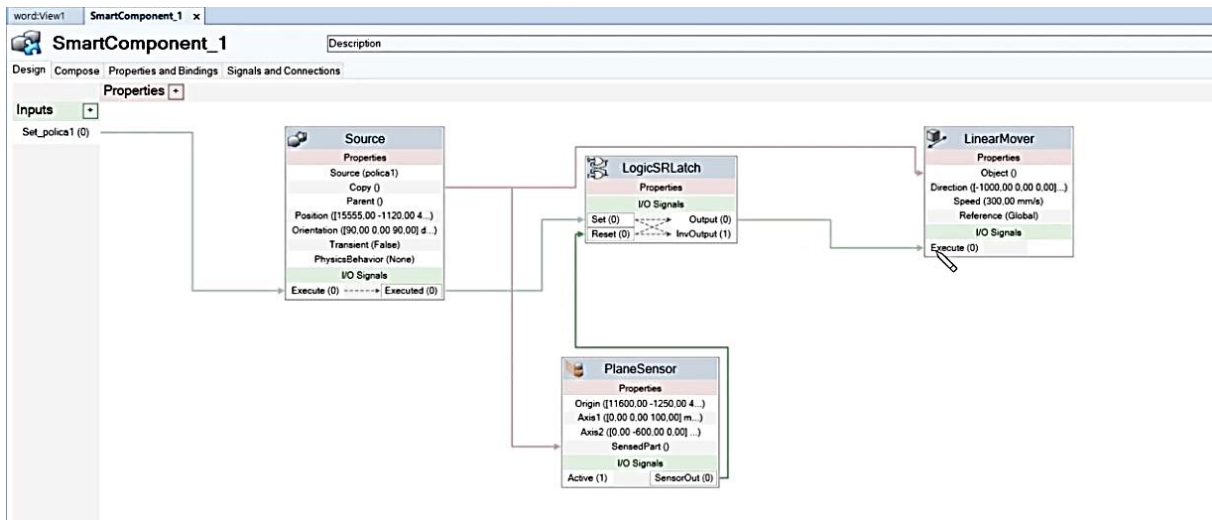
Slika 6.17. Povezivanje blokova „Source“ i „PlaneSensor“

Pretposljednji korak je povezivanje bloka „PlaneSensor“ i logičkog sklopa. Potrebno je spojiti gumb „SensorOut“ na bloku „PlaneSensor“ i gumb „Reset“ na logičkome sklopu (slika 6.18).



Slika 6.18. Povezivanje bloka „PlaneSensor“ i logičkog „ILI“ sklopa

Na kraju, potrebno je spojiti logički sklop i blok „LinearMover“. U ovome slučaju povezuje se gumb „Output“ na logičkome sklopu i „Execute“ na bloku „LinearMover“ (slika 6.19.).



**Slika 6.19.** Povezivanje logičkog sklopa i bloka „LinearMover“

Kada su svi blokovi povezani kao na slici 6.19., transporter je spreman za dopremanje polica.

Dopremanje funkcionira na slijedeći način:

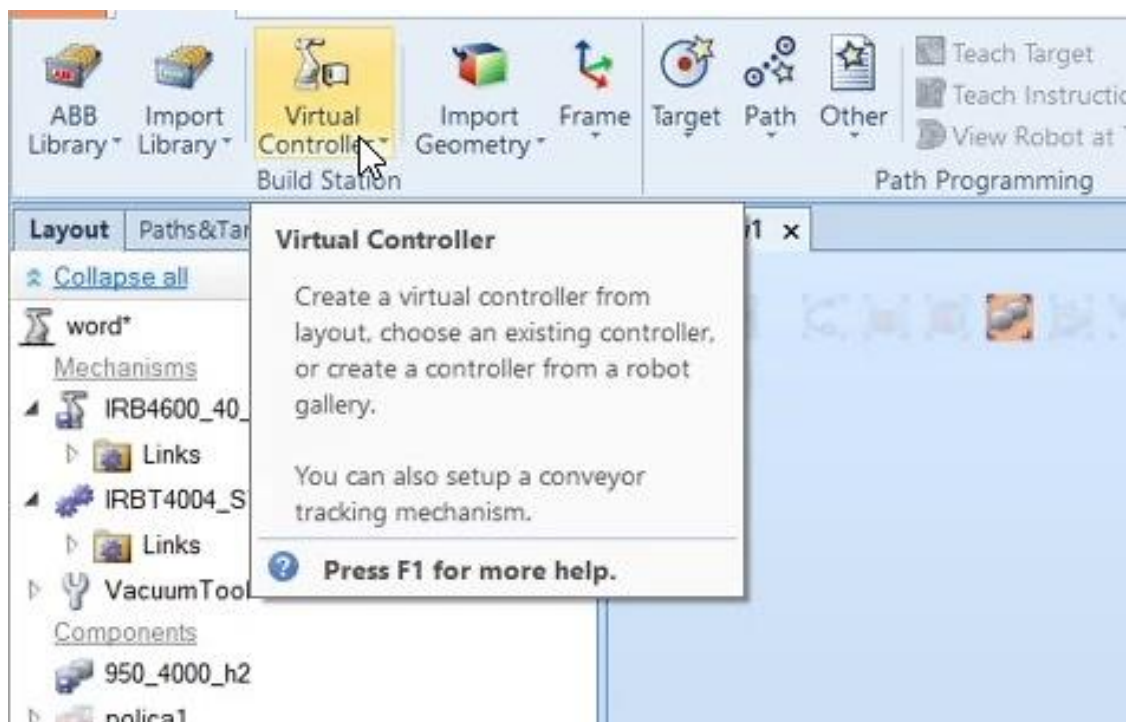
Kada je ulazni signal „Smart Component“ objekta pozitivan, tj. kada iznosi '1', blok „Source“ stvori novu policu. U tom istom trenutku blok „Source“ postavlja vrijednost ulaza logičkog sklopa „Set“ na '1' te se time također postavlja izlaz „Output“ na vrijednost '1' čime se aktivira blok „LinearMover“ koji je povezan sa izlazom sklopa. Aktivacijom bloka „LinearMover“ stvorena polica doprema se transporterom. Kada dođe do ruba, blok „PlaneSensor“ očita njezinu poziciju te automatski šalje pozitivan signal, tj. signal vrijednosti '1' u logički sklop na ulaz „Reset“. Kada vrijednost ulaza „Reset“ iznosi '1', vrijednost izlaza se mijenja u vrijednost '0' te se time isključuje blok „LinearMover“. Isključivanjem bloka „LinearMover“ isključuje se dopremanje police transporterom te je polica spremna za prebacivanje pomoću robota.

## 7. Prihvat dopremljene police pomoću industrijskog robota („Pick n' place“)

Nakon što se transporterom dopremi prva polica, robot dolazi po nju te ju prebacuje na mjesto gdje ju je potrebno zavariti. Prije dopune „Smart Component“ objekta u svrhu prihvata i prebacivanja police, potrebno je postaviti robot na njegovu poziciju. U ovome slučaju se radi o Robotu3 te se postavlja na poziciju koja je definirana u prethodnim poglavljima. Nakon što je robot postavljen na traženu poziciju potrebno ga je povezati sa kontrolerom koji će njime upravljati.

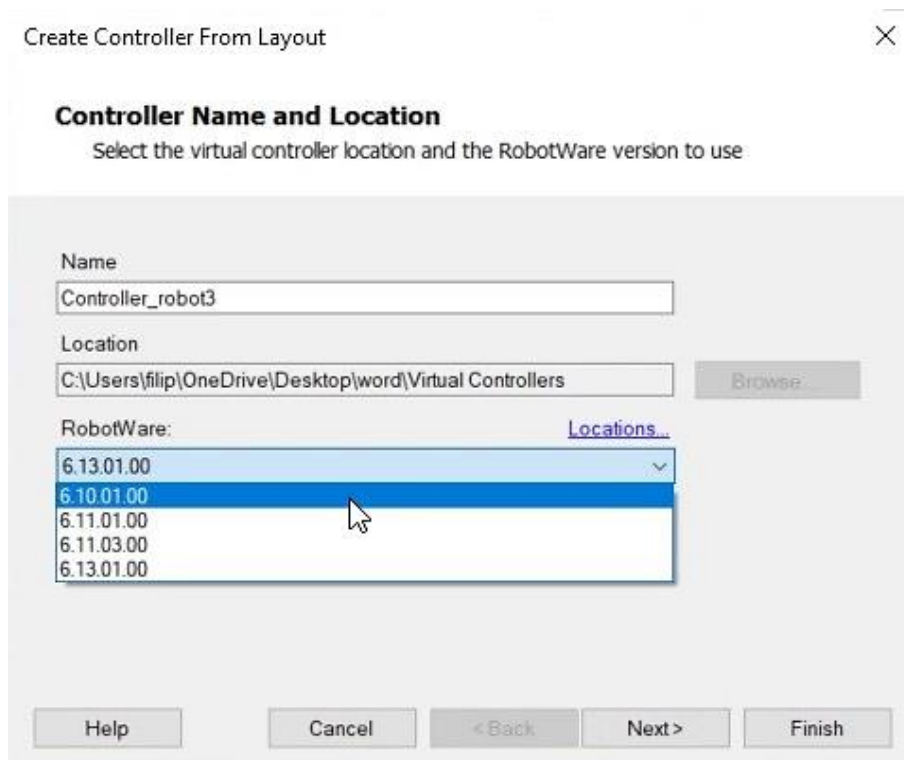
### 7.1. Povezivanje industrijskog robota sa kontrolerom

Nakon postavljanja robota u okruženje, potrebno ga je povezati sa kontrolerom koji će upravljati njegovim radom. Na kontroleru će se izvršavati program koji će se napisati u programskom jeziku RAPID. Kontroler se postavlja tako da se nakon postavljanja robota u okruženju klikne na karticu „Virtual Controller“ (slika 7.1).



Slika 7.1. Aktivacija kartice „Virtual Controller“

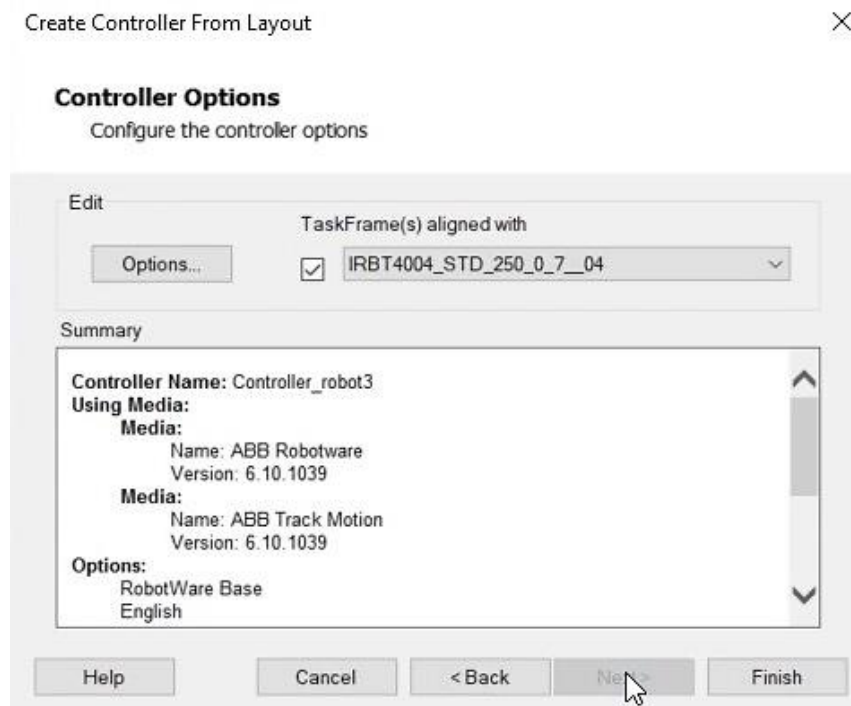
Nakon klika na karticu otvara se izbornik u kojem je potrebno odabrati želi li se izraditi novi kontroler, odabrati već stvoreni ili odabrati kontroler koji je već korišten u nekom od projekata. U ovome slučaju potrebno je odabrati „From Layout“ što znači da se odabire kontroler koji je korišten u prethodnim projektima. Nakon odabira otvara se izbornik gdje se zadaje ime kontrolera i u kojem se odabire RobotWare. RobotWare je upravljački program unutar kontrolera koji omogućuje upravljanje ABB-ovim industrijskim robotima. Nakon otvaranja izbornika upisuje se ime i odabire RobotWare kao na slici 7.2.



**Slika 7.2.** Odabir RobotWare-a i upisivanje imena kontrolera

Nakon što je definiran željeni RobotWare potrebno je pritisnuti gumb „Next“. U idućem koraku je potrebno odabrati mehanizme, tj. komponente kojima će upravljati ovaj kontroler. U ovome slučaju će biti ponuđeni robot i tračnica te ih je potrebno oboje odabrati i kliknuti „Next“. Nakon otvaranja idućeg izbornika potrebno je samo provjeriti jesu li tračnica i robot u istome zadatku („Task“). U ovome slučaju će biti u istome zadatku ukoliko je napravljeno sve kao što je opisano u prethodnim koracima. U idućem koraku otvara se prozor u kojem je definirani svi parametri koji su bitni za povezivanje tračnice, robota i kontrolera. Bitna stavka je da je u ovome prozoru potrebno provjeriti s čime je usklađen koordinatni sustav zadatka koji će se odrađivati (Izbornik „TaskFrame(s) aligned with“). U ovome slučaju kada je robot na tračnici nužno je da koordinatni sustav zadatka bude usklađen sa koordinatnim sustavom

tračnice jer u drugačijoj varijanti robot se ne bi mogao kretati tračnicom te ne bi mogao izvršiti željenu zadaću (slika 7.3.).



**Slika 7.3.** Usklađenost koordinatnih sustava i popis definiranih parametara

Nakon što su provjereni svi definirani parametri potrebno je kliknuti „Finish“ te će robot, tračnica i kontroler biti povezani nakon nekoliko trenutaka.

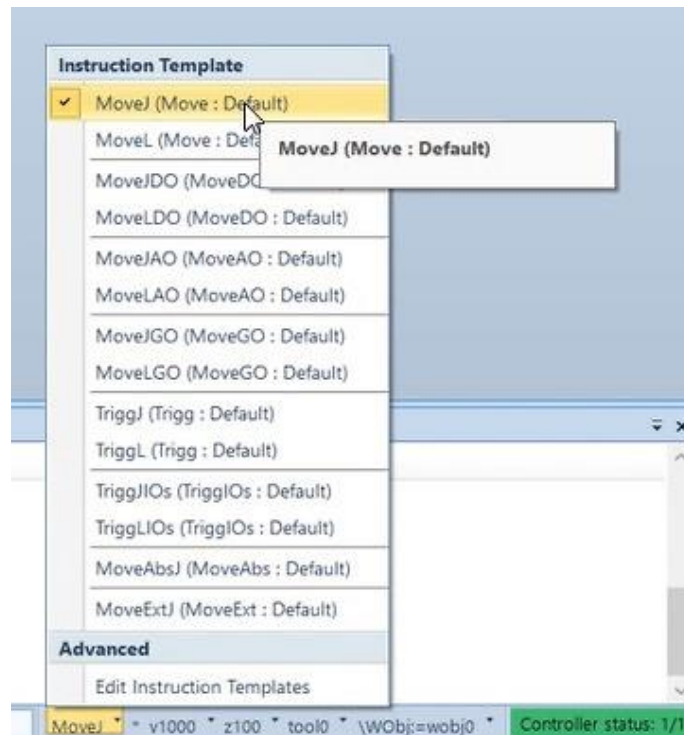
## 7.2. Izrada putanje i ulaznih i izlaznih signala robota

U nastavku oblikovanja procesa prihvata i prebacivanja police potrebno je izraditi putanju robota i definirati ulazne i izlazne signale koji će upravljati robotom i cjelokupnim procesom. Prvi korak je stvaranje putanje; prema definiciji putanja je krivulja u prostoru koju čini niz ciljnih točaka koje vrh alata (TCP) mora prijeći. Ukoliko je prolazak kroz točke putanje vremenski zadan, tada se putanja naziva trajektorijom. U ovome slučaju potrebno je upotrijebiti planiranje putanje „Od točke do točke“ (Point To Point, PTP) koje je specifično za: točkasto zavarivanje, bušenje, lijepljenje etiketa te podizanje i premještanje predmeta koje će biti prikazano u ovome primjeru. Princip rada robota „Od točke do točke“ funkcionira na način da se robot pomakne u zadanu poziciju te se na njoj i zaustavi, zatim obavi zadani zadatak (npr. prihvati policu vakuumskim alatom) te nakon toga odlazi na slijedeću zadanu

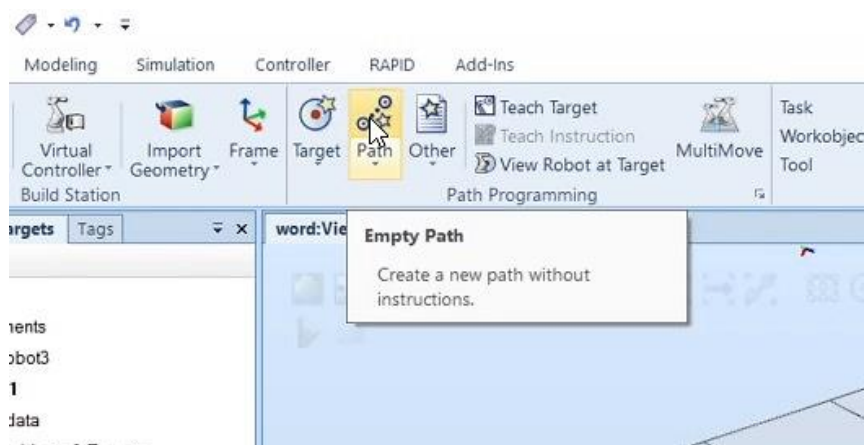


poziciju. Specifičnost ove metode i principa rada robota je ta da su brzine i ubrzanja zapravo nevažni (naravno, to ne znači da nije potrebno prilagoditi brzinu gibanja robota kako ne bi došlo do neželjenih trzaja i oštećenja robota) jer je važna samo zadana pozicija na koju robot treba stići. Stoga, u ovome principu robot bira najkraću moguću putanju kako bi u što kraćem vremenu stigao u zadanu poziciju. Vrijedno je spomenuti da postoje dva načina upravljanja robota „Od točke do točke“. Prvi način je da se svaki od zglobova giba maksimalnom brzinom po svojoj osi čime se postiže rezultat da svi zglobovi robota ne završavaju gibanje u istome trenutku. Drugi način je da se postigne upravljanje da svi zglobovi robota završe gibanje u istome trenutku; takav rezultat se postiže na način da zglob, koji mora prijeći najdulji put, giba se maksimalnom brzinom dok se ostali zglobovi gibaju po svojim osima usporeno za omjer puta u odnosu na najdulju os. Tijekom ovakvog načina rada kontroler s kojim je robot povezan obavlja sve potrebne računске zadaće poput: proračuna profila brzina, sinkronizacije gibanja po osima i izračuna pozicije zgloba.

Prvi korak koji je potrebno napraviti prije stvaranja putanje je odabir „MoveJ“ načina gibanja robota. „MoveJ“ unutar RobotStudio-a se koristi za postizanje „Point to point“ gibanja robota. Ovaj način gibanja omogućuje robotu da alat robota što prije dođe u zadanu poziciju. Tijekom takvoga gibanja robot se najčešće giba po proizvoljnoj putanji između zadanih pozicija, tj. on nije uvjetovan gibati se po linearnoj putanji kao kod „MoveL“ načina gibanja gdje alat robota prolazi linearne putanje između ciljnih točaka. „MoveJ“ način gibanja se odabire u donjem desnom kutu RobotStudio-a (slika 7.4.). Putanja se stvara tako da se u kartici „Home“ klikne na opciju „Path“ (slika 7.5.); nakon klika opcije „Path“ stvara se putanja u koju je potrebno dodati Target-e (uzastopne ciljne točke/položaji TCP-a alata) koje će se nalaziti na putanji.

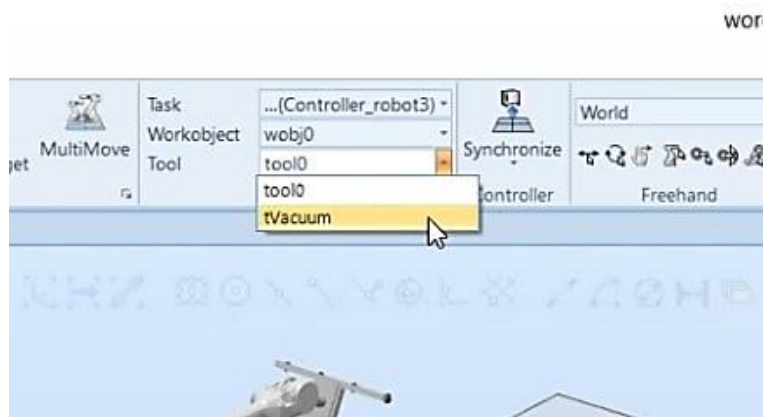


**Slika 7.4.** Odabir „MoveJ“ načina gibanja robota



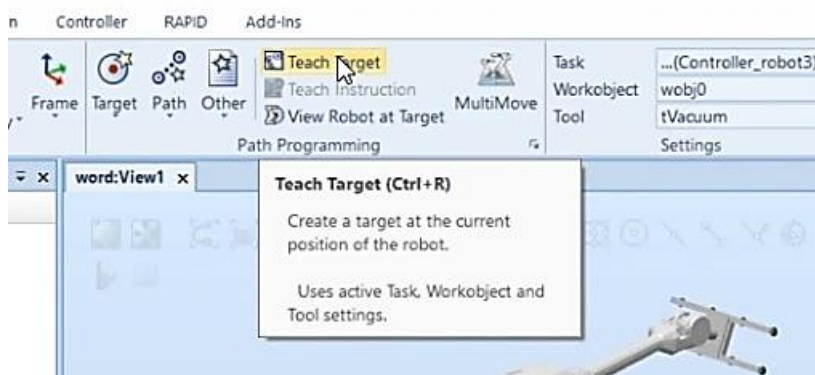
**Slika 7.5.** Stvaranje putanje robota

Nakon što je stvorena putanja, potrebno je stvoriti „Target“ točke putanje, tj. točke u koje će alat robota trebati doći. Prije stvaranja točaka putanje potrebno je odabrati kontroler koji će upravljati gibanje robota te je potrebno gibati alat koji će se gibati po putanji; u ovome slučaju se odabire kontroler „Controller\_robot3“ i alat „tVacuum“ (slika 7.6).



**Slika 7.6.** Odabir kontrolera i alata robota za stvaranje putanje

„Target“ točke stvaraju se tako da se alat robota dovede u željeni položaj te se zatim klikne na opciju „Teach Target“ (slika 7.7.).



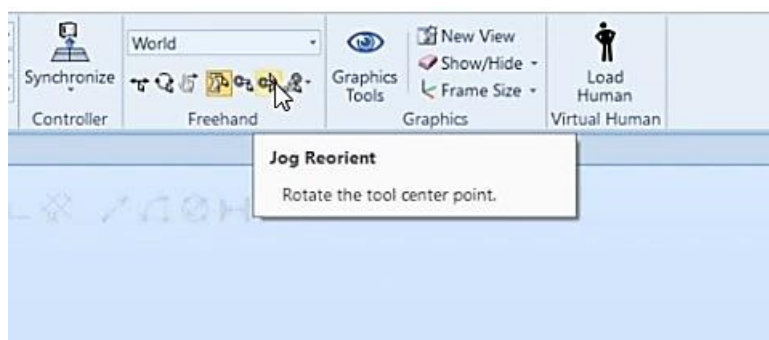
**Slika 7.7.** Stvaranje „Target“ točke putanje

Robot se dovede na željeni položaj odabirom „Freehand“ opcije. Kako bi se robot pomicao po traci potrebno je odabrati opciju „Jog Joint“ (Slika 7.8.).



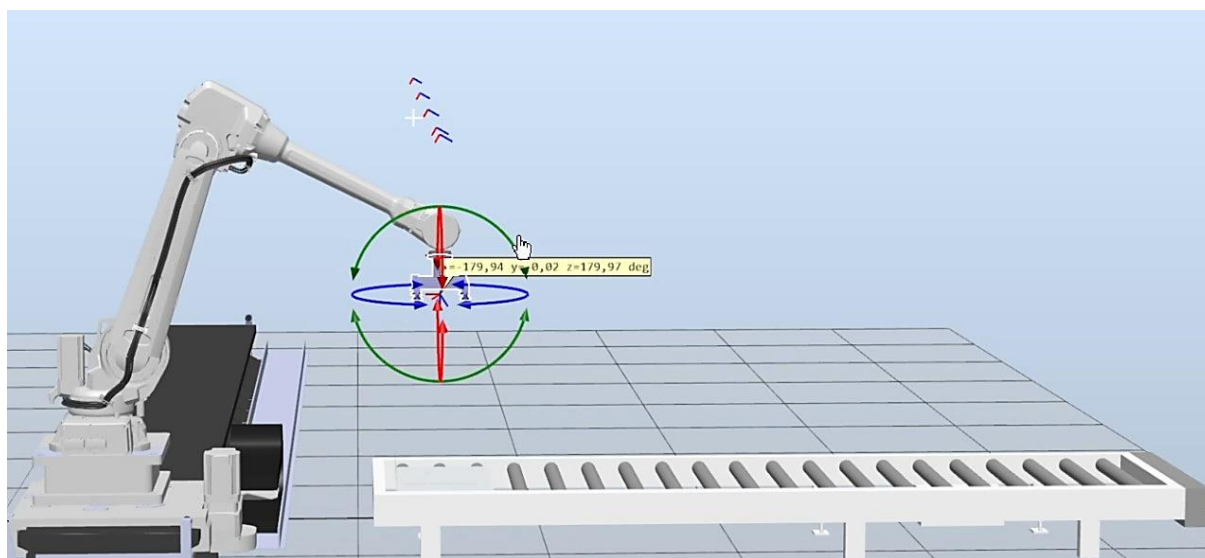
**Slika 7.8.** Aktivacija opcije „Jog Joint“

Nakon toga potrebno je kliknuti na postolje robota gdje je pričvršćen na tračnicu te ga pomaknuti na tračnici prema transporteru. Kada je robot doveden na drugu poziciju potrebno je kliknuti na „Teach Target“ kako bi se stvorila točka koja će biti dio putanje. Robot je potrebno dovesti na rub tračnice kod transportera police. Tijekom pomicanja potrebno je stvoriti nekoliko „Target“ točaka kako bi se alat točnije gibao po putanji. Kada je robot doveden do kraja tračnice potrebno je reorijentirati alat te ga spustiti prema polici. Reorijentacija alata se izvršava pomoću opcije „Jog Reorient“ (slika 7.9.).



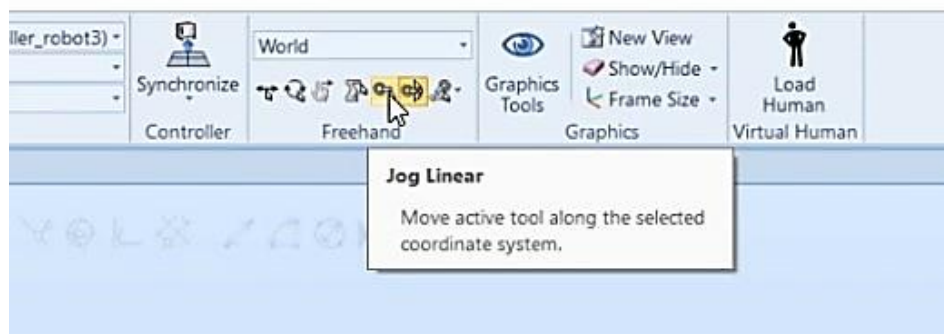
**Slika 7.9.** Aktivacija opcije „Jog Reorient“ [5]

U ovome slučaju potrebno je reorijentirati alat po y-osi; reorijentacija se izvršava tako da se nakon aktivacije opcije klikne na alat robota. Reorijentacija se ne odrađuje u jednoj „Target“ točki, već ju je potrebno odraditi u nekoliko točaka kako ne bi došlo do neželjene štete na robotu. U konačnici, alat robota mora biti izravnani na otprilike  $0^\circ$  po y-osi (slika 7.10.).

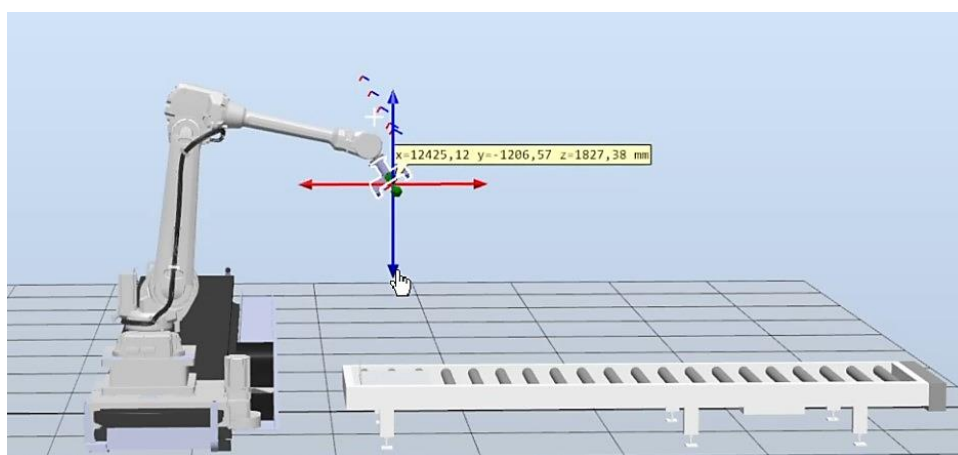


**Slika 7.10.** Reorijentacija alata po y-osi

Također, kako se postepeno reorijentira alat potrebno ga je i postepeno spuštati prema polici. Spuštanje alata najlakše se obavlja pomoću opcije „Jog Linear“ (slika 7.11.) i ono se odrađuje u nekoliko točaka kako bi se mogle lakše prilagoditi brzine spuštanja alata.

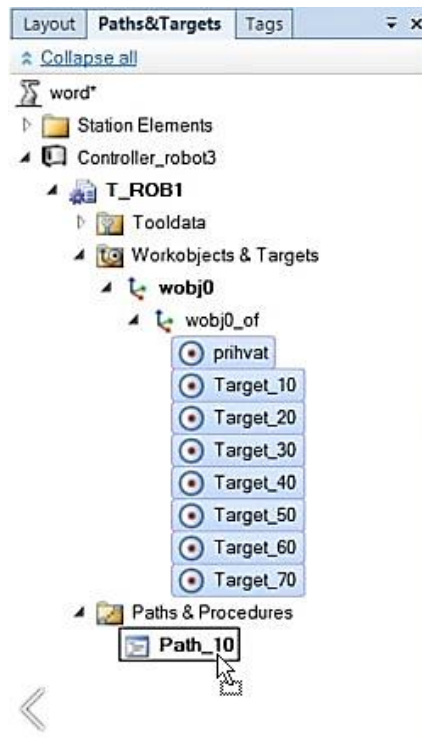


**Slika 7.11.** Aktivacija opcije „Jog Linear“ [5]



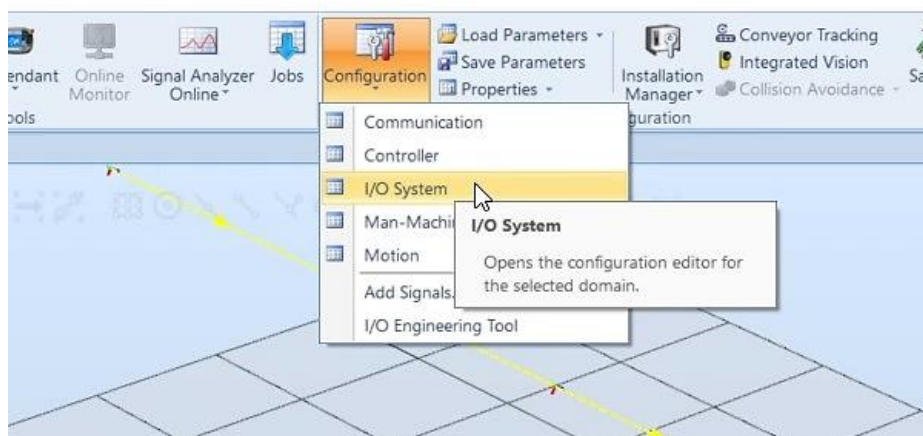
**Slika 7.12.** Spuštanje alata po z-osi

Nakon što je alat reorijentiran i spušten do police u nekoliko „Tagret“ točaka, potrebno je točke postaviti u putanju. To se odrađuje na tako da se u kartici „Paths&Targets“ označe sve „Target“ točke te se zatim mišem prebace u putanju. Radi lakše orijentacije unutar putanje poželjno je preimenovati posljednju točku u kojoj se događa prihvat police (slika 7.13.). Nakon što su točke dodane u putanju potrebno je „prihvat“ točku dodati na posljednje mjesto u putanji.



**Slika 7.13.** Dodavanje „Target“ točaka u putanju

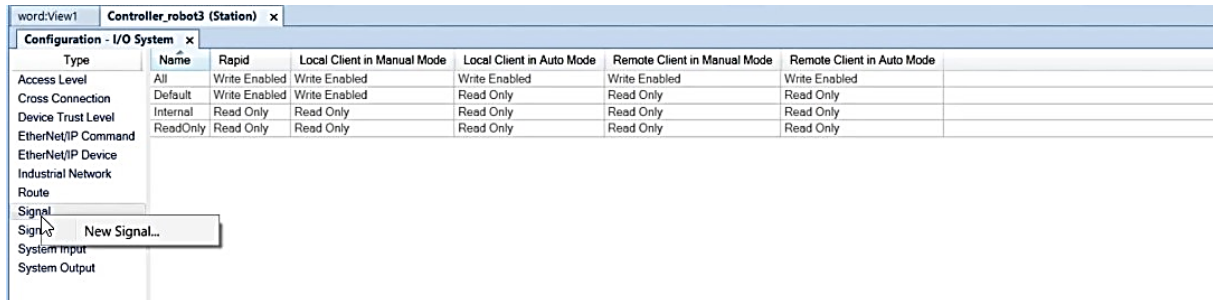
Zatim je potrebno definirati signale. Signali se unutar kontrolera stvaraju tako da se klikne na karticu „Controller“ te zatim na opciju „Configuration“. Nakon klika na opciju „Configuration“ potrebno je odabrati „I/O System“ (slika 7.14.).



**Slika 7.14.** Aktivacija alata „I/O System“ [5]

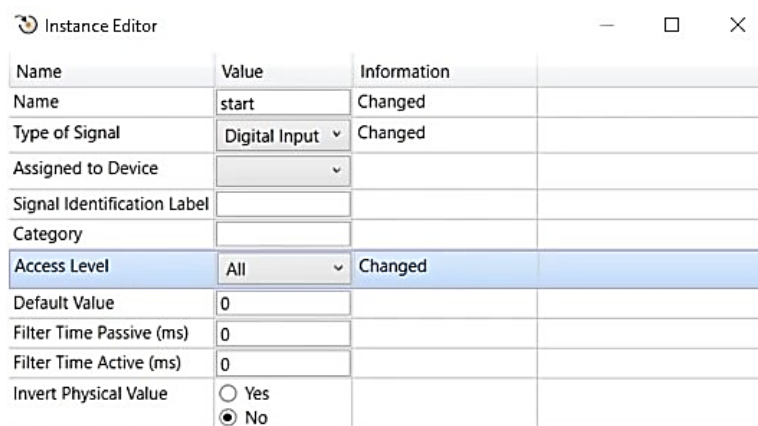
Odabirom opcije „I/O System“ otvara se alat za uređivanje svih komunikacijskih mogućnosti sa kontrolerom. Kako bi definirali signale potrebne za pokretanje gibanja robota, početak

gibanja robota za zavarivanje police te prihvati i otpuštanje police, potrebno je desnim klikom odabrati opciju „Signal“ te nakon toga „New Signal“ (slika 7.15.).



**Slika 7.15.** Aktivacija izbornika za definiranje novih signala

Nakon klika na „New Signal“ otvara se izbornik za definiranje novog signala unutar kontrolera. Prvi signal koji je potrebno definirati je signal za pokretanje gibanja robota po putanji. S obzirom da se radi o signalu koji dolazi u robot potrebno je stvoriti DigitalInput signal. Signal je potrebno definirati kao na slici 7.16.



**Slika 7.16.** Definiranje signala za početak gibanja robota po putanji

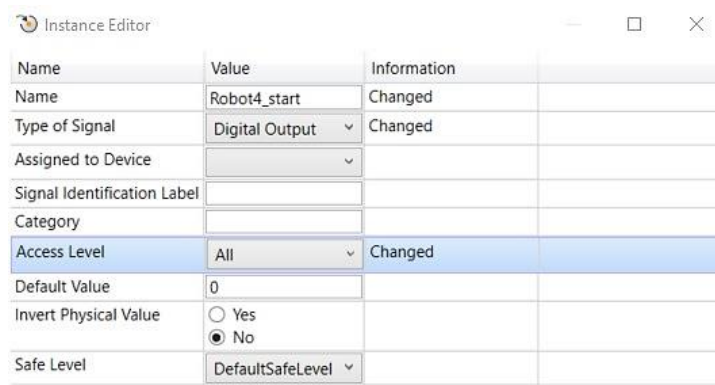
Zatim je potrebno definirati signal za prihvat police. S obzirom da je prihvat ovisan o položaju robota, tj. prihvat police može se dogoditi tek kada robot dođe u poziciju za prihvat police, iz te ovisnosti potrebno je stvoriti signal koji kontroler šalje u alat da se uključi vakuumski alat kojim robot prihvati policu kada je na zadanoj poziciji. Stoga, u ovome slučaju potrebno je napraviti DigitalOutput signal koji kontroler šalje u alat kada robot dođe u poziciju za prihvat police. Parametre je potrebno definirati kao na slici 7.17.

Name	Value	Information
Name	prihvat	Changed
Type of Signal	Digital Output	Changed
Assigned to Device		
Signal Identification Label		
Category		
Access Level	All	Changed
Default Value	0	
Invert Physical Value	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	
Safe Level	DefaultSafeLevel	

**Slika 7.17.** Definiranje signala za prihvat police

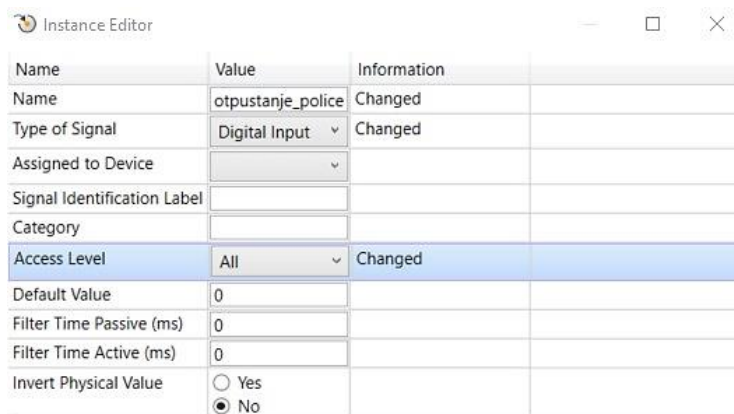
Idući signal koji je potrebno definirati je signal za početak gibanja robota za zavarivanje police. Ovdje je isto riječ o DigitalOutput signalu koji je ovisan o položaju Robot3. Kada Robot3 dođe u zadanu poziciju kontroler šalje signal u programibilni logički kontroler (PLC) koji nadzire i upravlja radom cijelog postrojenja. Nakon što PLC primi signal on ga prosljeđuje u kontroler koji upravlja robotom za zavarivanje (Robot4). Ovaj signal će biti korišten u 8. poglavlju gdje će detaljno biti objašnjen princip rada i signali robota za zavarivanje. Rad i princip upravljanja PLC-a postrojenjem detaljnije je objašnjeno u 9. poglavlju. U ovome slučaju, signal koji Robot3 šalje za početak gibanja robota za zavarivanje, potrebno je definirati kao na slici 7.18.





**Slika 7.18.** Definiranje signala za početak gibanja robota za zavarivanje

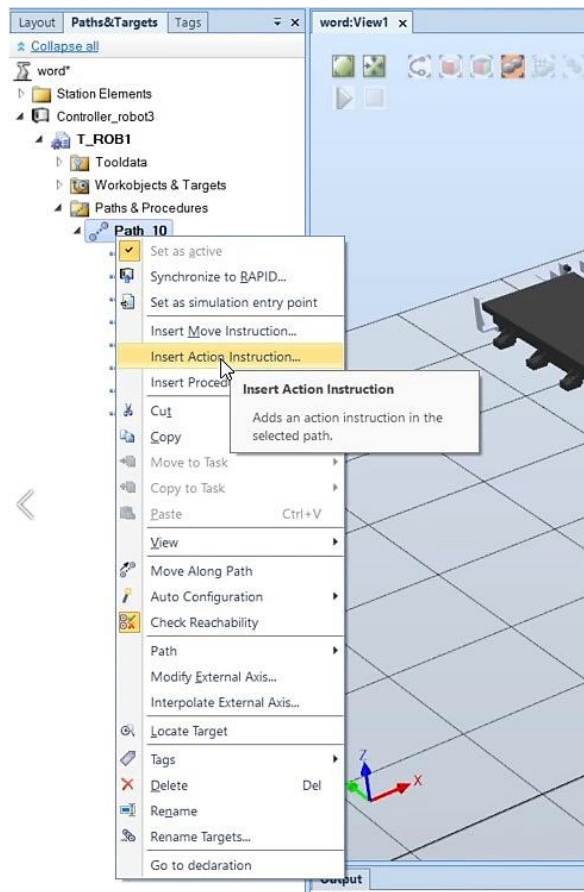
Posljednji signal koji je potrebno definirati je signal za otpuštanje police. U ovome slučaju radi se o DigitalInput signalu koji kontroler čeka da stigne iz PLC-a kada Robot2 završi sa zavarivanjem police. Signal je potrebno definirati kao na slici 7.19.



**Slika 7.19.** Definiranje signala za otpuštanje police

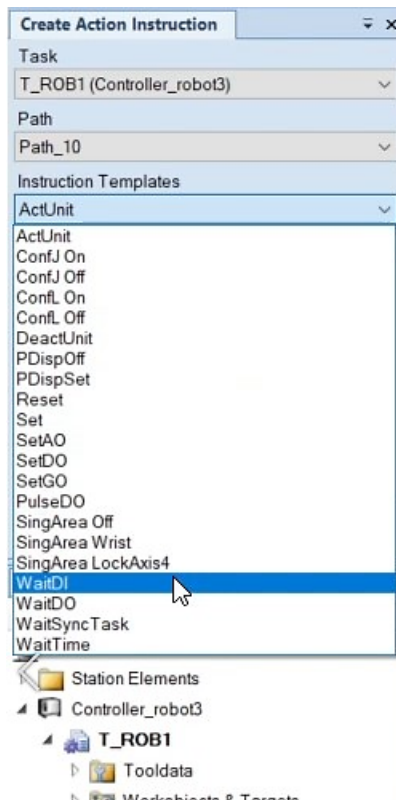
Nakon što su signali definirani u „I/O System“ alatu potrebno ih je definirati na putanji. Na putanji je potrebno definirati instrukcije pomoću kojih se upravlja signalima na putanji kako bi se oni aktivirali u željenom trenutku, tj. u trenutku kada se robot nađe u željenoj poziciji.

Prvi signal za koji je potrebno stvoriti instrukciju na putanji je „start“ signal kojim se pokreće samo gibanje robota po putanji. U njegovom slučaju potrebno je stvoriti instrukciju koja sprječava gibanje robota prije aktivacije „start“ signala, tj. ona onemogućava gibanje robota po putanji prije nego signal stekne vrijednost „1“. Instrukcija se postavlja tako da desnim klikom označi putanja te nakon toga odabere opcija „Insert Action Instruction“ (slika 7.20.).



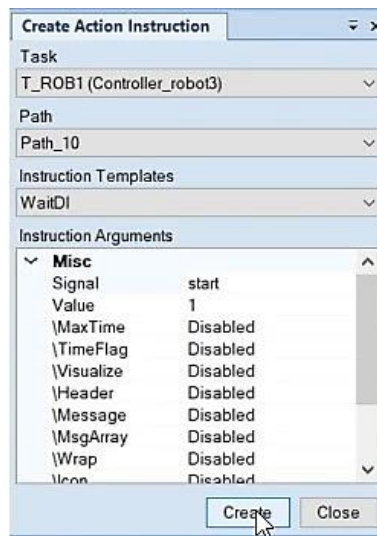
**Slika 7.20.** Odabir opcije „Insert Action Instruction“ [5]

Nakon odabira opcije otvara se izbornik u kojem je potrebno odabrati željenu instrukciju za upravljanje signalima. U ovome slučaju potrebno je odabrati instrukciju „WaitDI“ (slika 7.21.); instrukcija „WaitDI“ funkcionira na način da 'čeka' da odabrani signal postigne vrijednost '1', nakon što signal postigne vrijednost '1' ona omogućuje daljnje gibanje robota po putanji.



**Slika 7.21.** Odabir instrukcije „WaitDI“

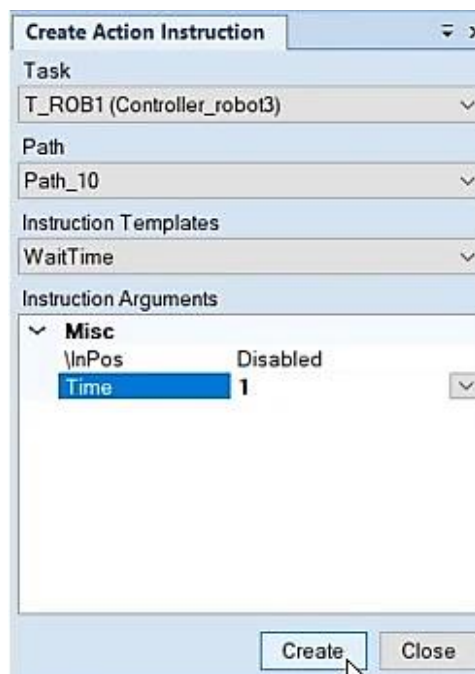
Nakon odabira instrukcije potrebno je definirati signal s kojim se ona povezuje te vrijednost signala koju instrukcija čeka da se postigne. U ovome slučaju potrebno je odabrati signal „start“ i vrijednost '1' (slika 7.22.).



**Slika 7.22.** Odabir parametara „WaitDI“ instrukcije

U idućem koraku potrebno je definirati instrukciju za upravljanje signalom „prihvat“.

Ponovno je potrebno odabrati opciju „Insert Action Instruction“ te nakon nje instrukciju „Set“; instrukcija set postavlja željeni signal u vrijednost '1'. U ovome slučaju potrebno je instrukciju povezati sa „prihvat“ signalom. Zatim je potrebno izraditi još jednu „Set“ instrukciju koju je potrebno povezati sa „Robot4\_start“ signalom. Iduća instrukcija koju je potrebno izraditi je „WaitDI“ instrukcija koju je potrebno povezati sa signalom „otpustanje“ te je također potrebno postaviti vrijednost '1' koju instrukcija čeka da se postigne. Idući korak je stvaranje vremena čekanja. Vrijeme čekanja se stvara iz razloga kako bi se smanjila vjerojatnost grešaka tijekom upravljanja signala. Vrijeme čekanja se također definira u „Insert Action Instruction“ te je potrebno odabrati opciju „WaitTime“. Nakon odabira opcije otvara se izbornik za definiranje željenog vremena čekanja; potrebno je definirati 2 vremena čekanja: prvo vrijeme čekanja mora iznositi 1 sekundu (slika 7.23.) dok drugo vrijeme čekanja mora iznositi 2 sekunde.



**Slika 7.23.** Definiiranje vremena čekanja u iznosu od 1 sekunde

Posljednje instrukcije koje je potrebno stvoriti su „Reset“ instrukcije. Potrebno je stvoriti dvije instrukcije te ih povezati sa signalima „Robot4\_start“ i „prihvat“. Ova instrukcija omogućuje postavljanje vrijednosti signala na '0' kada robot odradi zadaću.

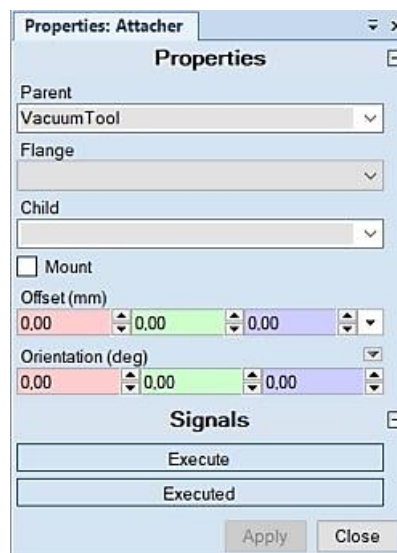
Idući korak je dopuna „Smart Component“ objekta kako bi se polica mogla prihvatiti vakuumskim alatom i kako bi se mogao izraditi preostali dio putanje robota.

### 7.3. Dopuna „Smart Component“ objekta

U svrhu prihvata police pomoću vakuumskog alata robota potrebno je dopuniti postojeći „Smart component“ objekt sa komponentama koje omogućuju prihvata i otpuštanje police.

Dopuna se odrađuje tako da se na već prije stvoreni objekt (objekt stvoren za transporter) klikne desnim klikom te se u izborniku odabere opcija „Edit Component“. Nakon toga otvara se grafički prozor objekta te je ponovno potrebno kliknuti na karticu „Compose“ te nakon toga na „Add component“. Idući korak je klik na opciju „Actions“ te odabir komponente „Attacher“ i nakon toga opcije „Detacher“. Nakon što su nove komponente stvorene potrebno je definirati parametre komponente „Attacher“. Dvostrukim klikom na „Attacher“ otvara se izbornik u kojem je potrebno definirati parametre kao na slici 7.24.

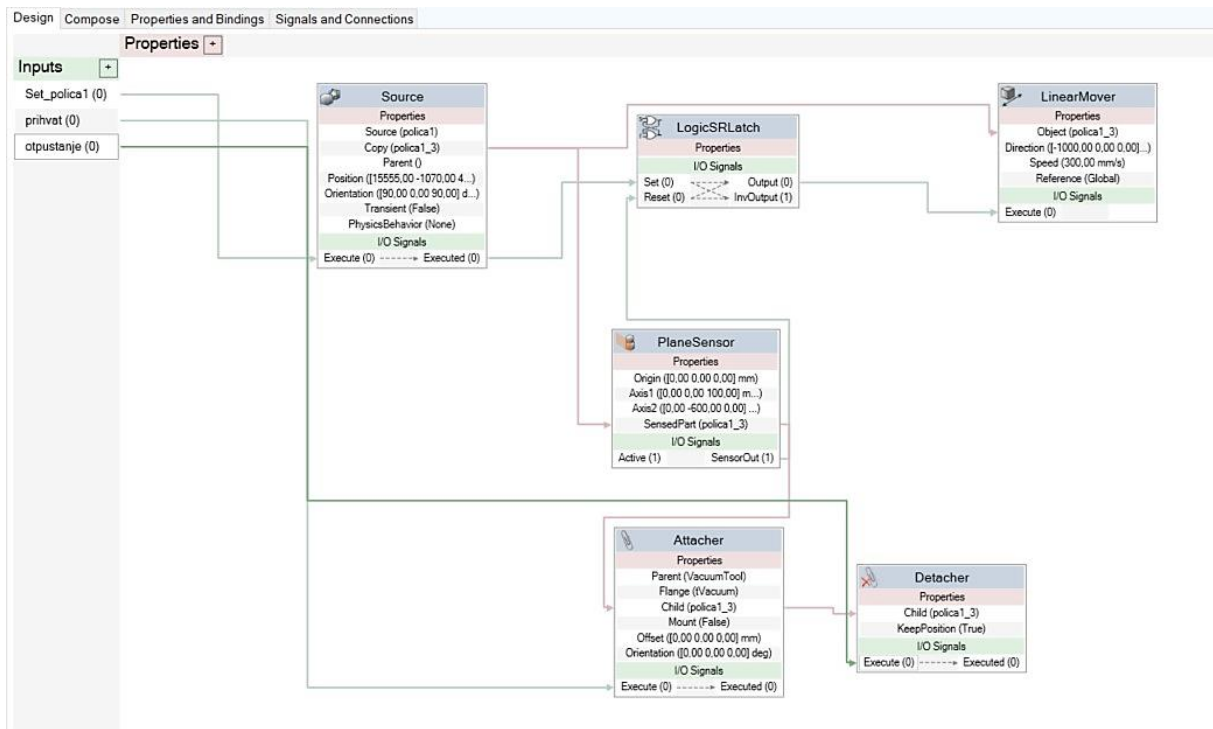
Komponentom „Attacher“ omogućuje se prihvata police na vakuumski alat robota.



Slika 7.24. Parametri komponente „Attacher“

Nakon što su definirani parametri komponente „Attacher“, potrebno je kreirati ulazni signal te ga povezati s komponentom „Attacher“. Kada ulazni signal postigne vrijednost '1' komponenta će biti aktivirana te njenom aktivacijom polica će biti prihvaćena pomoću vakuumskog alata. Također, potrebno je kreirati ulazni signal za otpuštanje police te ga povezati sa komponentom „Detacher“. Aktivacijom signala aktivirat će se i komponenta te će pomoću nje robot otpustiti policu.

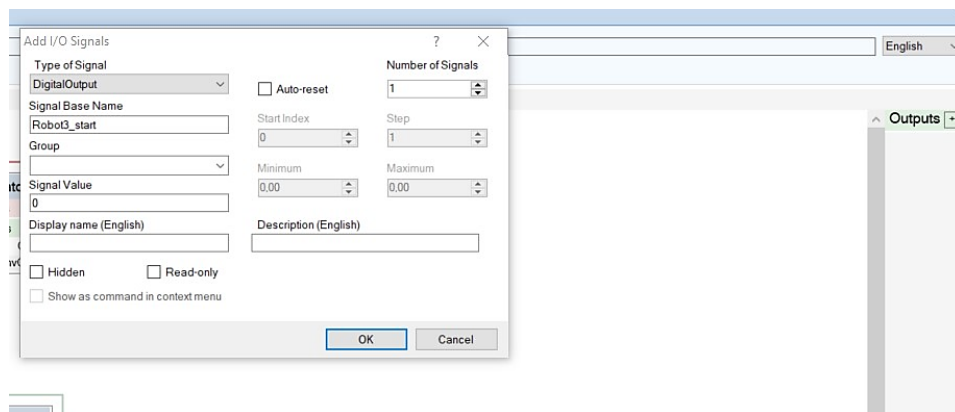
Novostvorene komponente je potrebno povezati sa ostalim komponentama kao na slici 7.25.



**Slika 7.25.** Povezivanje novostvorenih komponentata

Na kraju, potrebno je dvostrukim klikom na komponentu „Attacher“ otvoriti izbornik za definiranje parametara. Nakon otvaranja izbornika potrebno je pritisnuti gumb „Execute“; klikom na gumb u radnome okruženju robot će prihvatiti policu što će omogućiti daljnju dopunu putanje.

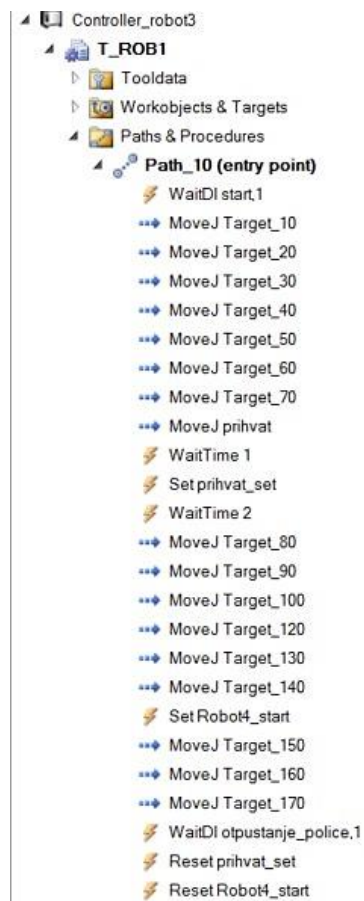
Posljednji korak ovog dijela je stvaranje izlaznog signala kojim će se aktivirati gibanje Robot3 po putanji. Signal se stvara na način da se klikne na opciju „Outputs“ te se zatim stvori izlazni signal, princip je isti kao i kod ulaznih signala (slika 7.26.). Ovaj novostvoreni signal se povezuje s „Plane Sensor“ komponentom, tj. s gumbom „SensorOut()“.



**Slika 7.26.** Stvaranje izlaznog signala za pokretanje gibanja Robot3

## 7.4. Dopuna putanje robota

U svrhu prebacivanja police na mjesto zavarivanja potrebno je dopuniti putanju; do sada je izrađena putanja do prihvata police, sada je potrebno napraviti ostatak putanje do mjesta za otpuštanje. Polica će biti opuštena nakon što ju Robot4 zavari za baznu komponentu na radnoj platformi. Putanju od mjesta za prihvat na transporteru i do mjesta za zavarivanje je potrebno dopuniti „Target“ točkama koje je potrebno stvoriti i prebaciti u putanju kao u prethodno opisanom postupku. Nakon što su stvorene točke, potrebno je definirati redoslijed instrukcija signala. Redoslijed instrukcija za upravljanje signalima potrebno je posložiti kao na slici 7.27.



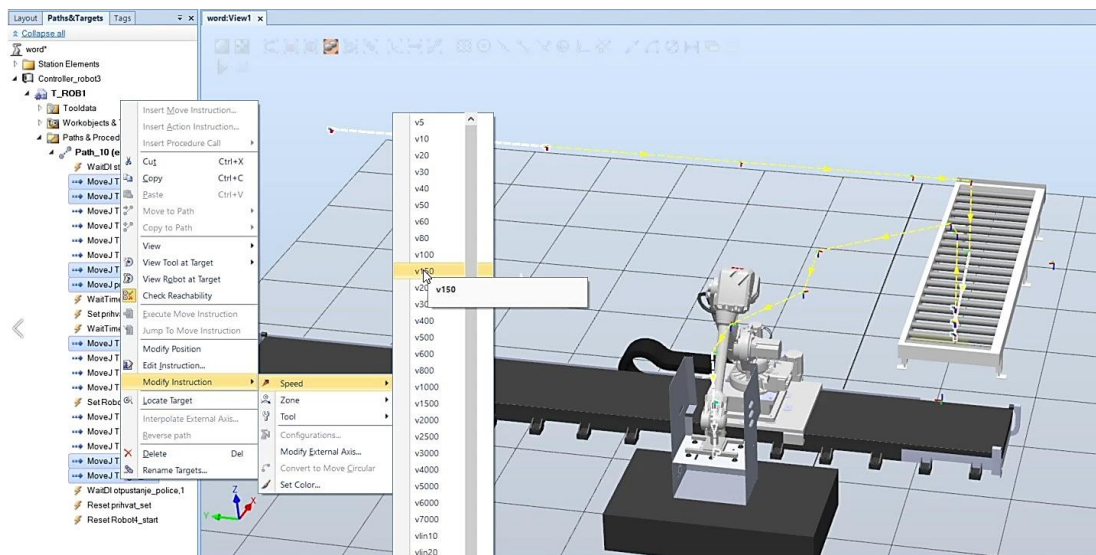
Slika 7.27.; Redoslijed instrukcija signala

Na slici 7.27. prikazana je putanja Robota3 koji radi 'Pick n' place' zadaću sa policom.

Na slici 7.27. vidljivo je da je na početku putanje postavljena instrukcija „WaitDI“; ona onemogućuje gibanje robota po putanji do onoga trenutka kada vrijednost signala „start“ ne bude postavljena u vrijednost '1'. Kada signal bude postavljen u vrijednost '1', instrukcija „WaitDI“ omogućuje gibanje robota po putanji sve do „Target“ točke gdje se događa prihvat

police. Kada alat robota dođe u „Target“ točku prihvata, prvo čeka 1 sekundu kako bi se potvrdilo da je na zadanom položaju. Nakon toga instrukcija „Set“ postavlja vrijednost signala „prihvat“ na '1' čime se postiže prihvat police pomoću vakuumske alata. Nakon signala za prihvat police robot čeka 2 sekunde kako bi vakuumski alat sigurno primio policu. Nakon toga robot sa policom se giba po putanji te kada dođe blizu bazne konstrukcije, instrukcijom „Set“ se postavlja vrijednost signala na '1' čime se šalje signal Robotu4 da može započeti svoje gibanje. Kada robot spusti policu na poziciju za zavarivanje ostaje na toj poziciji sve dok instrukcija „WaitDI“ ne registrira da je vrijednost signala „otpustanje“ postavljena na '1'. Nakon toga instrukcije „Reset“ postavljaju vrijednost izlaznih signala ponovno na '0' kako bi se u idućem ciklusu mogla ponoviti zadaća.

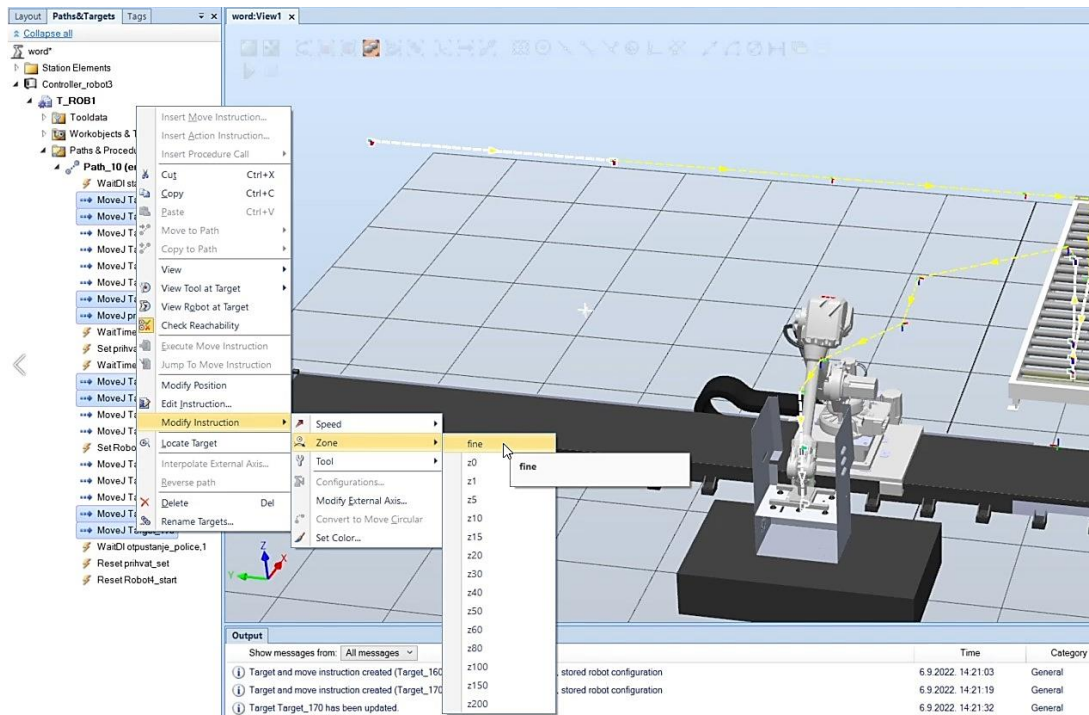
Na kraju, ostaje još podesiti brzine gibanja robota i parametre točnosti gibanja alata na pojedinim dijelovima putanje. Kada robot počinje svoje gibanje po putanji i kada se spušta u prihvat police ili otpuštanje police, u tim segmentima dijelova putanje potrebno je postaviti brzinu gibanja na v150 (150 mm/s) i parametar točnosti na „Fine“. U ostalim segmentima potrebno je postaviti brzinu gibanja na v300 (300 mm/s) i parametar točnosti „z50“. Brzina gibanja robota se podešava tako da se kliknu označeni segmenti putanje koje želimo modificirati te se zatim desnim klikom klikne na njih. Nakon toga potrebno je odabrati opciju „Modify Instruction“, zatim odabrati opciju „Speed“ i nakon toga odabrati željenu brzinu (slika 7.28.).



Slika 7.28. Prilagođavanje brzine gibanja robota



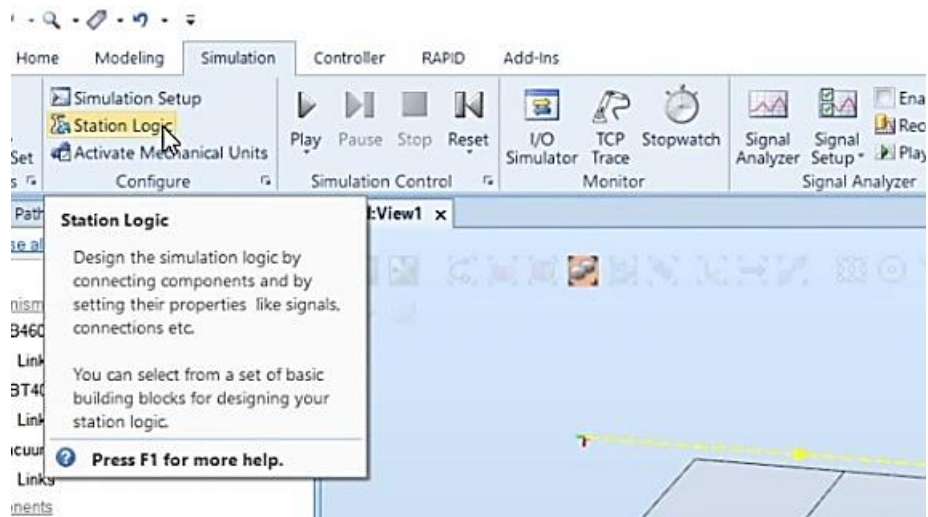
Na isti način potrebno je podesiti parametar točnosti gibanja alata po putanji. Razlika je u tome što se u ovome slučaju ne odabire opcija „Speed“ već opcija „zone“ te se nakon toga odabere željeni parametar točnosti gibanja alata po putanji (slika 7.29.).



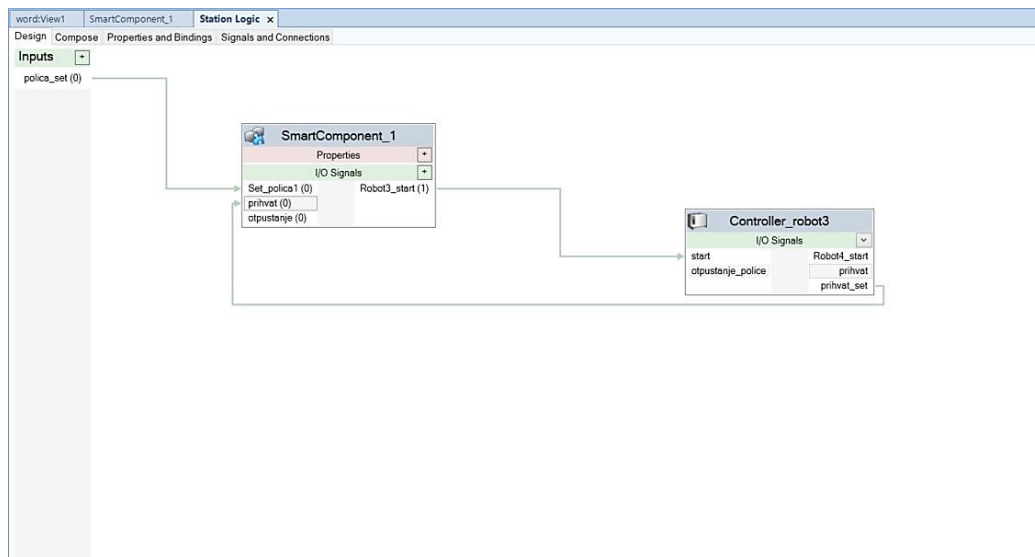
**Slika 7.29.** Prilagođavanje parametara točnosti gibanja alata po putanji

## 7.5. Povezivanje signala u „Station Logic“ alatu

U posljednjem koraku ovog poglavlja potrebno je povezati sve signale u „Station Logic“ alatu. „Station Logic“ upravlja signalima cijelog postrojenja. On u RobotStudio-u zamjenjuje PLC uređaj kako bi se mogla napraviti simulacija. Signali se u „Station Logic“ alatu povezuju grafički kao i u „Smart Component“ objektu. Alat „Station Logic“ se aktivira klikom na karticu „Simulation“ te nakon toga klikom na „Station Logic“ (Slika 7.30.). Nakon aktivacije potrebno je stvoriti ulazni signal kojim se pokreće proces dopremanja police transporterom te nakon toga i prihvat police i prebacivanje pomoću robota. Signale i komponente je potrebno povezati kao na slici 7.31. Signali koji ostaju u ovome slučaju nespojeni, bit će spojeni u 8. poglavlju.



Slika 7.30. Aktivacija „Station Logic“ alata



Slika 7.31. Spajanje komponenata unutar „Station Logic“ alata

## **8. Postupak izrade programa (putanje) robota za zavarivanje**

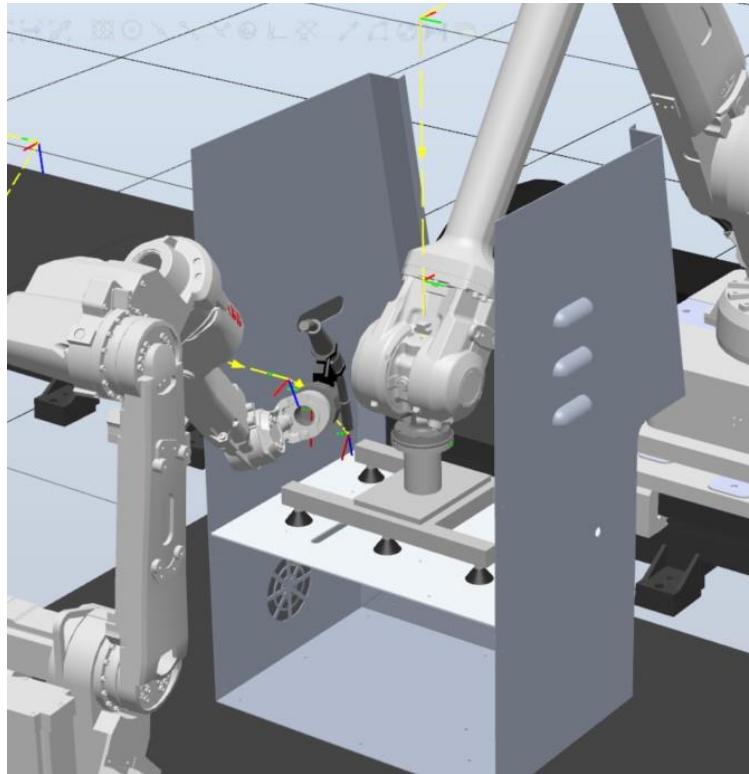
U ovome poglavlju opisan je program i način zavarivanja polica na baznu konstrukciju dijalizatora. U daljnjem tekstu bit će opisan MIG postupak zavarivanja s obzirom da je predviđeno da police i bazna konstrukcija budu napravljene od aluminijske (Glavni postupci zavarivanja aluminijske su MIG i TIG postupci).

MIG postupak zavarivanja je elektrolučno zavarivanje koje koristi taljivu žicu i elektrodu kao dodatan materijal. Tijekom zavarivanja električni luk i talina su zaštićeni inertnim (neutralnim) plinom. Prednosti MIG postupka zavarivanja su: visoka brzina zavarivanja, manje zone utjecaja topline, sposobnost zavarivanja u više pozicija te pouzdano uklanjanje oksidnog sloja. Tijekom MIG postupka velika jakost struje dodatni materijal topi na vrhu žice te prenosi preko električnog luka raspršivanjem kapljica poput spreja. Tijekom zavarivanja aluminijske zbog njegove niske točke tališta raspršivanje se događa na relativno niskoj jakosti struje što sprečava prskanje po okolnim komponentama.

### **8.1. Izrada putanje zavarivanja**

Nakon definiranja postupka zavarivanja potrebno je postaviti robot za zavarivanje u radno okruženje te ga povezati sa kontrolerom kao i Robot3 u prethodnome poglavlju. U ovome slučaju potrebno je postaviti Robot4 (definirano u 3. poglavlju), postaviti ga na tračnicu te na njega postaviti alat.

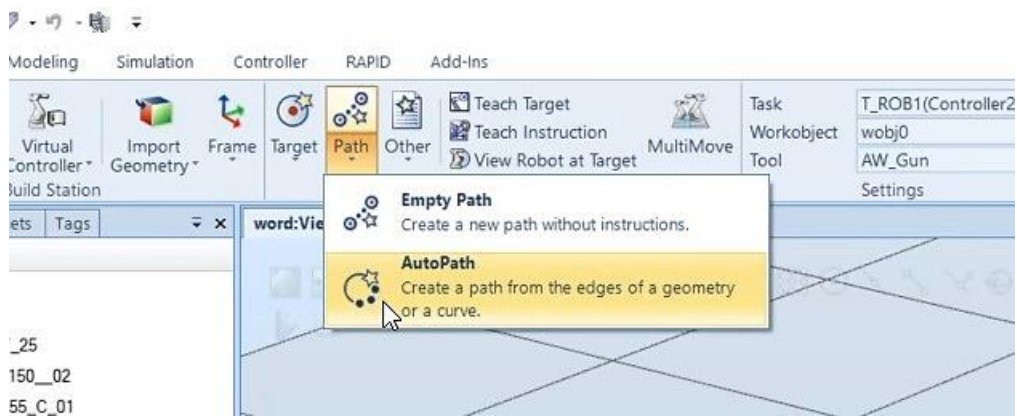
Nakon postavljanja robota u radno okruženje potrebno je stvoriti prvu putanju koja će spustiti alat otprilike blizu početnog mjesta zavarivanja (slika 8.1.). Ovu putanju je potrebno napraviti na isti način kao i u prethodnom poglavlju u slučaju Robota3 te i u ovome slučaju u postavkama odabran je Workobject „wobj0“ te je potrebno odabrati alat „AW\_Gun“ kako bi se pravilno stvorila putanja.



**Slika 8.1.** Približna pozicija početka zavarivanja

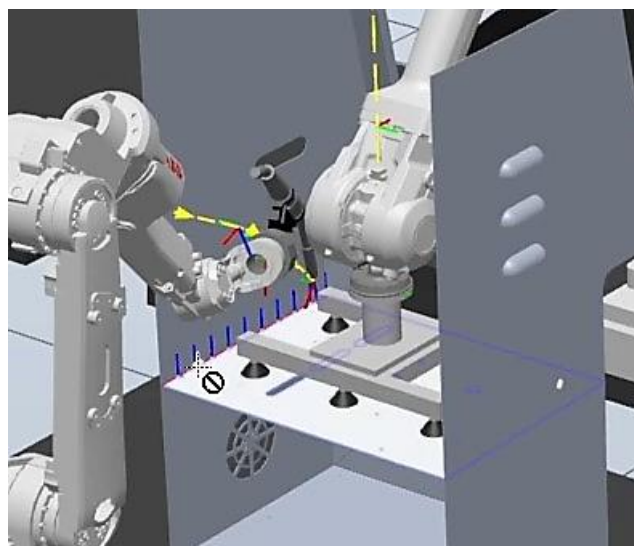
Sljedeći korak je stvaranje putanje zavarivanja. U slučaju zavarivanja potrebno je promijeniti instrukciju gibanja, tj. način gibanja robota. Tijekom izrade prethodnih putanja korišten je „MoveJ“ način gibanja robota dok u ovome slučaju potrebno je koristiti „MoveL“ instrukciju gibanja robota. „MoveL“ instrukcija omogućuje gibanje zglobova robota po linearnim putanjama čime se postiže velika točnost. S obzirom da tijekom zavarivanja Robot4 ima vrlo malo prostora, on se mora gibati po linearnoj putanji kako ne bi došlo do kolizije između robota i ostalih komponenata. „MoveL“ način gibanja potrebno je odabrati u izborniku gdje je bio izabran i „MoveJ“ način gibanja.

Nakon definiranja načina gibanja potrebno je stvoriti putanju po kojoj će robot zavarivati policu; za stvaranje putanje po kojoj će robot zavarivati policu potrebno je koristiti opciju „AutoPath“ (slika 8.2.).

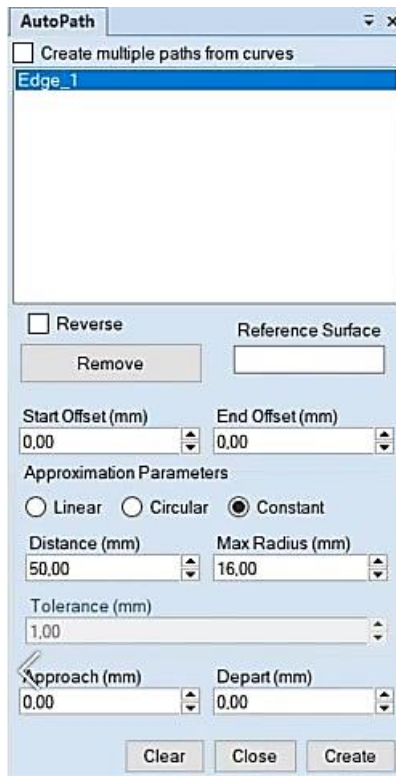


**Slika 8.2.** Odabir opcije „AutoPath“ za stvaranje putanje zavarivanja

Nakon odabira opcije „AutoPath“ otvara se izbornik za definiranje putanje zavarivanja. U izborniku je potrebno odabrati „Constant“ opciju izrade putanje. Odabirom „Constant“ opcije omogućuje se stvaranje putanje po krivulji. Iako su ovome slučaju putanja je pravac, potrebno je odabrati ovu opciju iz razloga što ona omogućuje stvaranje više „Target“ točaka na putanji. Nakon odabira opcije stvaranja putanje potrebno je odabrati rub na kojem će se stvoriti automatska putanja zavarivanja; potrebno je odabrati lijevi rub police koji je u dodiru s baznom konstrukcijom (slika 8.3.). Nakon toga potrebno je definirati minimalni razmak između „Target“ točaka; u ovome slučaju potrebno je definirati razmak od 50 mm. Preostali parametri moraju ostati kako su automatski zadani (parametri moraju biti definirani kao na slici 8.4.). Na kraju, potrebno je kliknuti gumb „Create“ kako bi se putanja automatski stvorila.



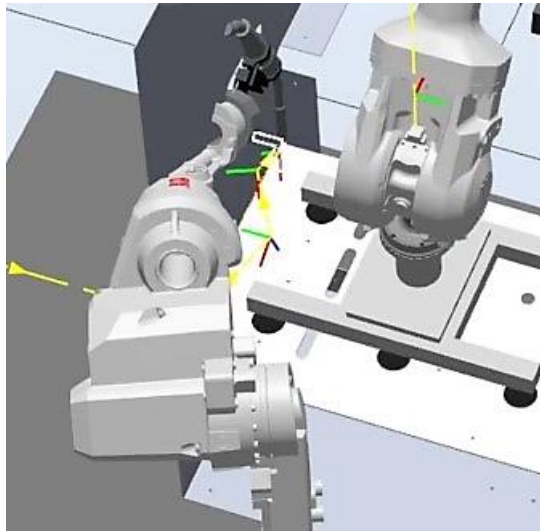
**Slika 8.3.** Odabir lijevog ruba police



**Slika 8.4.** Parametri za stvaranje putanje zavarivanja

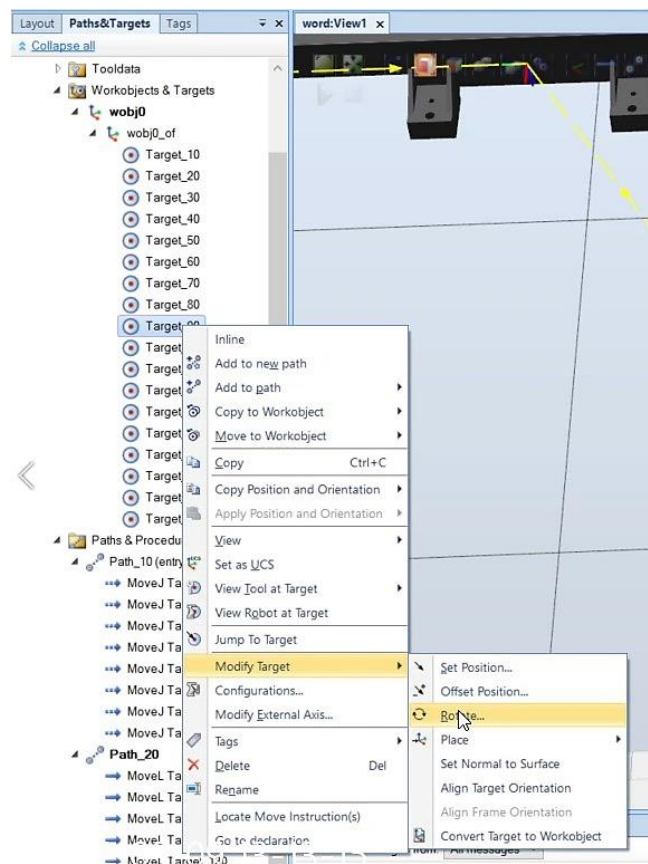
Nakon što je putanja stvorena, potrebno je prilagoditi brzine i parametar točnosti gibanja po putanji. Na putanji zavarivanja parametar točnosti („Zone“) potrebno je postaviti na „Fine“ što omogućuje visoku točnost zavarivanja. Brzina zavarivanja mora biti v50 (50 mm/s).

Idući korak je modifikacija orijentacije alata u „Target“ točkama. S obzirom da se radi o automatski stvorenoj putanji orijentacija alata prema svim osima je 0°, stoga u gotovo svim „Target“ točkama dolazi do kolizije robota za zavarivanje i bazne konstrukcije (slika 8.5.).



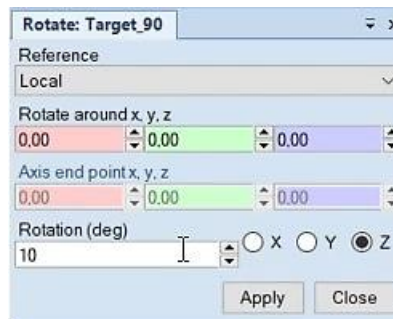
**Slika 8.5.** Kolizija robota za zavarivanje i bazne konstrukcije

„Target“ točke potrebno je modificirati u kartici „Paths&Targets“. Potrebno je pronaći prvu točku putanje te zatim kliknuti desnim klikom na nju. Nakon klika potrebno je u izborniku pronaći opciju „Modify Target“ te nakon toga „Rotate“ (slika 8.6.).

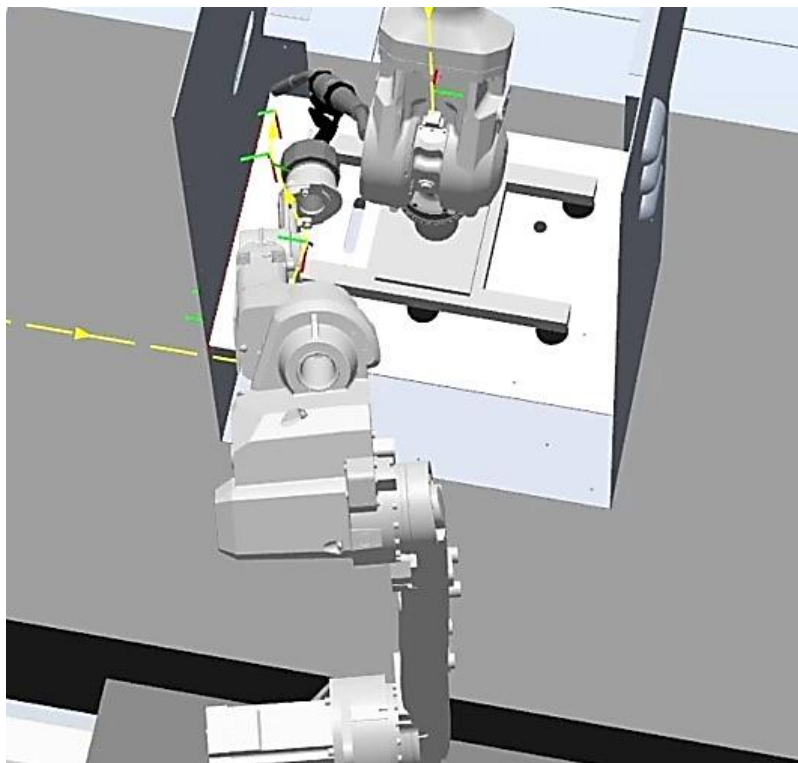


**Slika 8.6.** Odabir opcije „Rotate“

Nakon klika na opciju „Rotate“ otvara se izbornik za reorijentaciju koordinatnog sustava alata u „Target“ točki. Reorijentacija se izvršava tako da se odabere koordinatna os prema kojoj je potrebno reorijentirati alat te se zatim upiše kut za koji je potrebno otkloniti alat (slika 8.7.). Tako je potrebno prilagoditi orijentaciju koordinatnih sustava svih „Target“ točaka. Poželjno je da alat u svakoj „Target“ točki putanje zavarivanja bude otprilike u nagibu kao na slici 8.8., pritom treba pripaziti da robot nije u koliziji s ostalim tijelima.



**Slika 8.7.** Definiranje kuta otklona alata



**Slika 8.8.** Nagib alata tijekom zavarivanja

Nakon što je stvorena putanja zavarivanja potrebno ju je prebaciti u glavnu putanju kako bi kontroler mogao odmah pokrenuti nakon glavne putanje, tj. kako bi mogao nastaviti



odrađivati glavni program u RAPID kodu. Prebacivanje putanje se izvršava na način da se držećim klikom putanja povuče u glavnu putanju (slika 8.9.)(na isti način kako je bilo potrebno i prebaciti „Target“ točke u putanju). Nakon prebacivanja u glavnu putanju, putanja zavarivanja postaje nastavak glavne putanje (slika 8.10.).



**Slika 8.9.** 'prebacivanje' putanje zavarivanja u glavnu putanju

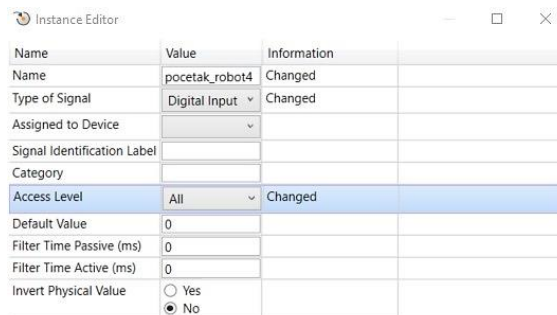


**Slika 8.10.** Putanja zavarivanja postaje nastavak glavne putanje

Nakon što je napravljena prva putanja zavarivanja, potrebno je stvoriti putanju koja će robot pomaknuti na drugu stranu police. Nakon toga potrebno je na prethodno opisani način napraviti i drugu putanju zavarivanja kojom će robot zavariti desnu stranu police. Nakon što je stvorena druga putanja zavarivanja potrebno je još stvoriti putanju kojom će se Robot4 odmaknuti i omogućiti Robotu3 odlazak po iduću policu. Sve ove navedene putanje potrebno je stvoriti na prethodno opisane načine. No, kako bi Robot3 krenuo u daljnji postupak dopremanja police potrebno je stvoriti i povezati signale koji će mu to omogućiti.

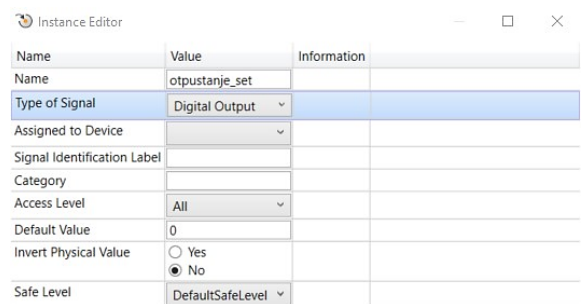
## 8.2. Izrada i povezivanje signala zavarivanja

S obzirom da je u prethodnome poglavlju stvoren signal kojim će kontroler Robot3 poslati signal u PLC te zatim pokrenuti gibanje Robot4, sada je potrebno definirati taj signal u kontroleru Robot4 kako bi mogao primiti signal za pokretanje gibanja. U tu svrhu potrebno je stvoriti DigitalInput signal (slika 8.11.). Potrebno je stvoriti još i signal kojim će Robot4 'javiti' Robotu3 da je zavarivanje završeno te da je moguće otpustiti policu; u ovome slučaju potrebno je izraditi DigitalOutput signal (slika 8.12.).



Name	Value	Information
Name	pocetak_robot4	Changed
Type of Signal	Digital Input	Changed
Assigned to Device		
Signal Identification Label		
Category		
Access Level	All	Changed
Default Value	0	
Filter Time Passive (ms)	0	
Filter Time Active (ms)	0	
Invert Physical Value	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	

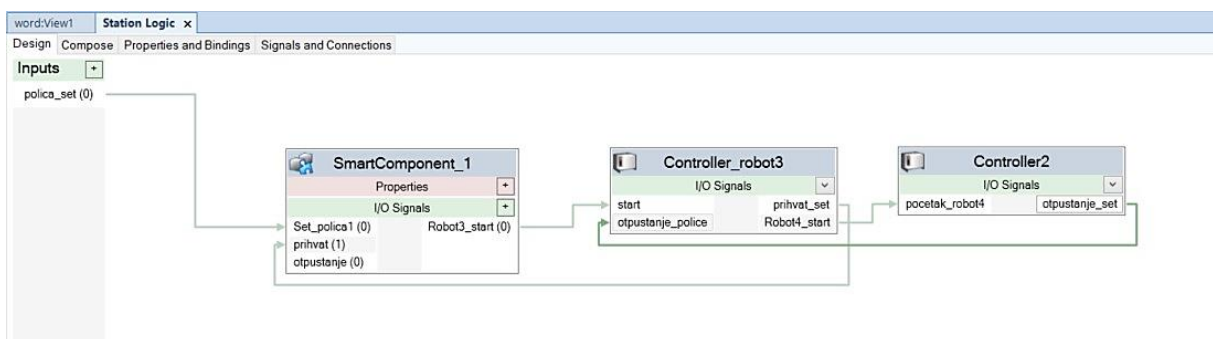
**Slika 8.11.** Signal za početak gibanja Robot4



Name	Value	Information
Name	otpustanje_set	
Type of Signal	Digital Output	
Assigned to Device		
Signal Identification Label		
Category		
Access Level	All	
Default Value	0	
Invert Physical Value	<input type="radio"/> Yes <input checked="" type="radio"/> No	
Safe Level	DefaultSafeLevel	

**Slika 8.12.** Signal za otpuštanje police

Nakon što je stvoreni signali unutar kontrolera Robot4 potrebno ih je povezati u „Station Logic“ alatu kao na slici 8.13.



**Slika 8.13.** Povezivanje signala Robot3 i Robot4

Idući korak je stvaranje instrukcija za upravljanje signalima na putanji Robot4. Prva instrukcija koju je potrebno napraviti je „WaitDI“ instrukcija koju je potrebno povezati sa signalom „pocetak\_robot4“ te ju je potrebno pozicionirati na sam početak glavne putanje

kako bi robot započeo svoje gibanje kada signal postigne vrijednost '1'. Zatim je potrebno stvoriti „Set“ instrukciju koja postavlja signal „otpustanje\_set“ u vrijednost '1' što Robotu3 omogućuje otpuštanje police i odlazak po iduću policu koju je potrebno zavariti. Ovu instrukciju je potrebno pozicionirati na kraju putanje nakon što se Robot4 završi zavarivanje prve police. Na kraju, potrebno je stvoriti „Reset“ instrukciju kojom će se signal „otpustanje\_set“ vratiti vrijednost u '0'.

Ove signale je potrebno definirati u slučaju zavarivanja svake police kako bi postupak mogao kontinuirano funkcionirati.

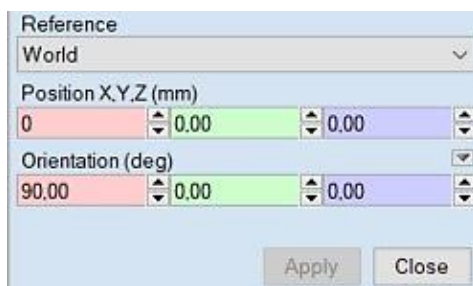
Također, u procesu izrade programa i signala za zavarivanje moguće je stvoriti signale za sam postupak zavarivanja (npr. aktivacija električnog luka, aktivacija dopreme zaštitnog plina, itd.). Ove signale moguće je povezati pomoću IP adresa sa vanjskom računalnom jedinicom koja upravlja zavarivanjem. U ovome primjeru to nije obrađeno te taj dio ostaje za daljnju razradu.

## 9. Izrada mehanizama (pozicionera) za podizanje i okretanje dijelozatora tijekom postupka montaže

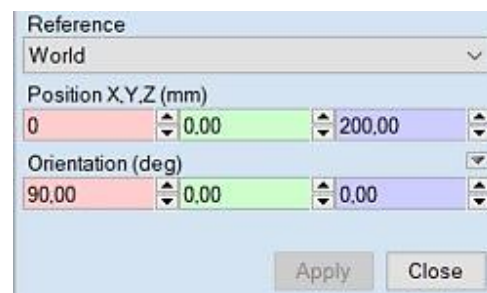
U ovome radu potrebna su 2 mehanizma koji olakšavaju i ubrzavaju proces montaže uređaja za hemodijalizu. Prvi mehanizam izvodi rotacijsko gibanje dok drugi izvodi translacijsko gibanje. Njihova izrada u RobotStudio-u, povezivanje s robotima i izrada putanje opisana je u ovome poglavlju.

### 9.1. Izrada i mehanizma sa rotacijskim gibanjem i povezivanje s robotom

Prvi korak izrade mehanizma unutar RobotStudio-a je umetanje njegovih dijelova u radno okruženje. Dijelovi su prethodno modelirani u SolidWorks-u slično kao i dijelovi dijelozatora (opisano u 2. poglavlju). Mehanizam (pozicioner) sa rotacijskim gibanjem modeliran je i sastavljen od 2 dijela; baze i rotacijskog postolja. Kao i u slučaju police, dijelove mehanizma je potrebno umetnuti u RobotStudio u .sat formatu datoteke. Nakon toga potrebno ih je reorijentirati i pozicionirati kao na slikama 9.1. i 9.2.



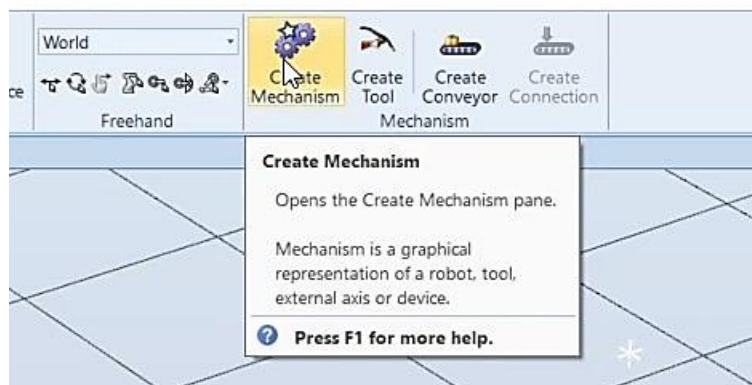
Slika 9.1. Pozicija baze mehanizma



Slika 9.2. Pozicija rotacijskog postolja mehanizma

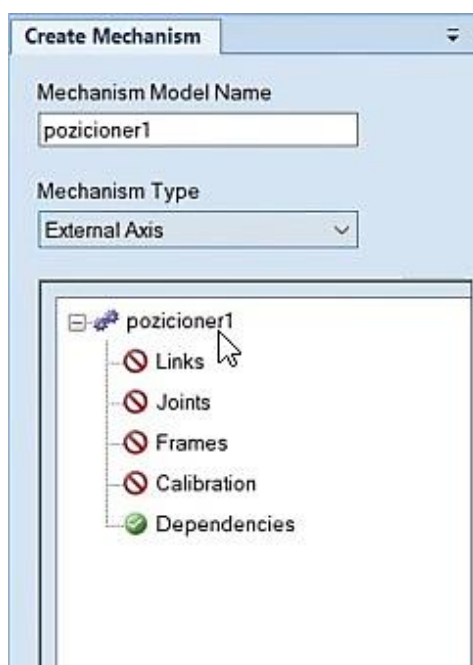
Kada su dijelovi mehanizma pozicionirani prema slikama, dobiven izgled sastavljenog mehanizma na odgovarajućoj poziciji.

Idući korak je povezivanje i stvaranje dijelova mehanizma u funkcionalnu cjelinu koja će rotirati dijelozator tijekom montaže. Kako bi se stvorio funkcionalni mehanizam potrebno je u kartici „Modeling“ odabrati alat „Create Mechanism“ (slika 9.3.).



**Slika 9.3.** Odabir alata „Create Mechanism“

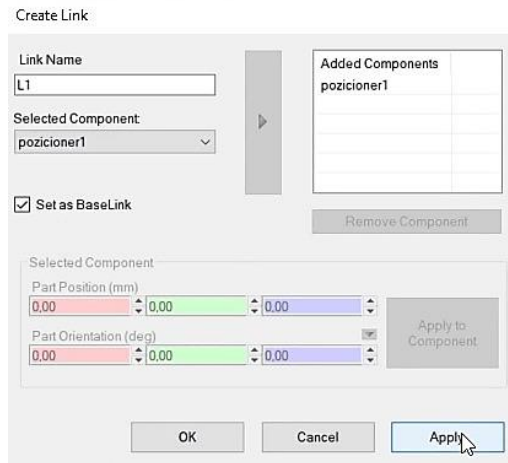
U slijedećem trenutku otvara se izbornik za definiranje parametara mehanizma. Prvo je potrebno definirati ime mehanizma koji će biti stvoren i odabrati vrstu mehanizma koju je potrebno stvoriti; u ovome slučaju potrebno ga je imenovati Pozicioner1 i odabrati „External Axis“ vrstu mehanizma (slika 9.4.).



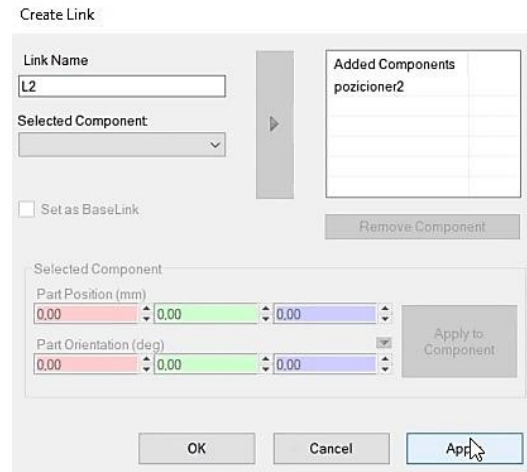
**Slika 9.4.** Odabir vrste mehanizma

U idućem koraku potrebno je kliknuti na „Links“; klikom na tu opciju otvara se izbornik za definiranje komponenata koje je potrebno povezati u mehanizam. Prvo je u padajućem izborniku potrebno odabrati bazu mehanizma (pozicioner1) te označiti opciju „Set as BaseLink“ čime se ona postavlja kao bazna komponenta mehanizma (komponenta koja je

stabilna, ne može se gibati). Nakon toga je potrebno strelicom pomaknuti definirane parametre u prozor „Added Components“ te potvrditi odabrano klikom na „Apply“ (slika 9.5.). Nakon toga potrebno je dodati i rotacijsko postolje (pozicioner2) te ga gotovo na isti način označiti kao i bazu, no, u ovome slučaju ne treba označiti opciju „Set as BaseLink“ s obzirom da će se ova komponenta rotirati (slika 9.6.).



**Slika 9.5.** Definiranje baze pozicionera



**Slika 9.6.** Definiranje rotacijskog postolja

Slijedeće je potrebno stvoriti zglob mehanizma koji će omogućiti rotaciju. Klikom na opciju „Joints“ otvara se izbornik „Create Joint“ u kojem je potrebno definirati parametre kao na slici 9.7.

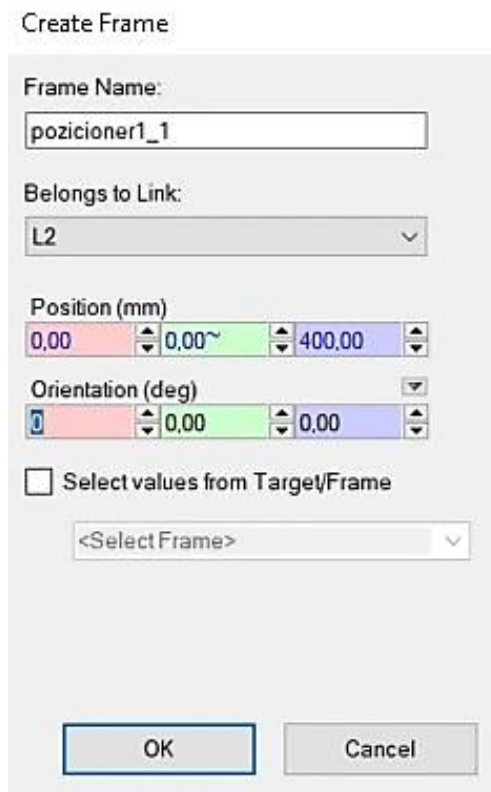
Create Joint

Joint Name	J1		Parent Link	L1 (BaseLink)
Joint Type	<input checked="" type="radio"/> Rotational <input type="radio"/> Prismatic <input type="radio"/> Four Bar		Child Link	L2
			<input checked="" type="checkbox"/> Active	
Joint Axis				
First Position (mm)	0.00	0.00	0.00	
Second Position (mm)	0.00	0.00	1.00	
Axis Direction (mm)	0.00	0.00	1.00	
Jog Axis	0.00		270.00	
Limit Type	Constant			
Joint Limits				
Min Limit (deg)	0.00		Max Limit (deg)	270.00
OK		Cancel		Apply

**Slika 9.7.** Stvaranje rotacijskog zgloba mehanizma

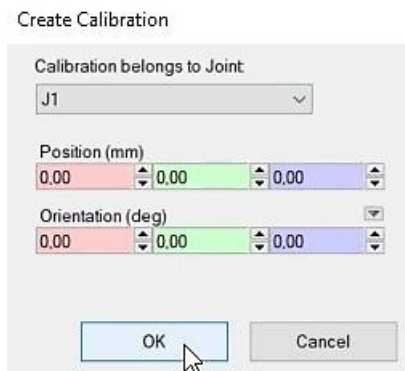
Na slici 9.7. prikazan je izbornik za definiranje parametara rotacijskog zgloba mehanizma. Prva informacija koja je definirana je „Joint Type“, tj. vrsta zgloba (u ovome slučaju se misli na vrstu gibanja zgloba; rotacijsko ili translacijsko gibanje). Odabirom opcije „Rotational“ odabran je rotacijski zglob. Zatim u prozoru „Second Position“ u plavi prozorčić definiran je broj (iznos) 1; upisivanjem broja 1 definira se korak rotacije kojim će se rotacijsko postolje rotirati u odnosu na početnu poziciju, u ovome slučaju korak rotacije iznositi će 1°. Zatim, definirani su minimalni i maksimalni limit rotacije, tj. mogućnost rotacijskog postolja da se zarotira u pozitivnom i negativnom smjeru z-osi u odnosu na početnu poziciju; u ovome primjeru pozicioner nema mogućnost rotacije u negativnom smjeru z-osi, dok u pozitivnom smjeru ona iznosi 270°.

Nakon što je stvoren rotacijski zglob mehanizma potrebno je stvoriti koordinatni sustav u odnosu na koji će se obavljati definirani zadatak na pozicioneru. Klikom na opciju „Frames“ otvara se izbornik u kojem je potrebno definirati položaj koordinatnog sustava. U ovome slučaju potrebno je definirati koordinate kao na slici 9.8. te potvrditi odabir.



**Slika 9.8.** Definiranje položaja koordinatnog sustava alatne osi pozicionera

Za kraj je preostala još kalibracija, tj. umjeravanje zgloba pozicionera u odnosu na radno okruženje. Klikom na opciju „Calibration“ otvara se izbornik u kojem je potrebno odabrati zglob (J1). U prozoru za definiranje koordinata potrebno je ostaviti zadane vrijednosti s obzirom da želimo da se zglob kalibrira u odnosu na koordinatni sustav radnog okruženja (slika 9.9.). Nakon kalibriranja zgloba klikom na gumb „Compile Mechanism“ stvara se gotov mehanizam.

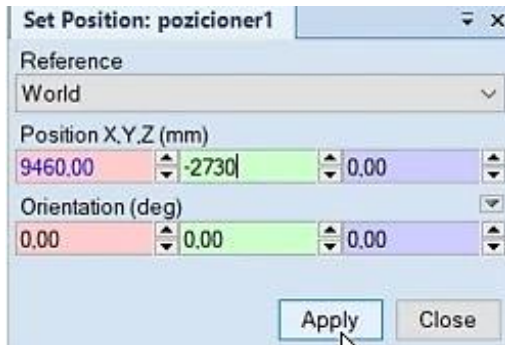


**Slika 9.9.** Kalibracija rotacijskog zgloba mehanizma

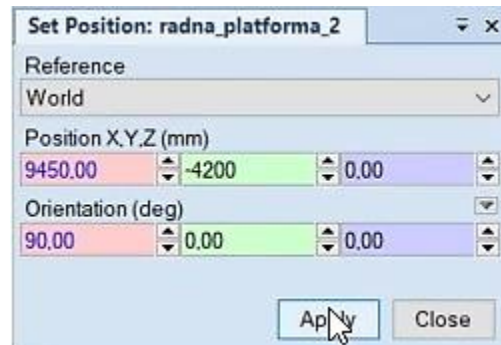


Nakon što je stvoren mehanizam potrebno je pozicionirati ga na koordinate kao na slici 9.10. Također, u radno okruženje potrebno je postaviti i radnu platformu i Robot5 te ih pozicionirati kao na slikama 9.11. i 9.12. kako bi robot kolaborativno mogao raditi sa pozicionerom.

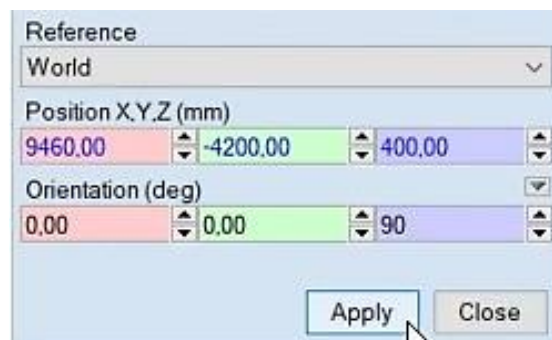
Nakon pozicioniranja Robot5 potrebno je povezati s kontrolerom. Tijekom povezivanja robota sa kontrolerom u izborniku za odabir komponenata za povezivanje potrebno je odabrati samo Robot5 iako će biti ponuđen i pozicioner.



**Slika 9.10.** Definiranje pozicije pozicionera u radnome okruženju



**Slika 9.11.** Definiranje pozicije radne platforme u radnome okruženju

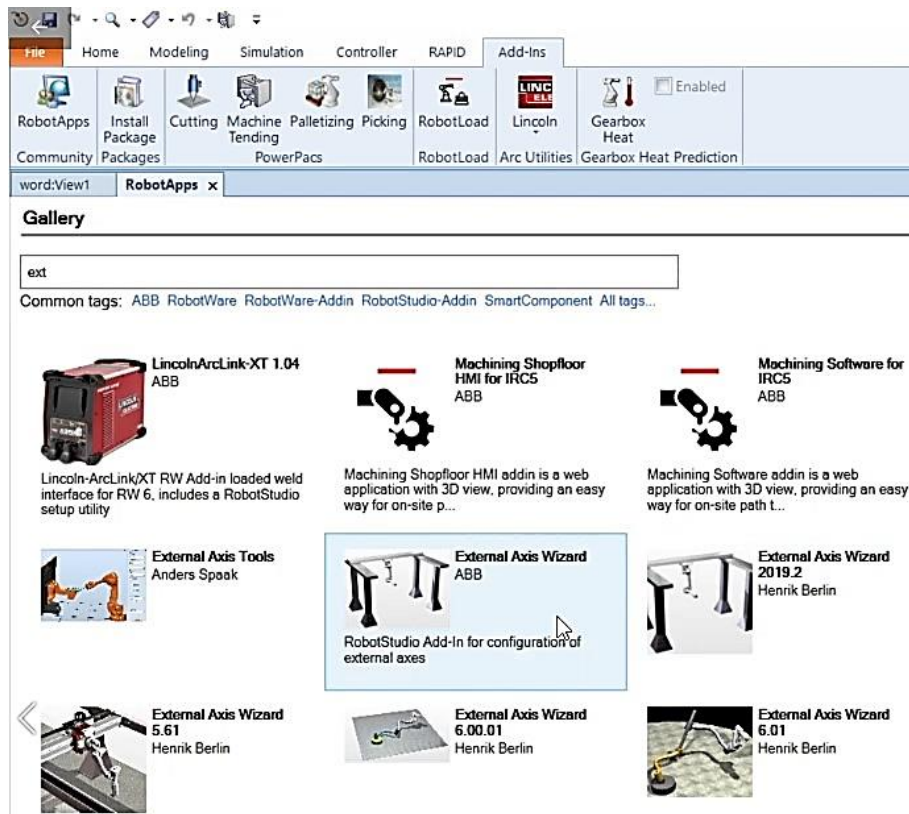


**Slika 9.12.** Definiranje pozicije Robot5 u radnome okruženju

U idućem koraku u kartici „Add Ins“ potrebno je pronaći aplikaciju „External Axis Wizard“ (slika 9.13.). „External Axis Wizard“ je aplikacija koji omogućuje povezivanje mehanizma sa kontrolerom robota te sa samim time i s robotom. Nakon povezivanja kontroler gleda mehanizam i robot kao jednu ujedinjenu jedinicu (sustav).

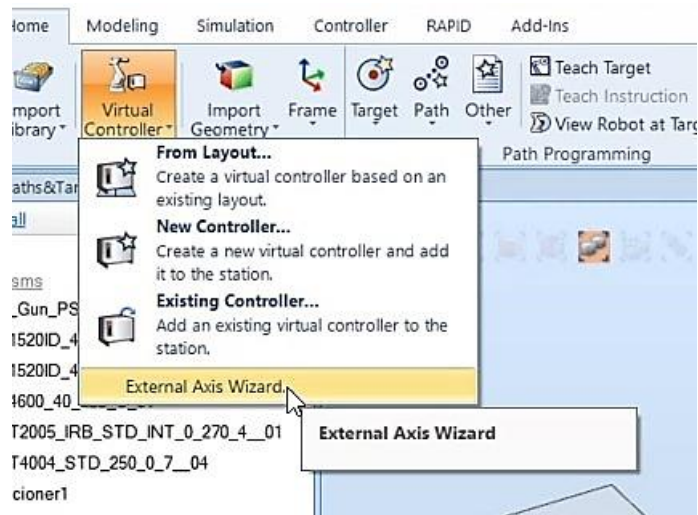
Aplikaciju je potrebno preuzeti kao i u slučaju alata „Vacuum Tool Creator“. Nakon preuzimanja ovu aplikaciju potrebno je instalirati u RobotStudio klikom na opciju „Install Package“; nakon klika otvara se izbornik za odabir aplikacije koju je potrebno instalirati te se

odabire preuzeti „External Axis Wizard“. Nakon instalacije potrebno je ponovno pokrenuti RobotStudio.



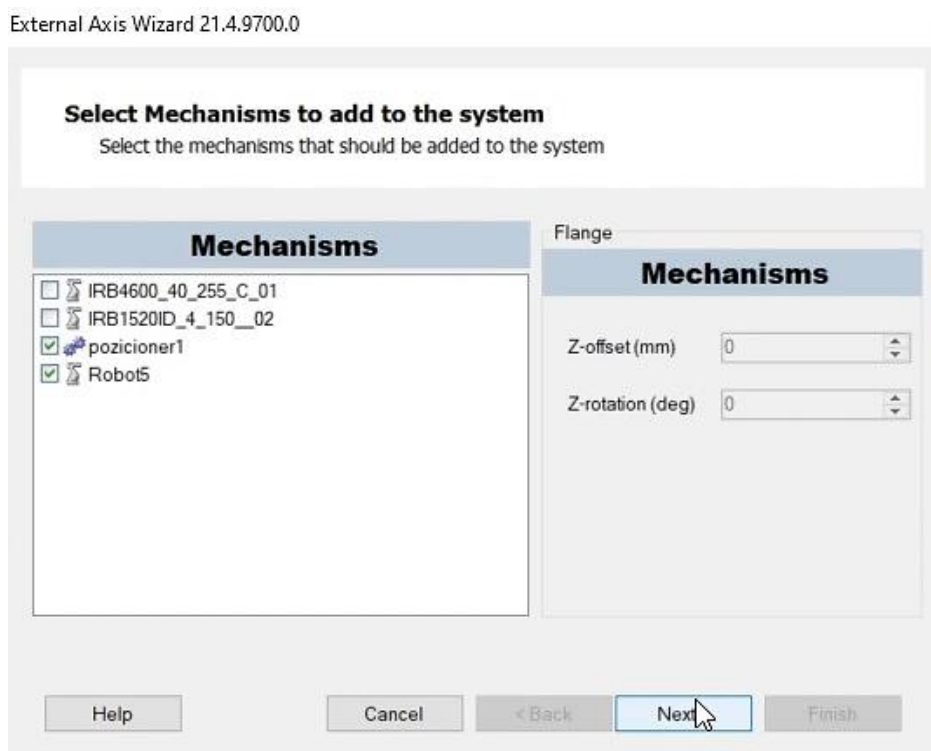
Slika 9.13. Instalacija alata „External Axis Wizard“

Nakon ponovnog pokretanja RobotStudio-a, potrebno je kliknuti na „Virtual Controller“ te nakon toga „External Axis Wizard“ (ukoliko nisu pravilno napravljeni opisani koraci instalacije neće biti opcije „External Axis Wizard“) (slika 9.14.).

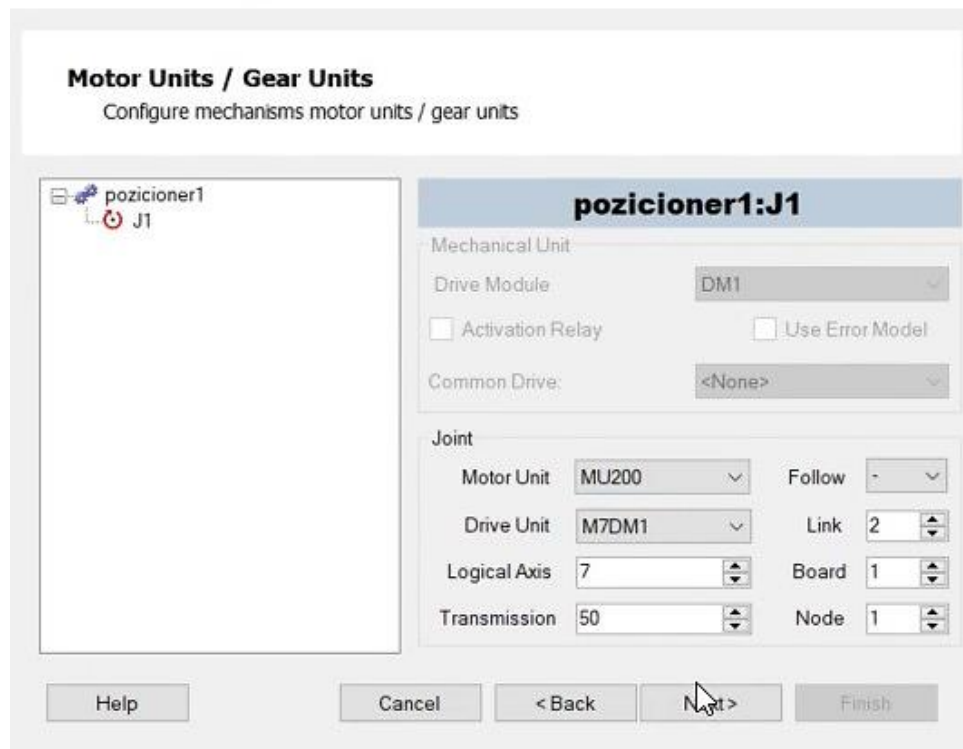


**Slika 9.14.** Otvaranje alata „External Axis Wizard“ [5]

Nakon aktivacije aplikacije otvara se izbornik u kojem je potrebno odabrati komponente koje je potrebno dodati u sustav; u ovome slučaju se odabire Robot5 i pozicioner1 (slika 9.15.). Zatim se u idućem koraku otvara izbornik u kojem je potrebno definirati motor kojim se želi postići gibanje pozicionera te upravljački programi motora. Ove parametre potrebno je definirati kao na slici 9.16. te klikom na „Next“ otvara se izbornik u kojem je potrebno kliknuti „Finish“ te se tako stvara sustav.



**Slika 9.15.** Odabir komponenata za stvaranje sustava

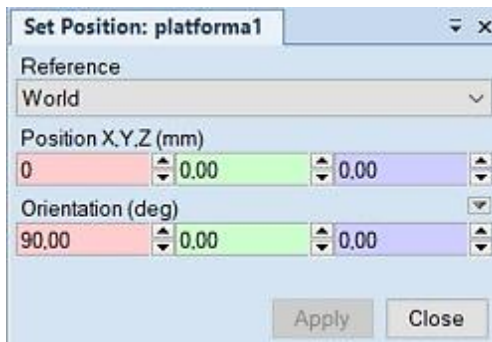


**Slika 9.16.** Definiranje parametara upravljanja pozicionerom

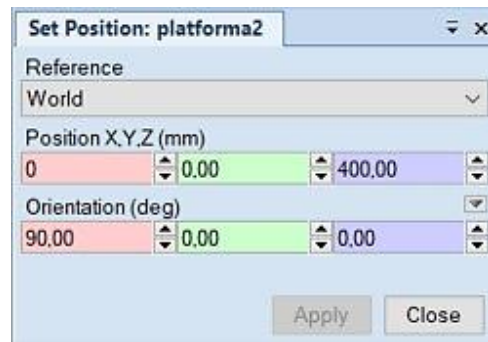
Nakon stvaranja sustava Robot5 i pozicioner1 funkcioniraju kao jedan mehanizam (sustav); za njihovo gibanje se stvaraju zajedničke putanje te funkcioniraju poput robota koji sadrži 2 alata.

## **9.2. Izrada i povezivanje s robotom mehanizma sa translacijskim gibanjem (platforma za podizanje dijelozatora)**

U radnome okruženju također je potrebno stvoriti i mehanizam sa translacijskim gibanjem koji će Robotu7 olakšati montažu unutarnjih komponenata dijelozatora. Mehanizam sa translacijskim gibanjem je također prvo konstruiran u SolidWorks-u. Stvaranje mehanizma i u ovom slučaju počinje tako da je prvo potrebno dijelove mehanizma umetnuti unutar radnog okruženja. Dijelove je potrebno pozicionirati kao na slikama 9.17. i 9.18.



**Slika 9.17.** Pozicija baze platforme za podizanje dijalizatora



**Slika 9.18.** Pozicija pomične komponente platforme za podizanje dijalizatora

Nakon umetanja dijelova platforme u radno okruženje potrebno je ponovno aktivirati alat „Create Mechanism“ te i u ovome slučaju odabrati „External Axis Device“ vrstu mehanizma. Nakon toga potrebno je dodati komponente u mehanizam; komponentu platforma1 potrebno je postaviti kao bazu mehanizma.

Idući korak je stvaranje zgloba mehanizma. Ovaj mehanizam se razlikuje u odnosu na prvi u tome što je u ovome slučaju potrebno odabrati „Prismatic“ opciju zgloba („Joint Type“), tj. zglob kojim se omogućuje translacijsko gibanje platforma mehanizma. Parametre zgloba je potrebno definirati kao na slici 9.19.

Create Joint

Joint Name	J1		Parent Link	L1 (BaseLink)
Joint Type	<input type="radio"/> Rotational <input checked="" type="radio"/> Prismatic <input type="radio"/> Four Bar		Child Link	L2
			<input checked="" type="checkbox"/> Active	
Joint Axis				
First Position (mm)	0,00	0,00	0,00	
Second Position (mm)	0,00	0,00	1,00	
Axis Direction (mm)	0,00	0,00	1,00	
Jog Axis				
	0,00		900,00	
Limit Type				
	Constant			
Joint Limits				
Min Limit (mm)	0,00	Max Limit (mm)	900,00	

OK Cancel Apply

**Slika 9.19.** Definiranje parametara zgloba mehanizma sa translacijskim gibanjem

Nakon što je definiran zglob potrebno je definirati koordinatni sustav alatne osi mehanizma; koordinatni sustav potrebno je postaviti na poziciju kao na slici 9.20.

Create Frame

Frame Name:  
platforma\_1

Belongs to Link:  
L2

Position (mm)  
0,00 0,00 400

Orientation (deg)  
0,00 0,00 0,00

Select values from Target/Frame

<Select Frame>

OK Cancel

**Slika 9.20.** Definiranje koordinatnog sustava alata (TCP) mehanizma

Preostaje još izvršiti kalibraciju zgloba mehanizma. Kalibraciju je potrebno izvršiti kao i kod prošlog mehanizma te ga na kraju stvoriti klikom na gumb „Compile Mechanism“. Daljnji koraci povezivanja s robotom i pozicioniranjem odrađuju se kao i kod prvog mehanizma. Ovaj mehanizam je na taj način potrebno povezati s Robotom7.

## 10. Objašnjene RAPID programa na primjeru Robot3

U ovome poglavlju objašnjen je RAPID program na primjeru Robot3 u slučaju prebacivanja prve police.

```
1 MODULE Module1
2   CONST robtarget Target_10:=[[6897.929377754,-1735.117274768,1597.5],[0.353342369,0.612737717,0.612006936,-0.353764286],[-2,0,-1,0],[6900,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
3   CONST robtarget Target_20:=[[4500.331951772,-1735.117274768,1597.5],[0.353342369,0.612737717,0.612006936,-0.353764286],[-2,0,-1,0],[4502.402574018,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
4   CONST robtarget Target_30:=[[2405.011230747,-1735.117274768,1597.5],[0.353342369,0.612737717,0.612006936,-0.353764286],[-2,0,-1,0],[2407.081852993,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
5   CONST robtarget Target_40:=[[598.369821087,-1735.117274768,1597.5],[0.353342369,0.612737717,0.612006936,-0.353764286],[-2,0,-1,0],[600.440443333,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
6   CONST robtarget Target_50:=[[-2.070622246,-1735.117274768,1597.5],[0.353342369,0.612737717,0.612006936,-0.353764286],[-2,0,-1,0],[0,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
7   CONST robtarget Target_60:=[[-2.078959511,-1735.116965269,777.64238327],[0.196928197,0.679350908,0.678741867,-0.197512293],[-2,-1,0,0],[0,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
8   CONST robtarget Target_70:=[[129.126676091,-1747.624038951,-51.816044749],[0.000475262,-0.707317707,-0.706895587,0.000255598],[-2,-1,0,0],[131.197242221,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
9   CONST robtarget prihvat:=[[129.126676097,-1747.624021553,-197.834649281],[0.000475268,-0.707317707,-0.706895587,0.000255592],[-2,-1,0,0],[131.197242221,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
10  CONST robtarget Target_80:=[[129.126676084,-1747.624032672,120.020332283],[0.000475282,-0.707317707,-0.706895587,0.000255578],[-2,-1,0,0],[131.197242221,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
11  CONST robtarget Target_90:=[[129.126676051,-1747.624059538,979.948571975],[0.000475264,-0.707317707,-0.706895587,0.000255596],[-2,-1,-1,0],[131.197242221,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
12  CONST robtarget Target_100:=[[129.126722975,-1256.104009618,1331.588953148],[0.000475287,-0.707317693,-0.7068956,0.000255573],[-2,-1,-1,0],[131.197242221,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
13  CONST robtarget Target_120:=[[1323.525946244,-395.16309533,1331.588956088],[0.000235318,-0.158813352,-0.987308477,0.000485634],[-1,-1,-1,0],[131.197242221,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
14  CONST robtarget Target_130:=[[1288.649814271,487.960196946,1331.588956088],[0.00049426,0.198680423,-0.980064181,0.000537375],[0,-1,-1,0],[131.197242221,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
15  CONST robtarget Target_140:=[[1818.199201885,1256.083187538,1331.588956088],[0.000257387,-0.709592272,0.704612317,-0.000474307],[1,-1,-1,0],[1825.724913421,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
16  CONST robtarget Target_150:=[[1908.12350439,1621.421001651,1226.572004359],[0.000255515,-0.706781907,0.7074313,-0.000475309],[1,-1,0,0],[1915.649433312,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
17  CONST robtarget Target_160:=[[1908.123504321,1621.421010357,698.824280955],[0.000255533,-0.706781907,0.7074313,-0.000475292],[1,-1,0,0],[1915.649433312,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
18  CONST robtarget Target_170:=[[1908.12352578,1631.997008161,170.822883809],[0.000255547,-0.706781903,0.707431305,-0.000475277],[1,-1,0,0],[1915.649433312,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09,9E+09]];
19  ! U gornjim linijama koda definirane su "Target" točke na koje je mora stici alat tijekom skeniranja programa putanje
```

### Slika 10.1. Definiranje „Target“ točaka u RAPID programskom jeziku

Na slici 10.1. prikazan je programski kod u kojem su definirane sve „Target“ točke na putanji dopremanja prebacivanja prve police. Vidljivo je da je svaka točka definirana u nekoliko parametara:

1. Između prvih uglatih zagrada u liniji programskog koda definirana je pozicija koordinatnog sustava u odnosu na „World“ koordinatni sustav.
2. U drugim uglatim zgradama unutar linije definirana je orijentacija alata u točki; orijentacija alata definirana je pomoću kvaterniona (eng. *Quaternion*;  $q1$ ,  $q2$ ,  $q3$  i  $q4$ ).
3. Između trećih uglatih zagrada zapisana je konfiguracija robota (cf1, cf4, cf6, cfx). Konfiguracija je zapisana u obliku trenutnog zakreta za os-1, os-4 i os-6. Prva pozitivna četvrtina zakreta ( $0^\circ$  do  $90^\circ$ ) označava se sa 0.
4. Opisuje se položaj vanjskih osi i to za: zakretne osi u stupnjevima u odnosu na početni položaj i translacijske osi u milimetrima udaljenosti u odnosu



```

ENDPROC
PROC Path_10()
  WaitDI start,1;! Definirana unstrukcija "WaitDI" koja 'ceka' da signal "start" (Robot3) postigne vrijednost '1'
  MoveJ Target_10,v150,fine,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_20,v150,fine,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_30,v300,z50,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_40,v300,z50,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_50,v300,z50,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_60,v200,z50,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_70,v150,fine,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ prihvat,v150,fine,tVacuum\WObj:=wobj0;
  !U gornjim linijama programa definirani su dijelovi putanje koje alat robota mora proci na putanji.
  !Prvi dio linije programa je "MoveJ" kojim se definira nacin gibanja robota.
  !Zatim se definira "Target" tocka u koju alat mora stici tijekom gibanja.
  !Nakon definiranja "Target" tocke, u liniji koda slijede brzina gibanja i parametar tocnosti tog dijela putanje.
  !Na kraju linije koda definirani su jos alat koji ce se koristiti i workobject.
  WaitTime 1;!Definirana instrukcija vremena cekanja od 1 sekunde.
  Set prihvat_set;!Instrukcija za postavljanje vrijednosti signala "prihvat_set" u '1'.
  WaitTime 2;!Definirana instrukcija vremena cekanja od 1 sekunde
  MoveJ Target_80,v150,fine,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_90,v1000,fine,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_100,v1000,z100,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_120,v1000,z100,tVacuum\WObj:=wobj0;
  Set Robot4_start; !Definirana instrukcija za postavljanje vrijednosti signala "Robot4_start" u '1'.
  MoveJ Target_130,v1000,z100,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_140,v1000,z100,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_150,v1000,z100,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_160,v150,fine,tVacuum\WObj:=wobj0;
  MoveJ Target_170,v150,fine,tVacuum\WObj:=wobj0;
  WaitDI otpustanje_police,1; !Definirana instrukcija "WaitDI" koja 'ceka' da signal "otpustanje_police" postigne vrijednost '1'.
  Reset prihvat_set; !Definirana instrukcija za postavljanje vrijednosti signala "prihvat_set" u '0'.
  Reset Robot4_start; !Definirana instrukcija za postavljanje vrijednosti signala "Robot4_start" u '0'.
ENDPROC

```

### Slika 10.2. RAPID program putanje Robot3

*Na slici 10.2. vidljiva je putanja kojom se Robot3 giba tijekom prebacivanja police. Također, zelenim slovima napisani su komentari u kojem je objašnjen program putanje.*

## 11. Zaključak

Radom na opisu koraka koji su sastavni dio ovog rada sistematiziran je i proučen velik dio alata i segmenata programa RobotStudio. Objasnjeni su osnovni koraci pozicioniranja i povezivanja robota sa kontrolerom čime je omogućeno stvaranje simulacije za realno postrojenje. Prikazani su postupci dopremanja komponenata transporterima bez kojih je u današnje doba teško zamisliti industrijska postrojenja. Razmatrani su i vrlo česti postupci uporabe industrijskih robota; 'Pick n' Place' način rada i zavarivanje robotom. Izloženo je na koji način unutar RobotStudio-a stvoriti putanje koje omogućavaju robotu da preuzme komponente u određeno vrijeme te ih prebaci na zadanu poziciju i objašnjeno je kako stvoriti preciznu putanju te na što treba obratiti pažnju tijekom izrade programa robota za zavarivanje. U radu je također objašnjena i automatizacija unutar RobotStudio-a; na koji način se stvaraju signali koji upravljaju procesom te na koji način se upravlja tim signalima. Na kraju, prezentirano je i kako stvoriti nove pozicionere unutar radnog okruženja.

Izradom simulacije i programa linije za montažu uređaja za hemodijalizu u RobotStudio-u zasigurno se može zaključiti da se ovakvim postupkom planiranja postrojenja uvelike štedi vrijeme, novac i materijal. Svatko tko pogleda simulaciju gibanja lako pronalazi mjesta za optimizaciju sustava. To je vidljivo iz komentara i pitanja kojima su se pojedini gledatelji autoru obratili nakon gledanja filma koji je objavljen na društvenim mrežama. Podosta stvari se je moglo optimizirati ali cilj ovog rada nije bio da napravi savršenu liniju već da prouči i dokumentira mogućnosti koje korisnik ima pri oblikovanju ovakvog sustava.

Izgradnjom radnog okruženja u simulacijskom programu dobiveni su praktički gotove putanje i programi za svaki robot čime je postignut cilj industrije 4.0.

## 12. Literatura

[1] Statista Research Department. Worldwide installations of industrial robots from 2004 to 2020, with a forecast through 2024. 2021;

Dostupno na: <https://www.statista.com/statistics/264084/worldwide-sales-of-industrial-robots/>  
[pristupljeno: 30.8.2022.]

[2] Fresenius kidney care. How Does a Hemodialysis Machine Work? 2021.;

[3] Channabasavaraj Raravi, Senior Solutions Architect – Software, Product Engineering Services. Industrial Automation: The History of Manufacturing Application, Current Status & Future Outlook. 2021;

Dostupno na: <https://blog.sasken.com/industrial-automation-the-history-of-manufacturing-application-current-status-future-outlook> [Pristupljeno: 29.8.2022.]

[4] Dassault Systemes SolidWorks Corporation

[5] RobotStudio ABB Robotics

[6] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Robot. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021;

Dostupno na: <https://enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=53100> [Pristupljeno: 29.8.2022.]

[7] ABB Robotics. IRB 4600. 2022.;

Dostupno na: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-4600> [2.9.2022.]

[8] ABB Robotics. IRB 2400. 2022.;

Dostupno na: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-2400> [2.9.2022.]

[9] ABB Robotics. IRB 1520ID. 2022.;

Dostupno na: <https://new.abb.com/products/robotics/industrial-robots/irb-1520id> [2.9.2022.]

[10] ABB Robotics, IRB 2600ID. 2022.;

Dostupno na: <https://new.abb.com/products/3HAC020536-018/irb-2600> [2.9.2022.]

[11] ABB Robotics. IRBT 4004. 2022.;

Dostupno na: <https://new.abb.com/products/robotics/application-equipment-and-accessories/robot-positioners-track-motion/irbt-4004-for-irb-4400> [2.9.2022.]

[12] ABB Robotics, IRBT 2005. 2022.;

Dostupno na: <https://new.abb.com/products/robotics/application-equipment-and-accessories/robot-positioners-track-motion/irbt-2005> [2.9.2022.]

[13] Hrvatska enciklopedija, mrežno izdanje. Hemodijaliza. Leksikografski zavod Miroslav Krleža, 2021;

Dostupno na: <http://www.enciklopedija.hr/Natuknica.aspx?ID=24944> [pristupljeno: 30.8.2022.]

[14] Marković, L. (2022.) Izbor materijala za membrane dijalizatora. Diplomski rad. Zagreb: Fakultet strojarstva i brodogradnje.

Dostupno na: <https://www.freseniuskidneycare.com/treatment/dialysis/hemodialysis-machine#> (pristupljeno: 2.9.2022)

[15] ABB Robotics. Smart Component. 2022.;

Dostupno na:

<https://developercenter.robotstudio.com/api/robotstudio/articles/Concepts/SmartComponentTopics/SmartComponentIntroduction.html> [4.9.2022.]

[16] ABB Robotics. Technical reference manual: RAPID Instructions, Functions and Data types. 2010., str. 253.

[17] Matejiček, F. (2014.) Kinematika sa zbirkom zadataka. Slavonski Brod: Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu

## Popis slika

Slika 1.1. Grafički prikaz prodaje industrijskih robota u tisućama [1] .....	1
Slika 2.1. Princip rada uređaja za hemodijalizu [2] .....	4
Slika 2.2. Kreiranje novog Part-a u SolidWorks-u [4] .....	5
Slika 2.3. Odabir kartice „Sketch“ i odabir gumba „Sketch“ .....	6
Slika 2.4. Odabir ravnine skiciranja klikom na „Top Plane“ [4] .....	6
Slika 2.5. Odabir sustava mjernih jedinica „MMGS“ [4] .....	7
Slika 2.6. Izrada skice pravokutnika pomoću alata „Center Rectangle“ .....	8
Slika 2.7. Definiranje duljina stranica pravokutnika .....	8
Slika 2.8. Odabir kartice „Sheet metal“ i alata „Base Flange/Tab“ .....	9
Slika 2.9. Definiranje parametara osnovnog građevnog elementa .....	9
Slika 2.10. Aktivacija alata „Edge Flange“ .....	10
Slika 2.11. Definiranje parametara bočne stranice .....	11
Slika 2.12. Modificiranje skice bočne strane .....	11
Slika 2.13. Modifikacija skice bočne strane .....	12
Slika 2.14. Aktiviranje alata „Mirror“ .....	13
Slika 2.15. Definiranje parametara za zrcaljenje bočne strane .....	14
Slika 2.16. Oblikovanje dijelova bazne komponente za postavljanje prednje ploče .....	14
Slika 2.17. Oblikovanje dijelova za postavljanje vrata .....	15
Slika 2.18. Oblikovanje okvira vrata .....	15
Slika 2.19. Izrada skice potrebne za oblikovanje šarke .....	16
Slika 2.20. Aktivacija alata „Extruded Boss/Base“ .....	17
Slika 2.21. Definiranje parametara tijela šarke za vrata .....	18
Slika 2.22. Definiranje parametara zaobljenja .....	19
Slika 2.23. Površina za konstruiranje skice za provrt .....	19
Slika 2.24. Položaj kružnice za izradu provrta .....	20
Slika 2.25. Izrada niza od 2 panta .....	21
Slika 2.26. Vanjske (konstrukcijske) komponente uređaja za hemodijalizu .....	22
Slika 2.27. Vanjske (konstrukcijske) komponente uređaja za hemodijalizu .....	22
Slika 2.28. Unutarnje komponente uređaja za hemodijalizu .....	23
Slika 2.29. Unutarnje komponente uređaja za hemodijalizu .....	23
Slika 3.1. Robotizirana linija (postrojenje) za montažu uređaja za hemodijalizu .....	24
Slika 4.1. Industrijski robot ABB IRB 4600 [6] .....	36
Slika 4.2. Stupnjevi slobode gibanja industrijskog robota ABB IRB 4600 [7] .....	37
Slika 4.3. Industrijski robot ABB IRB 2400 [8] .....	38
Slika 4.4. Industrijski robot ABB IRB 1520 [9] .....	39
Slika 4.5. Industrijski robot ABB IRB 2600ID [10] .....	40
Slika 4.6. ABB IRBT 4004 tračnica za robote [11] .....	41
Slika 4.7. Definiranje parametara tračnica modela IRBT 4004 .....	41
Slika 4.8. ABB IRBT 2005 tračnica za robote [12] .....	42
Slika 4.9. Odabir tračnice IRBT 4004 [5] .....	43
Slika 4.10. Definiranje parametara tračnice .....	44
Slika 4.11. Definiranje pozicije tračnice .....	44
Slika 4.12. Definiranje koordinata tračnice .....	45
Slika 4.13. Odabir industrijskog robota ABB IRB 4600 [5] .....	45

Slika 4.14. Odabir verzije modela industrijskog robota ABB IRB 4600 .....	46
Slika 4.15. Pronalazak aplikacije „Vacuum Tool Creator“ .....	46
Slika 4.16. Preuzimanje aplikacije „Vacuum Tool Creator“ [5] .....	47
Slika 4.17. Kopiranje preuzete aplikacije u mapu „Equipment“ .....	47
Slika 4.18. Aktiviranje aplikacije „VacuumToolCreator“ .....	48
Slika 4.19. Stvaranje vakuumskog alata robota .....	49
Slika 4.20. Odabir robota za postavljanje alata .....	50
Slika 4.21. Postavljanje robota na tračnicu .....	51
Slika 6.1. Odabir transportera [5] .....	53
Slika 6.2. Pozicija transportera .....	54
Slika 6.3. Isključivanje vidljivosti prve police .....	55
Slika 6.4. Stvaranje „Smart Component“ objekta .....	55
Slika 6.5. Stvaranje ulaznog signala za dopremanje police .....	56
Slika 6.6. Parametri početnog ulaznog signala .....	56
Slika 6.7. Stvaranje izvora police .....	57
Slika 6.8. Stvaranje komponente za linearno gibanje police .....	58
Slika 6.9. Stvaranje senzora zaustavljanja gibanja police .....	59
Slika 6.10. Stvaranje logičkog „ILI“ sklopa .....	59
Slika 6.11. Parametri „Source“ komponente .....	60
Slika 6.12. Parametri komponente „LinearMover“ .....	61
Slika 6.13. Parametri komponente „PlainSensor“ .....	61
Slika 6.14. Povezivanje ulaznog signala sa blokom „Source“ .....	62
Slika 6.15. Povezivanje bloka „Source“ i logičkog „ILI“ sklopa .....	63
Slika 6.16. Povezivanje blokova „Source“ i „LinearMover“ .....	63
Slika 6.17. Povezivanje blokova „Source“ i „PlaneSensor“ .....	64
Slika 6.18. Povezivanje bloka „PlaneSensor“ i logičkog „ILI“ sklopa .....	64
Slika 6.19. Povezivanje logičkog sklopa i bloka „LinearMover“ .....	65
Slika 7.1. Aktivacija kartice „Virtual Controller“ .....	66
Slika 7.2. Odabir RobotWare-a i upisivanje imena kontrolera .....	67
Slika 7.3. Usklađenost koordinatnih sustava i popis definiranih parametara .....	68
Slika 7.4. Odabir „MoveJ“ načina gibanja robota .....	70
Slika 7.5. Stvaranje putanje robota .....	70
Slika 7.6. Odabir kontrolera i alata robota za stvaranje putanje .....	71
Slika 7.7. Stvaranje „Target“ točke putanje .....	71
Slika 7.8. Aktivacija opcije „Jog Joint“ .....	71
Slika 7.9. Aktivacija opcije „Jog Reorient“ [5] .....	72
Slika 7.10. Reorijentacija alata po y-osi .....	72
Slika 7.11. Aktivacija opcije „Jog Linear“ [5] .....	73
Slika 7.12. Spuštanje alata po z-osi .....	73
Slika 7.13. Dodavanje „Target“ točaka u putanju .....	74
Slika 7.14. Aktivacija alata „I/O System“ [5] .....	74
Slika 7.15. Aktivacija izbornika za definiranje novih signala .....	75
Slika 7.16. Definiranje signala za početak gibanja robota po putanji .....	75
Slika 7.17. Definiranje signala za prihvat police .....	76
Slika 7.18. Definiranje signala za početak gibanja robota za zavarivanje .....	77
Slika 7.19. Definiranje signala za otpuštanje police .....	77
Slika 7.20. Odabir opcije „Insert Action Instruction“ [5] .....	78

Slika 7.21. Odabir instrukcije „WaitDI“ .....	79
Slika 7.22. Odabir parametara „WaitDI“ instrukcije .....	79
Slika 7.23. Definiranje vremena čekanja u iznosu od 1 sekunde .....	80
Slika 7.24. Parametri komponente „Attacher“ .....	81
Slika 7.25. Povezivanje novostvorenih komponenata.....	82
Slika 7.26. Stvaranje izlaznog signala za pokretanje gibanja Robota3 .....	82
Slika 7.27.; Redoslijed instrukcija signala .....	83
Slika 7.28. Prilagođavanje brzine gibanja robota.....	84
Slika 7.29. Prilagođavanje parametara točnosti gibanja alata po putanji.....	85
Slika 7.30. Aktivacija „Station Logic“ alata .....	86
Slika 7.31. Spajanje komponenata unutar „Station Logic“ alata .....	86
Slika 8.1. Približna pozicija početka zavarivanja.....	88
Slika 8.2. Odabir opcije „AutoPath“ za stvaranje putanje zavarivanja .....	89
Slika 8.3. Odabir lijevog ruba police.....	89
Slika 8.4. Parametri za stvaranje putanje zavarivanja.....	90
Slika 8.5. Kolizija robota za zavarivanje i bazne konstrukcije .....	91
Slika 8.6. Odabir opcije „Rotate“ .....	91
Slika 8.7. Definiranje kuta otklona alata .....	92
Slika 8.8. Nagib alata tijekom zavarivanja.....	92
Slika 8.9. 'prebacivanje' putanje zavarivanja u glavnu putanju.....	93
Slika 8.10. Putanja zavarivanja postaje nastavak glavne putanje.....	93
Slika 8.11. Signal za početak gibanja Robota4 .....	94
Slika 8.12. Signal za otpuštanje police.....	94
Slika 8.13. Povezivanje signala Robota3 i Robota4.....	94
Slika 9.1. Pozicija baze mehanizma .....	96
Slika 9.2. Pozicija rotacijskog postolja mehanizma.....	96
Slika 9.3. Odabir alata „Create Mechanism“ .....	97
Slika 9.4. Odabir vrste mehanizma .....	97
Slika 9.5. Definiranje baze pozicionera.....	98
Slika 9.6. Definiranje rotacijskog postolja .....	98
Slika 9.7. Stvaranje rotacijskog zgloba mehanizma.....	99
Slika 9.8. Definiranje položaja koordinatnog sustava alatne osi pozicionera .....	100
Slika 9.9. Kalibracija rotacijskog zgloba mehanizma .....	100
Slika 9.10. Definiranje pozicije pozicionera u radnome okruženju .....	101
Slika 9.11. Definiranje pozicije radne platforme u radnome okruženju .....	101
Slika 9.12. Definiranje pozicije Robota5 u radnome okruženju .....	101
Slika 9.13. Instalacija alata „External Axis Wizard“ .....	102
Slika 9.14. Otvaranje alata „External Axis Wizard“ [5] .....	103
Slika 9.15. Odabir komponenata za stvaranje sustava .....	103
Slika 9.16. Definiranje parametara upravljanja pozicionerom.....	104
Slika 9.17. Pozicija baze platforme za podizanje dijalizatora.....	105
Slika 9.18. Pozicija pomične komponente platforme za podizanje dijalizatora.....	105
Slika 9.19. Definiranje parametara zgloba mehanizma sa translacijskim gibanjem .....	106
Slika 9.20. Definiranje koordinatnog sustava alata (TCP) mehanizma .....	107
Slika 10.1. Definiranje „Target“ točaka u RAPID programskom jeziku .....	108
Slika 10.2. RAPID program putanje Robota3.....	109



Sveučilište  
Sjever



SVUČILIŠTE  
SJEVER

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, FILIP ŠIJK (ime i prezime) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog/seminarskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom

Oblikovanje robotizirane linije za montažu uređaja za hemodijalizu (upisati naslov) te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica: FILIP ŠIJK  
(upisati ime i prezime)

Filip Šijk  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, FILIP ŠIJK (ime i prezime) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (obrisati nepotrebno) rada pod naslovom Oblikovanje robotizirane linije za montažu uređaja za hemodijalizu (upisati naslov) čiji sam autor/ica.

Student/ica: FILIP ŠIJK  
(upisati ime i prezime)

Filip Šijk  
(vlastoručni potpis)  
(vlastoručni potpis)