



## 4.13 Završni izvještaj

Univerzitet: UNIVERZITET U BANJOJ LUCI  
Fakultet: MAŠINSKI FAKULTET BANJA LUKA

Školska godina: 2010/11



## ZAVRŠNI IZVJEŠTAJ o realizovanoj studentskoj praksi

Student: Aleksandar Kecman  
ID broj studenta: 8075 / 08  
Godina studija: (III) Treća  
Studijski program: Mehatronika

Ime akademskog mentora: Prof. dr Miroslav Rogić  
Ime industrijskog mentora: Simon Novak

AVGUST 2011 , Ribnica – SLOVENIJA



## 1. Opšte informacije

Student			
Ime studenta: <b>ALEKSANDAR KECMAN</b>		Nivo studija: <input checked="" type="checkbox"/> BSc <input type="checkbox"/> MSc	
ID broj: <b>8075 / 08</b>	E-mail: <a href="mailto:aleksandar.kecman@stormbl.org">aleksandar.kecman@stormbl.org</a>		Telefon: <b>+387 65 727 736</b>
Vremenski period prakse	Od: <b>08.08.2011.</b>	Do: <b>04.09.2011.</b>	Broj sati: <b>160</b>
Akademska institucija			
Univerzitet: <b>UNIVERZITET U BANJOJ LUCI</b>			
Fakultet: <b>MAŠINSKI FAKULTET</b>			
Adresa: <b>Vojvode Stepe Stepanovića 71</b>		Grad: <b>BANJA LUKA</b>	
Ime akademskog mentora: <b>Prof. dr Miroslav Rogić</b>		Pozicija: <b>Profesor, dekan</b>	
E-mail: <a href="mailto:rogic@urc.rs.ba">rogic@urc.rs.ba</a> ; <a href="mailto:rogicm@urc.rs.ba">rogicm@urc.rs.ba</a>		Broj telefona: <b>+387 65 583 000</b>	
Institucija u kojoj se realizuje praksa (preduzeće/institucija)			
Ime: <b>MOTOMAN ROBOTEC d.o.o.</b>			
URL: <a href="http://www.motoman.si/">http://www.motoman.si/</a>			
Adresa: <b>Industrijska cona – Lepovče 23</b>		Grad: <b>1310 Ribnica - Slovenija</b>	
Ime industrijskog mentora: <b>Simon Novak</b>		Pozicija: <b>Vođa projektove</b>	
E-mail: <a href="mailto:simon.novak@motoman.si">simon.novak@motoman.si</a>		Broj telefona: <b>+386 31 380 513</b>	



## 2. Uvod

**YASKAWA Electric corporation** je osnovana 1915. godine u Japanu, a 1977. godine je predstavila prvi MOTOMAN robot. 1994. godine YASKAWA je postao vlasnik firme Motoman robotec GmbH u Njemačkoj. Danas Yaskawa zapošljava preko 30.000 ljudi i ima preko 60 podružnica po cijelom svijetu od kojih je 21 u Evropi, i najveći je proizvođač robota na svijetu te vodi na svijetskom tržištu sa preko 150.000 instaliranih robotskih sistema.

**Motoman robotec d.o.o.** se nalazi na području opštine Ribnica udaljene 50km od Ljubljane u Sloveniji. Motoman robotec d.o.o. je sistemski dobavljač na području robotizacije i automatizacije u industriji, koji nudi: Sistemska rješenja industrijske robotike i Robotske aplikacije sa robotima MOTOMAN firme YASKAWA-Motoman.

Firma je osnovana 1990. godine pod nazivom MOTOMAN robotec GmbH, 1999 je sertifikovana sa ISO 9001, 2003. godine je izgranjen industrijski kompleks u kome se i danas nalazi na adresi Industrijska zona Lepovče 23, Ribnica. Danas zapošljava 92 radnika, dok je za vrijeme ekonomske krize iz 2008. godine sa 72 radnika taj broj spao na 50 radnika sve do druge polovine 2010. godine.

Motoman robotec d.o.o. posluje na tržištima Slovenije, Austrije, Mađarske, Češke, Poljske, Hrvatske, Bosne i Hercegovine i Srbije. Dio firme "Projektovanje, razvoj i dizajn" zapošljava oko 20 radnika koji rade na projektovanju mehaničkih konstrukcija, električnih instalacija i programiranju robotskih ćelija. Softverski paketi koji se koriste za projektovanje su E-plan, Simatic, Automotion Studio, Catia, SolidWorks, AutoCAD i Rosty. U industrijskom pogonu je 90% poslova u oblasti montaže robotskih ćelije, dok je mali dio prostor za mehaničku obradu metala sa CNC strugom i CNC 5-osnim obradnim centrom, kao i manji dio bravarije za manje izmjene i prepravke na konstrukcijama. Većina mašinskih konstrukcija se ne proizvodi u firmi nego se naručuje od drugih dobavljača. Poseban dio je elektro radionica u kojoj se montiraju DX i NX upravljački ormari za robote, pripremaju kablovi za montažu ćelije, a u sklopu elektro dijela se nalazi i Demo centar za obuku rada na robotima i robotsko zavarivanje.

## 3. Ciljevi PSP i metodologija

Lista poslova na kojima je student radio za vrijeme obavljanja PSP:

1. Predstavljanje robotskih pozicionera,
2. Predstavljanje koncepta robotskih ćelija,
3. Konstrukcija i izrada tehničke dokumentacije za AL Dižna vrata (CATIA),
4. Predstavljanje FESTO FluidDraw-a,
5. Izrada i dopuna pneumatskih šema za prijemala i preprijemalne postaje (FluidDraw),
6. Konstrukcija i izrada tehničke dokumentacije za Regal za kablove (CATIA),
7. Predstavljanje SKS i Fronius opreme za zavarivanje (teoretski i praktično),
8. Analiza vremena zavarivanja.



#### 4. Opis posla

##### Upoznavanje firme i zaposlenih

U firmu Motoman robotec d.o.o. u Ribnici sam stigao 8.8.2011. u 7:00 časova, gdje me je dočekala Mateja Nosan, sekretar u kabinetu direktora. Ubrzo u Salu za sastanke stigao je Simon Novak, dip. inž. str. šef u odjeljenju za projektovanje i razvoj mašinske i elektro faze, koji je moj industrijski mentor za vrijeme obavljanja Programa studentske prakse. Potom me je upoznao sa odjeljenjem za projektovanje i razvoj, gdje sam upoznao i ostale zaposlene cca 20 radnika. Zadužio sam radno mjesto u dijelu za projektovanje sa CATIA-om. Nakon toga, obišli smo i ostale dijelove firme, elektro odjeljenje, demo centar za obuku na programiranju robota, proizvodnu halu, skladišta, pogon sa CNC obradnim centrima, radionički prostor i krug firme.



*Proizvodni pogon firme Motoman robotec d.o.o. Ribnica – SLO*

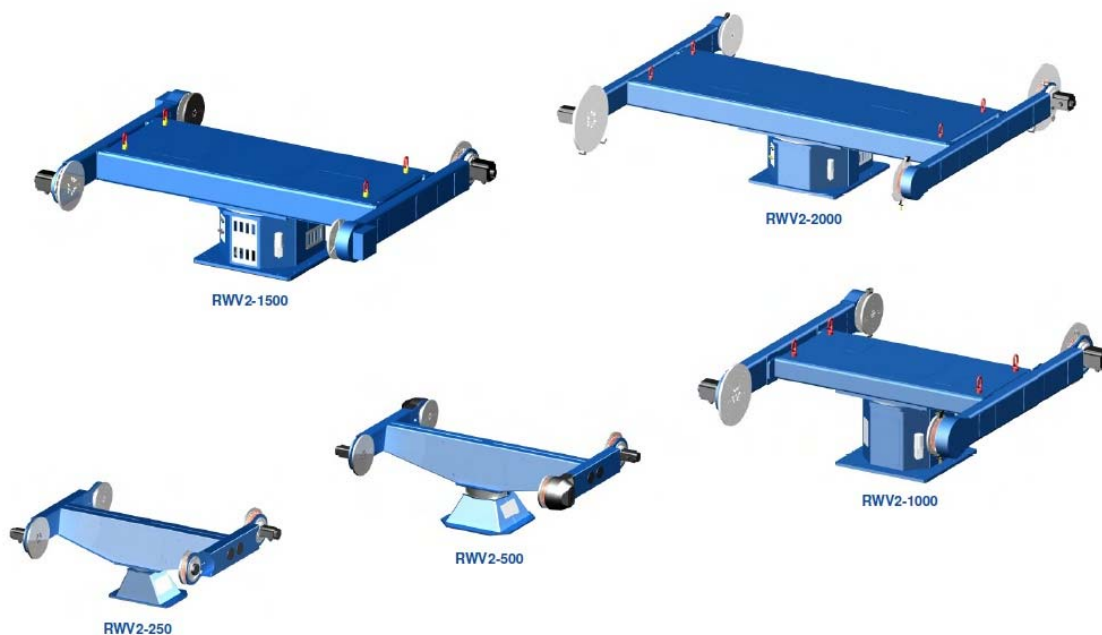


*Elektro odjeljenje i fotografija radnog mjesta u CATIA odjeljenju*



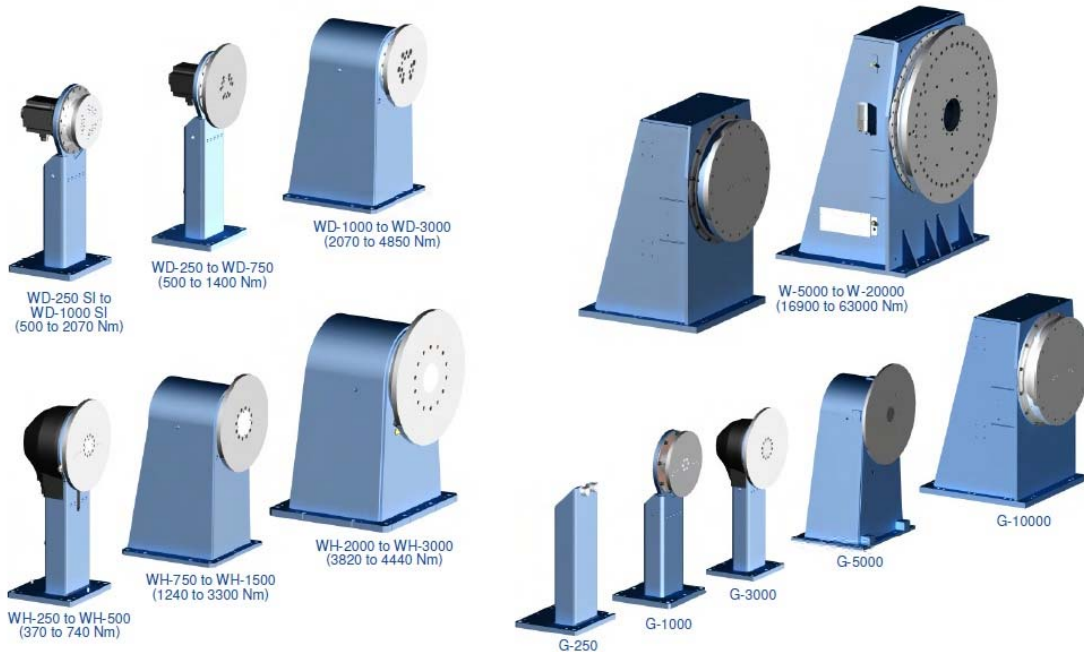
## 1. Predstavljanje robotskih pozicionera:

U kancelarijskom prostoru Odjela za projektovanje prikazana je prezentacija robotskih pozicionera (tipovi i veličine) koji se proizvode u firmi Motoman robotec d.o.o., nakon čega je pregledana specifikacija prema tipovima (DW, DL, H, L, C tipova) i nosivostima, kao i dokumentacija pojedinih pozicionera. Nakon teorijskog upoznavanja, prešlo se na pregled gotovih pozicionera koji se nalaze u izlaznom skladištu kao i radnog mjesta gdje se montiraju pozicioneri. U sastavu robotske ćelije nalazi se okretni sto (najčešće H-tipa) na koji mogu da se montiraju različiti pristroji. H-stolovi obezbeđuju da za vrijeme rada robota na obratku (unutrašnja strana ćelije), operater postavi dijelove u pristroj sa prednje strane ćelije.



Slika 1.- Pregled tipova konstrukcija H-stolova

Na konstrukciju H-stola se postavljaju glave pozicionera, zavisno od vrste i nosivosti (Slika 2.). Glave pozicionera na H-stolovima služe za pozicioniranje pristroja za zavarivanje i samih dijelova za obradu, sinhrono pozicioniranje sa radom robota na unutrašnjoj strani ćelije se odvija neovisno od ručnog upravljanja pozicionerom na koji operater postavlja dijelove za obradu (zavarivanje).



Slika 2.- Glave pozicionera WD, WH, G, W serije sa nosivošću od 250 do 20000 kg

Na jednoj strani H-stola montira se pozicioner sa prihvatom za pristroj, jedna strana pozicionera je slobodan kraj (ležište) dok je druga pogonski kraj. Pogon pozicionera se ostvaruje na tri načina DD – direktni pogon, DH – pogon preko remena, DG – pogon preko zupčastog prenosioca. DH pogon se primjenjuje zbog konstruktivne izvedbe sa šupljom pogonskim glavom (kada je potrebno dovesti električne ili pneumatske instalacije na pristroj).

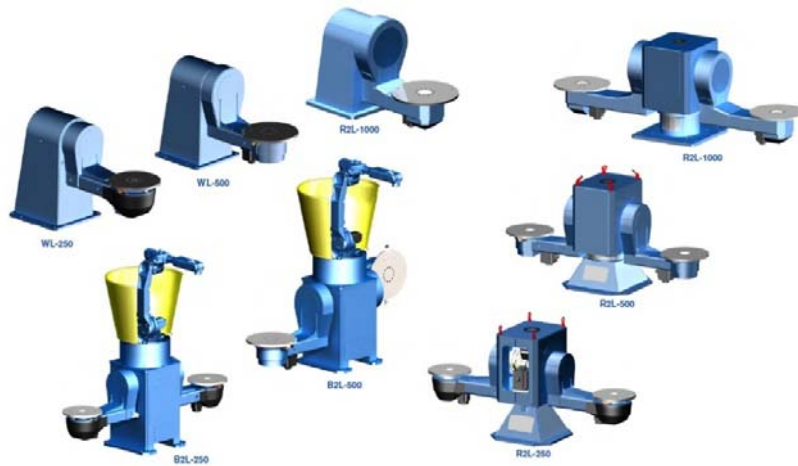


Slika 3. – Vrste pogona na glavi pozicionera

Pored H-stolova, proizvode se i dvo-osni robotski pozicioneri „Tilt-Rotate Positioners“ koji imaju samo jednu ploču koja je ujedno i pogonska i ima mogućnost zakretanja u dvije ose (rotacija i kipanje). Na ove pozicionere se takođe montiraju različiti pristroji za sve vrste obrada kao i za zavarivanje (Slika 4.)



Slika 4. – „Tilt-Rotate“ pozicioneri tipa DK nosivosti od 250 do 2500 kg



Slika 5. – Pozicioneri L-tipa

Pozicioneri C-tipa konstrukcijski su veoma slični H-stolovima sa mogućnošću zakretanja pozicionera (pristroja) za dodatnu osu (kipanje). Pozicioneri C-tipa su prikazani na slici 7.

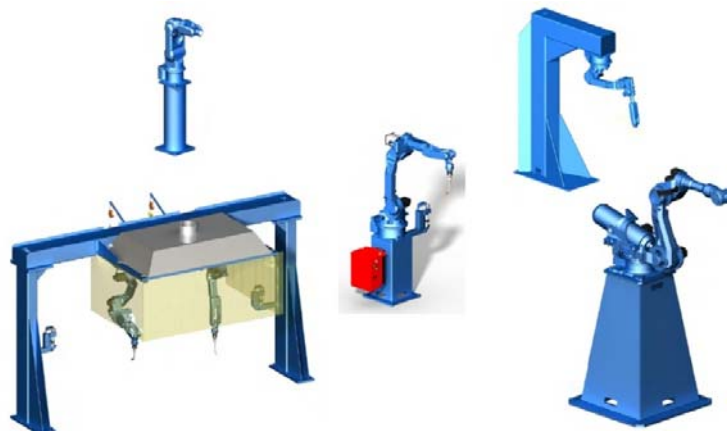


Slika 7. – Pozicioneri C-tipa



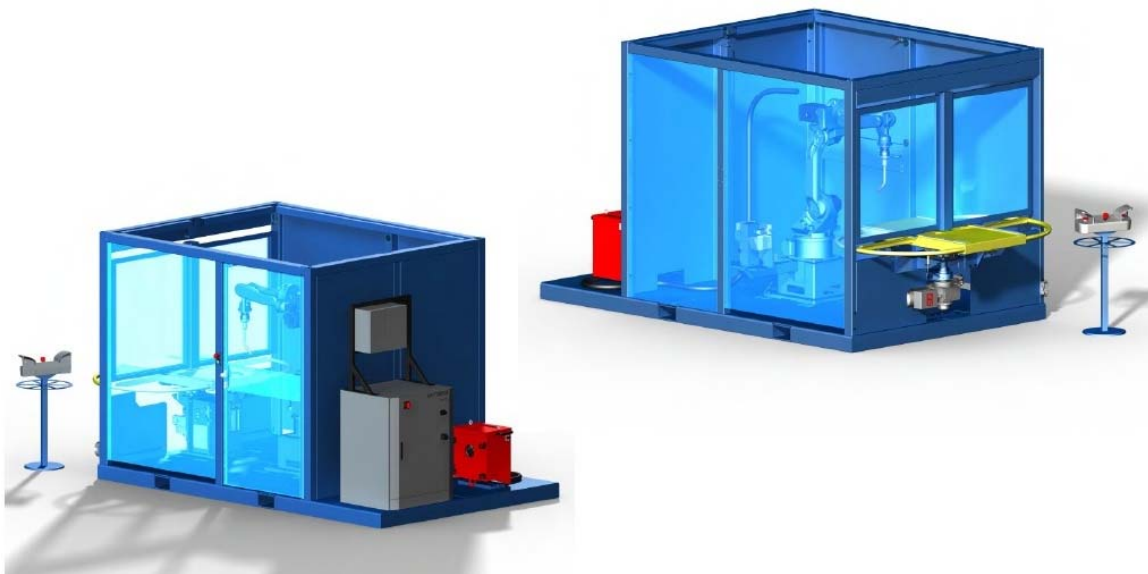
## 2. Predstavljanje koncepta robotskih ćelija:

Predstavljanje konceptata robotskih ćelija je izvršeno u industrijskom pogonu firme, na konkretnim primjerima robotskih ćelija koje su se u tom trenutku nalazile na montaži. Detalji na koje je skrenuta pažnja su izrada i način postavljanja zidova robotske ćelije sa mjestima za postavljanje upravljačkog ormara ćelije, NX ili DX upravljačkih jedinica robota, izvora za zavarivanje kao jedne cjeline koja uključuje i Albany brza rolo vrata koja zatvaraju ćeliju sa prednje strane sa koje se vrši izmjena radnih predmeta i alata. Pokazani su primjeri montaže robota (na pod vertikalno, postavljanje pod uglom, postavljanje na zid i plafon, kao i montaža robota na portalni nosač sa mogućnošću pomeranja robota. Takođe su prikazani kompaktni tipovi ćelija koji se proizvode kao cjelina (mašina) i takvi se transportuju. Prikazani su i načini i mogućnosti ugradnje pozicionera u odnosu na mjesto postavljanja robota.

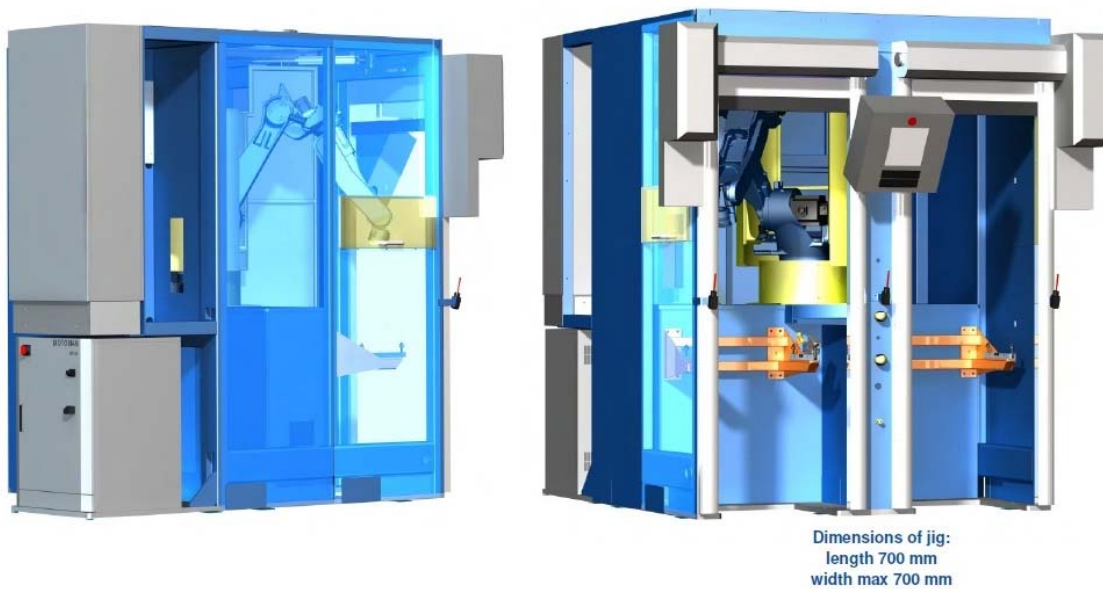


*Slika 8. – Načini montiranja robotskog manipulatora u robotskoj ćeliji*

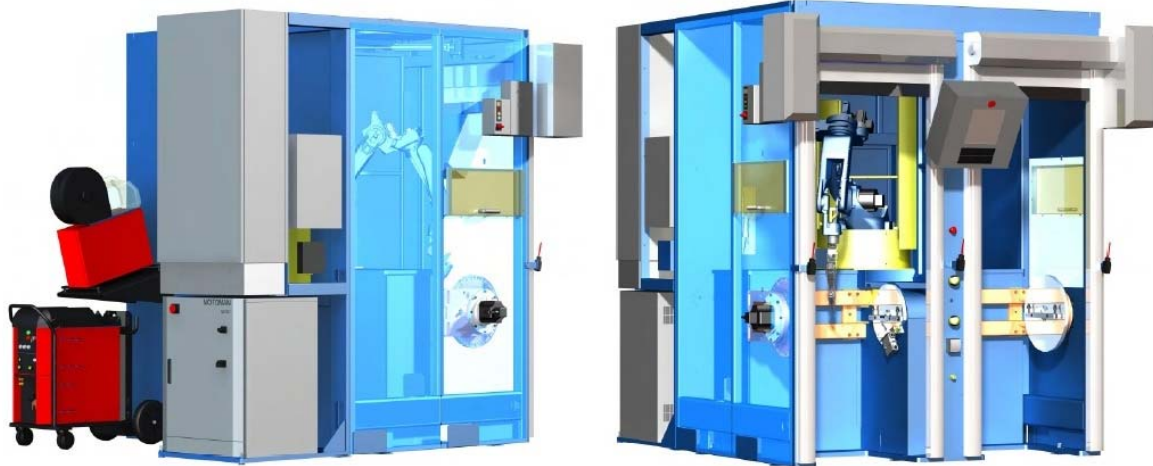
Pod tačkom 1. Robotski pozicioneri su objašnjeni principi gradnje robotskih pozicionera. Robotsku ćeliju pored robotskog manipulatora i pozicionera (jednog ili više njih) čine i druge komponente: kabina robotske ćelije sa brzim „ALBANY“ rolo vratima, sistemom za odvod gasova iz ćelije, upravljačkim ormarima manipulatora, izvora za zavarivanje i upravljačkih jedinica za zavarivanje kao i centralne upravljačke jedinice cijele ćelije. Najčešći način ugradnje upravljačkog ormara i izvora za zavarivanje je prikazan na slici 9. odnosno na zadnjem dijelu robotske ćelije van prostora za zavarivanje.



Slika 9. – „MOTOCompact“ robotska ćelija



Slika 10. – „MiniCell“ ćelija sa dva fiksna prihвата za pristroj



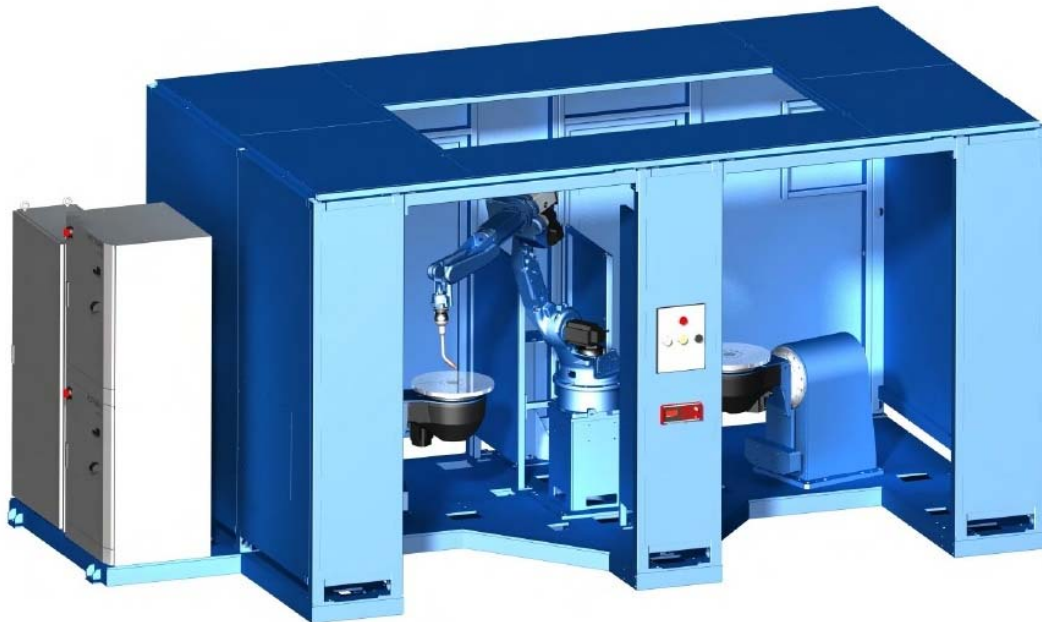
Dimensions of jig:  
length 700 mm  
Ø max 600 mm

Slika 11. – „MiniCell“ ćelija sa dva pozicionera tipa WG-250

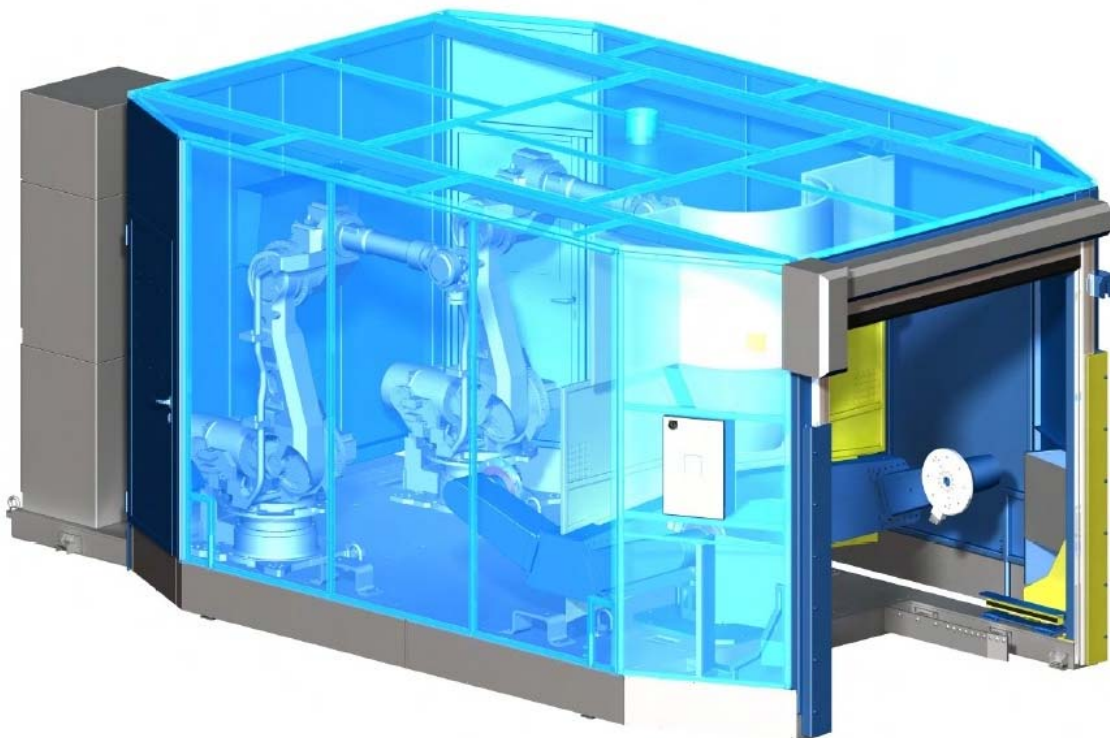


Dual L-Positioner Integrated in Robot Base B2L-xxx

Slika 12. – „SmallCell“ ćelija dva pozicionera L-tipa B2L



*Slika 13. – „CompactCell“ ćelija sa dva pozicionera DK-500*

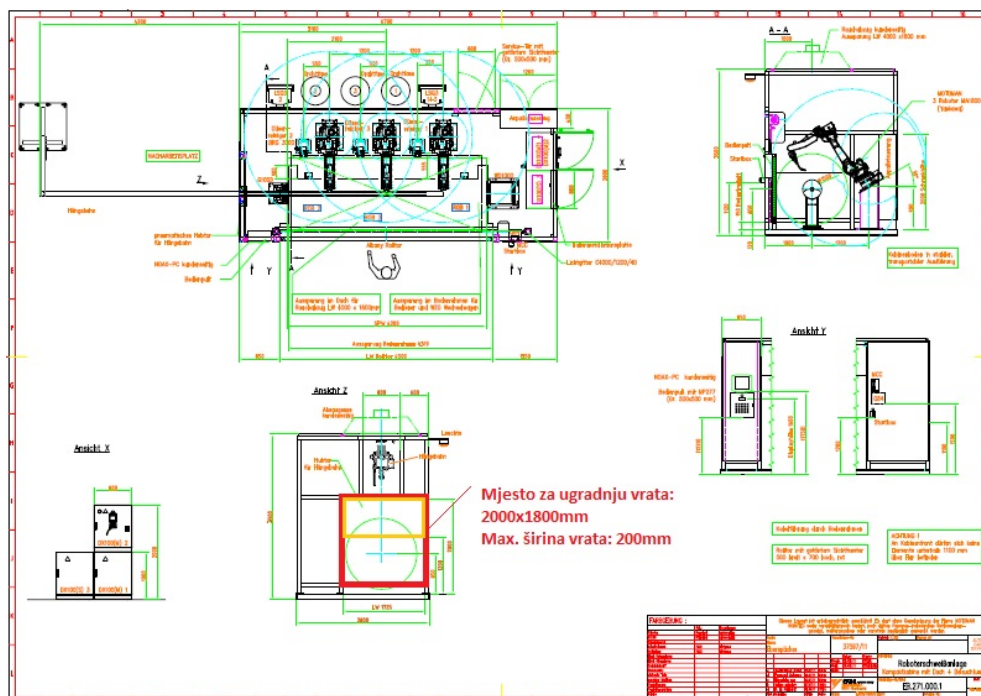


*Slika 14. – „CompactCell“ ćelija sa pozicionerom RWV2-500*



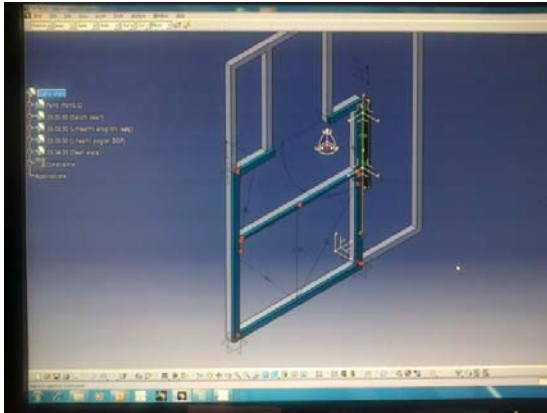
### 3. Konstrukcija i izrada tehničke dokumentacije za AL Dižna vrata (CATIA):

Konkretan zadatak koji je realizovan za vrijeme prve dvije sedmice prakse je projektovanje i izrada tehničke dokumentacije za aluminijumska Dižna vrata na robotskoj ćeliji sa tri robota. Vođa projekta Simon Novak je predočio Layout robotske ćelije koja je još u fazi projektovanje u završnom dijelu. Predočene su dimenzije ćelije i prostora u koji treba da se ugrade vrata kao zasebna cjelina te okviran izgled vrata i način izrade. Zatim se pristupilo projektovanju vrata u dijelu za projektovanje sa CATIA softverskim paketom.

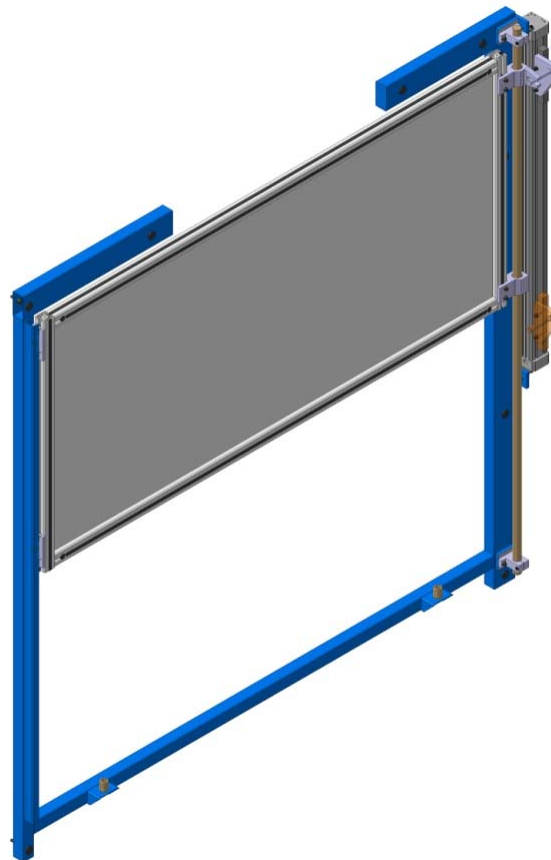


Slika 15. – Layout ćelije EB.271.000.1 za koju treba projektovati vrata

Prvo je izvršeno modeliranje prostora u koji mora da se uklope vrata, zatim metalnog okvira od cijevnih profila 80x40 i 40x40 koji će biti nosač za sistem vođenja vrata i nosač za pneumatski pogon vrata. Nakon završetka konstruisanja metalne podkonstrukcije, projektovana su AL vrata (okvir) od aluminijumskih profila i elemenata veze proizvođača HYPEX. Kada su vrata postavljena na mjesto gdje zatvaraju otvor pristupilo se projektovanju linearnog pogona vrata, odnosno izboru aksijalnog ležaja, profila za vođenje ležaja i potpora za okrugli profil za vođenje te konstrukciji kućišta aksijalnog ležaja koji je ujedno i veza sa vratima. Kućište gornjeg ležaja je izabrano da bude "pogonsko" veza sa vratima i pneumatskim pogonom uz pomoć V--poluge, čime se izbjegava radialno naprezanje klipa i klipnjače cilindra. Za pogon je odabran pneumatski linearni pogon bez klipnjače DGP-40-800-PPV-A-B proizvođača FESTO koji je montiran pomoću potpora HP-40 na metalnu podkonstrukciju vrata sa bočne strane.



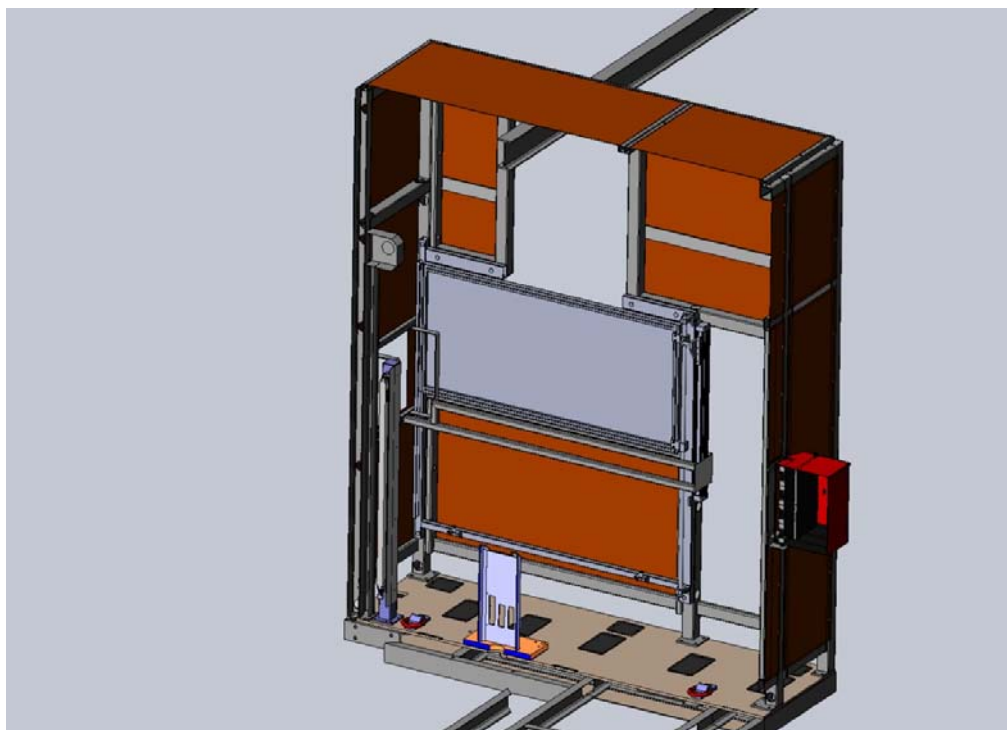
*Slika 16. – Fotografija radnog mjesta u toku projektovanja vrata*



*Slika 17. – Model sklopa vrata broj 37593.000.0*

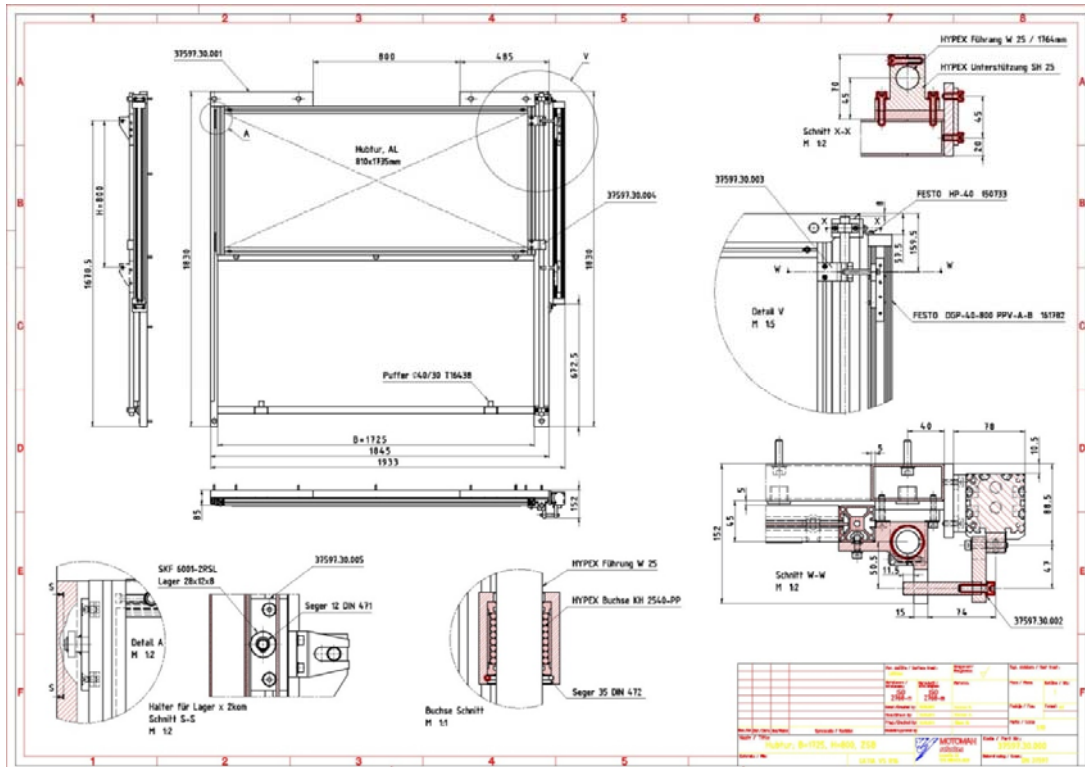


Prije početka izrade tehničke dokumentacije za vrata (Hubtur 37593.000.0) izradjen je STEP fajl sklopa vrata i sačuvan u direktoriju vrata za robotsku ćeliju. Kako se konstrukcija robotske ćelije projektuje u paketu SolidWorks, STEP fajl odnosno model je postavljen u sklop na mjesto predviđeno za montažu (Slika 18), te utvrđena mjesta kolizije konstrukcije ćelije i nosača vrata. Nakon toga pristupilo se korekcijama nosača vrata.

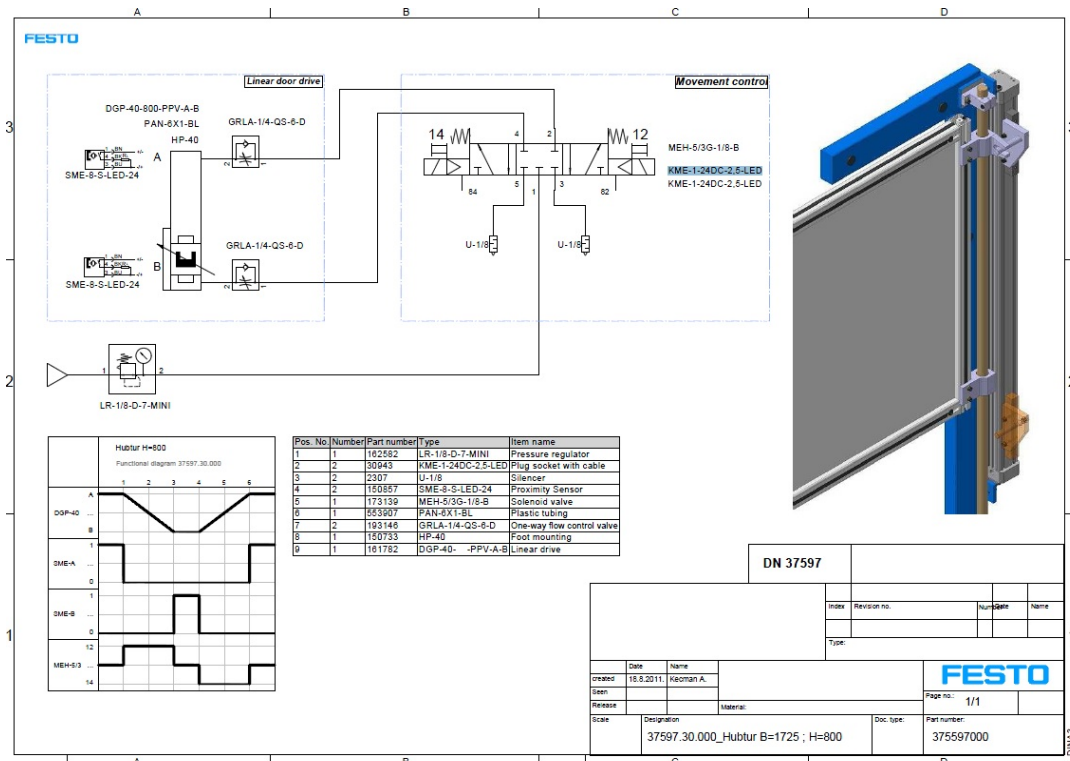


*Slika 18. – Presjek ćelije i prikaz konstrukcije sklopa vrata postavljenih na zid ćelije*

Nakon završetka modeliranja izvršena je izrada tehničke dokumentacije sklopa i tehničkih crteža dijelova koji se dodatno obrađuju. Sklopni crtež je izrađen na papiru formata A2 sa dovoljnim brojem projekcija, pogleda i presjeka tako da se na jednom crtežu mogu vidjeti svi standardni i nestandardni dijelovi koji ulaze u sklop Dižnih vrata (Slika 19). Po završetku izrade crteža, pristupilo se projektovanju pneumatske šeme vrata i dijagrama upravljanja (Slika 20), u softverskom paketu FluidDRAW proizvođača FESTO, čije komponente su predviđene za ugradnju u sklop vrata. Pogon vrata je ostvaren linearnim pogonom DGP-40-800-PPV-A-B (linearni cilindar sa hodom od 800mm), na koji su postavljeni priključci crijeva 8mm sa prigušnicima GRLA-1/4-QS-6D za regulaciju brzine klipa, kao i dva granična prekidača „ReadRelay-a“ SME-8-S-LED-24. Upravljanje vratima je ostvareno elektromagnetnim ventilom MEH-5/3G-1/8-B, na koji su postavljeni priključci za upravljanje električnim signalom KME-1-24DC-2,5-LED i glušnjaci U-1/8.



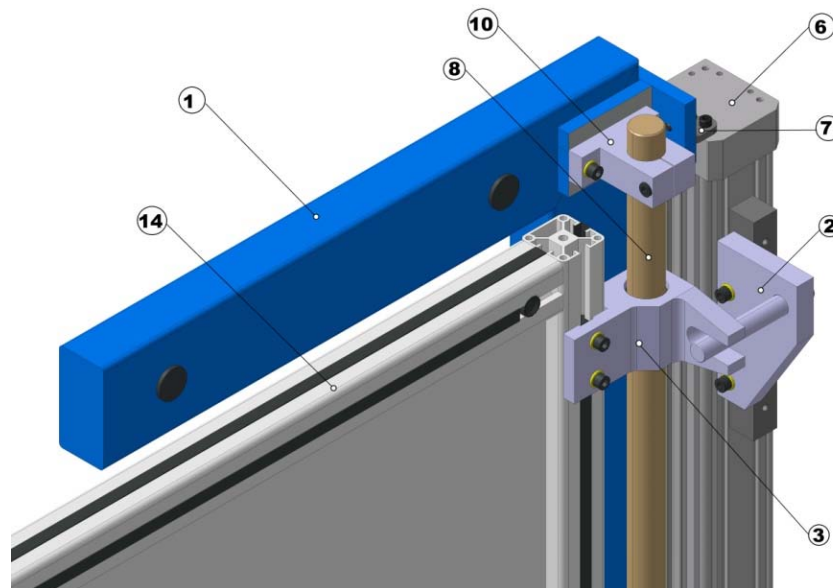
Slika 19. - Slika prikazuje sklopni crtež za Dižna vrata, uz koji je automatski generisana sastavnica u Exel zaglavlju firme.



Slika 20. – Pneumatska šema vrata 37593.000.0



U sklopu tehničke dokumentacije izrađeno je i uputstvo za montažu vrata (Slika 21), gdje su na slici modela brojevima obilježeni svi elementi sklopa, a u legendi pobrojani nazivi svih i oznake standardnih dijelova. Sva tehnička dokumentacija uključujući i tehničke crteže sklopa vrata i radioničke crteža konstrukcije je izrađena na njemačkom jeziku.



*Slika 21. – Dio uputstva za montažu, model Dižnih vrata i detalj povezivanja vrata sa sistemom za vodjenje i pneumatskim linearnim pogonskim sistemom*

#### **4. Predstavljanje FESTO FluidDraw-a:**

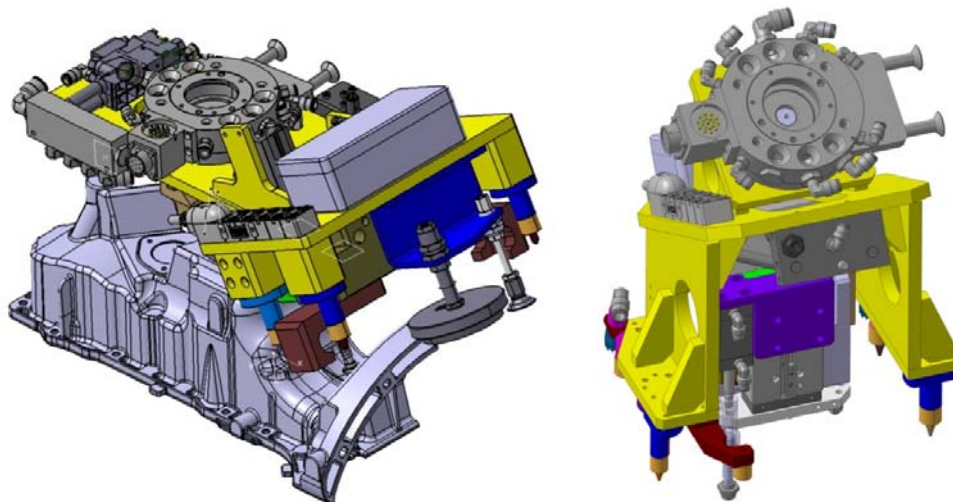
Predstavljanje FluidDrawa, FESTO-vog softvera za izradu pneumatskih šema, je izvršeno na računaru u konstrukcijskom birou. Prikazani su svi alati za izradu pneumatske šeme, način formiranja sastavnice, kao i dva načina crtanja (uzimanja) simbola. Prvi način je direktno iz menija simbola koji su pohranjeni u bazi programa ali time se ne prikazuje naziv i šifra (kod za narudžbu) određene komponente. Drugi način je insert simbola iz FESTO-vog kataloga tako što se u pretraživač unese kod ili oznaka komponente.



## 5. Izrada i dopuna pneumatskih šema za prijemala i preprijemalne postaje (FluidDraw):

Fleksibilni obradni sistem čiji sastavni dio je portalni nosač robota koji ima nosivost 50kg, a opslužuje obradni centar za doradu izlivenih aluminijumskih dijelova motora i mjenjača uzimajući ih iz 6 različitih boksova. Projektovanje i završetak montaže ćelije je bio pri kraju, pa je bilo potrebno kompletirati tehničku dokumentaciju za 5 robotskih ćelija koje rade na sličan način a imaju 6 različitih prihvaćaća (prijemala) za dijelove, i stanica na kojima se vrši zamjena strane hvatanja dijela (preprijemalne postaje).

**Hvatač (Prijemalo)**, je sklop pomoću kojeg se precizno hvataju dijelovi koji se pomoću robota postavljaju u stezni prihvat u lancu obradnih centara fleksibilnog tehnološkog sistema. Sastoji se iz noseće aluminijumske ploče na koju se montiraju pneumatski cilindri, pneumatski hvatači, vakumski hvatači, i ostala pneumatska instalacija potrebna za rad hvatača. Hvatač se projektuje tako da obezbijedi hvatanje obratka sa obe strane.



Slika 22. – Primjeri dva hvatača (Prijemala)

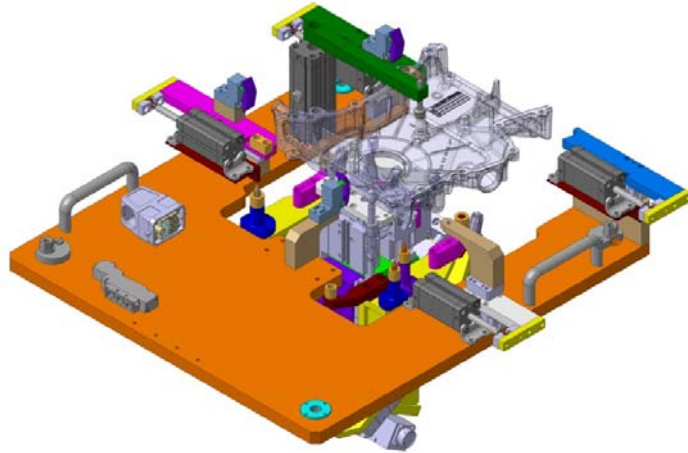


Povezivanje hvatača i robota se vrši pneumatskom sklopkom, koja ima mogućnost povezivanja 10 pneumatskih vodova kojima se upravlja cilindrima na hvataču, kao i mogućnost ugradnje adaptera preko kojeg se prenose signali sa senzora na hvataču prema upravljačkoj jedinici.



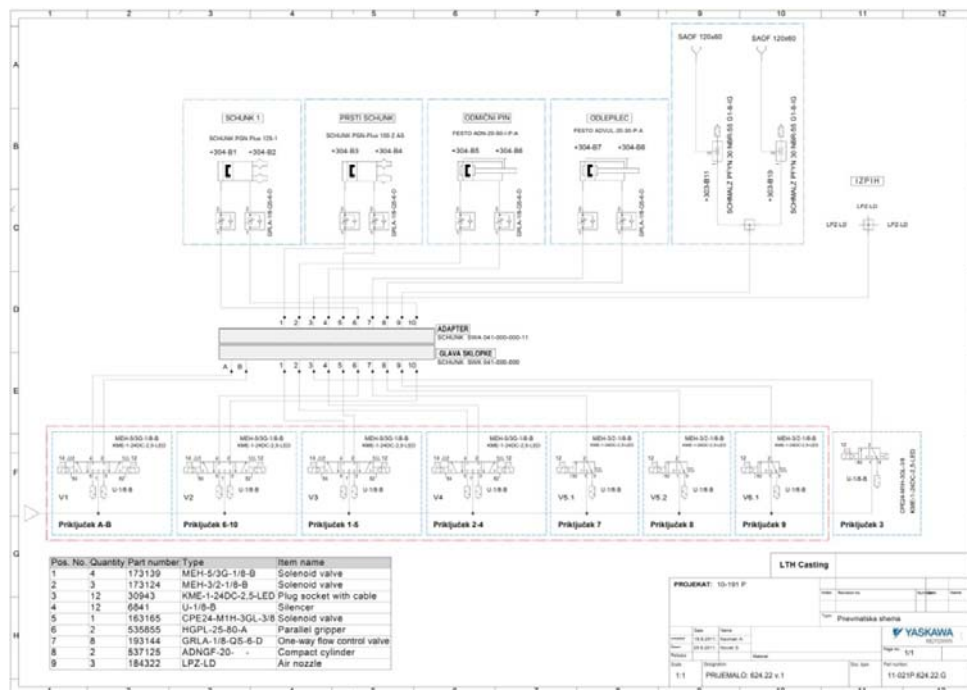
Slika 23. – SCHUNK „Quick-Change System“ SWA, pneumatska spojnica sa adapterom

Promjena strane hvatanja obratka ostvaruje se na tzv. „Preprijemalnoj postaji“, gdje robot pomoću hvatača obradak postavi na stanicu gdje se pomoću pneumatskog cilindra steže, dok robot ne dovede hvatač sa druge strane stanice i preuzme obradak.



Slika 24. – Primjer „Preprijemalne postaje“ sa obratkom i hvatačem (odozdo)

Zadaci na kojima sam radi su bili prerada već postojećih šema, i izrada novih uz pomoć završenih CATIA modela prijemala i preprijemalnih stanica i uz pomoć već izrađenih prijemala. Kako je na svim ćelijama pneumatski blok jedinstvan a sastoji se iz 4 5/3G ventila i 3 3/2 ventila i 3/2 ventila za ispuštanje zraka, napravio sam blik povezanih ventila koji su grupisani kao jedna cjelina.



Slika 22. – Primjer jedne šeme grafera sa jasno odvojenim ventilskim blokom, pneumatskom spojnicom i adapterom.



Svako prijemalo se povezuje sa robotom pomoću brze sklopke SWA-041 proizvođača SCHUNK koja na sebi ima 10 odvojenih kanala 1...10 (veza) za pneumatsku instalaciju i dva priključka A-B za upravljanje sklopkom.

## 6. Konstrukcija i izrada tehničke dokumentacije za Regal za kable (CATIA):

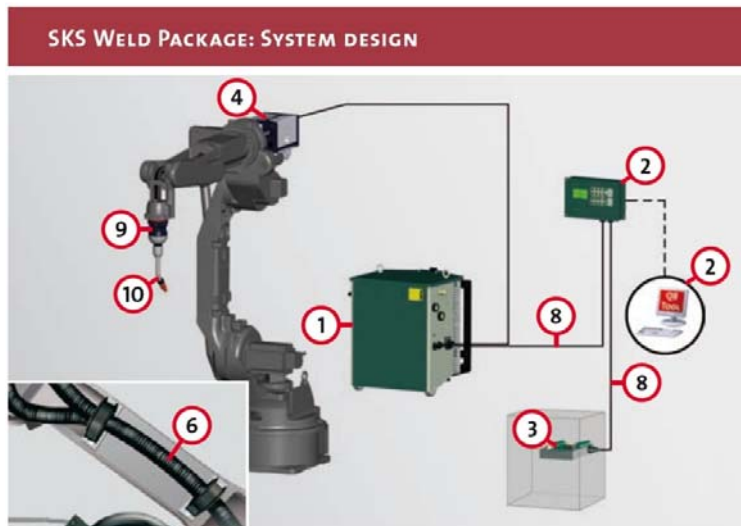
Na osnovu promjera prostora i zahtijeva (kolut prečnika 500mm i širine 450mm, mogućnost postavljanja 6 kolutova po visini u 3 kolone) u skladištu elektro materijala, pristupilo se izradi 3D modela čelične konstrukcije regala. Odabrano je idejno rješenje regala iz dva dijela, i minimalne gabaritne dimenzije. Izvršena je izrada tehničke dokumentacije za sklop regala kao i konstrukciju gornjeg i donjeg dijela regala, sa specifikacijom svih cijevi i dijelova koje ulaze u zavarenu konstrukciju.



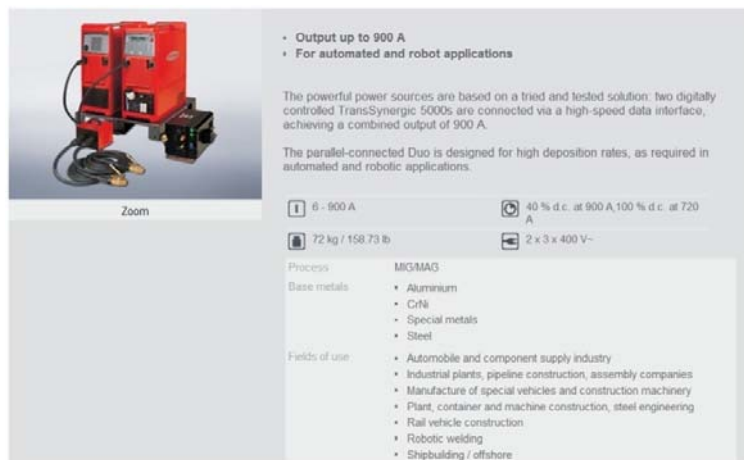
Slika 23. – Slika montiranog regala za kablove u skladištu elektro materijala

## 7. Predstavljanje SKS i Fronius opreme za zavarivanje (teoretski i praktično):

Predstavljena je oprema za robotsko zavarivanje proizvođača FRONIUS i SKS, pri tome su posebno objašnjeni svi elementi sistema za zavarivanje postupkom MIG/MAG, TIG, Plasma i Laserskog zavarivanja. Posebno je obrađena oblast MIG/MAG zavarivanja koje se najčešće ugrađuje u robotske ćelije, pri tome su detaljno pokazani svi elementi sistema za MIG/MAG zavarivanje: izvor, skladište žice, transport žice, upravljačka jedinica za izvor zavarivanja, interfejs upravljačke jedinice izvora i upravljačke jedinice robota (DX ili NX).



SKS katalog opreme za robotsko zavarivanje



FRONIUS katalog opreme za robotsko zavarivanje

## 5. Reference

- [1] HYPEX katalog AL profila i katalog linearnih vođica,
- [2] SKF General catalog,
- [3] FESTO catalog 2011,
- [4] FESTO xDKY elektronski katalog dijelova,
- [5] CATIA V5 R19,
- [6] FESTO FluidDraw,
- [7] SCHUNK Robot Accessories catalog,
- [8] [www.hypex.si/3D\\_downloads](http://www.hypex.si/3D_downloads)
- [9] FRONIUS katalog aplikacija za robotsko i ručno zavarivanje,
- [10] SKS katalog opreme za robotsko zavarivanje.



## 6. Zaključak

Po završetku Program studentske prakse koju sam obavljao u firmi MOTOMAN Robotec d.o.o. u Ribnici-Slovenija, mogu slobodno kazati da sam više nego zadovoljan samom organizacijom prakse, uslovima na radnom mjestu, pozitivnim stavom koji su zaposleni imali prema meni, a posebno zaposleni u CATIA birou u kojem sam radio za vrijeme PSP-a. Veše nego sam zadovoljan pristupom i zainteresovanošću industrijskog mentora prakse g. Simon Novaka, s kojom je pristupao svakom zadatku i problemu koji sam rješavao za vrijeme prakse, kao i željom direktora g. Hubert Koslera da što bolje i razumljivije predstavi oblasti poslovanja firme i pravce razvoja. Pored toga, manje bitan ali nezaboravan dio je jedno sasvim novo iskustvo za mene kao i mnoga nova prijateljstva.

Na samom kraju mi ne preostaje ništa, nego da gostoprimstvo domaćina, rješavanje raznih problema u praksi, ljude sa kojima sam sarađivao i generalno moj boravak na studentskoj praksi ocijenim sa ocjenom Odličan (10).

**Datum:** 02.09.2011. godine

**Mjesto:** 1310 Ribnica - Slovenija

**Potpis studenta:**

---

**Potpis industrijskog mentora:**

---