

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
**STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU**

# **DIPLOMSKI RAD**

sveučilišnog dodiplomskog studija

**Antonio Čović**  
12043050

Slavonski Brod, 2011.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
**STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU**

# **DIPLOMSKI RAD**

sveučilišnog dodiplomskog studija

**Antonio Čović**  
12043050

Voditelj diplomskog rada:  
**doc. dr. sc. Tomislav Galeta**

Slavonski Brod, 2011.

# I. AUTOR

Ime i prezime: Antonio Čović

Mjesto i datum rođenja: Vinkovci, 14.01.1986.

STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

Datum završetka nastave:

Sadašnje zaposlenje:

# II. DIPLOMSKI RAD

Naslov: Smjernice za računalno oblikovanje naprave za zavarivanje ojačanja krovnog prozora u softveru CATIA

Broj stranica: 64    slika:73    tablica: 2    priloga:1    bibliografskih podataka:4

Ustanova i mjesto gdje je rad izrađen: **STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU**

Postignut akademski naslov: **diplomirani inženjer strojarstva**

Voditelj rada: doc. dr. sc. Tomislav Galeta

Obranjeno na **Strojarskom fakultetu u Slavonskom Brodu**

Oznaka i redni broj rada: \_\_\_\_\_

# III. OCJENA I OBRANA

Datum preuzimanja zadatka: 25.10.2010.

Datum predaje rada: 04.01.2011.

Datum obrane rada: \_\_\_\_\_

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog  
rada prema kojim je rad obranjen:

---

---

---

---

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
STROJARSKI FAKULTET  
U SLAVONSKOM BRODU  
Trg Ivane Brlić-Mažuranić 2

**Povjerenstvo za diplomske ispite  
sveučilišnog dodiplomskog studija**  
U Slavonskom Brodu, 25. 10. 2010. god.

## DIPLOMSKI ZADATAK

**Pristupnik:** ANTONIO ČOVIĆ

**Zadatak:** Odrediti smjernice za računalno oblikovanje naprave za zavarivanje ojačanja krovnog prozora u softveru CATIA

**Rješenjem zadatka potrebno je obuhvatiti sljedeće:**

1. Pojasniti svrhu i rad promatrane naprave
2. Obrazložiti odabir softvera CATIA
3. Prikazati aktualne industrijske smjernice za računalno oblikovanje
4. Smjernice na promatranoj napravi
5. Analizirati i diskutirati upotrebu smjernica na promatranoj napravi

U diplomskom se radu treba obvezno pridržavati **Uputa za izradu diplomskog rada.**

**Zadatak uručen pristupniku:** 25. 10. 2010.


**Rok predaje diplomskog rada:** 04. 01. 2011.

**Datum predaje diplomskog rada:** \_\_\_\_\_

**PREDSJEDNIK POVJERENSTVA  
DIPLOMSKE ISPITE:**

**prof.dr.sc. Franjo Matejiček**

**ZADATAK ZADAO:**

  
Digitally signed by Tomislav Galeta  
DN: cn=Tomislav Galeta, o=Mechanical  
Engineering Faculty, ou=Department of  
Industrial Engineering, email=tgaleta@sfsb.  
hr.hr, c=HR  
Date: 2010.10.25 09:28:51 +02'00'

**doc.dr.sc. Tomislav Galeta**

## IZJAVA

Izjavljujem da sam diplomski rad izradio samostalno, koristeći se vlastitim znanjem i navedenom literaturom.

U radu mi je pomogao savjetima i uputama voditelj diplomskog rada doc.dr.sc.Tomislav Galeta te mu se iskreno zahvaljujem.

Tvrtka „Multinorm“ d.o.o. omogućila mi je praktični dio rada. Zahvaljujem se direktorima g. Milanu Magdiću i g. ing. Igoru Begoviću te suradnicima Hrvoju Vraniću i dipl.ing. Zlatku Perešinu na vremenu i strpljenju.

Zahvaljujem se obitelji na svoj pruženoj potpori tijekom studiranja i izrade diplomskog rada.

---

## SAŽETAK

U diplomskom radu cilj je odrediti smjernice za računalno oblikovanje naprave za zavarivanje ojačanja krovnog prozora osobnog automobila u softveru CATIA.

U teorijskom dijelu diplomskog rada objašnjena je svrha i rad promatrane naprave, razlog za odabir softvera CATIA te aktualne industrijske smjernice postupka računalnog oblikovanja.

U praktičnom je dijelu modeliranje izvedeno u CAD sustavu CATIA tvrtke Dassault Systemes. Kod modeliranja naprave korištene su aktualne smjernice za modeliranje dijelova i sastavljanje naprave te njenih pod-sklopova te je sve detaljno objašnjeno.

Ključne riječi: računalno oblikovanje, CATIA, industrijske smjernice.

## SADRŽAJ

### PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

<b>1. UVOD .....</b>	<b>1</b>
1.1. SVRHA I NAČIN RADA PROMATRANE NAPRAVE .....	1
<b>2. CATIA .....</b>	<b>6</b>
2.1. POVIJESNI RAZVOJ CATIA SOFTVERA.....	6
2.2. PREDNOSTI CATIA-E.....	8
<b>3. AKTUALNE SMJERNICE ZA RAČUNALNO OBLIKOVANJE .....</b>	<b>9</b>
3.1. PRAVILA IMENOVANJA .....	9
3.2. BOJE.....	10
3.3. FORMATI PODATAKA .....	12
3.4. STRUKTURIRANJE CATIA-V5 SKLOPOVA .....	12
3.4.1 <i>Unošenje i priprema podataka.....</i>	<i>13</i>
3.4.2 <i>Kontrola pomoću adaptera .....</i>	<i>13</i>
3.4.3 <i>Zrcaljenje dijelova i proizvoda .....</i>	<i>14</i>
3.5. STRUKTURIRANJE PROIZVODNIH DIJELOVA CATIA-V5.....	17
3.5.1 <i>Temeljne informacije.....</i>	<i>17</i>
3.5.2 <i>Struktura tijela .....</i>	<i>18</i>
3.6. 3D DIZAJN.....	20
3.6.1 <i>Skice (engl. Sketch) .....</i>	<i>20</i>
3.6.2 <i>Predstavljanje otvorenih položaja .....</i>	<i>21</i>
<b>4. PRIMJENA SMJERNICA NA PROMATRANOJ NAPRAVI .....</b>	<b>23</b>
4.1. IMENOVANJE.....	23
4.2. SKETCHER.....	23
4.3. ADAPTER MODEL .....	27
4.4. DEFINIRANJE OBRADA I TOLERANCIJA .....	30
4.5. PRIMJENA BOJA .....	34
4.6. STANDARDNI DIJELOVI.....	37
4.7. SKLOP .....	40
4.7.1 <i>Sklapanje naprave.....</i>	<i>46</i>
<b>5. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>49</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>50</b>
<b>PRILOZI .....</b>	<b>51</b>

## POPIS SLIKA

Slika 1.1 Limeni plaštevci koji će kasnije tvoriti ojačanje .....	1
Slika 1.2 Zatici .....	2
Slika 1.3 Pneumatske stege u otvorenom položaju.....	2
Slika 1.4 Pneumatske stege zatvorenom položaju .....	3
Slika 1.5 Optički senzori, inicijatori .....	3
Slika 1.6 Tolerancijske pločice .....	3
Slika 1.7 Sve montirano na osnovnom okviru .....	4
Slika 1.8 Pozicije zadanih točaka.....	4
Slika 1.9 Popis standardnih dijelova dolazi u CATIA formatu .....	5
Slika 2.1 Mercure [1] .....	6
Slika 2.2 Alphajet [1] .....	6
Slika 2.3 Izgled CATI sučelja 1967. Godine [1].....	7
Slika 2.4 Izgled CATIA sučelja danas [2] .....	8
Slika 3.1 Opcije za osiguranje jednakosti imena .....	9
Slika 3.2 Definiranje RGB komponenata .....	11
Slika 3.3 Postavke za određivanje boje, oblika linija i prozirnosti .....	11
Slika 3.4 Veza između datoteka na računalu i strukture naprave .....	12
Slika 3.5 Primjer zadanih točaka stezanja.....	13
Slika 3.6 Makro naredba za preslikavanje .....	15
Slika 3.7 Početna situacija zrcaljenja - označen dio .....	16
Slika 3.8 Opcije pod naredbom „Paste Special“ .....	16
Slika 3.9 Rezultat nakon zrcaljenja.....	16
Slika 3.10 Stablo početnog modela.....	17
Slika 3.11 Primjer neobrađenog komada funkcionalnog dijela .....	18
Slika 3.12 Obrada glodanjem i bušenjem .....	19
Slika 3.13 Dovršeno tijelo u odjeljku funkcionalnog dijela.....	19
Slika 3.14 Otvoreni položaj (Varijanta 1).....	21
Slika 3.15 Opcija Prikazati u Bill Of Material.....	22
Slika 4.1 Nedovoljno definirana skica .....	24
Slika 4.2 Definirana skica .....	24
Slika 4.3 Potpuno definirana skica.....	25
Slika 4.4 Predefinirana skica.....	25
Slika 4.5 Postavke za ekstrudiranje skice .....	26



---

Slika 4.6 3D model.....	26
Slika 4.7 Linijski kostur sklopa osnovnog okvira.....	27
Slika 4.8 Potpuno definirani kostur sklopa sa zadanim ravninama sastava.....	27
Slika 4.9 Definiranje duljine cijevi .....	28
Slika 4.10 Sastavljen osnovni okvir pomoću adapter modela .....	28
Slika 4.11 Izmijenjene dimenzije osnovnog okvira .....	29
Slika 4.12 Automatski izmijenjen model osnovnog okvira .....	29
Slika 4.13 Dio koji izrezujemo na rezaču .....	30
Slika 4.14 Definiranje obrade i tolerancije .....	31
Slika 4.15 Definiranje dimenzija potrebnih za obradu .....	31
Slika 4.16 Definiranje opcije Pocket.....	32
Slika 4.17 Izvršeno grubo glodanje.....	32
Slika 4.18 Definiranje rupe .....	33
Slika 4.19 Korištenje opcije Rectangular Pattern .....	33
Slika 4.20 Model dijela sa svim definiranim obradama.....	34
Slika 4.21 Primjer primjene boja na pod-sklopu.....	35
Slika 4.22 Pomični dio naprave u otvorenom položaju .....	36
Slika 4.23 Različiti materijali naznačeni različitim bojama .....	36
Slika 4.24 Standardni dio, Pneumatska stega, 160Nm .....	37
Slika 4.25 Pneumatska stega uklopljena u pod-sklop .....	38
Slika 4.26 Standardni dio, Pneumatski cilindar, 0.55kN .....	38
Slika 4.27 Pneumatski cilindar uklopljen u pod-sklop .....	39
Slika 4.28 Standardni dio, Optički inicijator.....	39
Slika 4.29 Optički inicijator uklopljen u pod-sklop.....	40
Slika 4.30 Otvaranje Assembly Design okruženja.....	41
Slika 4.31 Umetanje postojeće komponente, dijela ili sklopa .....	41
Slika 4.32 Definiranje ograničenja.....	42
Slika 4.33 Prikaz odabranog ograničenja.....	42
Slika 4.34 Spojeni dijelovi .....	43
Slika 4.35 Naredba Snap .....	43
Slika 4.36 Odabrani elementi naredbom Snap.....	44
Slika 4.37 Elementi spojeni naredbom Snap .....	44
Slika 4.38 Svi dijelovi pod-sklopa .....	45
Slika 4.39 Sastavljen pod-sklop .....	45
Slika 4.40 Osnovni pod-sklopovi i predmet.....	46
Slika 4.41 Prikaz položaja ishodišta adaptera pojedinih pod-sklopova .....	46

---

Slika 4.42 Pravilno postavljeni pod-sklopovi .....	47
Slika 4.43 Svi adapteri su poravnati, ishodišta su u jednoj točki prostora.....	47
Slika 4.44 Makro naredba za zrcaljenje .....	48
Slika 4.45 Zrcaljeni elementi na svojim pozicijama .....	48

**POPIS TABLICA**

Tabela 3.1 Kratice za tipove elemenata [4].....	9
Tabela 3.2 Značenje boja u CATIA modelima [4] .....	10

## PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

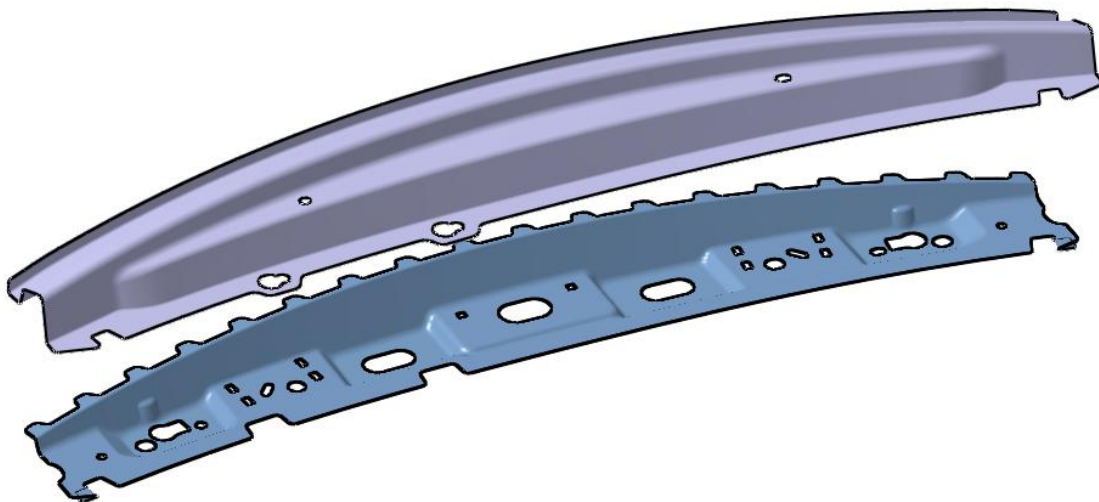
<i>CAD</i>	računalom podržano oblikovanje (engl. <i>Computer Aided Design</i> )
<i>NC</i>	numeričko upravljanje (engl. <i>Numerical Control</i> )
<i>AXS</i>	sustav osi (engl. <i>Axis System</i> )
<i>PT</i>	točka (engl. <i>Point</i> )
<i>LN</i>	linija (engl. <i>Line</i> )
<i>CRV</i>	krivulja (engl. <i>Curve</i> )
<i>PLN</i>	ravnina (engl. <i>Plane</i> )
<i>SUR</i>	površina (engl. <i>Surface</i> )
<i>OEM</i>	proizvođači opreme, naručitelji posla (engl. <i>Original Equipment Manufacturer</i> )
<i>CATPart</i>	nastavak CATIA datoteke za komponente odnosno pojedinačne dijelove
<i>CATProduct</i>	nastavak CATIA datoteke za sklopove

## 1. UVOD

Diplomski je rad napravljen u tvrtki „Multinorm“ d.o.o. tako da je iz početka konstruirana naprava za zavarivanje ojačanja krovnog prozora osobnog automobila u softveru CATIA. U diplomskom su prikazane aktualne industrijske smjernice koje su korištene za konstruiranje takve naprave.

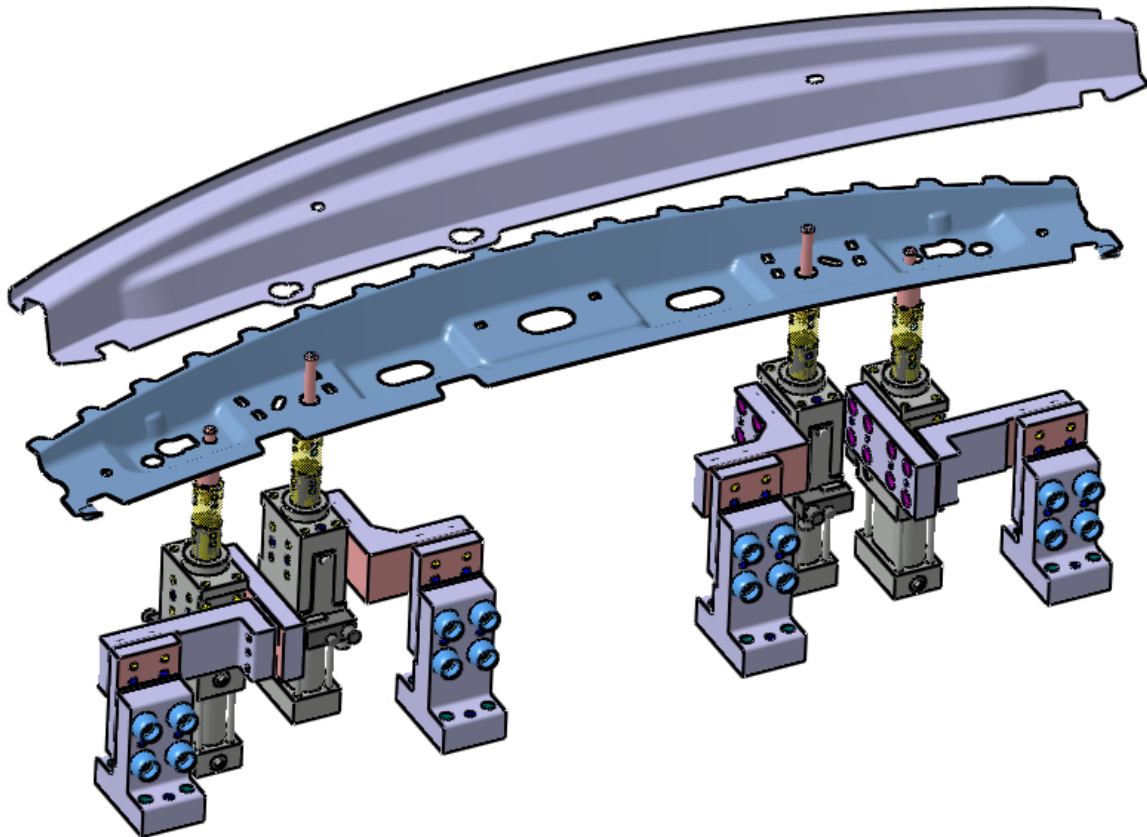
### 1.1. Svrha i način rada promatrane naprave

Danas u auto-industriji javlja se puno različitih auto-dijelova. Da bi proizvodnja svakog tog auto-dijela bila što brža i što efikasnija za svaki auto-dio konstruira se naprava. Naprava ima zadaću pridržavati dijelove prilikom obrade. Najčešće su to naprave koje pridržavaju više dijelova u poziciji u kojoj će se kasnije nalaziti u gotovom proizvodu. Kad naprave sigurno i precizno pozicioniraju dijelove, zavaruju se u novi dio.



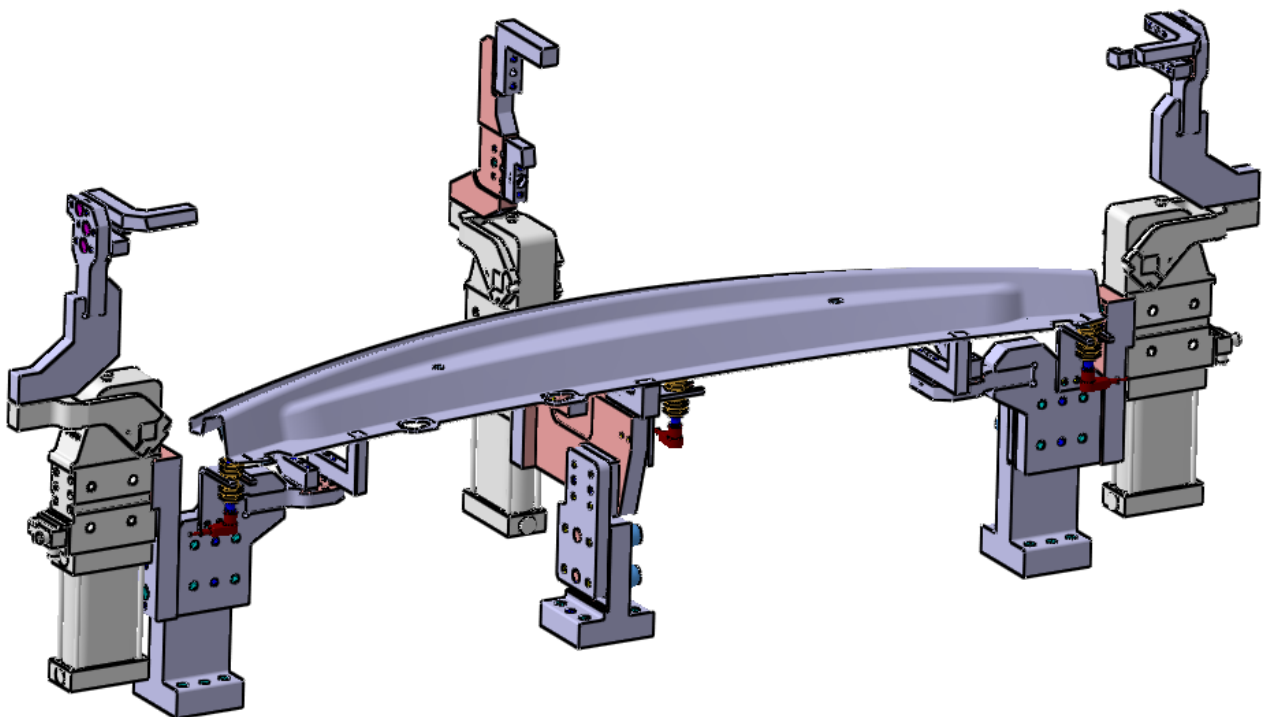
*Slika 1.1 Limeni plaševi koji će kasnije tvoriti ojačanje*

Promatrana naprava ima zadaću pozicionirati dva limena plašta (Slika 1.1), prethodno oblikovana na preši. Pozicija se ostvaruje tako da se u četiri točke koriste zatici za centriranje (Slika 1.2) na koje plaševi nasjednu.

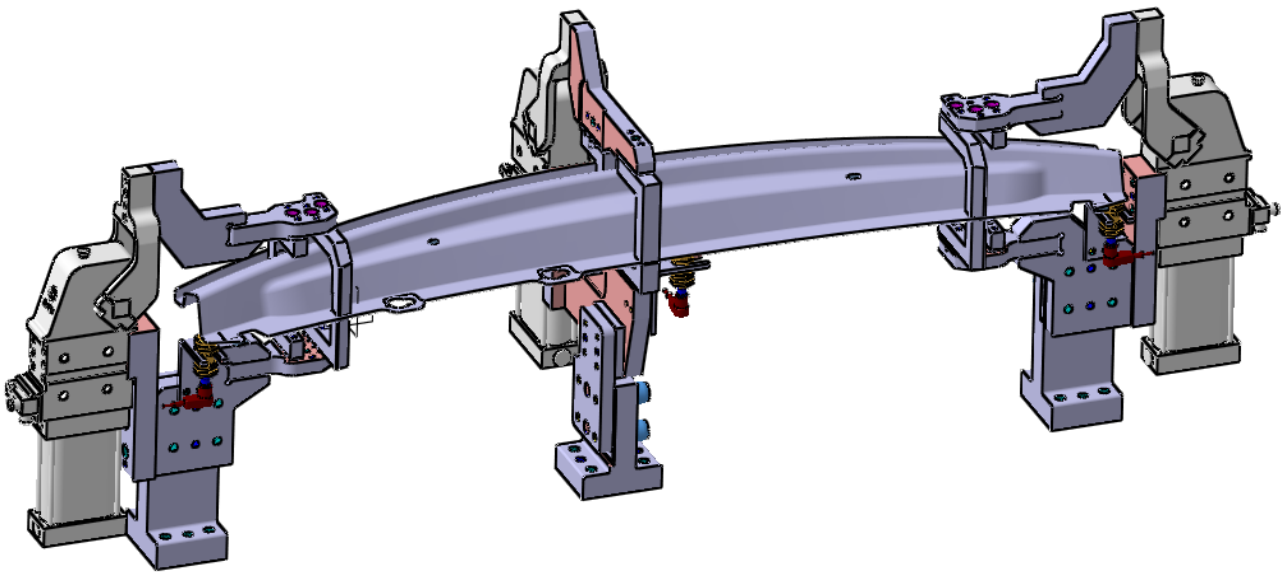


*Slika 1.2 Zatici*

Nakon centriranja, u 6 točaka se koriste pneumatske stege (Slika 1.3 i Slika 1.4), kojima se plaštevci fiksiraju jedan na drugog. Na taj način dovedeni su u položaj u kojem se može izvršiti točkasto zavarivanje robotskim rukama.

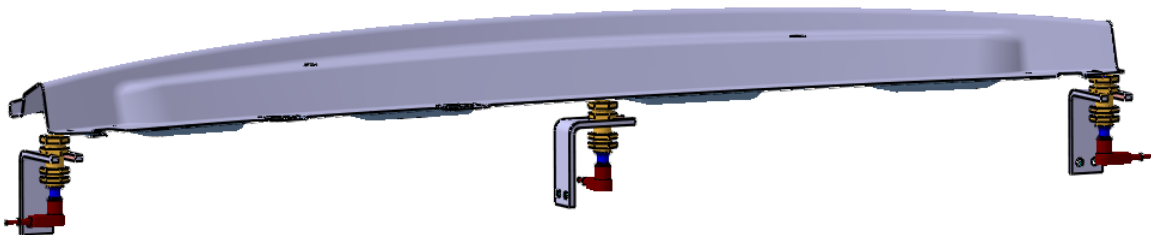


*Slika 1.3 Pneumatske stege u otvorenom položaju*



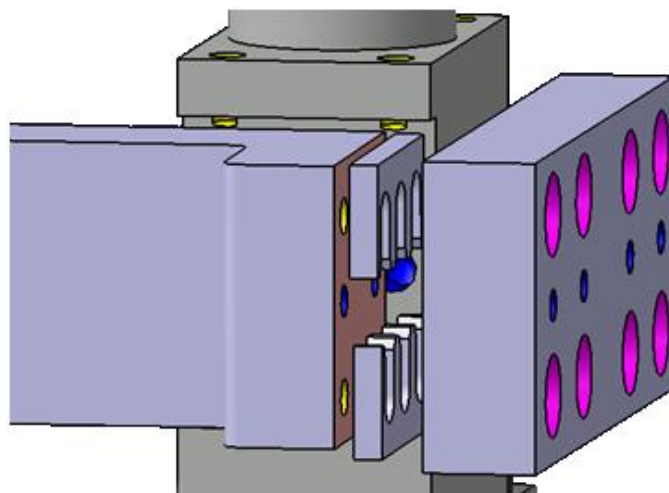
*Slika 1.4 Pneumatske stege zatvorenom položaju*

Za provjeru položaja koriste se optički senzori (Slika 1.5) u tri točke koji signaliziraju da su plaševi na svojim mjestima.



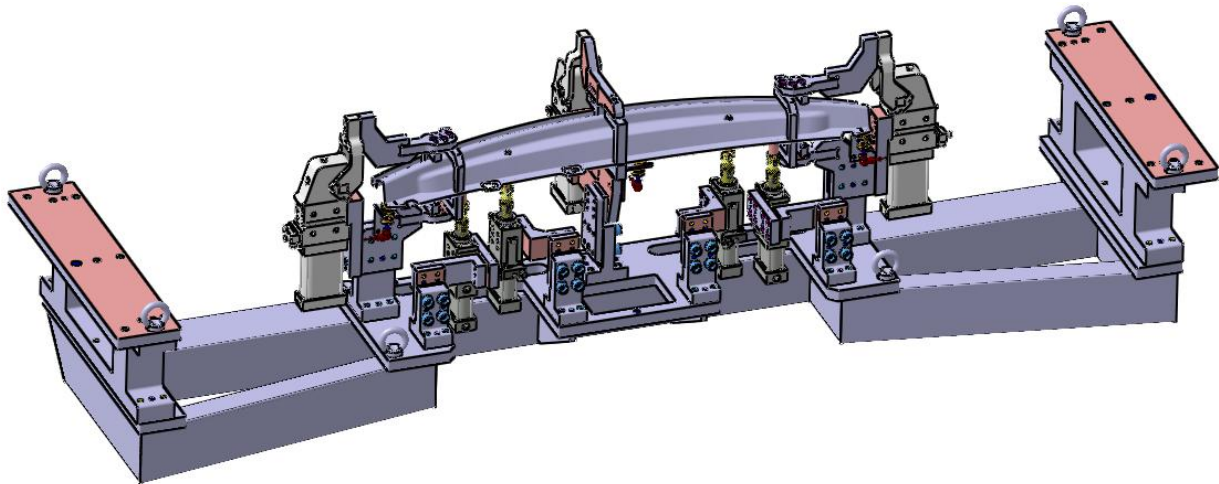
*Slika 1.5 Optički senzori, inicijatori*

U proizvodnji ove naprave neće sve biti savršeno kao što izgleda u programu pa će doći do određenih odstupanja u točnosti. Zbog toga se svaki pod-sklop može pomjeriti u smjeru sve tri osi do 5mm. To je ostvareno pomoću tankih tolerancijskih pločica debljine 0.5mm (Slika 1.6).



*Slika 1.6 Tolerancijske pločice*

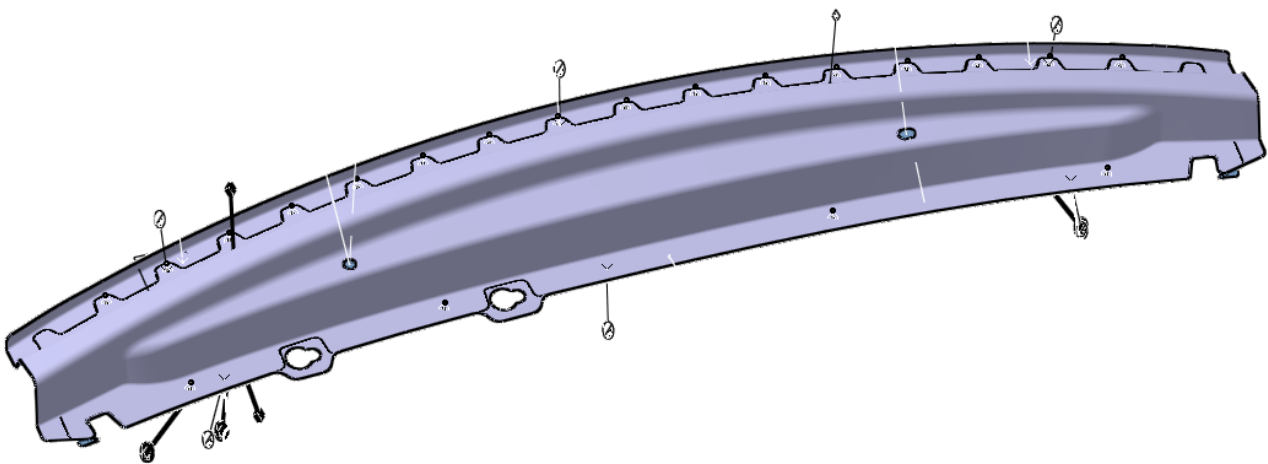
Sve navedeno fiksirano je na osnovni okvir, koji ima zadaću da garantira jednolik rad bez ikakvih deformacija (Slika 1.7).



*Slika 1.7 Sve montirano na osnovnom okviru*
































































Naprava se konstruira od izratka prema okviru. Naručitelj naprave odnosno kupac definira ulazne dokumente koji sadrže:

- izgled dijela koji se proizvodi (Slika 1.8),
- pozicije zavora (Slika 1.8),
- točke stezanja (Slika 1.8),
- pozicije i dimenzije rupa za centriranje (Slika 1.8),
- listu standardnih dijelova koji se mogu koristiti (Slika 1.9),
- najveću masu naprave,
- najveći dopušteni moment ako se radi o napravi koja se montira na okretni stol.



*Slika 1.8 Pozicije zadanih točaka.*



 2-044-0126-01-00__OBEN PINOLE	 QGDBWBK000129_1
 2-044-0126-02-00__UNTEN PINOLE	 QGDBWBK000130
 97.025._PRIMAER 180GRAD	 QGDBWBK000131
 3128840__1526__ISOLIERBUCHSE	 QGDBWBK000131_1
 3193192__1225__ZWISCHENPLATTENPAKET	 QGDBWBK000133
 3491998__1500__FM_SCHILD_24X80	 QGDBWBK000140
 3491999__1498__SCHILD_8X30	 QGDBWBK000150
 3699430__1227__ZWISCHENPLATTENPAKET	 QGDBWBK000150_1
 5323742__2054__ISOLIERBUCHSE	 QGDBWBK000179
 A2186400171	 QGDBWBK000179_1
 A2186400171_1	 QGDBWBK000180
 A2186400171_3	 QGDBWBK000180_1
 A2186470001	 QGDBWBK000181
 A2186470001_2	 QGDBWBK000181_1
 A2186470201	 QGDBWBK000182
 A2186470201_1	 QGDBWBK000182_1
 AUFLAGEBOLZEN 02153-08036	 QGDBWBK000183
 K_K2_50_A10_A11_A12_T12_TUENKERS	 QGDBWBK000183_1
 MSZK_40_40_HUB	 QGDBWBK000184
 QGDBWBK0000021	 QGDBWBK000184_1
 QGDBWBK0000021_1	 QGDBWBK000185
 QGDBWBK0000028	 QGDBWBK000185_1
 QGDBWBK0000028_1	 QGDBWBK000186
 QGDBWBK000118	 QGDBWBK000186_1
 QGDBWBK000118_1	 QGDBWBK000187
 QGDBWBK000119	 RINGSCHRAUBE_NLM_07680-16
 QGDBWBK000119_1	 SV-701739-01__00_919_INITIATOR_M12
 QGDBWBK000120	 SV-701739-01__00_920__KLEMMHALTER_M12
 QGDBWBK000121	 SZK_40_B_T12_TUENKERS
 QGDBWBK000121_1	 X50_ZANGE1_ANLAGE_1_E01_151107
 QGDBWBK000122	
 QGDBWBK000122_1	
 QGDBWBK000123	
 QGDBWBK000128	
 QGDBWBK000128_1	
 QGDBWBK000129	

*Slika 1.9 Popis standardnih dijelova dolazi u CATIA formatu*

## 2. CATIA

U ovom poglavlju predstavljene su uz kratak povijesni razvoj, neke od glavnih prednosti CATIA softvera, koje su bile razlog odabiranja ovog sustava za glavni alat u tvrtki „Multinorm“ d.o.o. te i u diplomskom radu.

### 2.1. Povijesni razvoj CATIA softvera

1967. godine pod okriljem Francuske zrakoplovne industrije „Dassault Aviation“ zbog potreba za računalnom obradom podataka o aerodinamici, analizi naprezanja te numeričkom kontrolom strojne obrade dijelova, razvija se softver za definiranje oblika zrakoplova.

1970. godine korak po korak svi noviji zrakoplovi definirani su elektronički. Vanjski oblik definiran im je kao 3D model dok je unutrašnjost definirana kao 2D crtež.

Između 1969. i 1972. iz francuske tvornice „Dassault Aviation“ izlaze prvi zrakoplovi definirani elektroničkim putem. To su bili civilni model „Mercure“ i vojni model „Alphajet“.



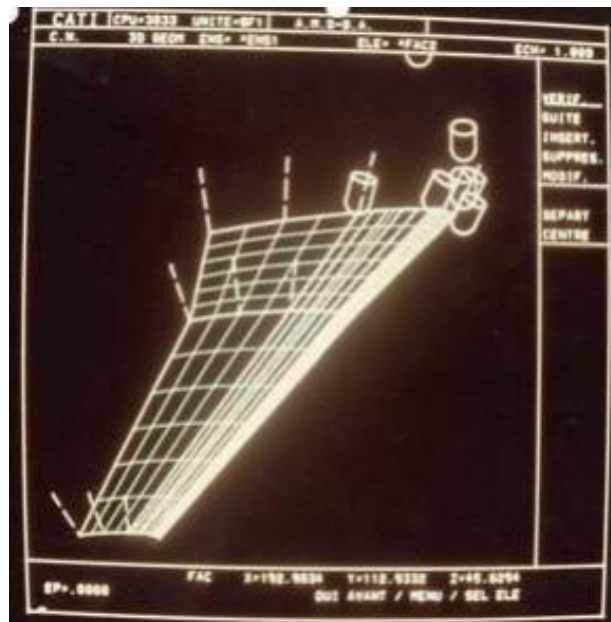
*Slika 2.1 Mercure [1]*



*Slika 2.2 Alphajet [1]*

1977. godine počinje razvoj CATIA-e pod nazivom „CATI“. Zadatak razvoja bio je integracija boljeg 3D okruženja u tada vodeći sustav CADAM. Rezultat je bio četverostruka ušteda na vremenu primjenom CATI-inih rješenja.

Početkom 1981. odlučeno je da bi CATI sustav trebalo osamostaliti u posebnom poduzeću te se osniva „Dassault Systemes“. Kompletan CAD/CAM tim od 15 zaposlenih prebacuje se na novi projekt. Dassault Systemes potpisuje ugovor sa IBM-om za prodaju i podršku korisnicima širom svijeta. Između 1981. i 1982. u cijelom svijetu prodano je samo 29 CATIA paketa.



Slika 2.3 Izgled CATIA sučelja 1967. Godine [1]

Među prvim korisnicima i kupcima CATIA sustava bili su:

- Dassault Aviation (zrakoplovna industrija, Francuska)
- Grumman (zrakoplovna industrija, SAD)
- SNECMA (mlazni motori, Francuska)
- Daimler-Benz (autoindustrija, Njemačka)
- BMW (autoindustrija, Njemačka)
- Honda (autoindustrija, Japan) [1].

1985. godine broj korisnika CATIA sustava raste na 400. Iduće godine Boeing odabire CATIA-u za svoj glavni softverski alat te radi ogromnu promociju sustava. Do 1991. godine broj korisnika raste na 2500, od kojih je 40% u auto-industriji, 30% zrakoplovstvu i 30% u ostalim granama.

1998. godine izlazi potpuno nova verzija CATIA V5 koja se sad može koristiti, osim na UNIX računalima, i na Windows računalima. CATIA pokriva sad gotovo sve grane industrije te je u transportnoj industriji vodeći paket.

Danas se na tržištu već nalazi CATIA V6 i polako zauzima mjesto V5 verzije. CATIA V5 trenutno je najkorišteniji sustav visoke opsežnosti u svijetu. Od 25 najvećih proizvođača u auto-industriji koristi ju 17 proizvođača, koristi se u Formuli 1, i to čak 6 od 8 proizvođača motora i 6 od 11 proizvođača šasija.



Slika 2.4 Izgled CATIA sučelja danas [2]

## 2.2. Prednosti CATIA-e

- Velika kvaliteta svake pojedine aplikacije od kojih se može izdvojiti:
  - Oblikovanje površina i tijela modela
  - NC simulacije strojnih obrada
- Velika fleksibilnost prilikom procesa konstruiranja
  - Integracija površina i tijela, moduli za modeliranje
  - Upotreba površinskih modela
  - Fleksibilni parametarski (varijabilni) modelar
- Sveobuhvatnost i integracija:
  - Veliki broj modula omogućava rješenje do kraja proizvodnog procesa
  - Integracija u jednu kompaktnu cjelinu - Svi moduli unutar CATIA-e integrirani su u jednu cjelinu
  - Povezivanje - Promjena u jednoj fazi oblikovanja odražava se u drugim fazama [3]

Tvrtka „Multinorm“ d.o.o. odabrala je CATIA-u, iz gore nabrojanih razloga, ali i zahtjeva tržišta na kojem posluje, za svoj glavni softverski alat.

### 3. AKTUALNE SMJERNICE ZA RAČUNALNO OBLIKOVANJE

U ovom poglavlju prikazane su aktualne industrijske smjernice čiju primjenu preporučuju te uvjetuju vodeći proizvođači u njemačkoj auto-industriji. Upotreba ovih smjernica uvelike olakšava te ubrzava konstrukcijski proces.

#### 3.1. Pravila imenovanja

Imena datoteka mogu sadržavati jedino velika slova, brojeve, donju crticu i crticu [A do Z, 0 do 9, \_, -].

Razmaci i specijalni znakovi nisu dozvoljeni. Razmak mora biti zamijenjen donjom crticom. OEM pravila reguliraju i duljinu imena. Broj i ime dijela (engl. *File name*) moraju biti isti. Ime se ne smije mijenjati na razini operativnog sustava.

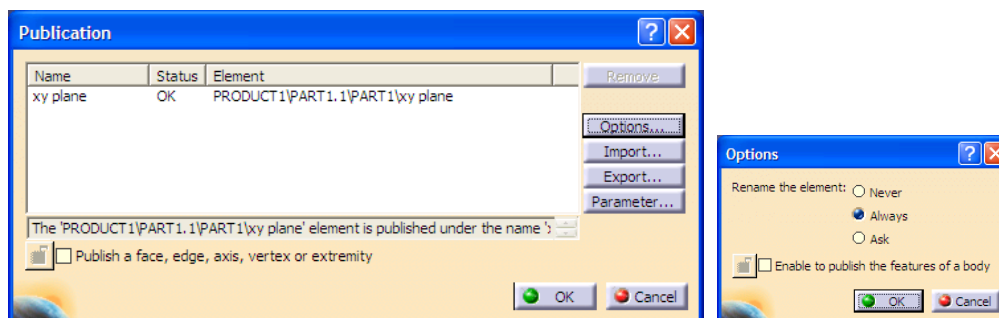
Iste se specifikacije primjenjuju za imena objekta u CATIA V5 dokumentima (npr.: tijela, geometrijska svojstva, parametra, relacije). Ovdje se koriste samo mala slova, točke i razmaci [a do z, ,, ,].

Ako se geometrijski element ili značajka naknadno mijenja, ime treba biti strukturirano kao tip elementa sadržanog u imenu. Ime elementa treba početi s kraticom tipa elementa poslije koje ide donja crtica. Tablica navodi najčešće korištene:

Tabela 3.1 Kratice za tipove elemenata [4]

Kratice tipa	Tip elementa
AXS	Sustav osi
PT	Točka
LN	Linija
PLN	Ravnina
SUR	Površina
CRV	Krivulja

Dakle, tip elementa je odmah poznat. Također je važno da je ime izlazne datoteke (engl. *Publication-Name*) i ime elementa isto. Ako element kasnije mijenja ime, jednakost imena može biti osigurana pomoću opcija softvera.



Slika 3.1 Opcije za osiguranje jednakosti imena

### 3.2. Boje

Da bi osigurali jednostavnost, vizualno ocjenjivanje modela za proizvodnju dijelova, boje prikazane u tablici i RGB vrijednosti moraju biti definirane kao prilagođene boje. Uz nepromijenjenih 48 osnovnih boja, dostupno je točno 16 prilagođenih boja. Boje služe za označavanje različitih tipova obrade te tolerancijskih polja.

Parametarski detalji ne razlikuju se po bojama (npr. podaci o tolerancijskim pozicijama, navojima itd.). Značajke strojne obrade spremljene su putem parametara (vlastiti parametri CATIA V5 značajki rupa ili specifično definiranih parametara sa specijalnim rupama).

NC obradne sekvence ili NC tipovi radnih komada nisu različiti po bojama. Neobrađene površine ostavljaju se u standardnoj boji. One ne smiju biti obojane.

Tabela 3.2 Značenje boja u CATIA modelima [4]

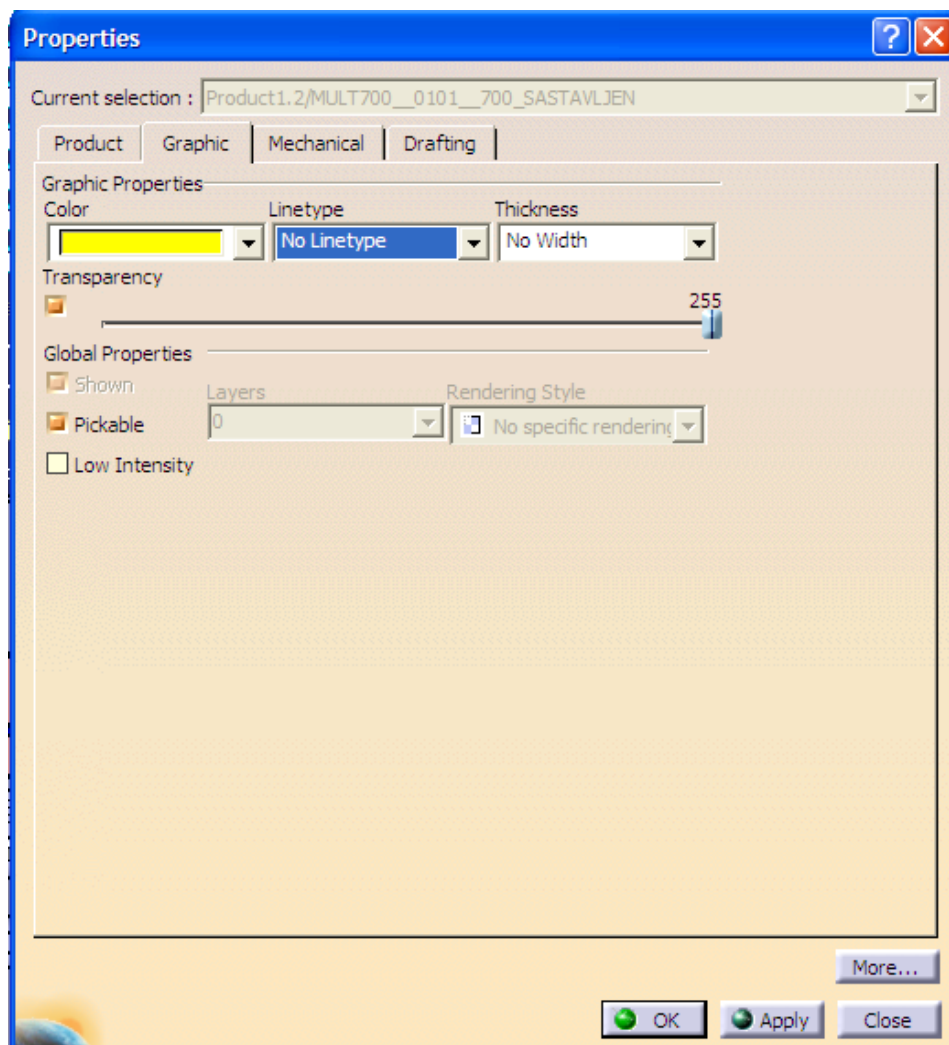
Strojna obrada	Komentar	CATIA V5 RGB vrijednosti
Neprovedene strojne obrade	Sve strojne obrade koje nisu provedene	Maslinasto zelena 175,255,175
Precizna strojna obrada	Brušenje ili specijalni zahvati	Boja slonovače 255,255,175
Zaglađivanje	Fina obrada (dodatne informacije u uputama)	Roza 255,175,175
Grubi radovi	Gruba obrada	Crvenkastosmeđa 095,000,000
Provrt H11	Specijalna obrada	Plava 095,095,175
Provrt H8	Specijalna obrada	Ljubičasta 095,000,095
Provrt H7	Specijalna obrada	Plava 000,000,255
Provrt H6	Specijalna obrada	Tamno plava 000,000,095
Navoj	Metrički, desni po DIN/ISO	Žuta 255,255,000
Fini navoj	Metrički fini, desni, po DIN/ISO	Svijetlo narančasta 255,175,000
Specijalni navoj	Svi ostali oblici navoja	Narančasta 255,095,000
Specijalni provrti/ sa više dimenzija	Kompleksni provrti, upuštene rupe	Magenta 255,000,255
Provrti/ jednostavni provrti	Prolazne rupe	Cijan 000,175,175
Područja promjena	Sfera ili solid s prozirnošću 192	Svijetlo plava 000,127,255
ASSY <sup>1</sup> - provrti	Tretmani/obrade pri montiranju	Bijela 255,255,255

<sup>1</sup> ASSY- (engl. *Assembly*) sklop, montiranje sklopa



Slika 3.2 Definiranje RGB komponenta

Pomični dijelovi prikazani su u prozirnomo načinu u njihovom odgovarajućem, otvorenom položaju. U tu svrhu, prozirnost mora biti podešena na kopiji pomičnog djela, osiguravajući da dio ostane nepromijenjen u zatvorenom položaju.



Slika 3.3 Postavke za određivanje boje, oblika linija i prozirnosti

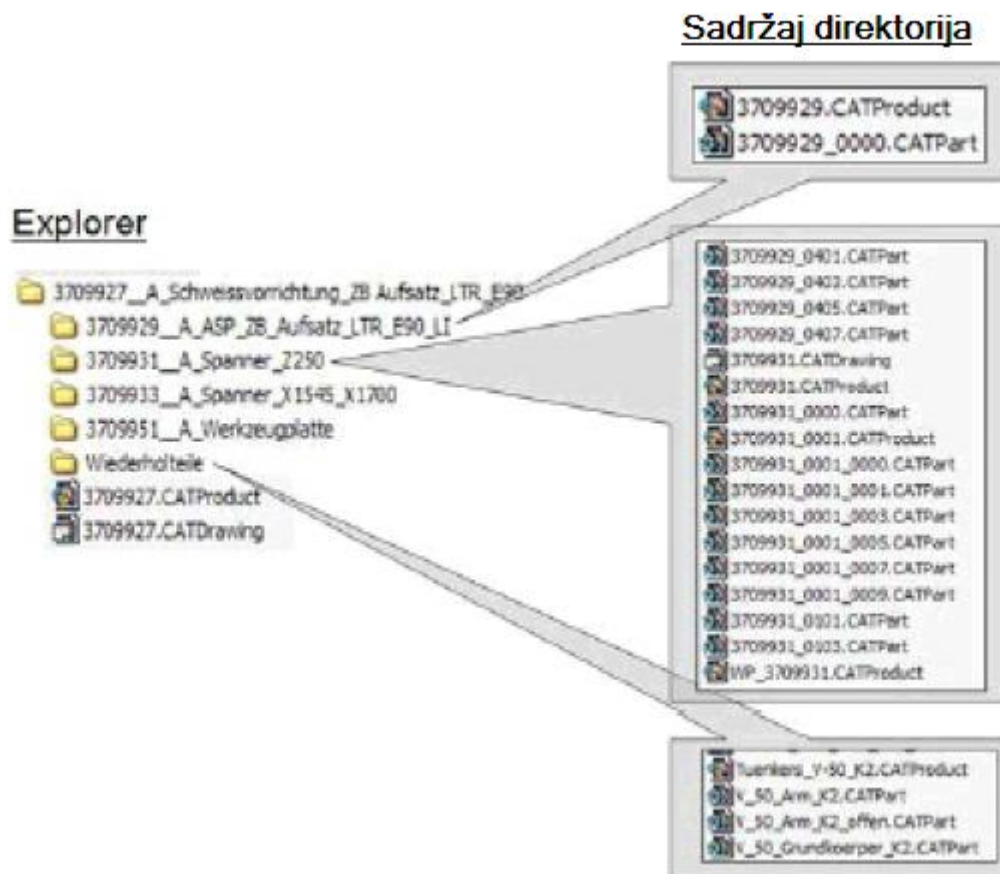
### 3.3. Formati podataka

CATIA V4 datoteke ili datoteke iz ostalih CAD stranih formata ne smiju biti direktno integrirane u stablo ili umetnute kao primjeri.

Korištenje podataka u stranim formatima zahtjeva kompletnu ili parcijalnu migraciju, odnosno pretvorbu. Samo CATIA-V5 izvorni podaci prihvatljivi su kao podaci za projektiranje.

### 3.4. Strukturiranje CATIA-V5 sklopova

Općenito, struktura naprave treba biti uzeta kao osnova za strukturu proizvoda. Svi modeli i reference koje pripadaju datoteci tipa CATProduct<sup>2</sup> trebaju biti spremljeni u istu CATProduct datoteku ili u pod-datoteku unutar navedenog. Struktura datoteka prati strukturu proizvoda kao na slici.



Slika 3.4 Veza između datoteka na računalu i strukture naprave

<sup>2</sup> CATProduct – format datoteke za pohranu podataka opisu proizvoda u softveru CATIA

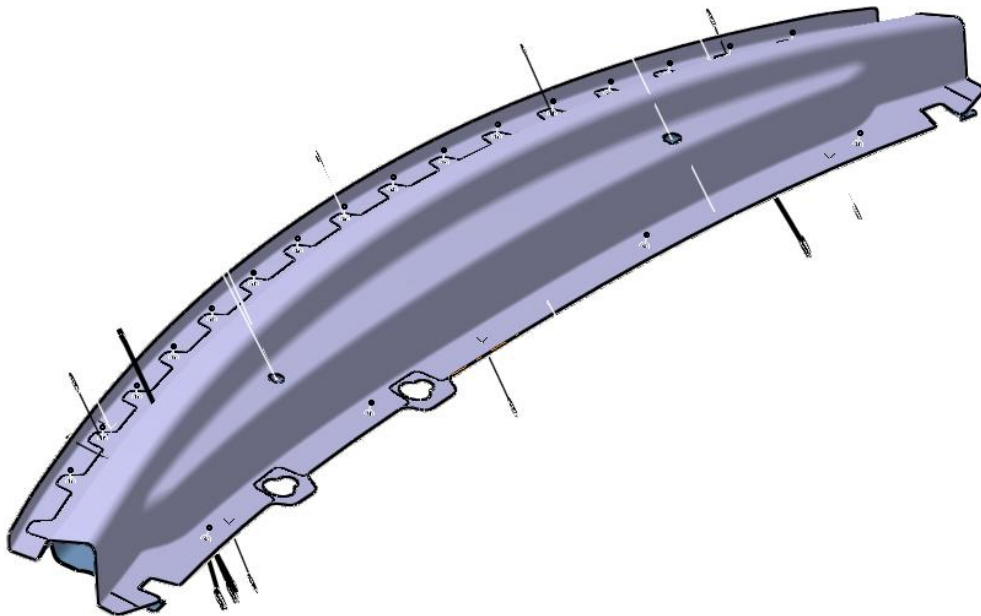


### 3.4.1 Unošenje i priprema podataka

Glavni adapter mora biti kreiran za svaku napravu. Sljedeći elementi moraju biti kreirani u glavnom adapteru:

- kopija geometrije komponenti,
- točke stezanja,
- oznake stezanja,
- kontrolna geometrija točaka stezanja.

Kontrolnu geometriju točaka stezanja i oznaku stezanja može se dobiti pomoću „PowerCopy“ naredbe. Geometrijskim setovima koji sadržavaju kontrolnu geometriju točaka stezanja dodjeljuje se prefiks „SMP\_“ iza kojeg slijede četiri digitalna broja (primjer: SMP\_0003). Savjetuje se kontaktiranje sa OEM specifičnim smjernicama kako bi se kreirao glavni adapter.



Slika 3.5 Primjer zadanih točaka stezanja

### 3.4.2 Kontrola pomoću adaptera

- Adapteri se koriste u svakom proizvodu, gdje je najmanje jedna komponenta u odnosu sa drugim djelom izvan vlastitog sklopa. U usporedbi sa slobodnom montažom (pomoću montažnih ograničenja), kontrola pomoću adaptera (također zvanih skelet) nudi sljedeće prednosti:
- Jasna struktura koja garantira pravilan tok informacija od glavnog adaptera na adapter sklopa pa u konačnici na adapter dijela.
- Izbjegavanje petlji (engl. *Loops*) koje nastaju kod nejasno definiranog toka informacija
- Lako rukovanje pri mijenjanju i umetanju kontrolnih elementa
- Modifikacije su jednostavnije jer kontrolne elemente moramo tražiti u adapteru.

Adapteri kontroliraju dijelove unutar sklopova. Preko dijelova geometrijske i pozicijske reference namijenjene su za kontrolu root proizvoda i pod-sklopova. Veliki dio ovih dijelova sastoji se od „Wireframe and Surface“ elemenata (točke, ravnine, linije) koji su, ako situacija zahtjeva, poduprti sa cijelim skupom pravila i propisa.

Razlika mora biti napravljena između glavnog adaptera koji definira geometriju vozila i komponenti međusobno i adaptera komponenti koji definira ograničenja između glavnog adaptera i pojedinačnog dijela sklopa.

Sa glavnim adapterom sljedeći elementi generirani su u geometrijskom setu.

- Geometrijski set „External References“ sadrži geometriju koja proizlazi iz zahtijevane geometrije vozila. Također treba sadržavati sve elemente korištene za pozicioniranje, rezanje, itd. Broj ovih elemenata ipak treba držati na minimalnom nivou, koliko je to moguće. Oni služe za razdvajanje geometrije potrebne za oblikovanje naprave od geometrije vozila. Ovi elementi geometrije vozila kopiraju se u glavni adapter.

- Konstruktivski elementi uključuju svu pomoćnu geometriju potrebnu u adapteru da bi se kreirao izlazni element.

- Izlazni elementi („Output“) uključuju one elemente koji su potrebni da bi se manji sklopovi definirali geometrijski i pozicijski. Svi elementi geometrijskog seta Output moraju biti objavljeni.

Adapter sklopa i glavni adapter identični su po strukturi. U adapteru sklopa, generiranje linkova u glavni adapter od značajne je važnosti da bi se garantirao tok referenci.

Rezultat je da glavni adapter kontrolira sklopne pozicije komponenti preko adaptera sklopa.

Važna napomena:

Svi proizvodi (sklopovi) u osnovnom direktoriju koji je definiran adapterom moraju biti fiksni u mreži vozila da bi se spriječilo pomicanje greškom, na primjer korištenjem kompasa. To se primjenjuje na sve vrste adaptera. Svaka greška uzrokovana pogrešnim pomicanjem adaptera može biti uočena i eliminirana samo sa ogromnim utroškom vremena.

Iznimke za nekorištenje adaptera moguće su jedino poslije konzultacija sa odgovornim dizajnerom i u slučaju korištenja standardnih dijelova. Oni se pripajaju adapteru ili ostalim elementima u spoju sa korištenjem ograničenja. [4]

### 3.4.3 Zrcaljenje dijelova i proizvoda

#### Zrcaljenje sklopova

Općenito, postoje dvije mogućnosti za zrcaljenje sklopova (CATProduct):

- „Symmetry“ funkcija okruženja za dizajn sklopova (engl. *Assembly*) u CATIA-i neće se detaljno obrađivati u ovim smjernicama niti se koristiti za kasnije oblikovanje naprave.
- Zrcaljenje korištenjem makroa<sup>3</sup>

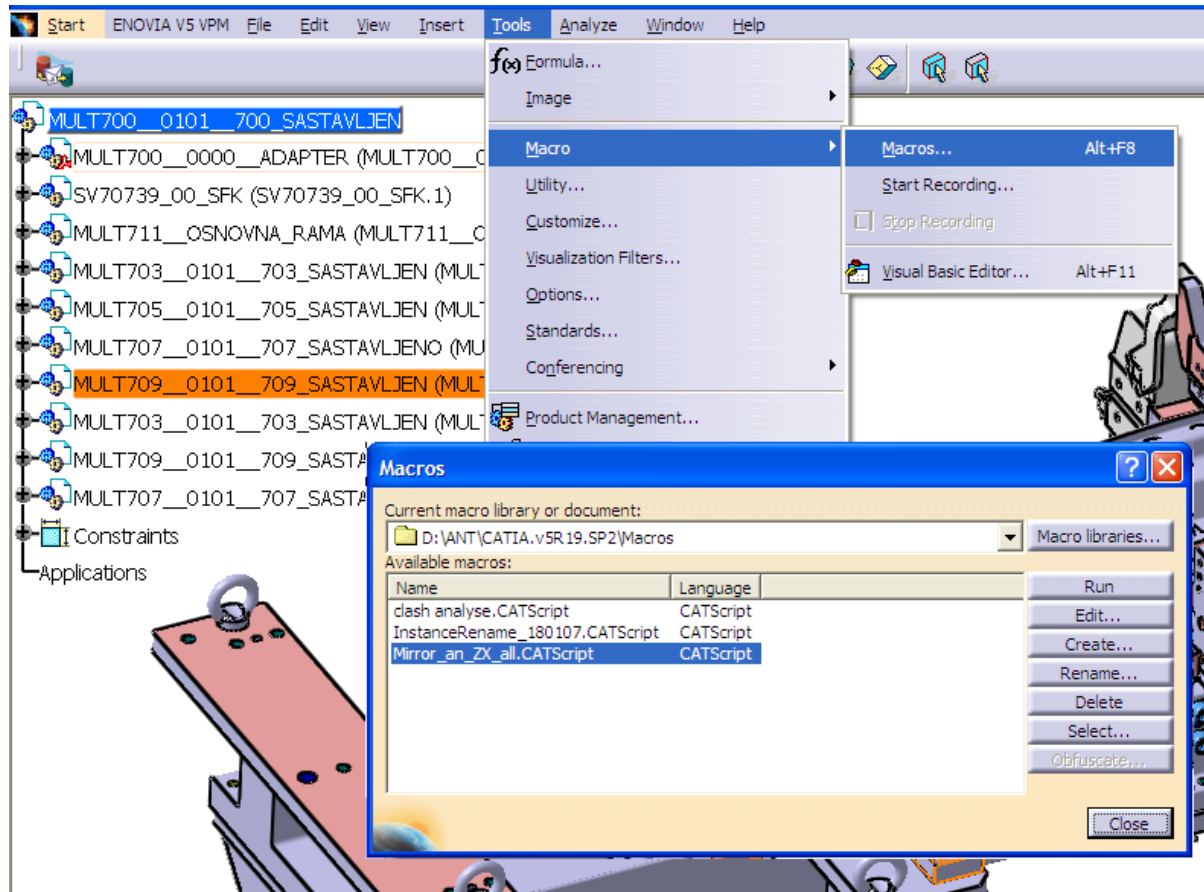
Zrcaljenje sklopova provodi se gledajući na simetriju uređaja zasebno od centra vozila i sa uređajima za desnu stranu djelomično različitim od uređaja na lijevoj strani.

Primjena:

Sklop koji želimo preslikati moramo prvo kopirati. Zatim odaberemo u izborniku pod Tools/Macro/Macros te se izvrši macro zrcaljenje „Mirror\_an\_ZX.all.CATScript“ (Slika 3.6).

<sup>3</sup> Macro – komplet naredbi predstavljenih u pojednostavljenom obliku

Nakon izbora odgovarajuće ravnine preslikavanja, za preslikavanje moramo izabrati sklop ili pojedini dio. Nakon toga zrcaljenje se direktno vrši modificiranjem transformacijske matrice. U ulaznoj maski, jedna od 3 osnovne ravnine XY, XZ, YZ može se nadalje unositi kao ravnina kopiranja. Nakon što je jednom potvrđen, preslikani odraz sklopa iz primjera je spreman i potom mora biti fiksiran na odgovarajuće mjesto. Povezanost s izvornim sklopom je osigurana.



Slika 3.6 Makro naredba za preslikavanje

Kada „desni“ sklop ima dijelove koji nisu simetrični onom „lijevom“, taj sklop mora biti sačuvan pod novim nazivom. Potom će se izvršiti makro naredba na novom sklopu gledajući pritom da bude preslikan. Zatim možemo oblikovati dijelove koji odstupaju od simetrije.

Makro naredbe moguće je pronaći na stranicama OEM-ovog dobavljača. Također je nabavljiv i kod mušterija.

### Zrcaljenje pojedinih dijelova unutar sklopa

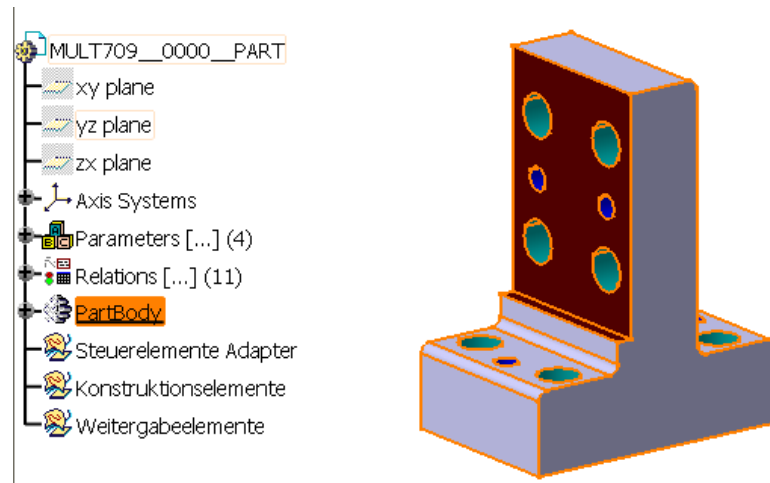
Pojedini dijelovi mogu biti preslikani na sljedeće načine:

- „Symmetry“ funkcija Workbench-a za dizajn sklopova u CATIA-i
- Zrcaljenje koristeći „Symmetry“ funkciju u Part Design

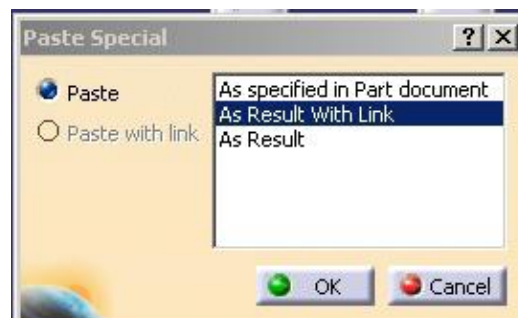
Ovi procesi preslikavanja trebali bi se primjenjivati samo na potpuno simetrične komponente.

Prvo, treba kreirati novu komponentu za stranu komponente koju želimo preslikati. Na „izvornoj komponenti“ treba označiti i kopirati PartBody (Slika 3.7). Može biti zalijepljen

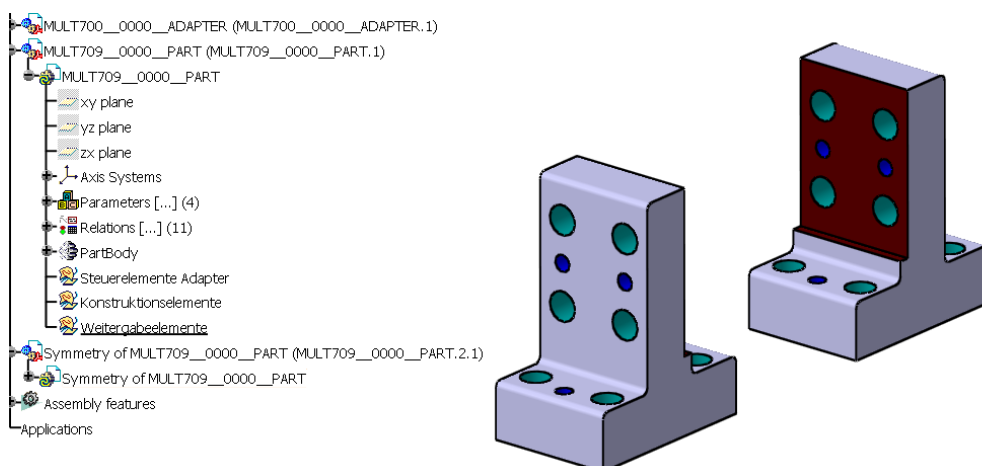
korištenjem funkcije Paste Special/As Result With Link (Slika 3.8). Zatim, zalijepljeno tijelo može biti preslikano na bilo koju ravninu korištenjem funkcije Insert/Transformation Features/Symmetry. Komponenta je poveziva s izvornom.



Slika 3.7 Početna situacija zrcaljenja - označen dio



Slika 3.8 Opcije pod naredbom „Paste Special“

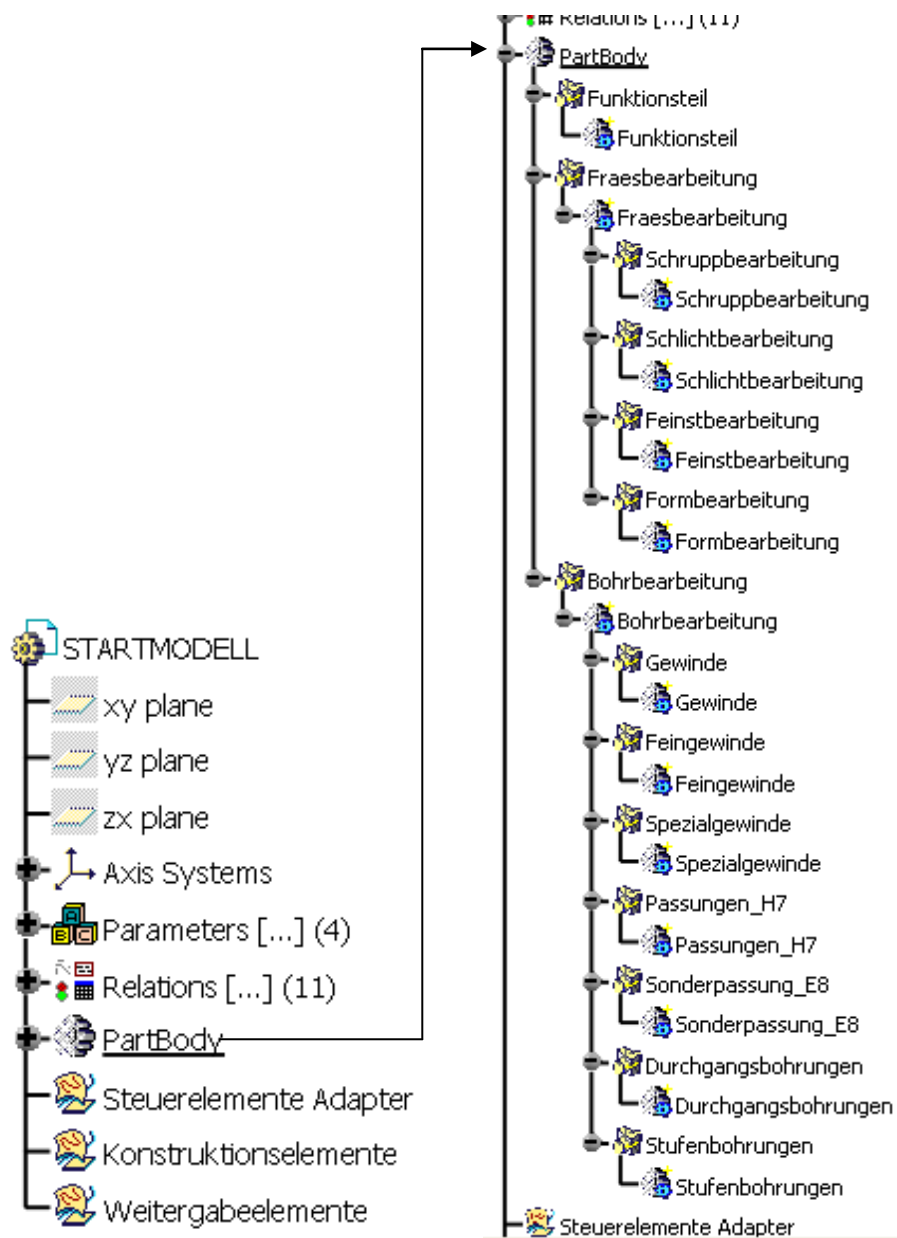


Slika 3.9 Rezultat nakon zrcaljenja

### 3.5. Strukturiranje proizvodnih dijelova CATIA-V5

#### 3.5.1 Temeljne informacije

Ukoliko u specifičnim OEM direktivama nije opisano drugačije, stablo dijelova napravljenih od početnog modela izgleda kako je ilustrirano na Slici 3.10

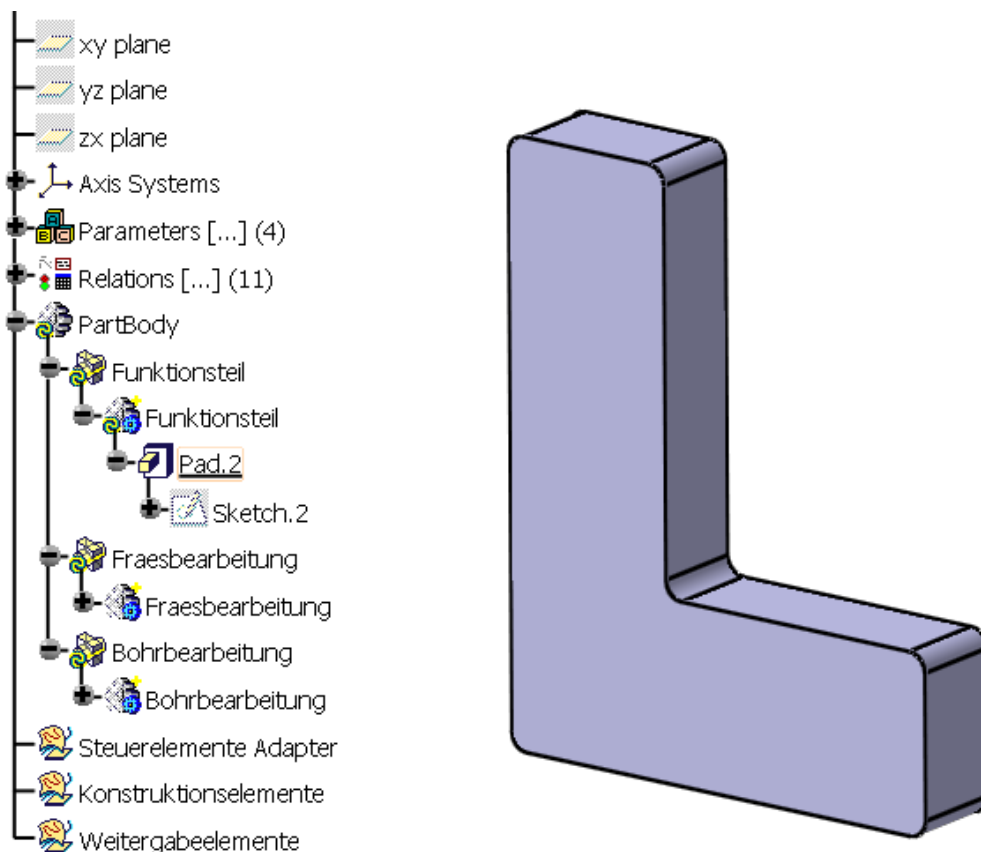


Slika 3.10 Stablo početnog modela

### 3.5.2 Struktura tijela

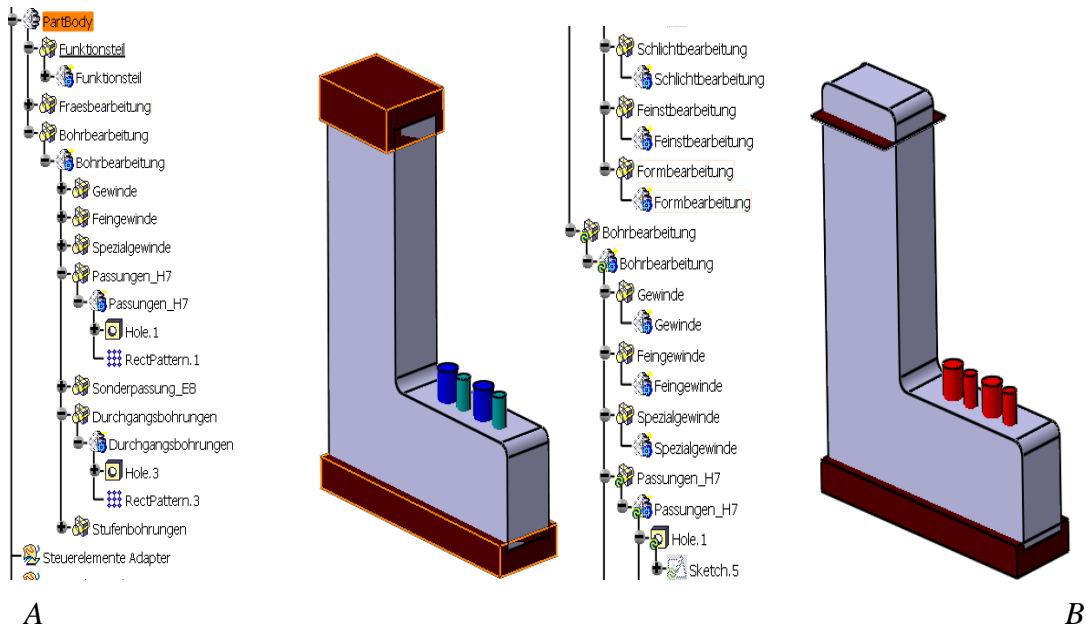
Kada govorimo o strukturi tijela, kod proizvodnih dijelova treba napraviti razliku između proizvodnih dijelova napravljenih plamenim rezačem od neobrađenih komada i proizvodnih dijelova proizvedenih od napola dovršenih dijelova.

Ako je neobrađeni komad predložak za plameni rezač, mora biti predstavljen u odjeljku funkcionalnog dijela (njem: *Funktionsteil*).



Slika 3.11 Primjer neobrađenog komada funkcionalnog dijela

Nadalje, koraci obrade i procesi bušenja dodani su odgovarajućim tijelima (glodanje, gruba obrada, navoji, prihvat, itd.).

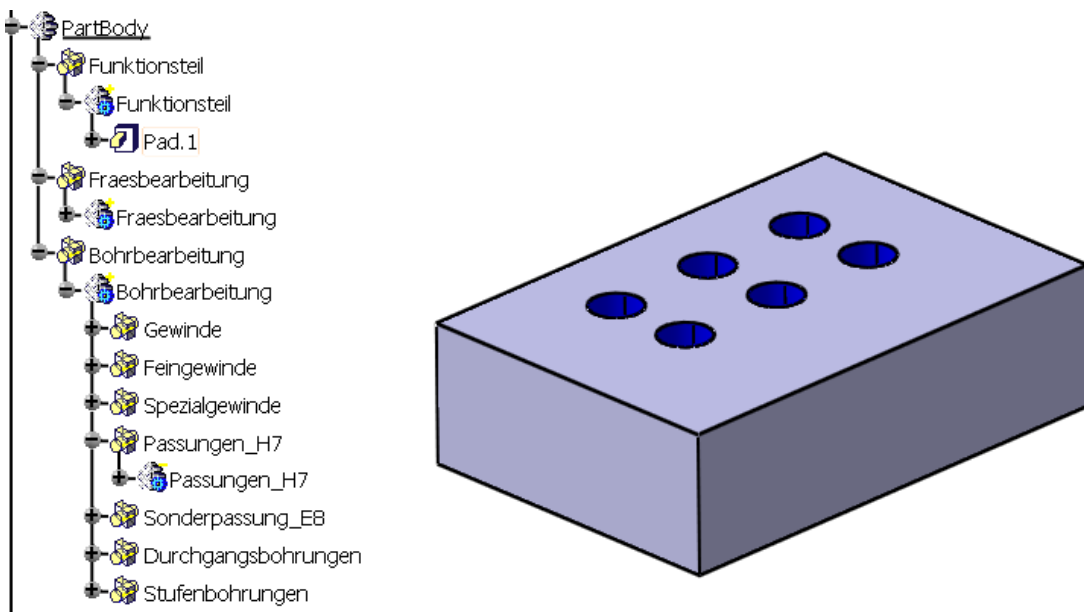


Slika 3.12 Obrada glodanjem i bušenjem

Kada se prostor presijeca s površinom, moguće je nastaviti na dva načina. Na jedan način, presijecanje je moguće provesti putem naredbe „Pocket“ (Slika 3.12, A). Na drugi način, moguće je stvoriti sjecište koristeći funkciju razdvajanja (Slika 3.13, B).

Za dijelove gdje nije potreban predložak za plameni rezač, može već postojati obrađen dio u odjeljku funkcionalnog dijela gdje obrađivane površine s obzirom na način i toleranciju označene različitim bojama (Slika 3.14). Kako bi se osigurao trajniji, pouzdaniji dizajn, preporuča se postupak korištenja izvlačenja (ekstrudiranja) tijela jer označavanje obrađenih površina bojom ostaje nedirnuto.

Obrada bušenjem zbog toga mora biti dodana za svaki dio koji će se proizvesti za odgovarajuće tijelo. Ukoliko taj dio sadrži provrte i rupe.



Slika 3.13 Dvršeno tijelo u odjeljku funkcionalnog dijela

U slučaju više od dva bušenja sličnog tipa, rad s funkcijom „Pattern“ moguć je prema odgovarajućim specifičnim OEM smjernicama. U svakom slučaju, šablona se mora temeljiti na jednom geometrijskom obliku.

## 3.6. 3D Dizajn

### 3.6.1 Skice (engl. Sketch)

Kako je alat za skice potpuno integriran u inačici 5 softvera CATIA i koristi se za sve opcije, treba obratiti pažnju na pravila koja će pojednostaviti kasnije modifikacije.

U alatu za skiciranje svim elementima moraju biti dodijeljene dimenzije (u osnovnom pogledu, geometrijski potpuno definirana skica prikazana je u zelenoj boji). Na ovaj način možemo biti sigurni kako bilo koje modifikacije adaptera koji kontrolira geometriju neće dovesti do nenamjernih promjena na skicama. Položaji geometrijskih elemenata prve skice mogu biti određeni fiksiranjem nekih od elemenata. Svi daljnji elementi koji su kreirani naknadno, dimenzionirani su u odnosu na opcije viših nivoa. Kada su dijelovi združeno vođeni vanjskim parametrima, nije dozvoljeno dimenzioniranje u odnosu na „H“ i „V“.

Dimenzije ili ograničenja skice trebale bi se odnositi samo na ravnine/površine koje povezuju konture/osi već postojećih oblika, jer nakon modifikacija dijelova dimenzije ili ograničenja bit će izgubljene kada se rub tijela bude izabrao kao referentna točka dimenzioniranja (pogotovo ako su u pitanju zaobljeni kutovi). Zbog toga opciju „fillet“ u skicama treba izbjegavati. Preporuča se kreiranje zaobljenih kutova na podlošku (ovisno o kompliciranosti profila), jer promjene u dodatnoj geometriji alata za skice može dovesti do promjena u smjeru.

Preporučeno je korištenje formula gdje god je moguće. Odluka uvelike ovisi o tome hoće li to pojednostaviti kasnije modifikacije i možda opravdati utrošak vremena koji će biti znatno veći prilikom kreiranja skice.

#### Pozicionirana skica

Često je korisno odrediti položaj izvora i smjer h/v osi. Na ovaj način, skica će biti još preciznije definirana nego što bi to bila normalna skica. Svaki put kada želimo dimenzionirati prema prvotnom podrijetlu skice, moramo koristiti „pozicioniranu skicu“.

Kod normalne skice, bira se samo ploha na kojoj će skica nalaziti. U našem slučaju, položaj izvorne skice kao i smjer h/v osi ne može se definirati, već ih definira sama CATIA.

Ovo je od posebne važnosti za definiciju „Powercopy“ komponenti koje su obično ugrađene u neprestano promjenjive položaje. Putem pozicioniranja skice, takve fleksibilno korisne komponente jedinstveno su definirane te tako stabilnije. I za druge promjenjive komponente koje su podložne čestim promjenama ili gdje skica ovisi o 3D elementima, uporaba „pozicionirane skice“ često donosi prednosti.

Sve skice trebale bi biti općenito definirane kao pozicionirane skice kako bi omogućile nesmetano osvježavanje/unaprjeđivanje konstrukcije u slučaju promjena.



### 3.6.2 Predstavljanje otvorenih položaja

Pokretni dijelovi predstavljeni su na svojim položajima kao prozirni. Iz tog razloga, prozirnost bi trebala biti podešena na razini primjera kako bi bili sigurni da sam dio ostane nepromijenjen.

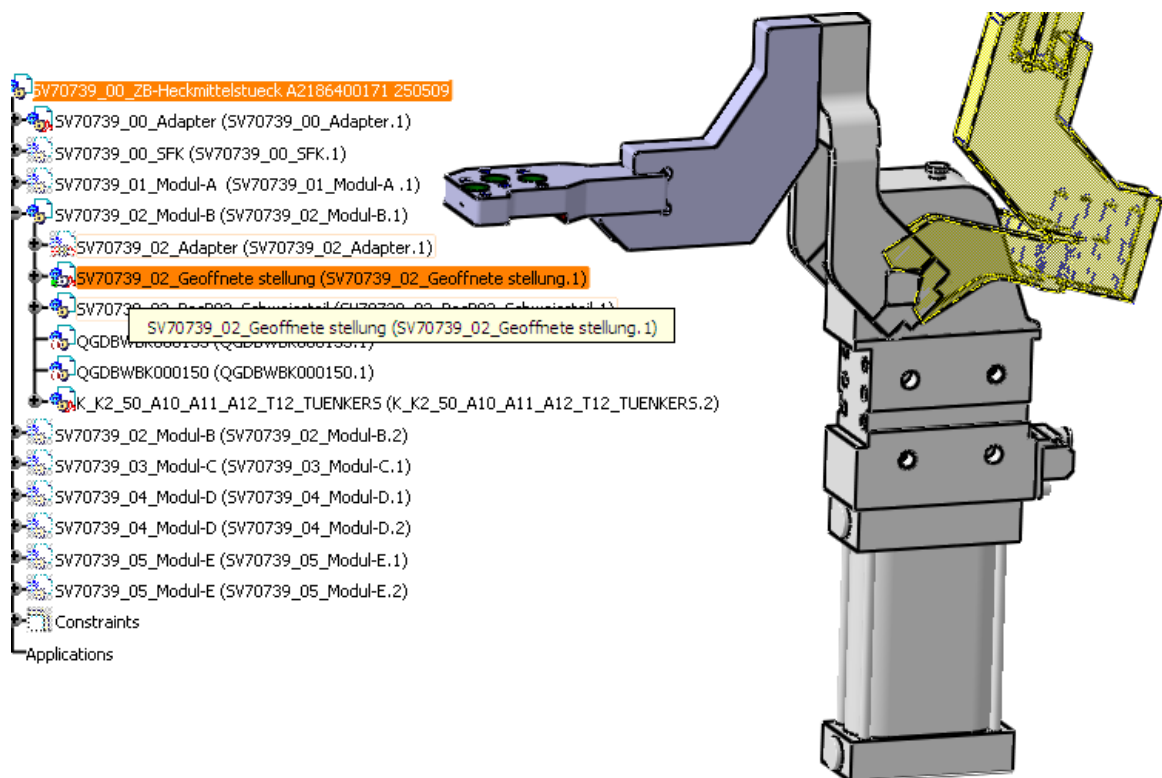
Uređaji i sustavi moraju biti dizajnirani u zatvorenom položaju (radni položaj).

Postoji nekoliko mogućnosti stvaranja prikaza otvorenog položaja.

Varijanta 1:

U sklopovima gdje mora biti predstavljen otvoreni položaj, odgovarajući dio mora biti stvoren od početnog modela na kojem je predstavljen otvoreni položaj.

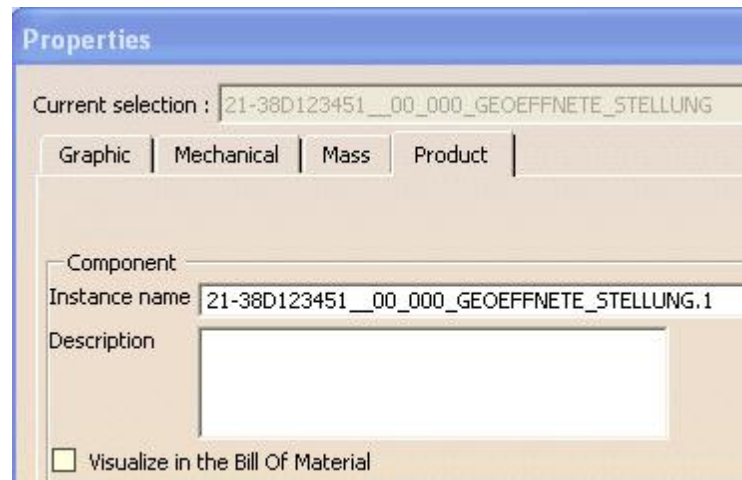
Sva tijela koja moraju biti predstavljena u otvorenom položaju objavljena su u odgovarajućim dijelovima i kopirana na dio za otvoreni položaj (Slika 3.14).



Slika 3.14 Otvoreni položaj (Varijanta 1)

## Varijanta 2:

Za predstavljanje otvorenog položaja, drugi primjer svakog pokretnog dijela – odgovarajuće postavljenog putem ograničenja – stvoren je koristeći opciju „not in BOM“ (Properties/Vizualize in the Bill of Material<sup>4</sup>) (Slika 3.15)



Slika 3.15 Opcija Prikazati u Bill Of Material

Kako bi se smanjila ograničenja koja treba stvoriti, primjeri pokretnih dijelova mogu biti dodani/zalijepljeni na zasebnu komponentu. Ti dijelovi trebaju biti zalijepljeni kao postojeće komponente i pozicionirani putem ograničenja.

U slučaju kada je otvoreni položaj sačinjen od nekoliko dijelova, preporučljiva je varijanta 1. Za veću količinu dijelova (npr. pokretni dijelovi, okretni dijelovi, nosači, kompletni uređaji) koristit će se varijanta 2 zbog manje količine podataka. [3]

---

<sup>4</sup> BOM – kratica od engl. Bill of Material lista neobrađenih materijala, pod-sklopova, među-sklopova, pod-komponenti, komponenti dijelova i količina koje su potrebne kako bi se izradio konačni proizvod. U BOM-u nisu opisane fizičke dimenzije.

## 4. PRIMJENA SMJERNICA NA PROMATRANOJ NAPRAVI

Za izradu svakog pojedinog dijela naprave koristi se predložak koji je definiran od naručitelja radova. Za promatranu napravu naručitelj je u taj predložak definirao nekoliko unaprijed dogovorenih parametara kao što su algoritam za provjeru ispravnosti imenovanja dijelova, da bi se olakšalo kasnije služenje istima. Definirani su i načini obrade materijala, tolerancije i boje pojedinih obrada.

Prednost korištenja ovog predloška je znatno olakšano modeliranje pojedinih dijelova naprave kao i kasnije korištenje podataka o pojedinom dijelu u procesu proizvodnje naprave zbog lakšeg snalaženja i bolje organizacije.

### 4.1. Imenovanje

Način imenovanja je dogovoren sa proizvođačem i jasno definiran. U predlošku se nalazi algoritam za provjeru ispravnosti imena.

Ime svakog dijela se sastoji od tri dijela (npr. MULT705\_\_0015\_\_TREGGERPLATTE) odvojenih sa dvije donje crtice „\_\_“. Prvi dio imena se sastoji od šifre naprave i od broja pod-sklopa. Za njih je rezervirano 7 mjesta. Drugi dio imena se sastoji od rednog broja dijela i za njega je rezervirano 4 mjesta. Treći dio imena se sastoji od imena dijela i nema ograničen broj mjesta.

Ime svakog pod-sklopa također se sastoji od tri dijela (npr. MULT705\_\_0101\_\_705\_SASTAVLJEN) uz razliku da redni broj pod-sklopa uvijek mora biti broj veći od 0100.

Ime adaptera kao i pod-sklopa također se sastoji od tri dijela (npr. MULT705\_\_0000\_\_ADAPTER) uz razliku što redni broj je uvijek 0000.

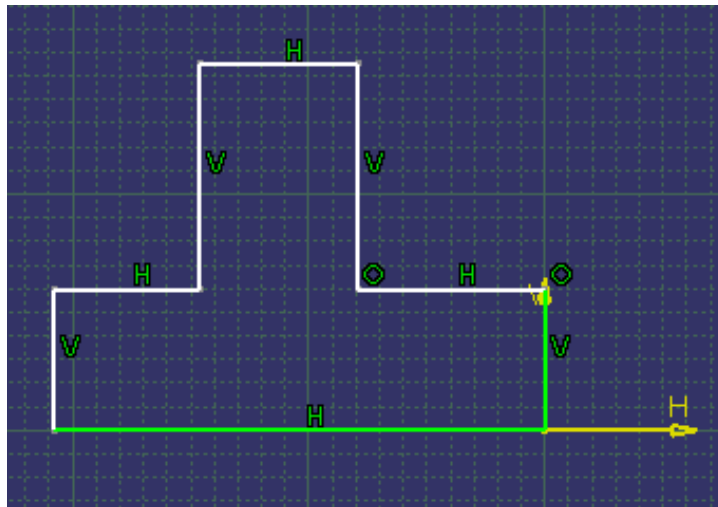
Imena glavnog adaptera i glavnog sklopa naprave razlikuju se u tome da u prvom dijelu imena imamo uz naziv šifru naprave manji broj od svih pod-sklopova u ovom slučaju je to broj 700 (npr. MULT700\_\_0101\_\_700\_SASTAVLJEN)

Prednosti ovih smjernica je u lakšem snalaženju i jasno definiranoj pripadnosti pojedinog dijela pojedinom pod-sklopu. U slučaju da pojedini dio slučajno bude prebačen ili spremljen u drugi direktori uvijek ga se lagano može pronaći i vratiti na mjesto. Upotreba ove smjernice je jako korisna te gotovo neophodna u procesu oblikovanja naprava. Nepoštovanje dogovorenih pravila može prouzrokovati veliku zbrku i onemogućiti normalan rad. Zbog toga je vrlo značajna i korisna činjenica da je u sam predložak uklopljen algoritam za provjeru ispravnosti imena.

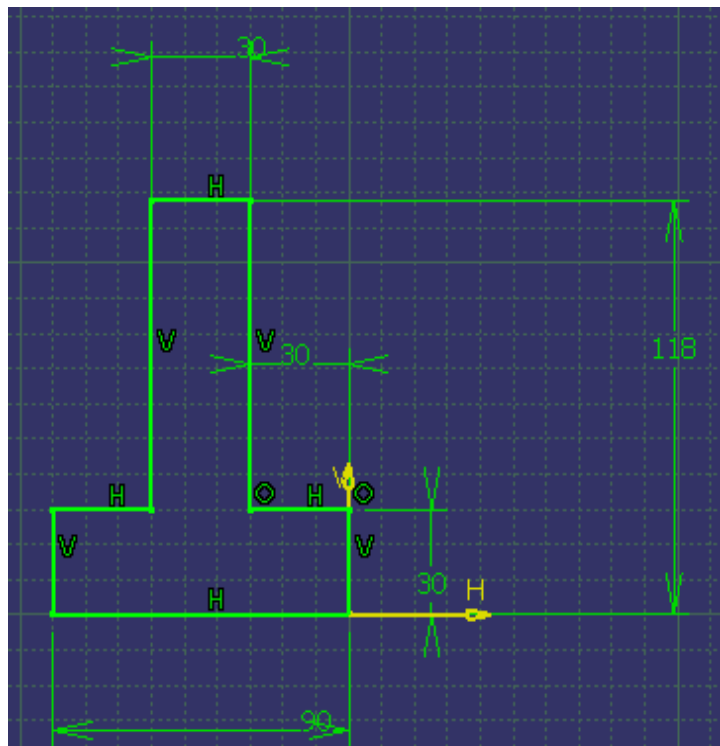
### 4.2. Sketcher

Sketcher je polazno okruženje za izradu svakog modela, adaptera i ostale pomoćne geometrije. U njemu, svim elementima koji čine profil značajke, dajemo geometrijske oznake i dimenzije. Svaki profil, da bi bio potpuno definiran, mora biti u zelenoj boji (Slika 4.3). Proces modeliranja započinje tako da se pozicioniramo u stablu na „PartBody“ te na „Funktionsteil“ i desnim klikom odaberemo opciju „Define In Work Object“. Zatim se odabire naredba „Sketch“. Poslije odabira potrebno je još odabrati ravninu u kojoj se radi osnovni profil. Osnovni profil je zapravo skica predmeta koja se može izrezati na rezalici. Skicira se središnja ravnina predmeta kojeg želimo izraditi. Svi uglovi skice trebaju biti zaobljeni (Slika 4.3) zbog nemogućnosti rezalica da režu pod raznim kutovima, a i bolje rade ako je sve bez uglova. U slučaju da se nađe koji kut postoji opasnost da će toplinska energija dovedena u njega biti prevelika. Ako se dio izrađuje iz šipke, onda je osnovni profil valjak koji odgovara dimenzijama šipke iz koje se izrezuje. U slučaju da imamo pojedine linije označene

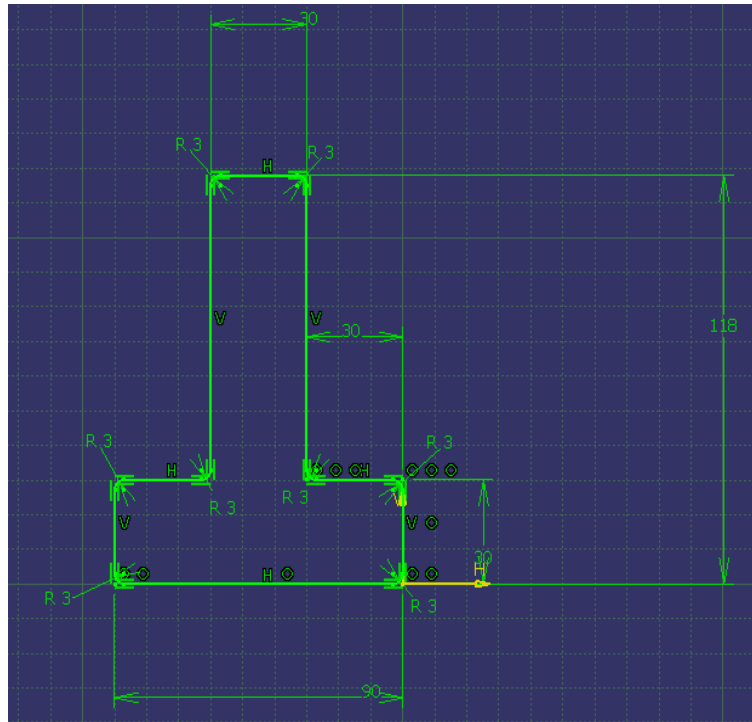
bijelom bojom to indicira da nismo u potpunosti definirali skicu (Slika 4.1), a u slučaju da imamo ljubičaste linije znači da smo zadali previše dimenzija na skicu (Slika 4.4).



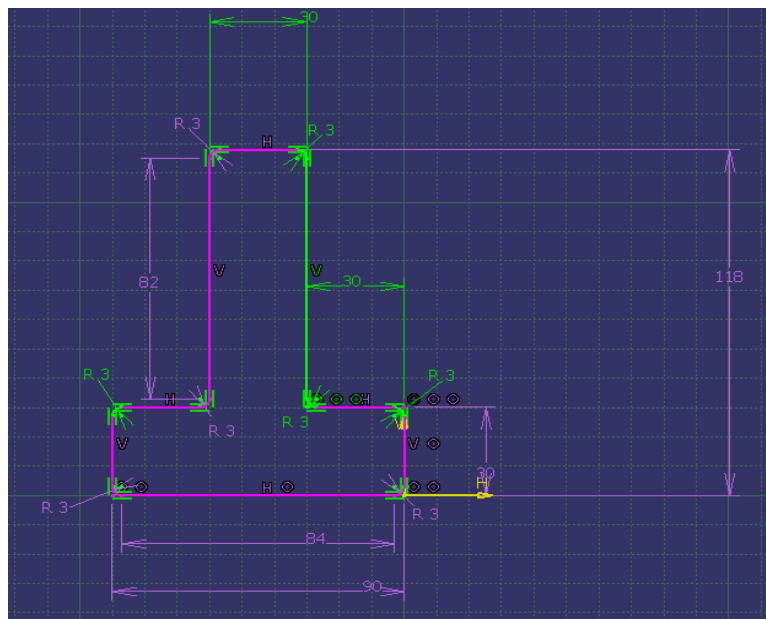
*Slika 4.1 Nedovoljno definirana skica*



*Slika 4.2 Definirana skica*

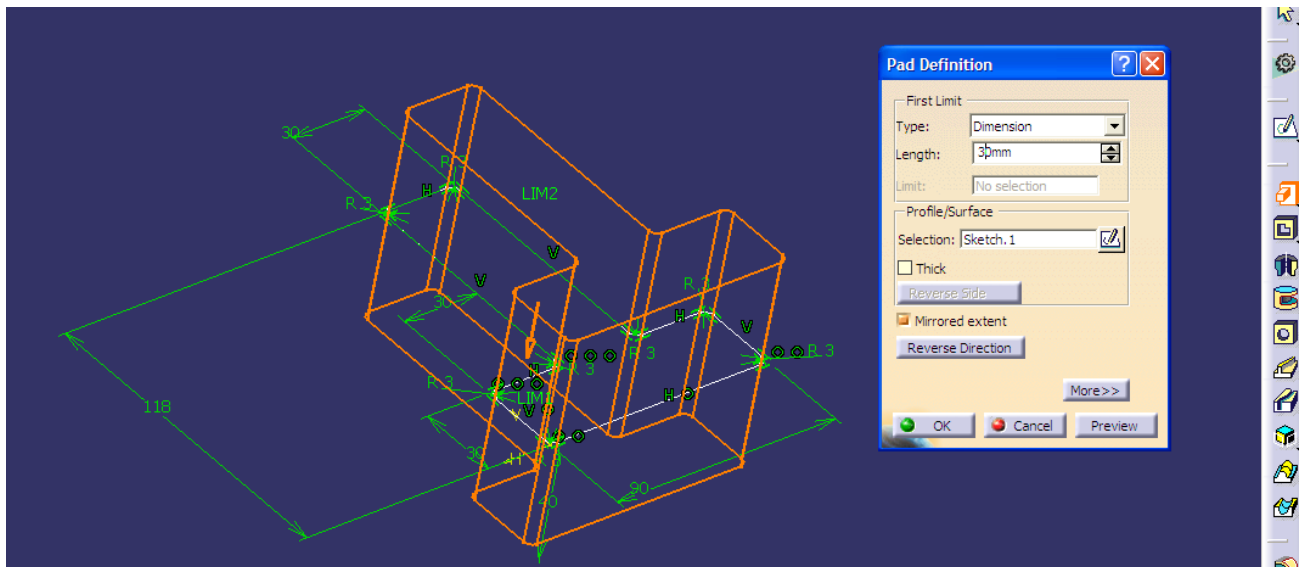


Slika 4.3 Potpuno definirana skica



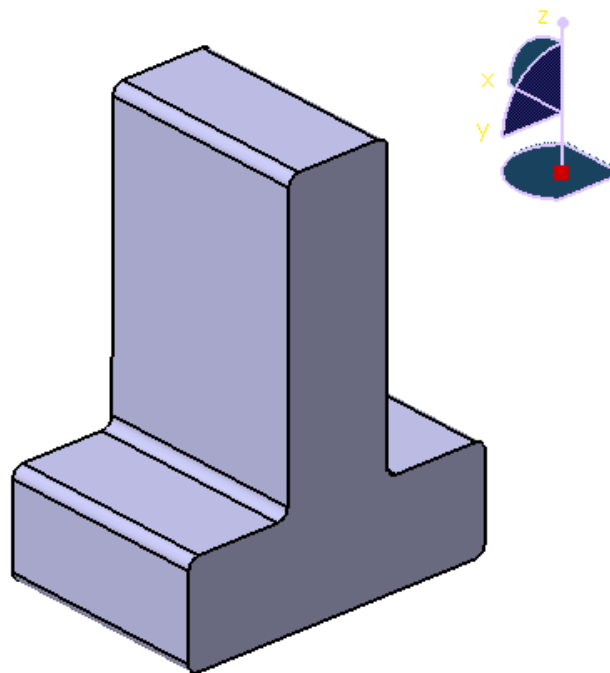
Slika 4.4 Predefinirana skica

Kad smo u potpunosti definirali skicu, bez suvišnih dimenzija i ograničenja izlazimo iz okruženja Sketchera naredbom „Exit workbench“ i ekstrudiramo skicu naredbom „Pad“. Ekstrudiramo tako da odaberemo opciju „Mirrored extent“ i upišemo polovičnu vrijednost od potrebne (Slika 4.5).



Slika 4.5 Postavke za ekstrudiranje skice

Nakon prihvaćanja postavljenih opcija dobije se 3D model dijela (Slika 4.6) kojeg treba još dodatnim obradama dovesti do sastavnog dijela krajnjeg proizvoda.



Slika 4.6 3D model

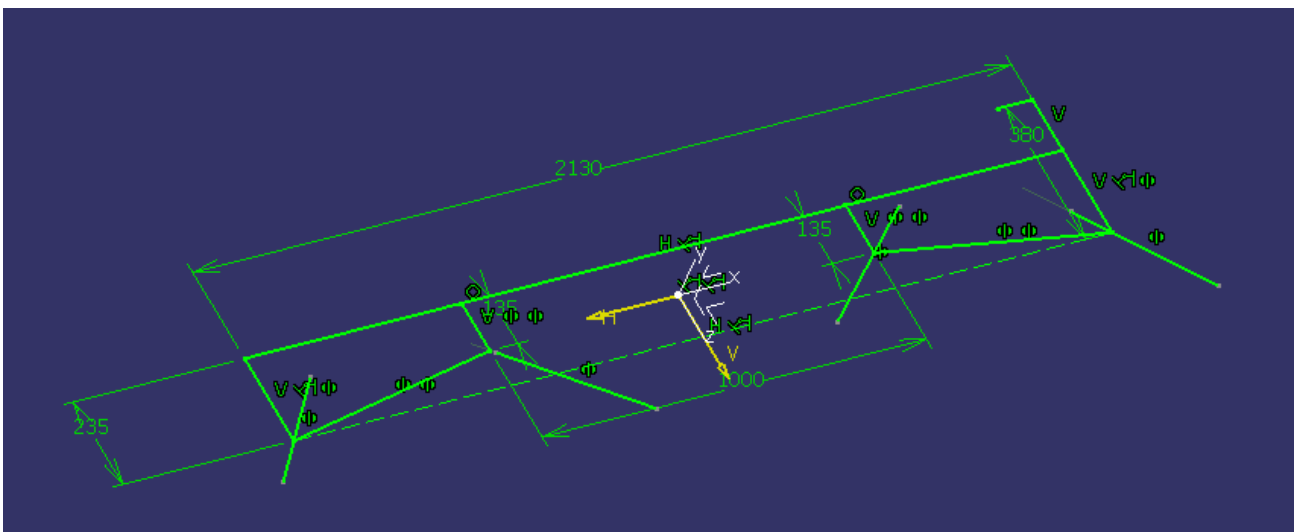
Prednost ove smjernice je što će svaki dio biti oblikovan prema potrebnim obradama. To jamči jednostavnost korištenja i lakoću projektiranja procesa proizvodnje dijelova. Upotreba ove smjernice uz malo iskustva i znanja o procesima proizvodnje dijelova postaje vrlo lagana i intuitivna.

Nedostatak kod uporabe ove smjernice jedino može biti nerazumijevanje proizvodnih procesa i nepoznavanje dostupnih polaznih materijala te mogućnosti strojeva na kojima će se izrezivati zadani dio.

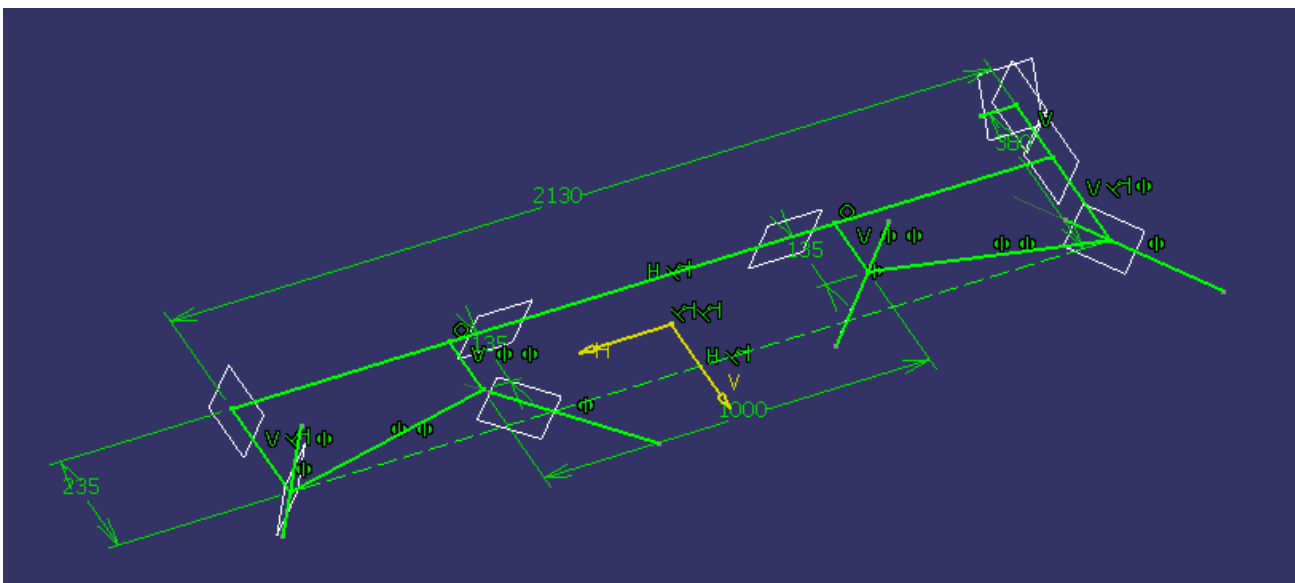
### 4.3. Adapter model

U sklopu koji sadrži adapter, adapter mora biti na prvom mjestu zbog hijerarhijske strukture. U predložak koji nema nikakvu geometriju konstruiramo linije i ravnine koje će služiti za definiranje položaja pojedinih dijelova unutar sklopa. Primjenu adapter modela objasnit ću na primjeru sastavljanja osnovnog okvira naprave za zavarivanje krovnog prozora. Osnovni okvir je dio koji se sastoji od profiliranih cijevi dimenzija 60mm x 120mm i 120mm x 120mm. Cijevi su spojene zavarom pod raznim kutovima. U slučaju da se bilo koja dimenzija osnovnog okvira u daljnjem procesu mora promijeniti to bi značilo vremenske gubitke, a na taj način i novčane.

Prvi korak je izrada žičanog modela ili kostura sklopa okvira naprave (Slika 4.7). On se sastoji od geometrijski potpuno određenog modela na koji se u određenim točkama konstruiraju ravnine koje će određivati kutove pod kojima se pojedine cijevi moraju rezati te spojiti zavarivanjem (Slika 4.8).

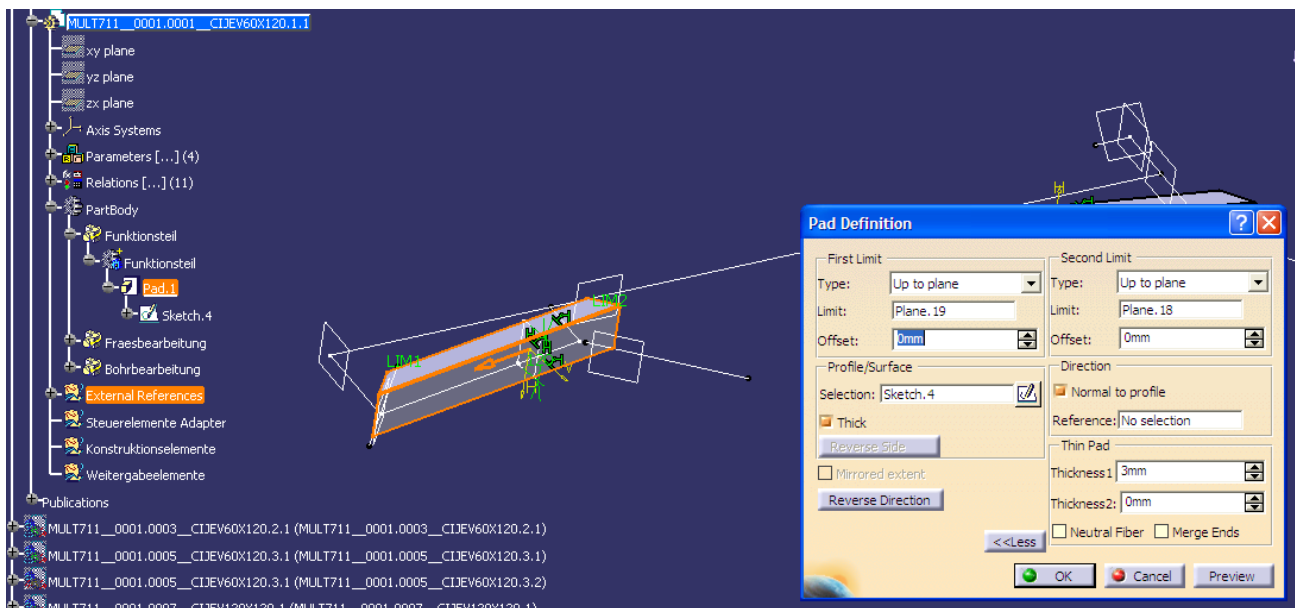


Slika 4.7 Linijski kostur sklopa osnovnog okvira

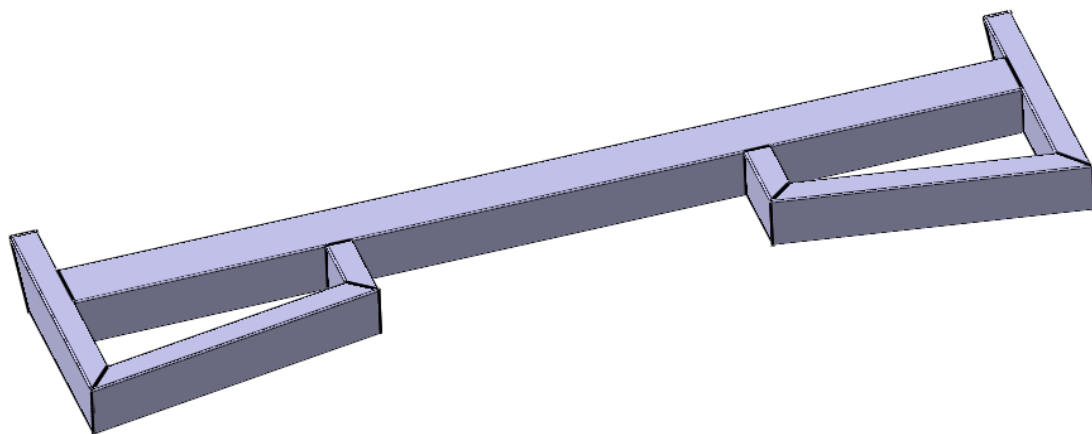


Slika 4.8 Potpuno definirani kostur sklopa sa zadanim ravninama sastava

Profili cijevi dizajnirani su kao posebni dijelovi. U ovom koraku spajamo dijelove s adapterom te definiramo položaj cijevi s obzirom na adapter s naredbama ograničenja (engl. *constraints*). Nakon tog koraka potrebno je definirati duljinu pojedinih cijevi. Definiramo ju tako da u opcijama *Pad Definition* umjesto numeričkog iznosa duljine pojedine cijevi, njihovu duljinu definiramo ravninama u kojima se cijevi međusobno spajaju (Slika 4.9). Na taj se način, izmjenom bilo koje duljine u adapter modelu, duljine cijevi mijenjaju skupa s načinom na koji se mijenja položaj ravnina u adapter modelu. Na slici 4.10 vidi se kompletno sastavljen osnovni okvir pomoću adapter modela. Na slikama 4.11 i 4.12 prikazana je ovisnost modela o promjeni dimenzija kostura sklopa.

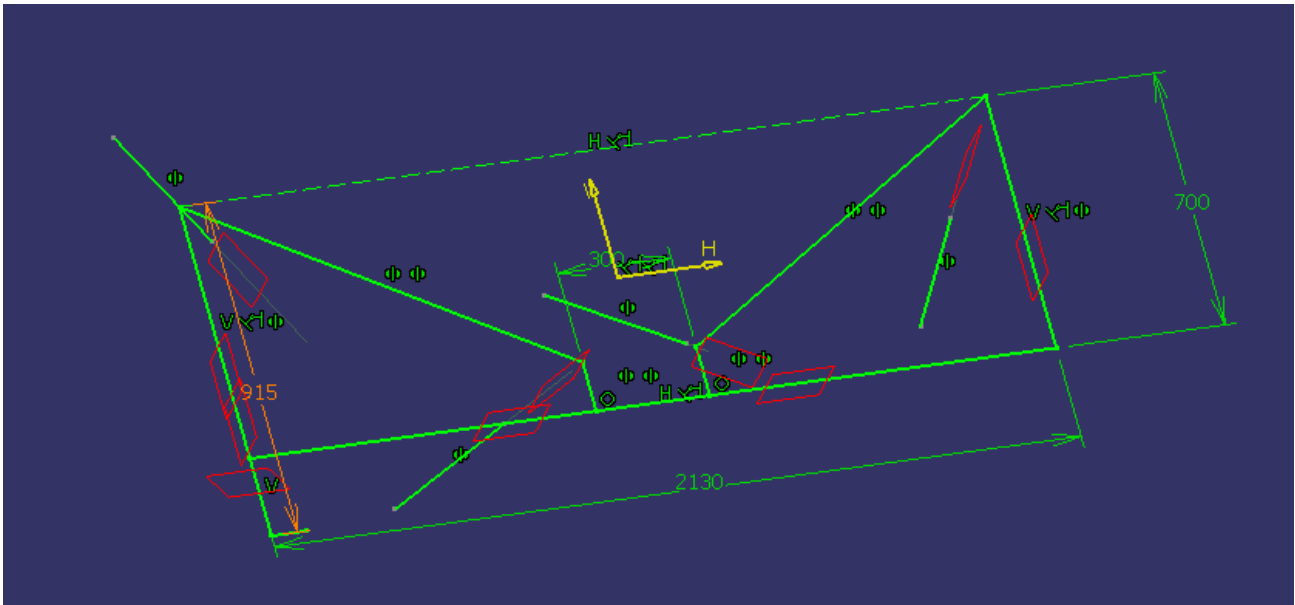


Slika 4.9 Definiranje duljine cijevi

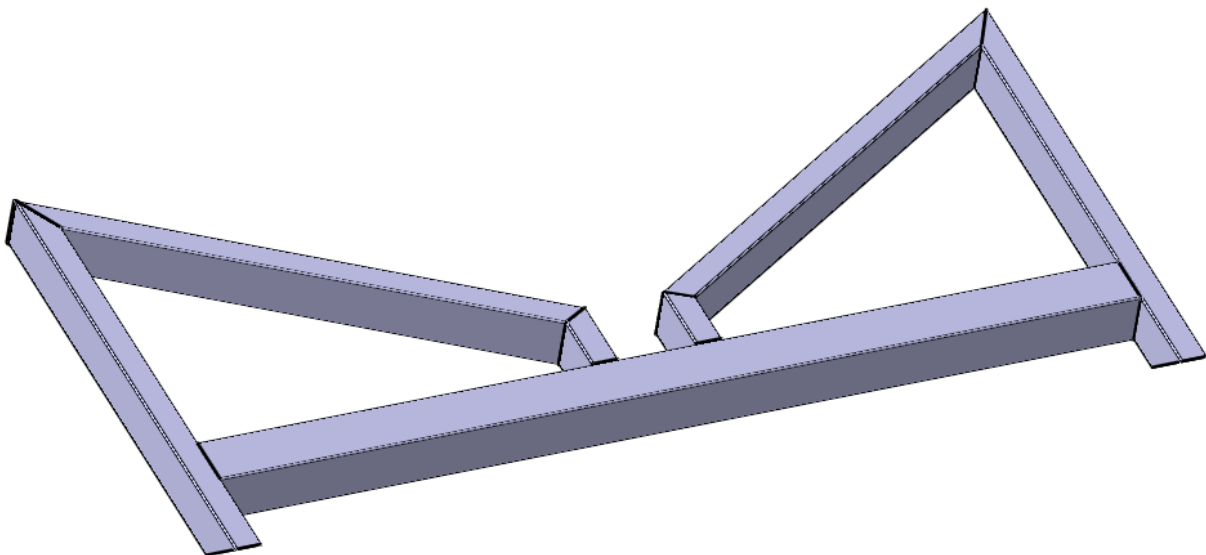


Slika 4.10 Sastavljen osnovni okvir pomoću adapter modela





Slika 4.11 Izmijenjene dimenzije osnovnog okvira



Slika 4.12 Automatski izmijenjen model osnovnog okvira

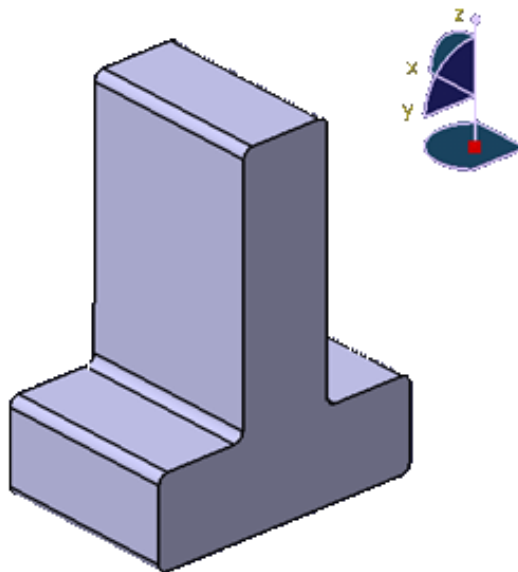
Prednost upotrebe adapter modela je u brzini kojom možemo naknadno mijenjati sklopove i položaje dijelova u njima. Na ovaj način definirani sklopovi pomažu jer pri projektiranju naprava i alata često dolazi do naknadnih promjena zbog raznih utjecaja. Oni mogu biti naknadni zahtjevi kupca ili jednostavne optimizacije pojedinih dijelova koje će proizvodnju učiniti bržom, jeftinijom i kvalitetnijom.

Nedostatak upotrebe metode adaptera jedino se može naći u slučaju kad je naprava koju projektiramo jednostavnije građe i gdje neće biti naknadnih izmjena jer proces projektiranja traje malo dulje nego što bi trajao kad se ne bi primjenjivala metoda adaptera modela. U slučaju oblikovanja naprave za zavarivanje ojačanja krovnog prozora to nije bio slučaj i korištena je metoda primjene adaptera.

#### 4.4. Definiranje obrada i tolerancija

U današnje vrijeme nastoji se izbaciti korištenje nacрта u proizvodnji. Proizvodnja je osmišljena tako da bi svaki radnik imao na svom radnom mjestu računalo na kojem bi umjesto nacрта pregledavao modele. Takav način proizvodnje naziva se i proizvodnja bez nacрта. Da bi se takva proizvodnja olakšala koriste se unaprijed definirane obrade u procesu projektiranja. Značenje pojedine obrade označeno je bojom te je zadano od strane naručitelja projekta. Vrste obrada i tolerancija definirane su u predlošku u kojem započinjemo rad s pojedinim dijelovima.

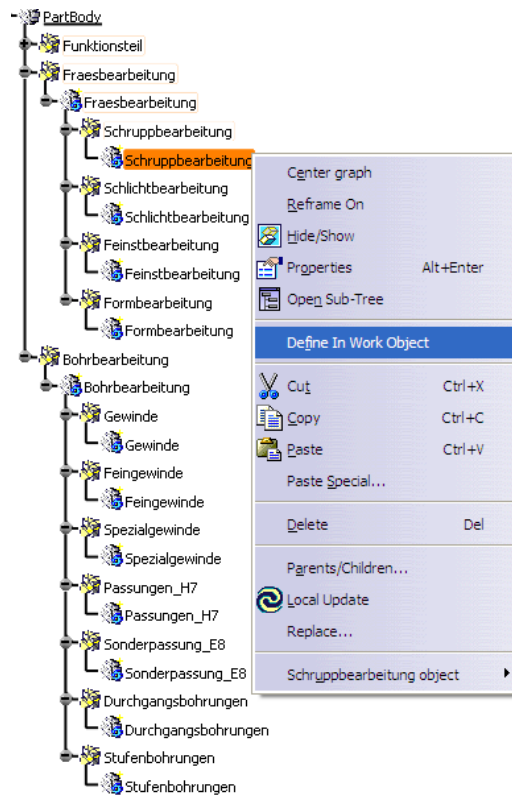
Dijelove oblikujemo tako da prvo oblikujemo osnovu tog dijela, odnosno onaj oblik koji je moguće izrezati na rezaču (Slika 4.13). U ovom slučaju radi se o CNC plinskoj rezačici.



Slika 4.13 Dio koji izrezujemo na rezaču

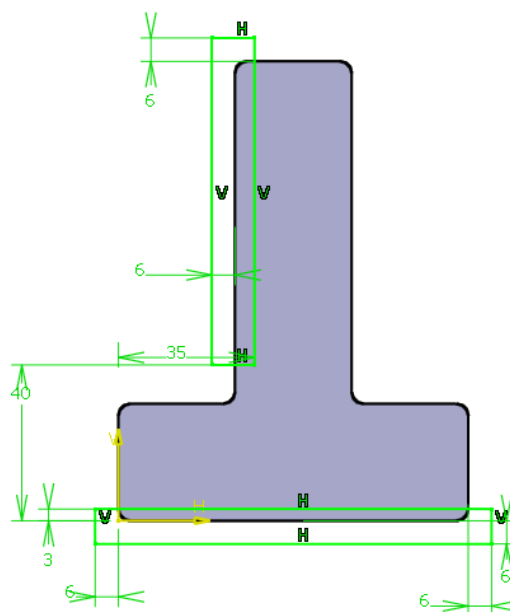
Dimenzije dijela koji izrezujemo moraju biti veće ili jednake konačnim dimenzijama tog dijela. Mora se ostaviti mjesta za obrade. Obrade su podijeljene u 2 skupine: 1. obrade glodanjem (njemački: Fraesbearbeitung) i 2. obrade bušenjem (njemački: bohrbearbeitung). Pod obrade glodanjem možemo smjestiti i obrade tokarenjem.

Da bismo pravilno koristili obrade potrebno se pozicionirati u obradu i toleranciju (Slika 4.14) koju želimo koristiti te odabiremo površinu na kojoj ćemo konstruirati obradu i ulazimo u Sketcher.

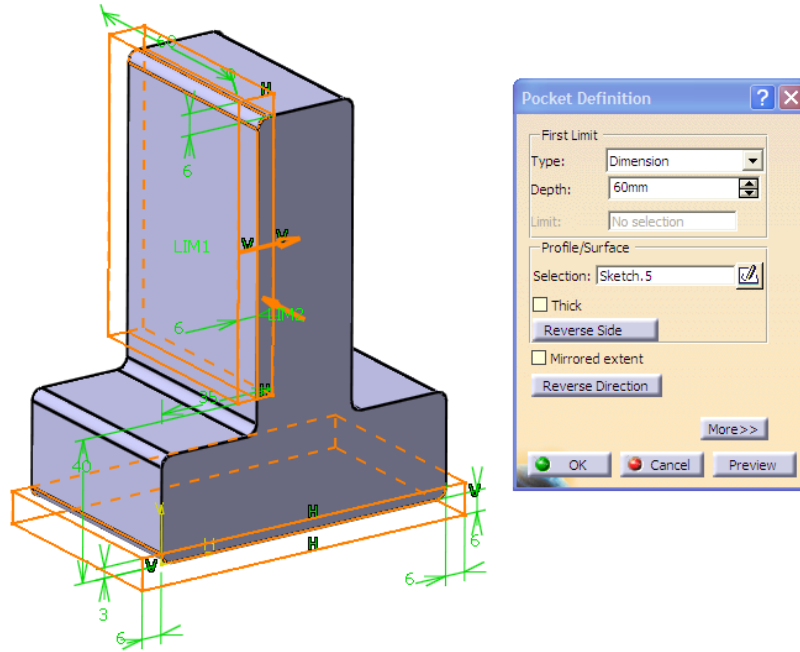


Slika 4.14 Definiranje obrade i tolerancije

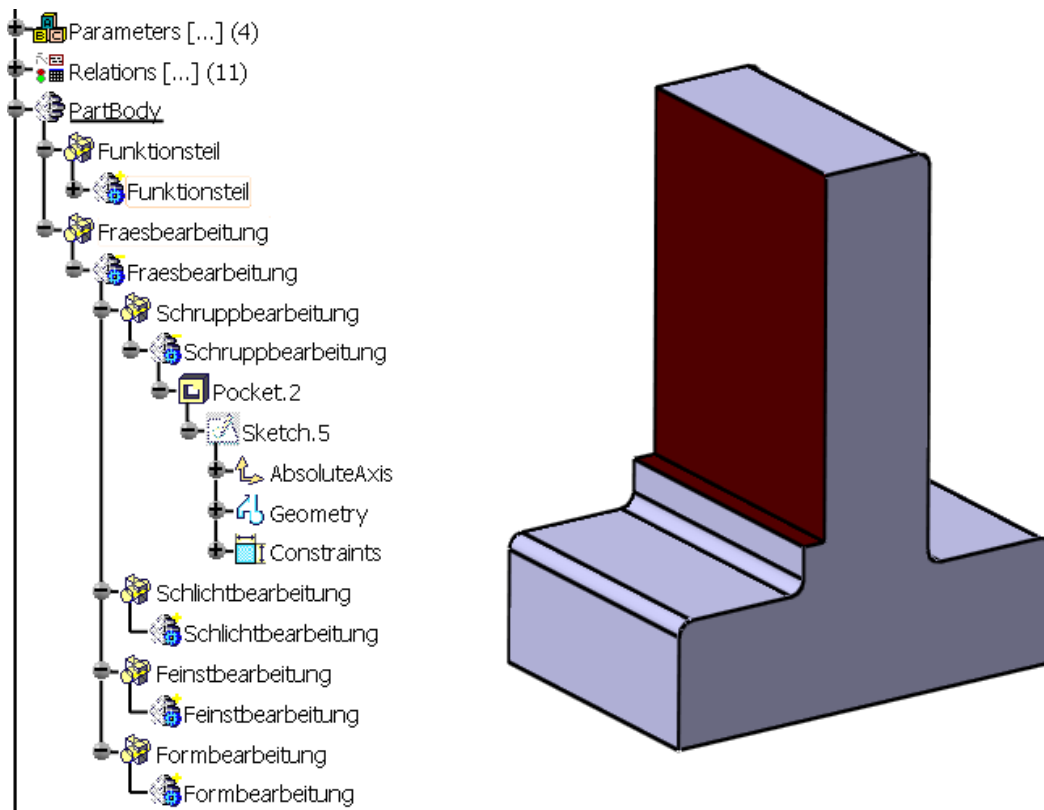
U Sketcheru definiramo područje koje želimo ukloniti sa osnovnog modela dijela (Slika 4.15). U ovom dijelu bitno je nastojati što više bitnih dimenzija definirati na osnovu linija ili točaka koje će mijenjanjem dimenzija garantirati da bitne dimenzije ostaju nepromijenjene te izađemo iz Sketchera. Nadalje, koristi se opcija Pocket (Slika 4.16) koja je slična opciji Pad uz razliku što ona uklanja dijelove modela koji se nalaze na prostoru u koji smo ju ekstrudirali. Nakon što smo unijeli potrebne dimenzije dobivamo oblik koji je spreman za idući korak (Slika 4.17).



Slika 4.15 Definiranje dimenzija potrebnih za obradu

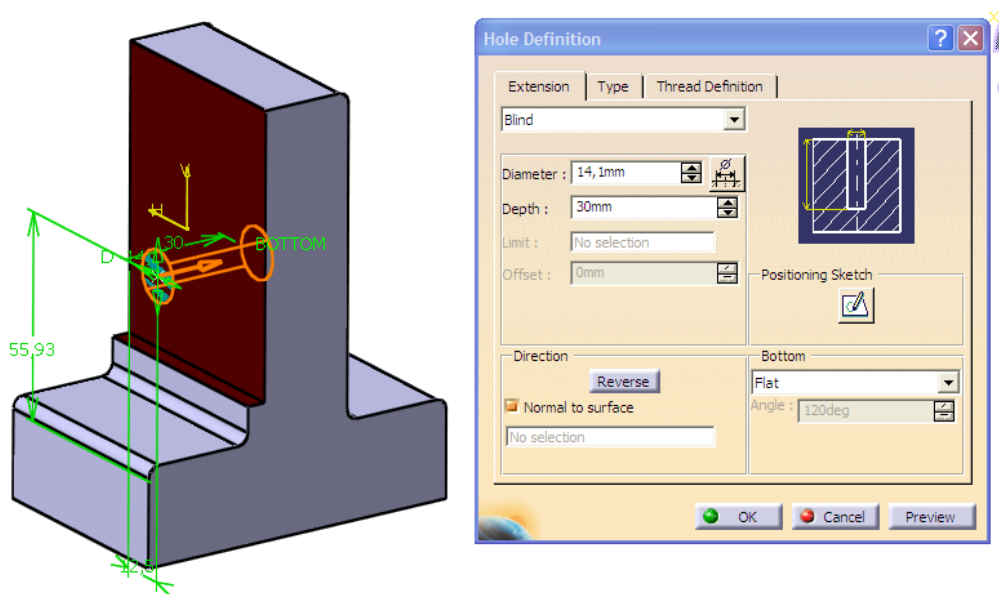


Slika 4.16 Definiranje opcije Pocket



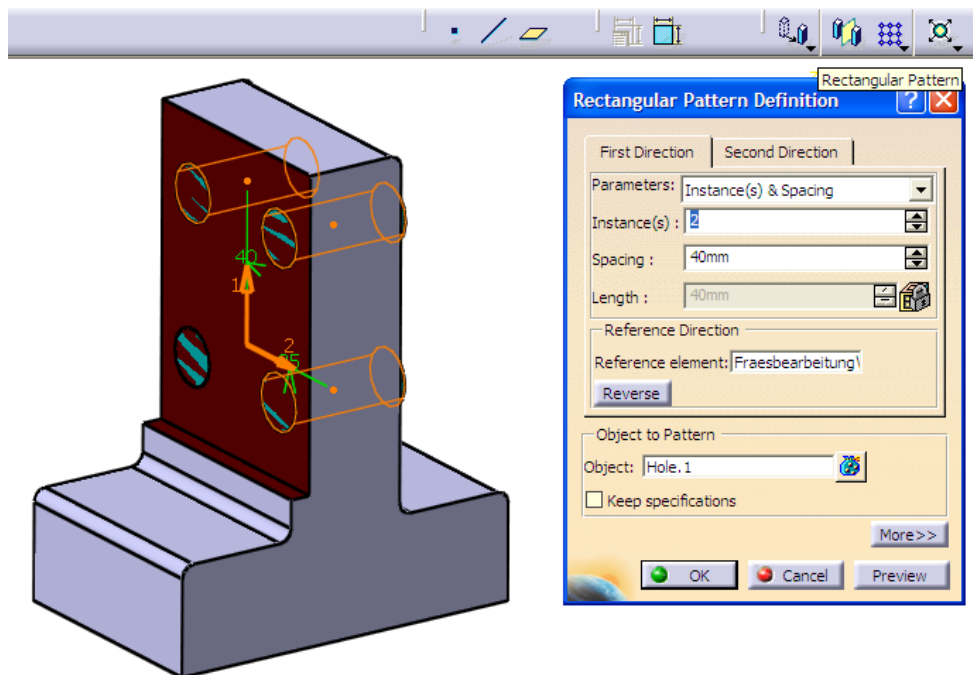
Slika 4.17 Izvršeno grubo glodanje

Za izradu rupa koristi se slična metoda. Potrebno se pozicionirati u vrstu rupe koja je potrebna i zatim odabrati opciju Hole i ravninu u kojoj se rupa nalazi (Slika 4.18). Da bismo točno pozicionirali rupu na ravnini koristimo opciju Positioning Sketch. Bitno je paziti da u opcijama nije upaljena opcija konstruiranja navoja unutar rupe, odnosno da je upaljena ako je potreban navoj.

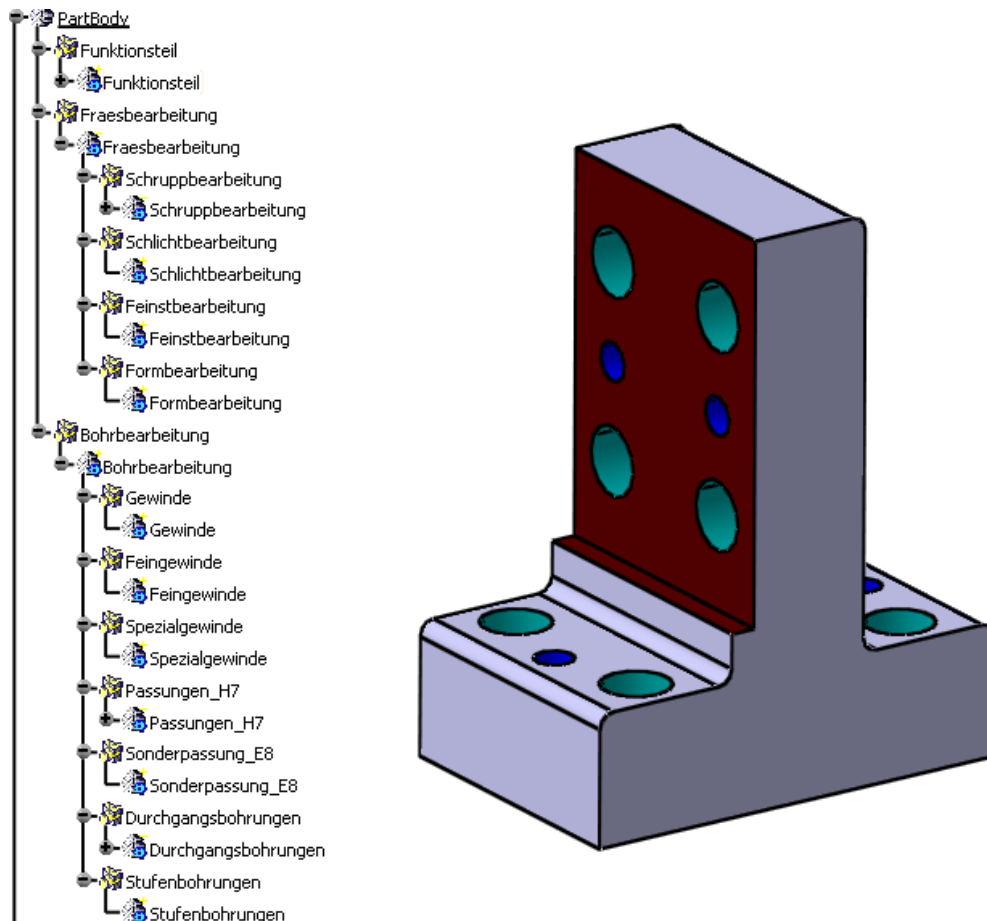


Slika 4.18 Definiranje rupe

Ako imamo više simetričnih rupa preporučljivo je koristiti opciju Rectangular Pattern za pozicioniranje ostalih rupa (Slika 4.19 i Slika 4.20).



Slika 4.19 Korištenje opcije Rectangular Pattern



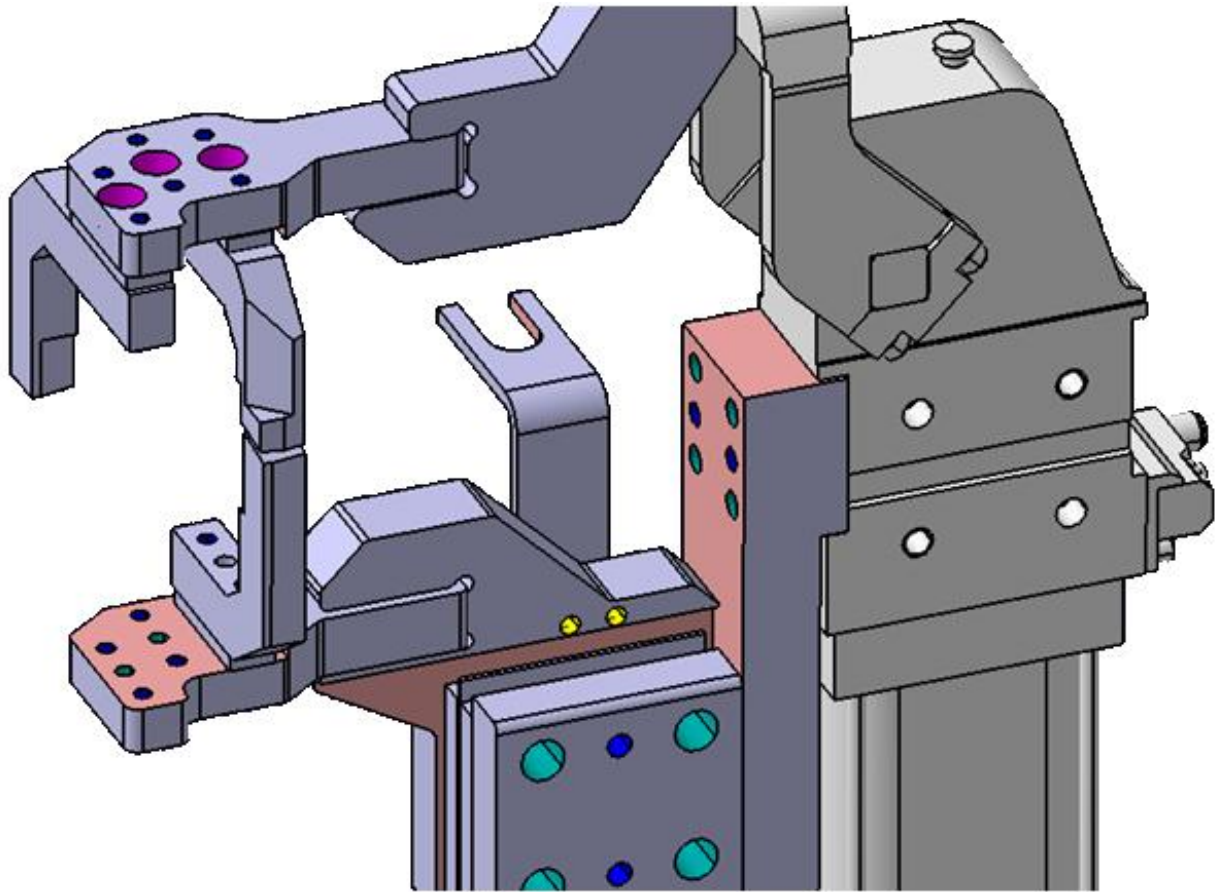
Slika 4.20 Model dijela sa svim definiranim obradama

Prednosti uporabe ove smjernice je ubrzanje i olakšanje korištenja zbog vrlo preglednog i lako shvatljivog procesa proizvodnje pojedinog dijela. Jako korisno je i što je svaka obrada definirana točno određenom bojom te na taj način lagano možemo saznati o kakvoj vrsti obrade se radi. Ovaj način oblikovanja ubrzava i pripremu proizvodnih procesa zbog već definiranih obrada.

Nedostaci upotrebe ove smjernice su slični kao i kod smjernica za Sketcher. Znači problemi su mogući ako osoba nije upoznata sa mogućnostima strojeva koji će izrađivati oblikovani dio.

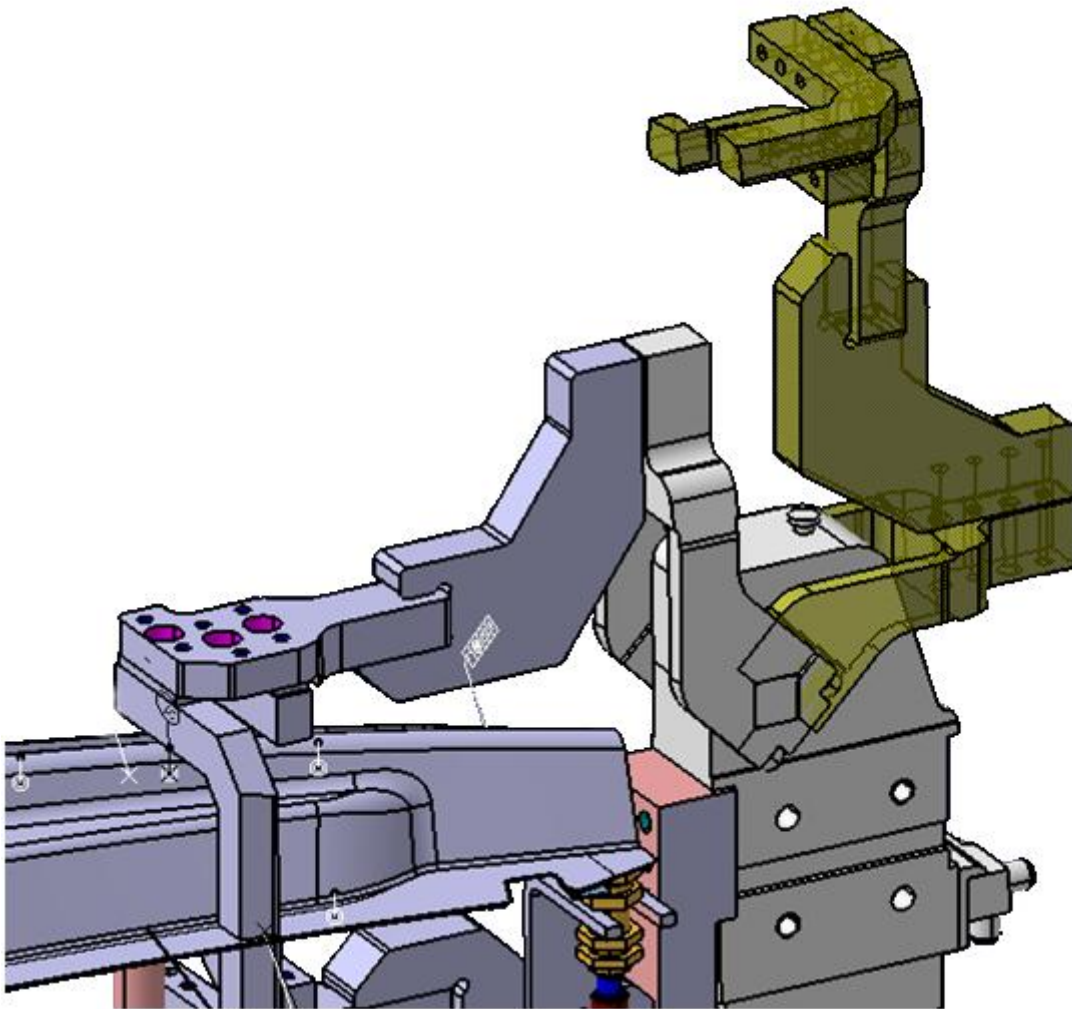
## 4.5. Primjena boja

Primjena boja pri projektiranju naprava u CATIA sustavu znatno olakšava rad, a i kasniju proizvodnju tih dijelova. Unaprijed su u sklopu predložka definirane obrade i tolerancije za izradu elemenata naprave. Također su dodijeljene i boje za svaku od tih obrada, tolerancija. Na taj način konstruktor, a kasnije i radnik koji će izraditi te dijelove, u svakom trenutku vrlo lagano može saznati o kakvoj obradi se radi, je li provrt ili navoj te koja su tolerancijska polja, bez da vrši premjeravanja odabiranjem svakog elementa i pregledavanjem izradbenih svojstava i tako uštedjeti na vremenu, odnosno novcu. Boje pojedinih obrada su zadane u samom predlošku tako da nije potrebno naknadno mijenjanje. Obrade na pojedinim dijelovima vidljive su kao boje u svim fazama oblikovanja (Slika 4.21).

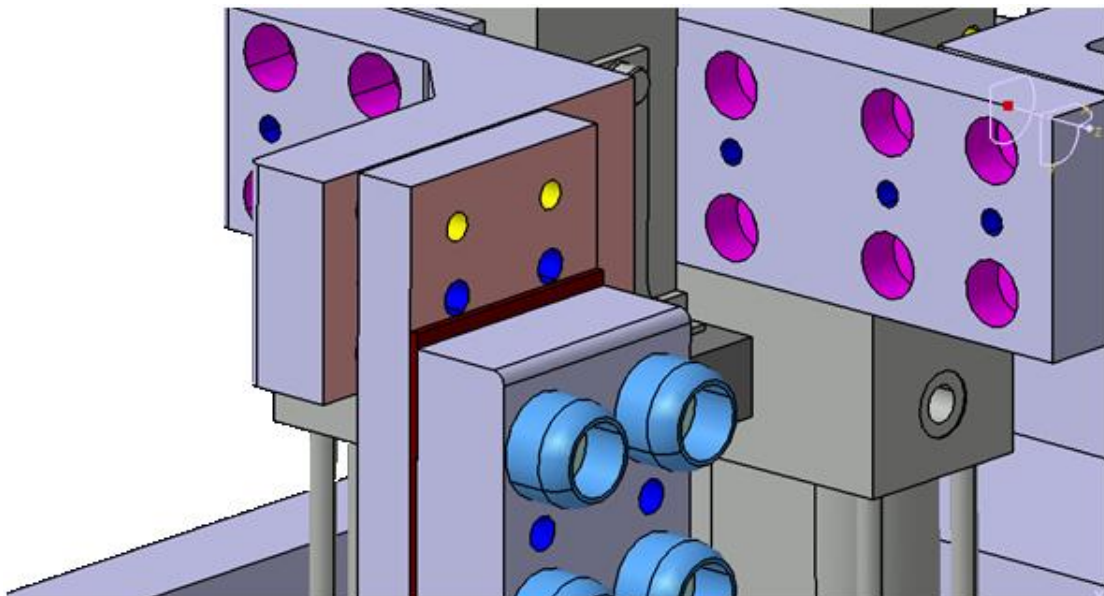


*Slika 4.21 Primjer primjene boja na pod-sklopu*

Boje se mogu koristiti i za druge namjene, osim za označavanje obrada i tolerancija. U dogovoru s naručiteljem radova, pojedine vrste materijala mogu se označavati određenim bojama (Slika 4.23). Koriste se i za naznačavanje otvorenih pozicija naprava. Otvorene pozicije naprava označavamo žutom, transparentnom bojom (Slika 4.22). Otvorena pozicija naprave je kopija pomičnog dijela naprave u zatvorenom položaju i kao takva ne ulazi u listu dijelova.



*Slika 4.22 Pomični dio naprave u otvorenom položaju*



*Slika 4.23 Različiti materijali naznačeni različitim bojama*



Prednosti uporabe smjernice o bojama je što olakšava se raspoznavanje pojedinih obrada, vrsta materijala i pozicija. Na ovaj način također se pomaže projektiranje proizvodnih procesa. Lakše razumijevanje rada naprave, njena funkcija i vrste materijala koje su korištene. Zahvaljujući bojama za vrijeme oblikovanja naprave puno puta sam uočio greške koje su se potkrale u procesu oblikovanja. Najčešće su to bile pogreške u definiciji rupa koje su se lako uočile te u kratkom roku ispravile.

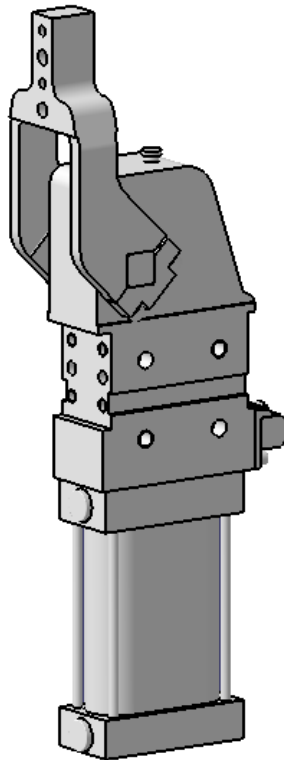
Jedini nedostatak ove smjernice može nastat ukoliko različiti naručitelji na različite načine definiraju što koja boja predstavlja. Zbog toga je potrebno uvijek jasno definirati tko je naručitelj i što koja boja predstavlja.

#### 4.6. Standardni dijelovi

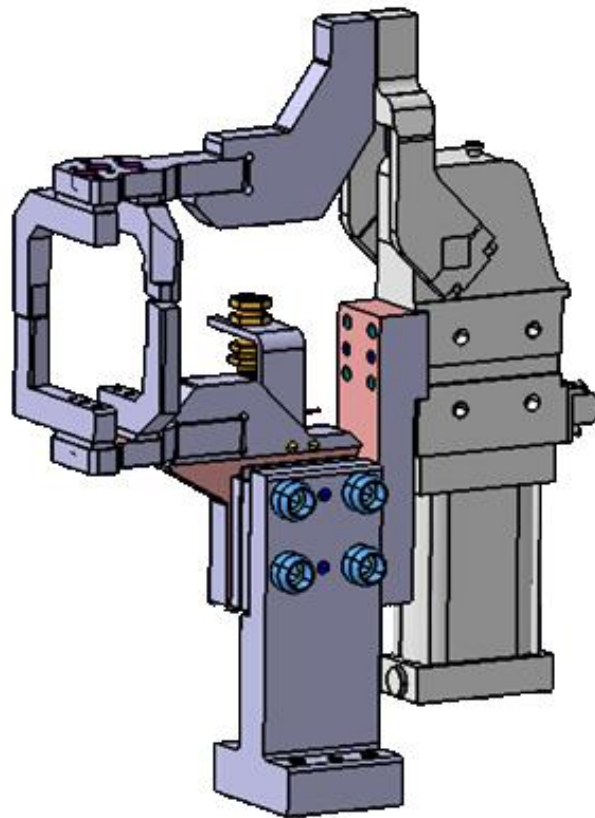
Zbog velike potrebe za napravama u auto-industriji imamo ih jako velik broj. Mnoge od njih imaju velik broj sličnih ili istih dijelova. Izrada tih dijelova bila bi preskupa ako bi se svaki taj dio izrađivao svaki put ponovo pojedinačno. Zbog toga danas imamo specijalizirane firme koje se bave proizvodnjom tih standardnih dijelova u serijskoj proizvodnji te na taj način znatno ubrzavaju i pojeftinjuju proces proizvodnje. Standardne dijelove koji će se koristiti za napravu definira naručitelj.

Za ovu napravu korištena je baza sa 67 standardnih dijelova, od kojih je samo 17 korišteno u procesu projektiranja naprave. Sve dijelove u bazi projektirala je firma koja ih proizvodi i učinila ih je dostupnima u CATIA formatu, tako da u procesu projektiranja naprave te dijelove vrlo lagano ubacujemo u sklopove.

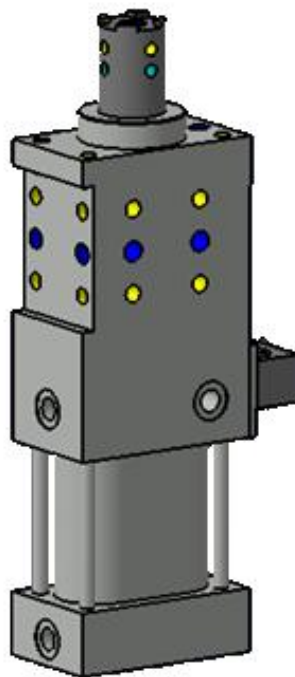
Na slikama se vide neki od standardnih dijelova korišteni u procesu oblikovanja naprave (Slika 4.24, Slika 4.26 i Slika 4.28) te njihov položaj unutar pod-sklopova (Slika 4.25, Slika 4.27 i Slika 4.29). Umetanje standardnih dijelova u sklop se vrši kao i umetanje svakog drugog dijela kojeg smo sami oblikovali. Proces je detaljnije opisan u poglavlju 4.6. Sklop.



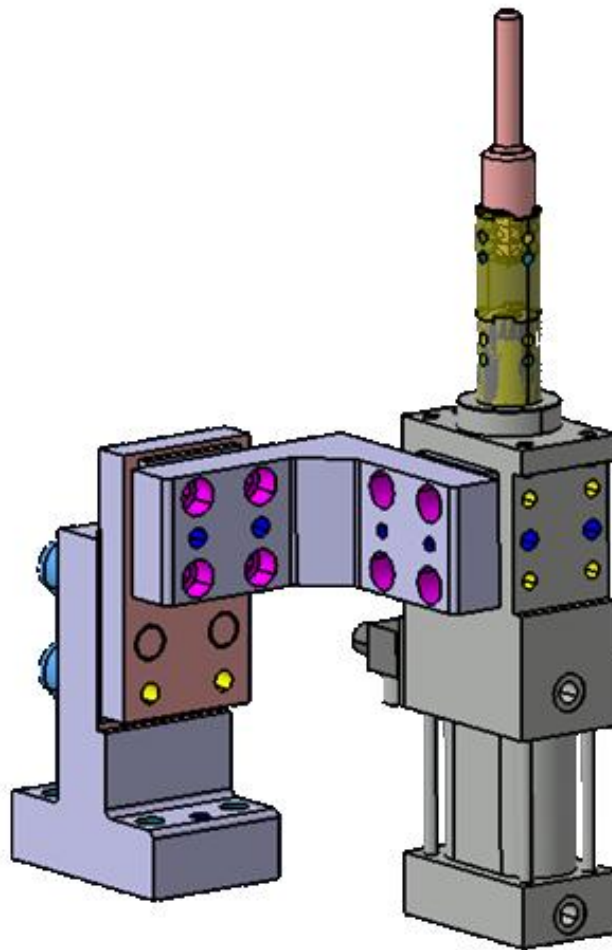
Slika 4.24 Standardni dio, Pneumatska stega, 160Nm



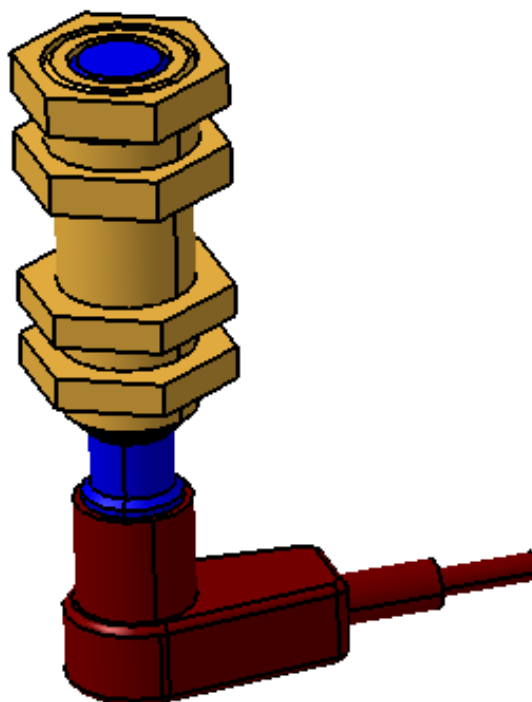
*Slika 4.25 Pneumatska stega uklopljena u pod-sklop*



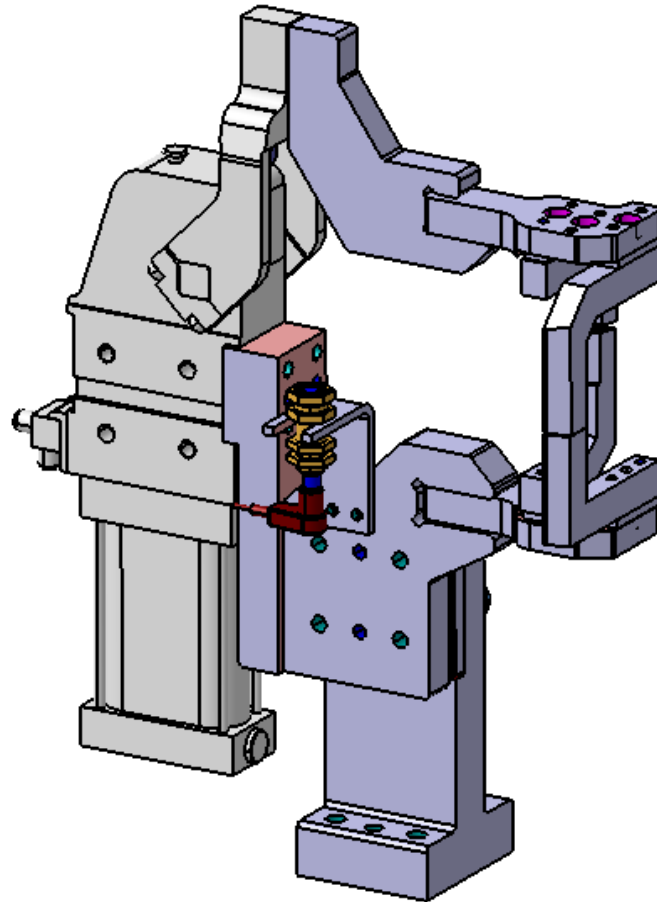
*Slika 4.26 Standardni dio, Pneumatski cilindar, 0.55kN*



Slika 4.27 Pneumatski cilindar uklopljen u pod-sklop



Slika 4.28 Standardni dio, Optički inicijator



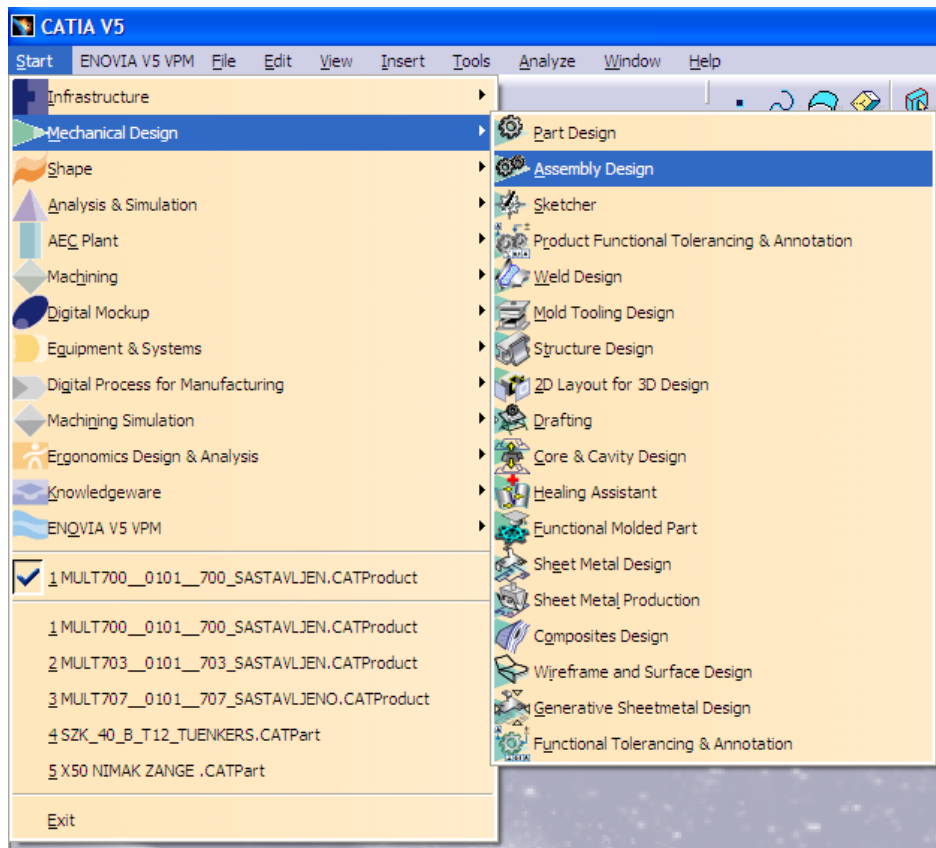
*Slika 4.29 Optički inicijator uklopljen u pod-sklop*

Prednosti postojanja standardnih dijelova su velike. Najznačajnija prednost je ušteda u vremenu potrebnom za oblikovanje naprave, odnosno ušteda u novcu. Jedna od također bitnih prednosti je i jednostavnost rada sa standardnim dijelovima.

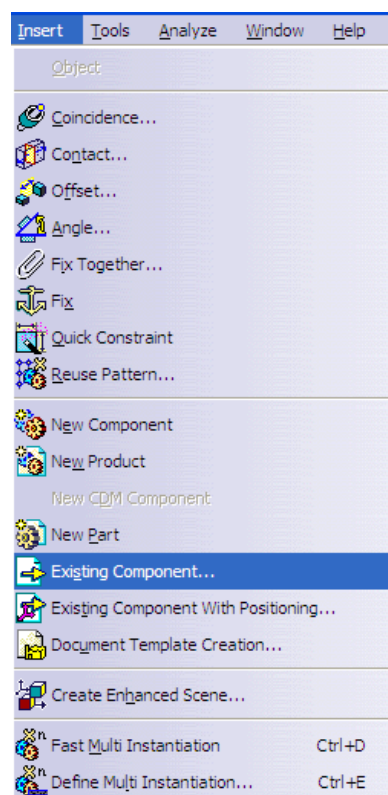
Nedostaci upotrebe standardnih dijelova mogu se javiti u slučaju da smo ih odlučili uklopiti u napravu nakon što je veći dio naprave već oblikovan i onda shvatimo da dio ne odgovara ili da mu zbog vlastitih dimenzija smeta neki drugi dio naprave. U tom slučaju ako ne postoji drugi standardni dio koji će biti manjih dimenzija nastaje problem i znatan dio posla se mora ponovo raditi. Da bi se ovaj problem izbjegao potrebno je znati s kojim dijelovima se raspolaže prije početka oblikovanja naprave.

## **4.7. Sklop**

Sklop (engl. *Assembly*) je skup dijelova ili drugih pod-sklopova okupljenih u jednu cjelinu. Proces sklapanja dijelova ili pod-sklopova u cjelinu započinje naredbom *Assembly Design* (Slika 4.30). U *Assembly* okruženju prvo se umeće adapter, a potom ostali dijelovi. Umetanje dijelova vrši se naredbom *Insert, Existing Component* (Slika 4.31). Umetnute dijelove ili pod-sklopove moguće je mijenjati i u *Assembly* okruženju. Dopušteno je umetnuti i prazan predložak te oblikovati dio direktno u sklopu.



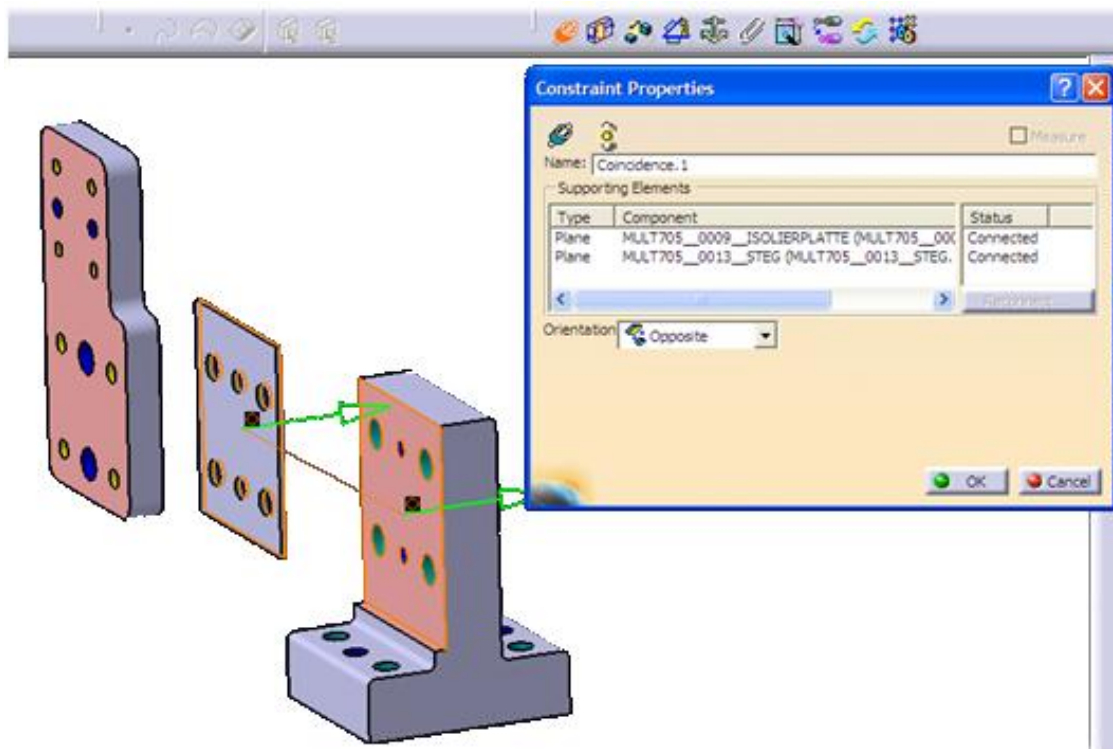
Slika 4.30 Otvaranje Assembly Design okruženja



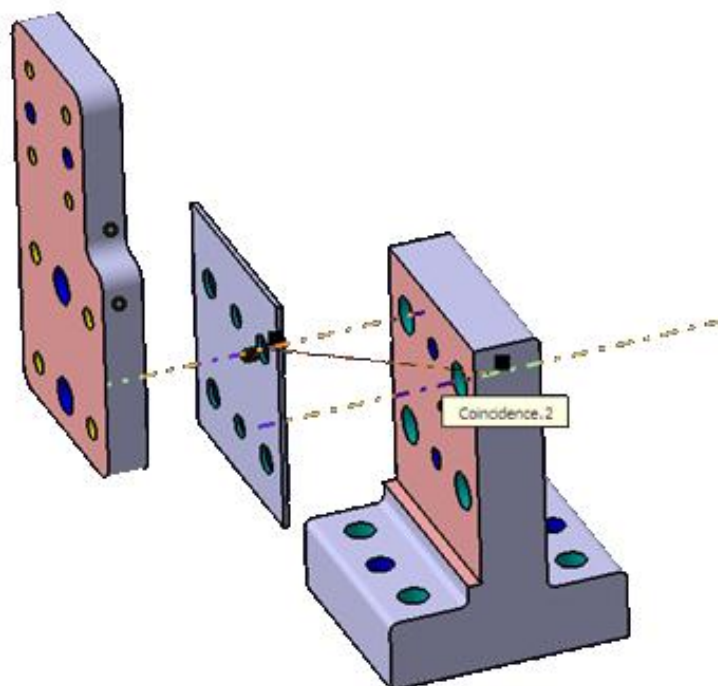
Slika 4.31 Umetanje postojeće komponente, dijela ili sklopa

Kad su dva ili više dijelova umetnuti u sklop, potrebno ih je dovesti u međusobni odnos. To se postiže na nekoliko načina. U ovom radu korištena su dva načina:

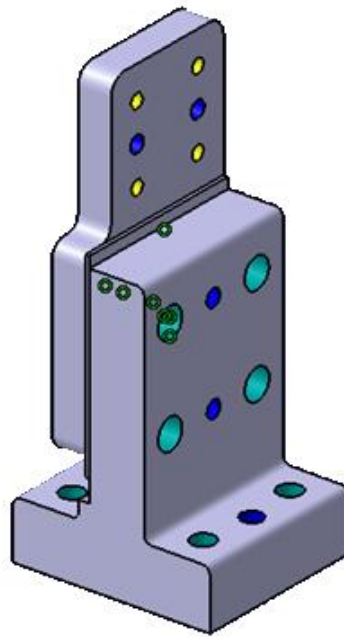
- Prvi je definiranje međusobnog položaja definiranjem ograničenja Coincidence Constraint (Slika 4.23). Element koji se prvi odabere poravnava se s obzirom na element koji se drugi odabire, osim u slučaju da je jedan od elemenata već pod nekim drugim ograničenjem koje mu onemogućuje pomicanje. Ograničenja su vidljiva i označena kao kružići na elementima koji su pod njima. Odabiranjem kružića pojavljuje se linija koja vodi do kružića koji je u odnosu sa prvo odabranim (Slika 4.24).



Slika 4.32 Definiranje ograničenja



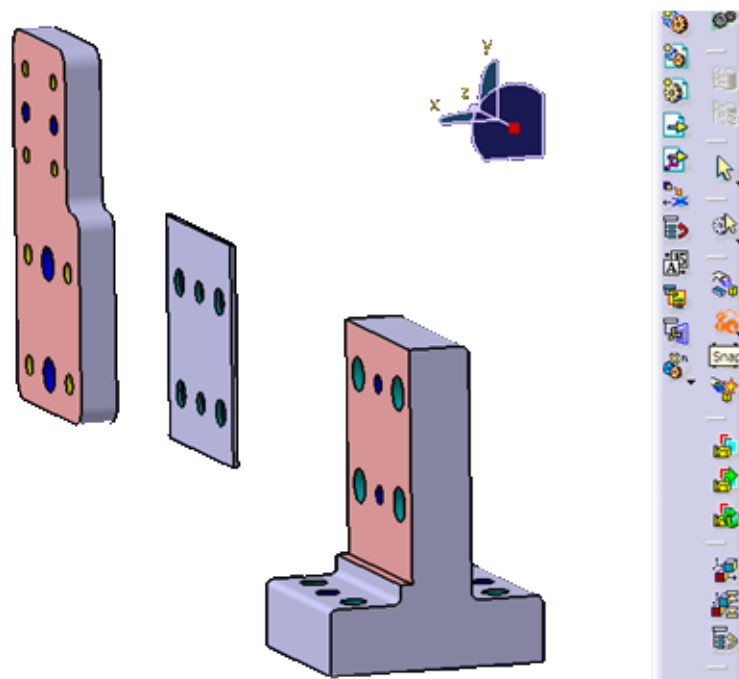
Slika 4.33 Prikaz odabranog ograničenja



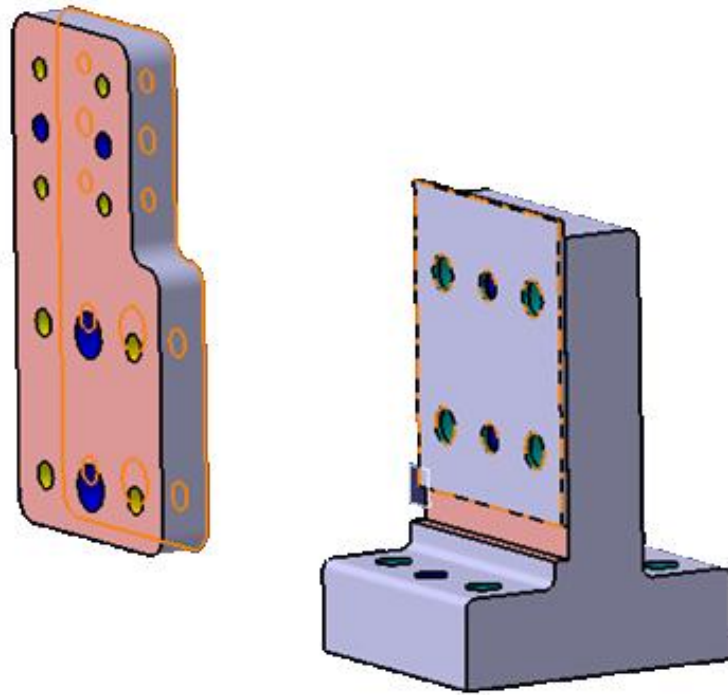
Slika 4.34 Spojeni dijelovi

Dijelovi i sklopovi spojeni na ovaj način zadržavaju oblik i sva ograničenja sve dok se neko ograničenje ne promijeni ili ugasi (Slika 4.34).

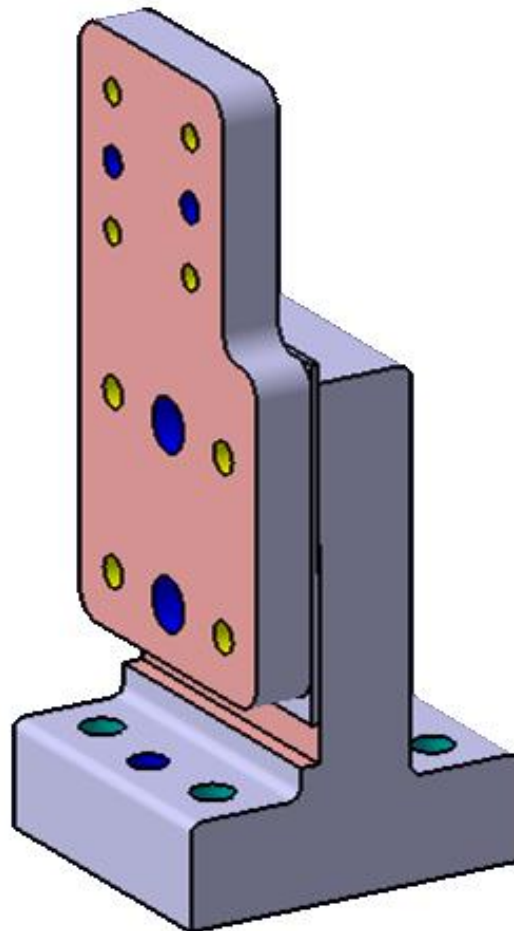
- Drugi način spajanja elemenata u Assembly okruženju je naredbom spoji (engl. *Snap*)(Slika 4.35). Naredba radi na sličnom principu kao i naredba ograničenja Coincidence Constraint uz bitnu razliku što samo trenutno spaja dva elementa. Ako se neki od njih pomakne drugi ga element ne slijedi, nego ostaje na mjestu. Element koji je odabran prvi dolazi do elementa koji je drugi odabran.



Slika 4.35 Naredba Snap



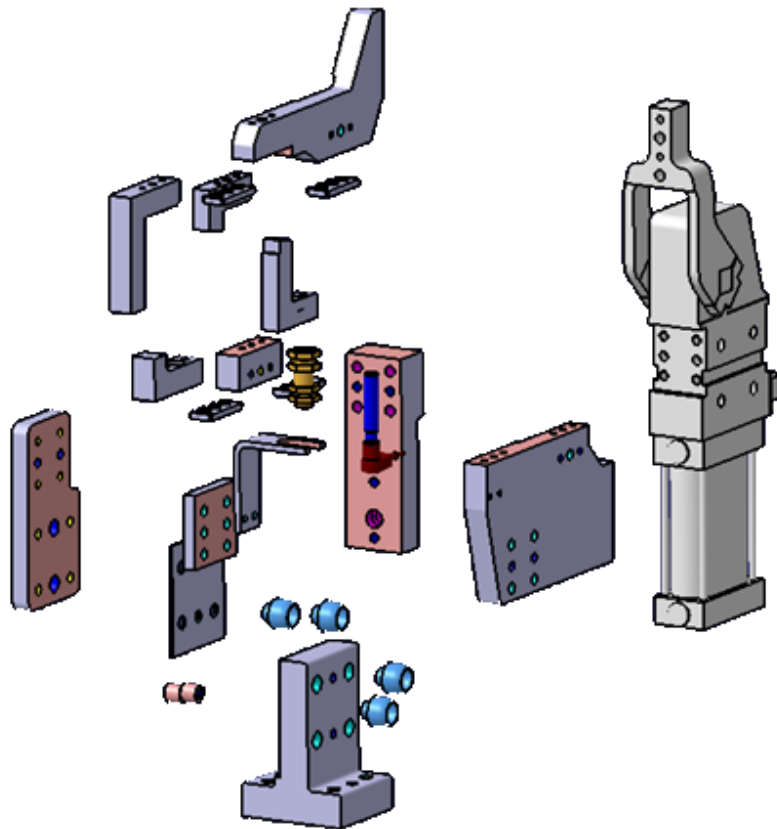
*Slika 4.36 Odabrani elementi naredbom Snap*



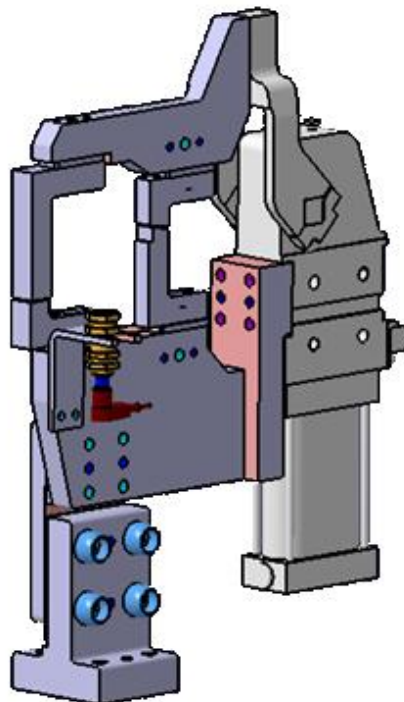
*Slika 4.37 Elementi spojeni naredbom Snap*



S ova dva načina spajanja spojena je cijela naprava. Na slici 4.38 i slici 4.39 se vidi primjer spajanja pod-sklopa naprave za zavarivanje sa umetnutim standardnim dijelovima.



*Slika 4.38 Svi dijelovi pod-sklopa*



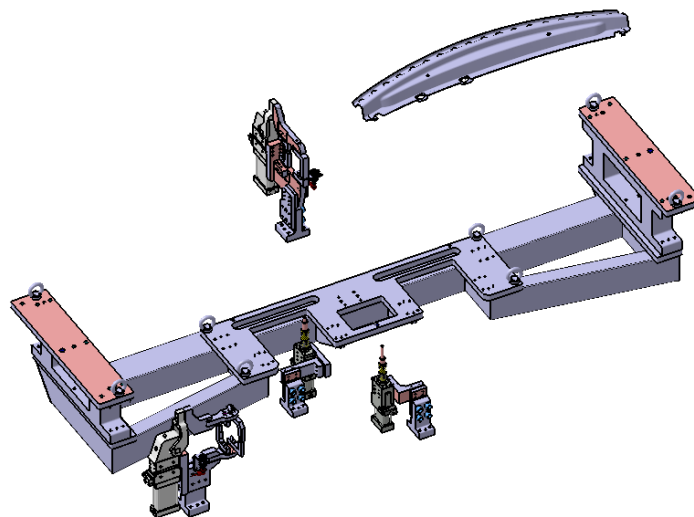
*Slika 4.39 Sastavljen pod-sklop*

Prednost spajanja sklopova naredbom Coincidence Constraint je što dijelovi povezani na taj način ostaju spojeni i nakon promjena položaja i oblika, pa je pogodna za sve sklopove kojima će se položaj ili oblik pojedinih možda mijenjati. Nedostatak je taj što u slučaju zadavanja prevelikog broja ograničenja promjene mogu postat nemoguće dok se određena ograničenja ne ugase.

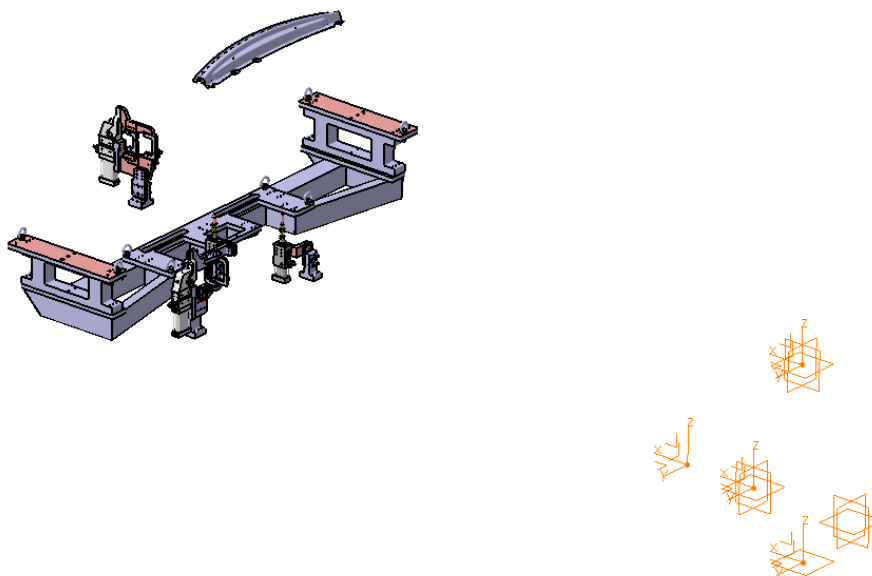
Prednost spajanja sklopova naredbom Snap je brzina i lakoća korištenja. Nedostatak je što bi u slučaju pomicanja pojedinog dijela u sklopu drugi dio ostao na svom starom mjestu i ne bi više bio u kontaktu sa pomaknutim. Te bi ju trebao izbjegavati koristiti kao trajno rješenje.

#### 4.7.1 Sklapanje naprave

Kod sklapanja cijele naprave u cjelinu slaže se samo desna strana naprave, gledano od centra prednje osovine automobila. Druga strana se, zbog toga što je simetrična, samo zrcalno kopira. Na taj način uštedeno je znatno vremena. Pod-sklopovi (Slika 4.40) se umeću kao i dijelovi te im se ishodište adaptera poravnava sa glavnim adapterom naprave. Na slici 4.41 vidimo primjer sklopa kojem adapteri pod-sklopova nisu poravnati sa glavnim adapterom.

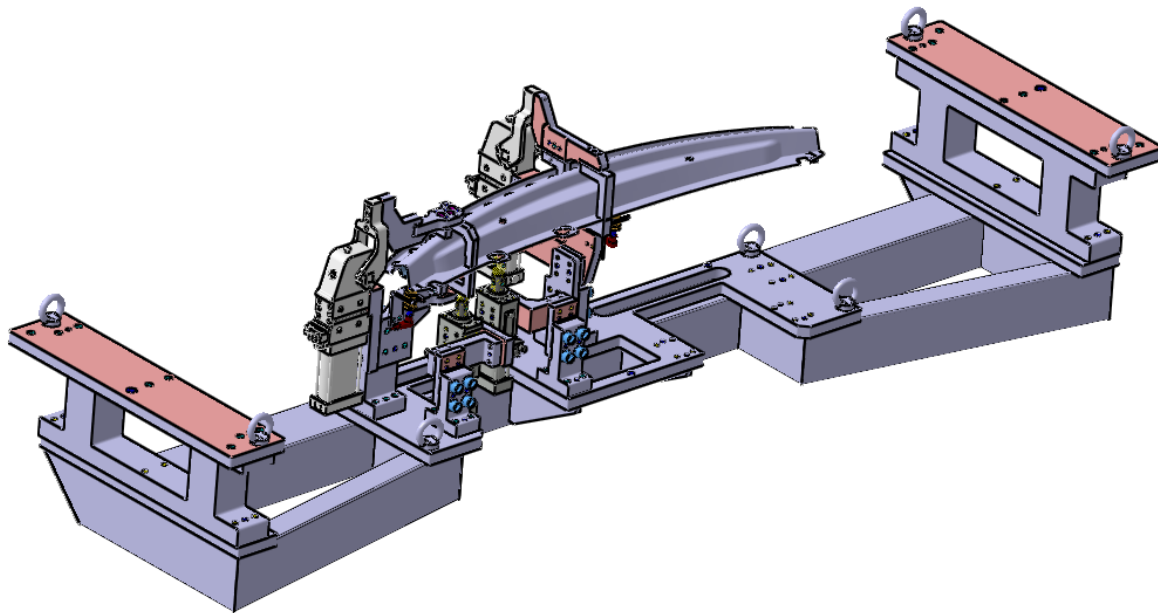


Slika 4.40 Osnovni pod-sklopovi i predmet

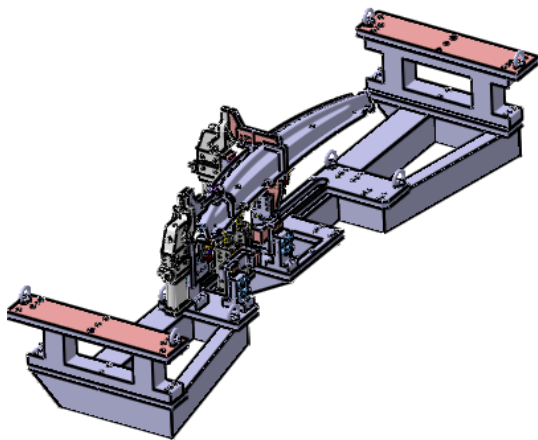


Slika 4.41 Prikaz položaja ishodišta adaptera pojedinih pod-sklopova

Iz crteža se vidi da se ishodišta adaptera ne slažu jedan s drugim. Nakon dovođenja pod-sklopova u njihove pozicije (Slika 4.42) poravnavamo i ishodišta adaptera sa glavnim adapterom (Slika 4.43) te ih fiksiramo da spriječimo pomicanje pod-sklopova u budućnosti.



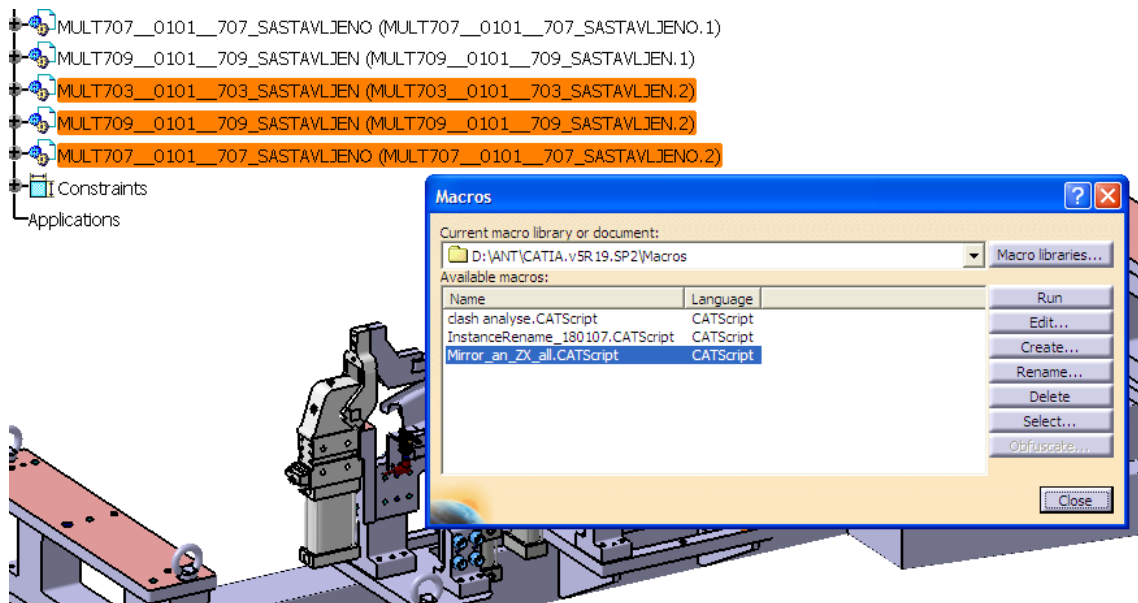
*Slika 4.42 Pravilno postavljene pod-sklopove*



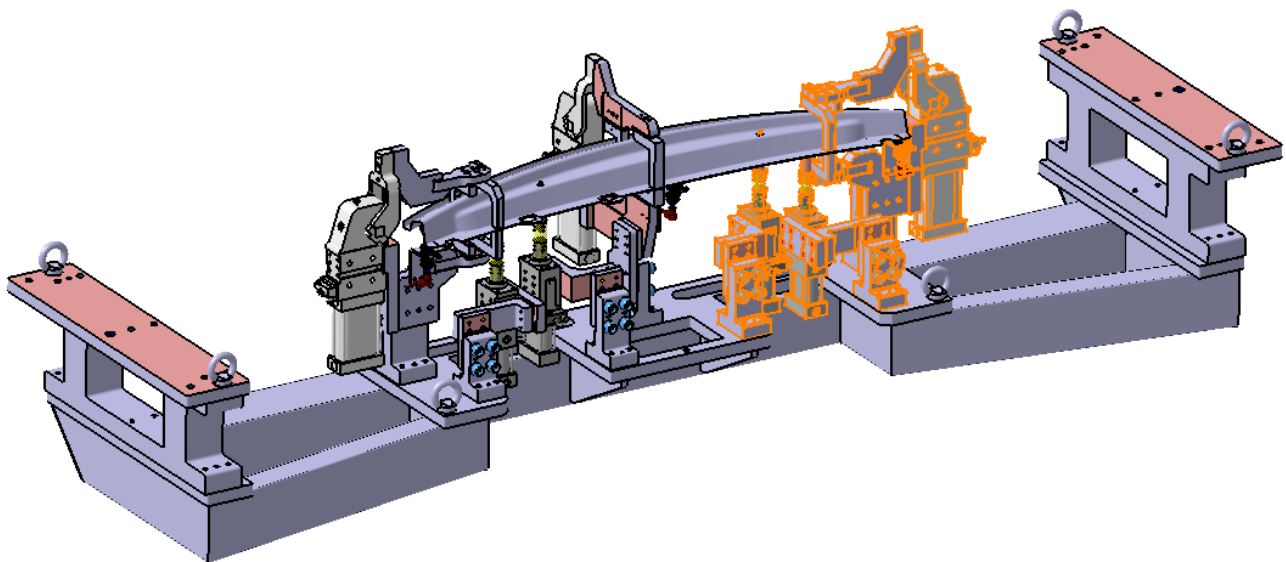
*Slika 4.43 Svi adapteri su poravnati, ishodišta su u jednoj točki prostora*

Svi elementi desne strane, koji imaju simetričan element na lijevoj strani, kopiraju se kao novi elementi i zatim se ti elementi zrcalno, pomoću makro opcije (Slika 4.44), prebace na lijevu stranu s obzirom na centar naprave (Slika 4.45). Zbog dobro postavljenog adaptera dijelovi su precizno pozicionirani na svojim mjestima. Bilo koje naknadno mijenjanje naprave s desne strane automatski će mijenjati i lijevu stranu naprave.





Slika 4.44 Makro naredba za zrcaljenje



Slika 4.45 Zrcaljeni elementi na svojim pozicijama

Prednosti ovakvog načina spajanja pod-sklopova u cjelinu je u očitj uštedi vremena zbog toga što je potrebno oblikovati samo jednu stranu naprave i vrijeme rada skoro prepoloviti. Još jedna od prednosti je što budućim modifikacijama desne strane naprave svi elementi lijeve strane su također izmijenjeni.

Nedostatak koji se može pojaviti najčešće nastaje kao posljedica loše postavljenog adapter modela. To može dovesti do toga da dijelovi koji su zrcaljeni opcijom makro ne nasjednu na svoja mjesta.

## 5. ZAKLJUČAK

U ovom radu detaljno su prikazane smjernice za računalno oblikovanje u sustavu CATIA V5 r19 te je prikazana većina bitnih funkcija i mogućnosti koje se koriste u radu sa CATIA-om. CATIA je danas vodeći paket u najzahtjevnijoj kategoriji paketa za projektiranje. Ubrajamo ju u sustave visoke opsežnosti te kao takvoj gotovo da ne postoji dio industrijske proizvodnje gdje joj ne možemo naći primjenu.

Smjernice korištene u ovom diplomskom radu proizvod su njemačke auto-industrije. Koriste ih Audi AG, BMW Group, Daimler AG i Volkswagen AG te je od iznimne važnosti pridržavati ih se. Smjernice su rezultat dugogodišnjeg rada timova inženjera na unaprjeđenju sustava proizvodnje potpomognutim CATIA-om. Tome svjedoči i podatak da su BMW i Daimler bili prvi korisnici CATIA sustava još početkom osamdesetih godina prošlog stoljeća. Tako da nepridržavanjem ovih smjernica može doći do slučaja da posao koji ste napravili ne zadovoljava standarde i kao takav ne bude otkupljen, a vaše poduzeće dođe na loš glas kao nepouzdana.

CATIA se kao paket u ovom procesu konstruiranja pokazao iznimno koristan i brz alat te uz primjenu aktualnih smjernica cijeli posao oblikovanja ove naprave obavljen je za oko 100 radnih sati. Cijena naprave uz prosječnih 35eura po satu rada inženjera ne prelazi 30,000kuna.

Naprava je rađena većim dijelom od čelika, dok su pojedini korišteni standardni dijelovi bili od drugih materijala. Masa naprave je oko 350kg.

Od velike je važnosti dobro poznavati smjernice za izradu te tehnologiju i način rada promatrane naprave kao i način rada i mogućnosti računalnog sustava za oblikovanje. Tek tada se može bez rizika prijeći na primjenu i korištenje, jer svaki naknadni prekid u radu zbog nepoznavanja novonastale situacije može dovesti do vremenskih prekoračenja rokova te tako i novčanih gubitaka.

## 6. LITERATURA

- [1] Bernard, Francis: *A short history of CATIA & Dassault Systemes*, (brošura), Velizy, Francuska, Deassault Systemes, 2003., URL: <http://www.edstechnologies.com/download/history-catia.pdf> (11.12.2010)
- [2] Dean, Al: *Catia V6R2009: It does stuff*, 25.11.2008., (elektronički časopis), London, Engleska, URL: <http://develop3d.com/blog/2008/11/catia-v6r2009x-it-does-stuff>, slika CATIA V6 sučelja (11.12.2010)
- [3] Josipović, Goran. *Izrada parametarskog računalnog alata za savijanje*, (Diplomski rad), Slavonski Brod, Strojarski fakultet u Slavonskom Brodu, 2005., od 11 do 12 stranice.
- [4] German Automotive Industry, Working group „System- and device design with CATIA V5“: *Basic guideline for the design of systems and devices with CATIA V5*, (interni dokument), Stuttgart, Njemačka, 2008. 29 str.

## **PRILOZI**

PRILOG I: Kompaktni disk s datotekama CATIA MODELA i PDF datotekom diplomskog rada

**PRILOG I: KOMPAKTNI DISK S DATOTEKAMA CATIA  
MODELA I PDF DATOTEKOM DIPLOMSKOG RADA**

Broj stranica: 1