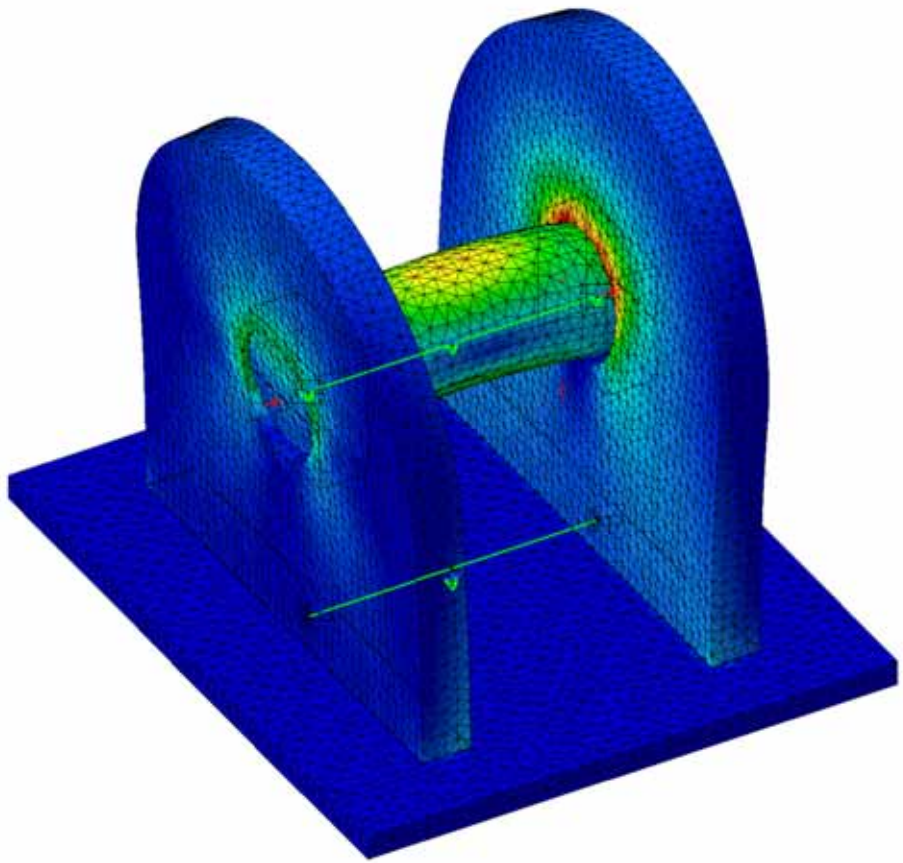
# Primer 2 – sistem uške bolcn (prikaz proračuna mašinskih sklopova)

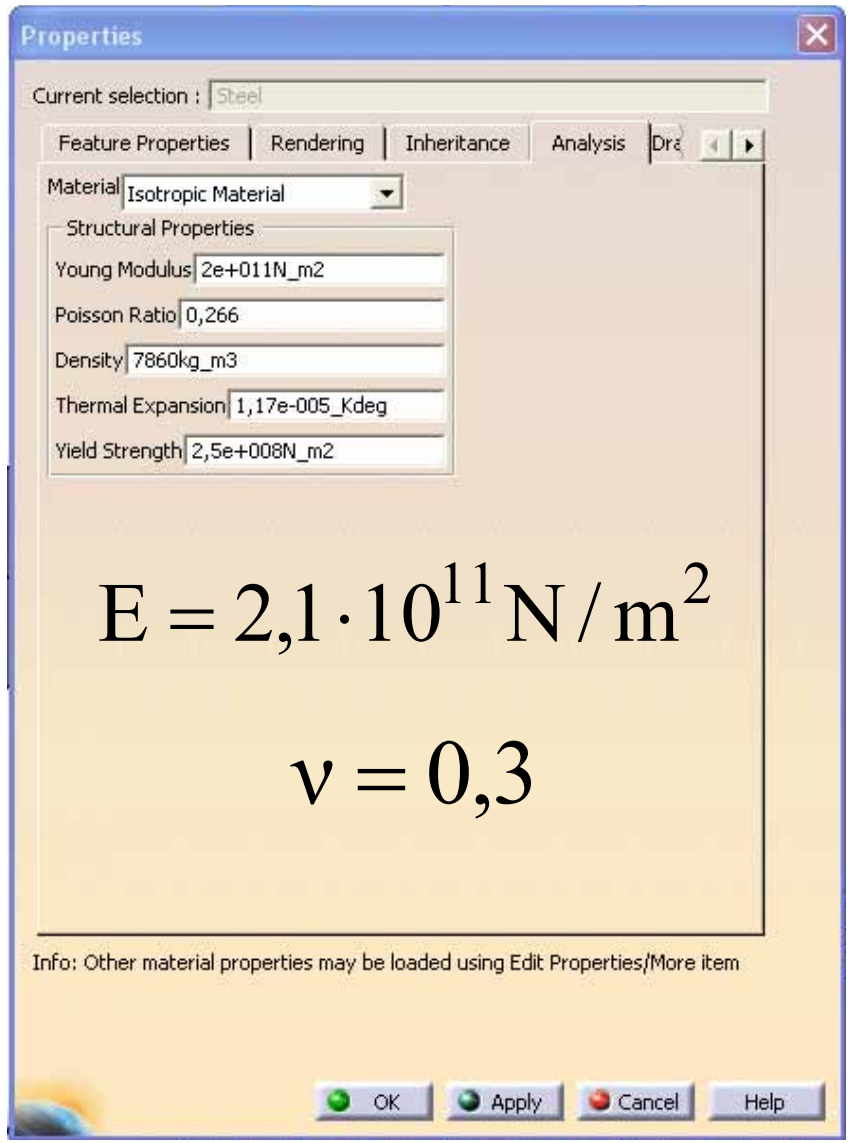
- Redosled izvođenja operacija prilikom analize naponsko-deformacionog stanja sklopa uški i bolcna primenom metode konačnih elemenata (MKE):

  1) Priprema modela za analizu
  2) Postavljanje veza između elemenata sklopa
  3) Oslanjanje sklopa
  4) Unos opterećenja
  5) Izbor tipa i veličine konačnih elemenata
  6) Proračun i prikaz rezultata



# 1) Priprema modela za analizu

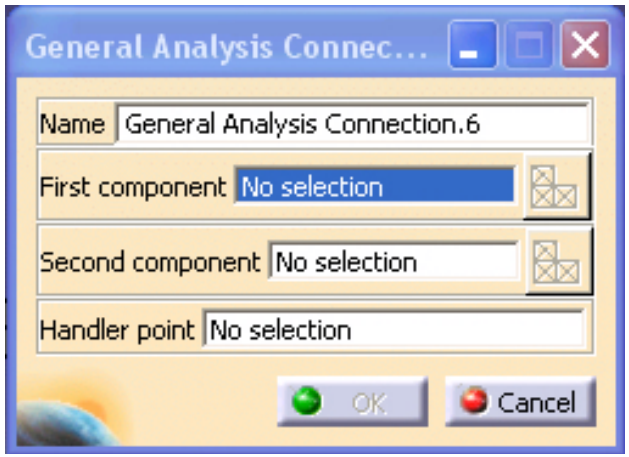
- Pre ulaska u modul za analizu (Generative structural Analysis), neophodno je zadati materijal svakome od elemenata sklopa.
- Metoda konačnih elemenata je linearna numerička metoda, koja pored geometrijskih karakteristikan modela koristi i karakteristike zadatog materijala, kao što su: moduo elastičnosti (E), poasonov koeficijent (ν) i gustina (ρ).
- Program nudi mogućnost izmene karakteristika odabranog materijala.
- *Primer 2* – Svakom od elemenata sklopa dodeliti čelik kao materijal, a zatim izmeniti njegove karakteristike:

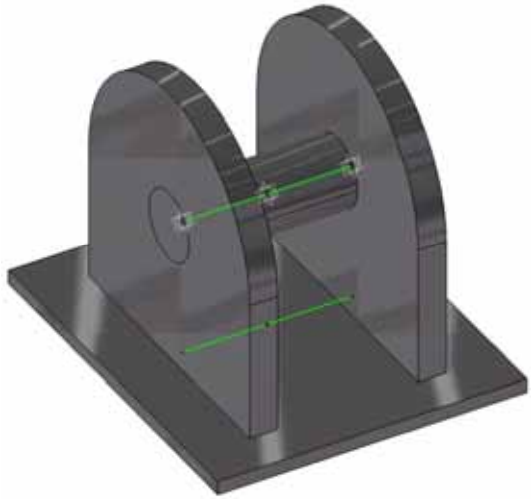



$$E = 2{,}1 \cdot 10^{11} \, N/m^2$$

$$\nu = 0{,}3$$

# 2) Postavljanje veza između elemenata sklopa

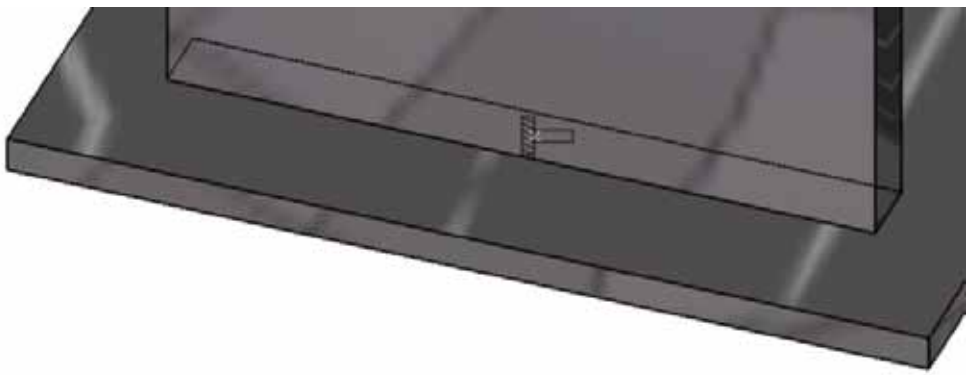


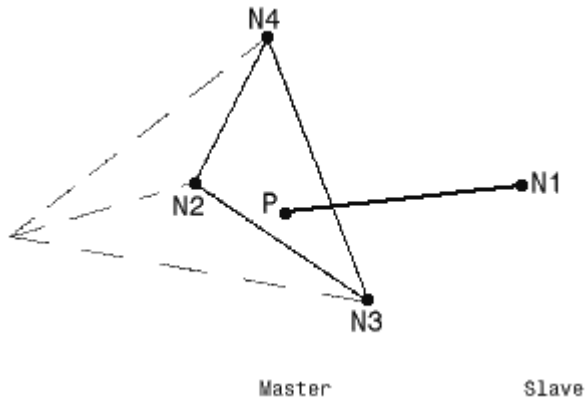



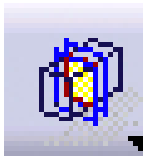
- Postavljanje internih veza među elementima sklopa jedan je od važnijih zadataka prilikom analize sklopova primenom metode konačnih elemenata.
- Pre definisanja karaktera interne veze neophodno je definisati entitete modela među kojima veza postoji, odnosno površine, ivice ili temena modela preko kojih se interakcija ostvaruje.
- Komanda pomoću koje se biraju elementi modela koji stupaju u vezu je "*General Analysis Connection*" iz palete alata "*Analysis supports*".
- *Primer 2* – definišemo postojanje veze između bolcna i uški, kao i vezu između uški i oslone ploče. U ovom koraku karakter veza još nije definisan.

# 2) Postavljanje veza između elemenata sklopa

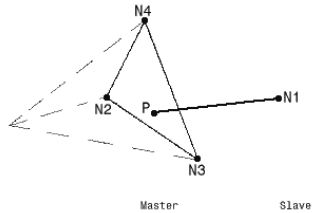
- Nakon definisanja postojanja internih veza, potrebno je, pomoću palete alata “*Connection Properties*” istima dodeliti karakter (zavarena – kruta veza, kontakt...).
- *Primer 2* – Uške su zavarene za oslonu ploču sučeonim zavarenim spojem, što znači da se ponašaju kao sastavni deo oslone ploče. Ovakav vid spoja simuliramo pomoću komande “*Fastened Connection Property*”.
- *“Fastened Connection”* – predstavlja vezu između dva tela kruto spojena na njihovoj zajedničkoj granici, što im omogućava da se ponašaju kao jedno jedinstveno telo. Sa stanovišta konačno elementnog modela, ovo je ekvivalentno situaciji da su odgovarajući čvorovi dva tela “preklopljeni”.
- Spojena tela mogu biti mrežena različitim veličinama pa čak i tipovima konačnih elemenata. Komanda je dizajnirana tako da može da prevaziđe ove nekompatibilnosti.
- Napomena – sve zavarene veze mogu se simulirati pomoću komande “*Fastened Connection Property*”.



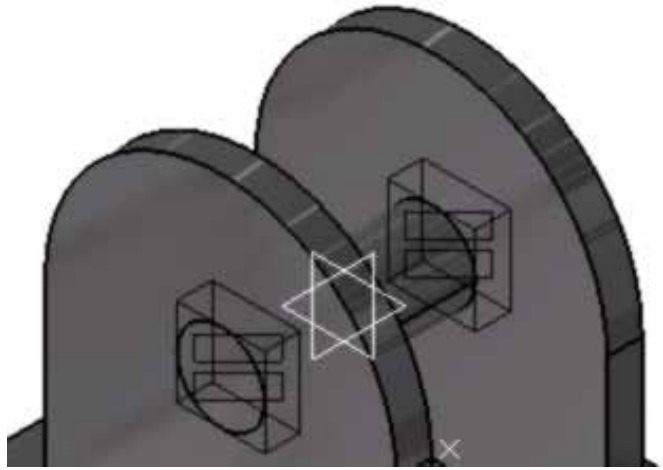


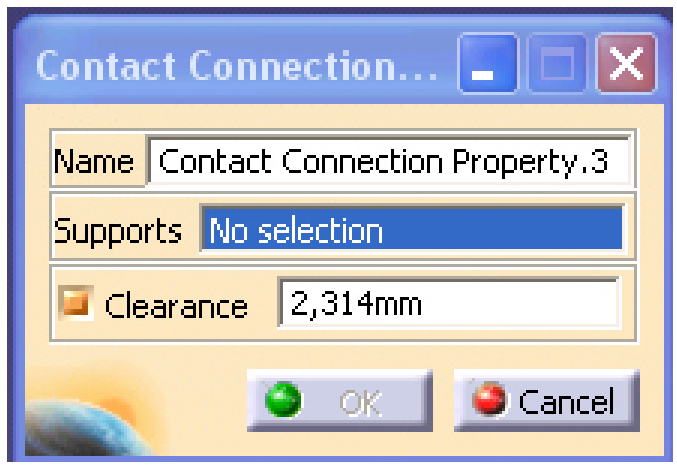


# 2) Postavljanje veza između elemenata sklopa



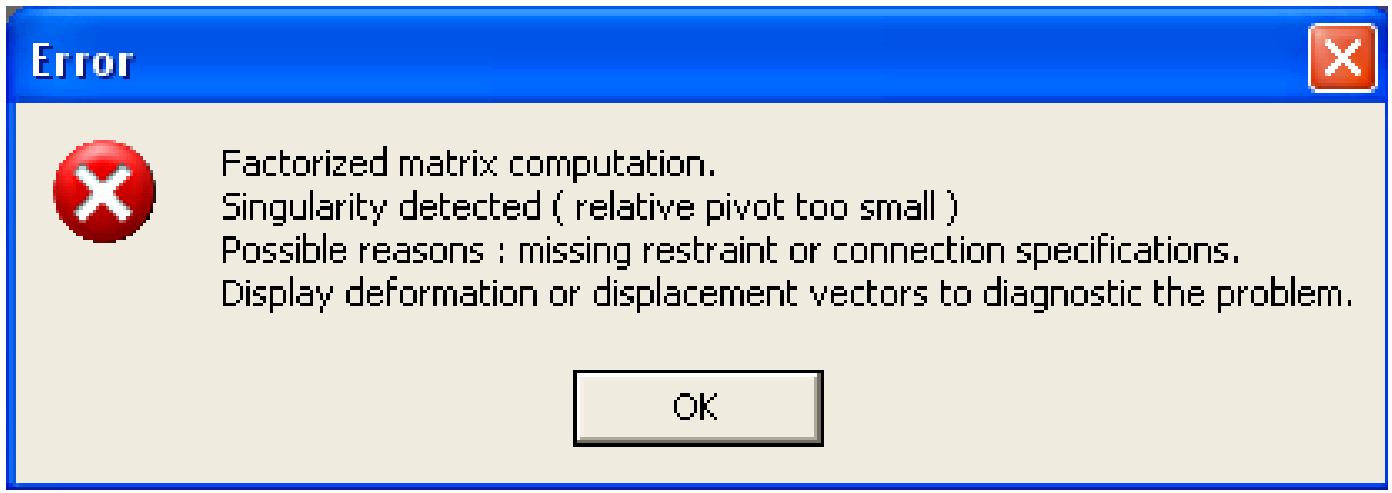

- *Primer 2* – Uške i bolcn su u kontaktu. Ovakav vid spoja simuliramo pomoću komande "*Contact Connection Property*".
- *"Contact Connection"* – predstavlja vezu između dva tela koja onemogućava prodiranje jednog tela u drugo na njihovoj zajedničkoj granici sve dok ista ne savladaju unapred zadati klirens. Nakon savladavanja klirensa tela se i dalje mogu nezavisno deformisat, ali samo u ravni tangentnoj na pravac kontakta.
- Spojena tela mogu biti mrežena različitim veličinama pa čak i tipovima konačnih elemenata. Komanda je dizajnirana tako da može da prevaziđe ove nekompatibilnosti.
- Nakon zadavanja kontakta spojena tela i dalje su slobodna u pravcu upravnom na pravac kontakta, o čemu treba voditi računa prilikom oslanjanja modela, a o čemu će biti reči u nastavku teksta.





# 3) Oslanjanje sklopa

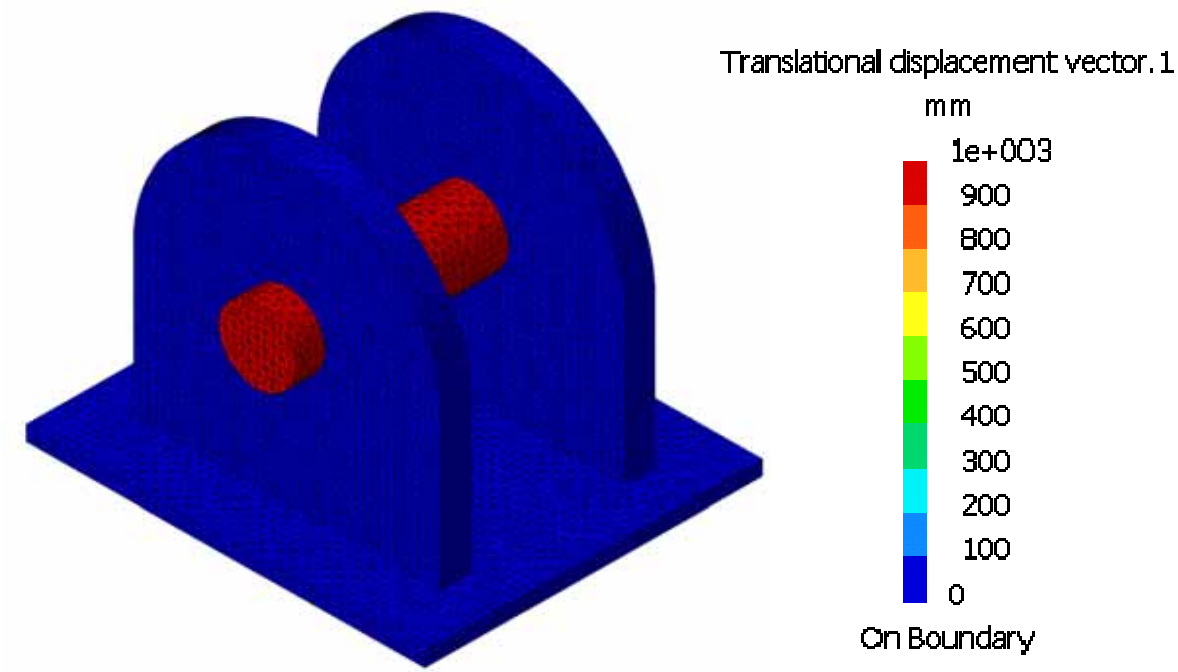
- *Primer 2* – Oslona ploča je nepokretna. Sve stepene slobode donje površine oslone ploče sprečavamo pomoću komande “*Clamp*”. Ako sada pustimo proračun, program će nam ukazati na sledeću grešku:

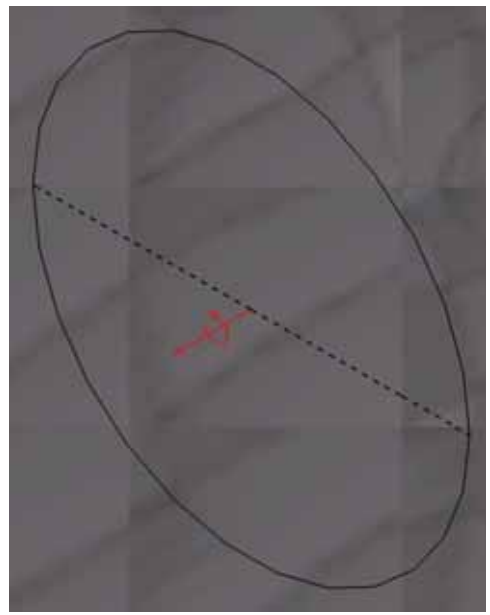



- Kao što se može zaključiti iz obaveštenja, model nije statički određen, te stoga nije moguće sprovesti proračun do kraja. Ova pojava javlja se kao posledica nedostatka ograničenja kretanja bolcna u pravcu njegove podužne ose, kao i ograničenja njegove rotacije oko iste.

# 3) Oslanjanje sklopa

- Ukoliko niste sigurni gde se nalazi suvišni stepen slobode, nakon prijavljivanja greške aktivirajte sliku pomeranja, sa koje se nedvosmisleno može uočiti greška.
- Potreban uslov za pravilno funkcionisanje proračuna je da se onemoguće prethodno pomenute translacija i rotacija bolcna.



# 4) Unos opterećenja

- *Primer 2* – Opterećenje modela predstavljeno je rezultantnom silom od 100 kN, kontinualno raspodeljenom na cilindričnoj površini bolcna, koja deluje vertikalno naviše.

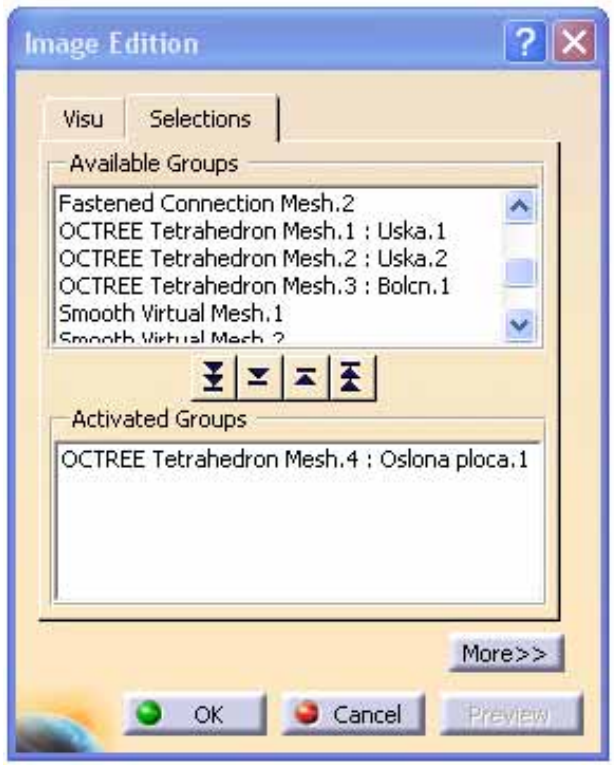
# 5) Izbor tipa i veličine konačnih elemenata

- Prilikom analize sklopova preporučljivo je, a na osnovu postavljanja veza među elementima sklopa, mrežiti sve elemente sklopa konačnim elementima istog tipa, veličine i odstupanja od geometrije. Ukoliko se ovakvim pristupom ne dobijaju zadovoljavajući rezultati, bolje je lokalno usitniti mrežu KE u zonama veza ili ekstremuma napona, nego mrežiti mašinske delove KE različitih veličina.
- *Primer 2* – Sve mašinske delove mrežimo konačnim elementima tipa tetraedra, veličine 5 mm sa odstupanjem od geometrije od 1 mm.

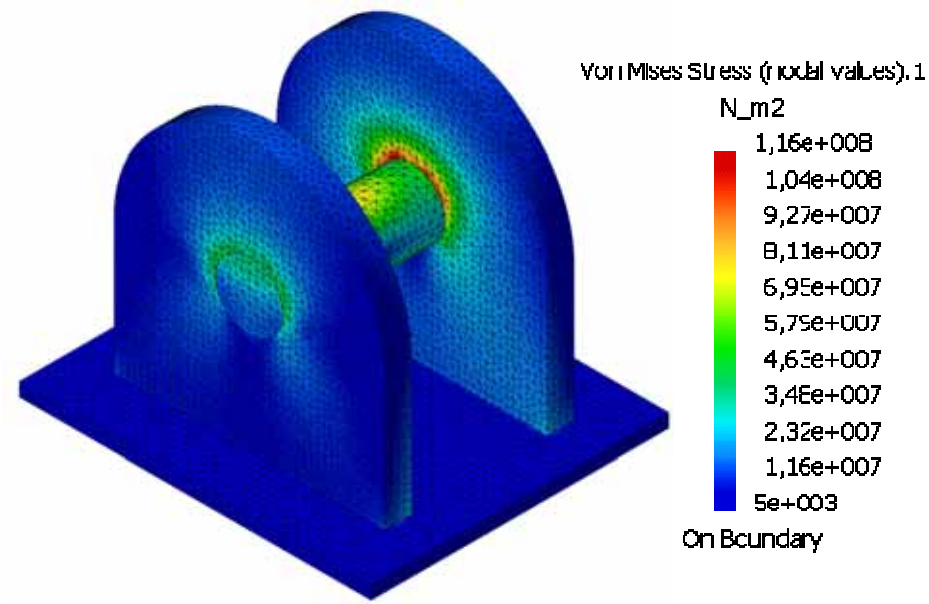
# 6) Proračun i prikaz rezultata

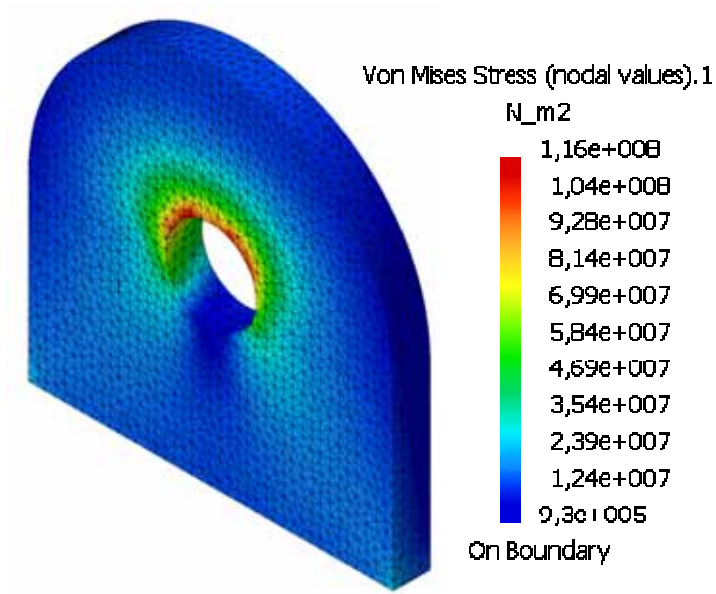
- Nakon završetka proračuna, aktiviramo sliku "*Von Mises Stress*".
- Uporedni napon moguće je posmatrati na celoj strukturi sklopa ili na bilo kom od mašinskih delova pojedinačno. Aktiviranje prikaza pojedinačnih delova vrši se na sledeći način:

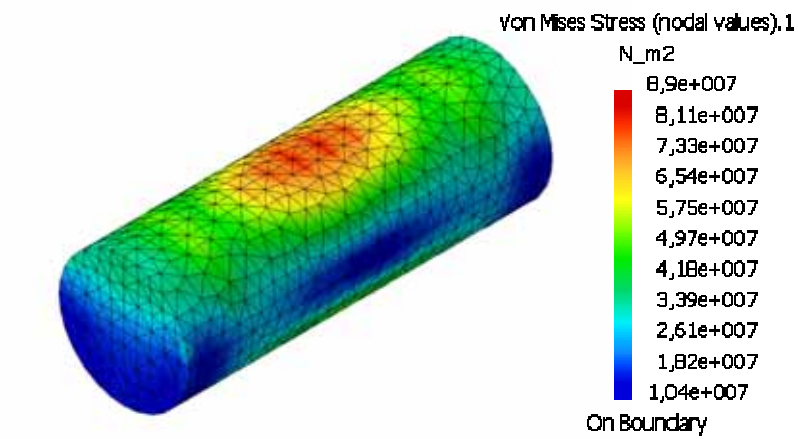
1. Dvoklik na "*Von Mises Stress*" u stablu aktivira ponudu "*Image Editor*".
2. Pod ponudom "*Selections*" navedena su sva uneta opterećenja, oslonci, virtuelni elementi, veze, kao i svi mašinski delovi.
3. Odaberete željeni mašinski deo i prebacite ga u donje polje. Na ekranu se pojavljuje slika dela i skala napona vezana za posmatrani deo.

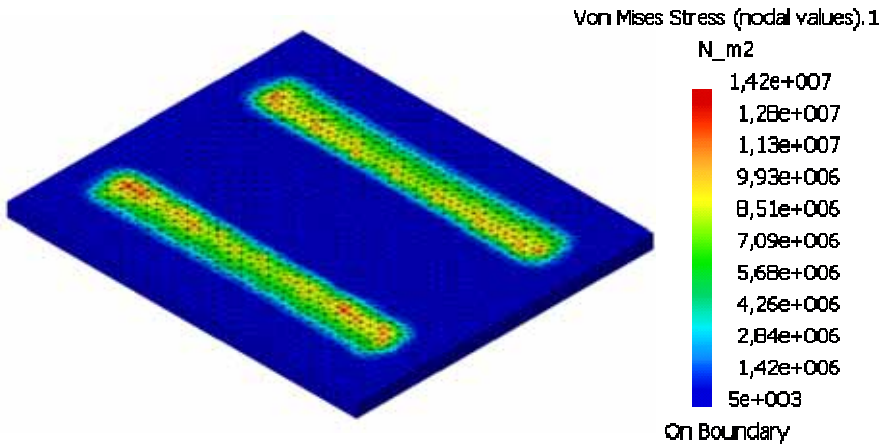


# 6) Proračun i prikaz rezultata



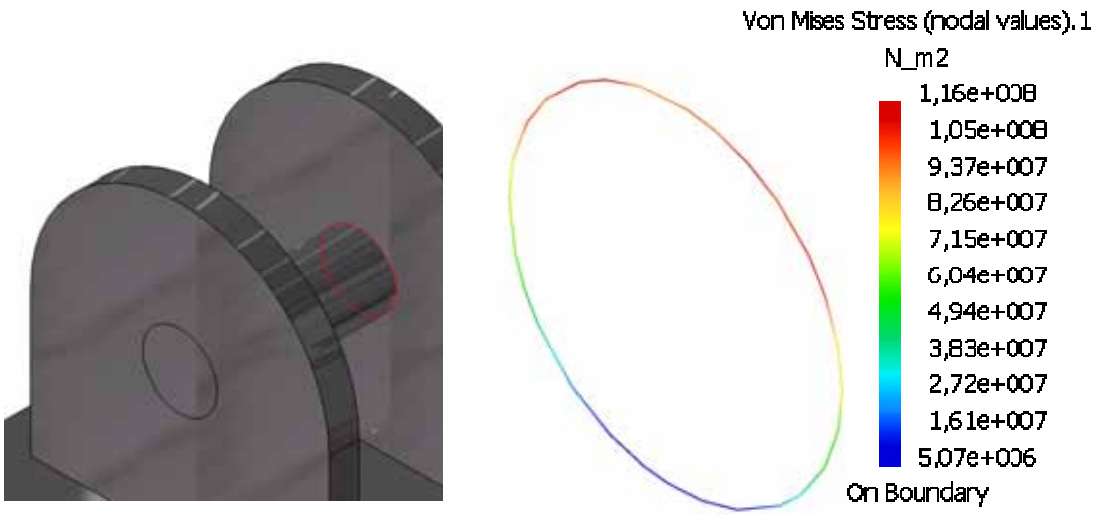



# 6) Proračun i prikaz rezultata

- Vrednosti napona u čvorovima odabrane zone moguće je prikazati i tabelarno.
- Definisanje zone svodi se na pravljenje jedne, u našem slučaju, linijske grupe koja predstavlja ivicu otvora uške.
- Tabelarni izveštaj generiše se desnim tasterom na "*Von Mises Stress*" iz čijeg padajućeg menija biamo opciju "*Export Data".*




| x(mm) | y(mm) | z(mm) | All(N_m2) |
|---|---|---|---|
| -110 | -25 | -5,55E-12 | 7,18E+12 |
| -110 | 25 | -5,55E-12 | 8,04E+12 |
| -110 | -240.515 | -682.089 | 6,36E+12 |
| -110 | -227.465 | -103.728 | 5,69E+12 |
| -110 | -206.953 | -140.251 | 4,26E+12 |
| -110 | -155.721 | -195.578 | 2,21E+12 |
| -110 | -980.123 | -229.986 | 9,54E+11 |
| -110 | -491.337 | -245.124 | 5,25E+11 |
| -110 | -104.642 | -249.781 | 5,07E+11 |
| -110 | 39.697 | -246.828 | 6,15E+10 |