



vazmfb.com/kitpl/

Konstrukcija i tehnologija proizvodnje letelica

Vežbe 1

20.02.2020.

Katedra za vazduhoplovstvo
Mašinski fakultet
Univerziteta u Beogradu

Aleksandar M. Grbović 

Jelena M. Svorcan 

Miloš D. Petrašinović 



Sadržaj

- Osnovne informacije
- Informacije o predmetu
- Proces projektovanja
- Programski paket FreeCAD
- Zašto FreeCAD?
- Radno okruženje programa
- Radni prostor Sketcher - osnovne operacije
- Radni prostor Part - osnovne operacije



- Pristup internetu,
- Materijali za praćenje nastave je dostupan u okviru **Web aplikacije VAZMFB** (vazmfb.com).

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING



Struktura letelica Katedra Fakultet

STRUKTURA LETELICA - KATEDRA ZA VAZDUHOPILOVSTVO

Formular za studente: [REGISTRACIJA](#)

[UPUTSTVO ZA KORIŠĆENJE](#)

Izaberite predmet:

- Konstrukcija i tehnologija proizvodnje letelica
- Proračun strukture letelica
- Kompozitne konstrukcije
- Projektovanje letelica
- Strukturalna analiza
- Aeroelastičnost
- Teorija elastičnosti



Copyright 2019 - 2020 © VAZ MFB. All rights reserved.



- Pročitati uputstvo za korišćenje aplikacije **VAZMFB**.
- **Prijava za slušanje predmeta je obavezna!**

Preporučeni dodatni alati:

- GNU Octave,
- LaTeX (overleaf.com),
- Notepad++,
- LibreOffice,
- Inkscape,
- Paint.NET,
- 7-zip.



1. Predavači,
2. Termini,
3. Obaveze studenata,
4. Dodatne aktivnosti i njihovo vrednovanje,
5. Nagrade za ispunjavanje zajedničkih ciljeva.



Proces izrade dela/sklopa (danas MCAD/CAE/CAM) se uprošćeno može podeliti na sledeće faze:

1. Definisanje problema (namene i polaznih zahteva),
2. Polazna skica,
3. Mehaničko modeliranje (MCAD),
4. Proračun (CAE),
5. Validacija i optimizacija,
6. Proizvodnja (CAM).



- Proces projektovanja podrazumeva faze 1-5 i pripremu za fazu 6.
- Proces je iterativan i često se sa viših koraka vraćamo na početne da bismo uneli potrebne izmene.
- Kombinacijom ljudske imaginacije i modernih softverskih alata moguće je konstruisati sistem po definisanim zahtevima.



MCAD (Mechanical Computer Aided Design) predstavlja skup metoda i alata na računaru kojima se inženjer služi tokom projektovanja. Pod time podrazumevamo:

1. Stvaranje geometrijskog modela,
2. Dimenzionisanje modela,
3. Unos potrebnih promena na modelu,
4. Čuvanje/arhiviranje modela kako bi drugi korisnici mogli da ga koriste,
5. Stvaranje sklopova,
6. Stvaranje prateće dokumentacije,
7. Pripremu modela za analizu (CAE) i simulaciju proizvodnog procesa (CAM).



Programski paket **FreeCAD** je besplatni program otvorenog koda za parametarsko 3D modeliranje.

- Za potrebe mašinske industrije, program omogućava modeliranje linijskih, ravanskih i prostornih tela veoma složene geometrije i sklopove uključujući elemente od limova. Moguća je izrada tehničkih crteža, definisanja proizvodnih procesa, mehanizama itd.
- Tokom ovog kursa koriste se prevažodno njegove mogućnosti za izradu trodimenzionalnih modela pojedinačnih delova, sklopova i tehničkih crteža.
- Pomoćna dokumenta se nalaze na Web aplikaciji **VAZMFB**.
- Za **instalaciju programa** videti dokument:
`kitpl/FreeCAD-instalacija.pdf`.
- Za **podešavanje programa** videti dokument:
`kitpl/FreeCAD-podesavanje.pdf`.



Projekt otvorenog koda



- Kao i svi projekti otvorenog koda, **FreeCAD** nije program ispušten korisniku od strane programera, već korisnici imaju mogućnost da razvijaju sam program. U tom smislu mnogo zavisi od zajednice korisnika koji su ujedno i stvaraoci odnosno programeri.
- Projektat je 2001. godine započeo **Jürgen Riegel** na osnovu projekta **Open Cascade**, kasnije su mu se priključili **Werner Mayer** i **Yorik van Havre**.



Projekat otvorenog koda

- Korisnik direktno može ispravljati greške, dodavati nove funkcionalnosti i to ne samo za sebe već za celu zajednicu!
- Samim korišćenjem i promovisanjem programa, korisnik je deo zajednice.
- Preko nekoliko dostupnih kanala (zvanični forum, društvene mreže ili izmenom izvornog koda i slanjem izmena) korisnik može direktno da komunicira sa osnivačima projekta i aktivnim programerima.
- Nove funkcionalnosti, ispravke grešaka i druga unapređenja su dostupna na dnevnom nivou.



Prednosti

- U odnosu na komercijalne programske pakete korisnik ima svu slobodu ("*Free as in Freedom*").
- **Nije potrebno materijalno ulaganja od strane korisnika na početku poslovanja!**
- Trenutno najrazvijeniji, najviše korišćeni, aktivni, besplatni i otvorenog koda program za 3D modeliranje.
- Na osnovu dugogodišnjeg razvoja, u ovom trenutku su implementirane sve neophodne funkcionalnosti za mašinske inženjere.
- Mogućnost slobodnog sticanja i širenja znanja.
- Napisan je u programskim jezicima **C++** i **Python**.
- Programiranje u programskom jeziku **Python** omogućava izuzetno brzo implementiranje neophodnih funkcionalnosti koje u tom trenutku nisu dostupne.



Mane

Prvo ih pronadite,
zatim ih uklonite!

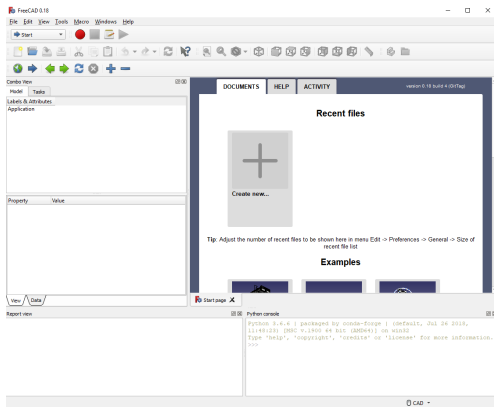


MCAD budućnost

- Od pojave MCAD programskih paketa oni su korišćeni isključivo u okviru specijalizovanih instituta i kompanija.
- U prošlosti su, kako se pokazalo, zahtevali dugogodišnje usavršavanje korisnika koji su na osnovu toga postajali specijalizovani za isključivo neki komercijalni programski paket.
- Pojavom sve moćnijih personalnih računara, razvojem igrica i pojavom 3D štampača svakim danom sve više raste baza ljudi koji nisu obrazovani za korišćenje MCAD programskih paketa, kao alata, ali su im potrebne njihove mogućnosti.
- Alati sa ovim mogućnostima nisu trenutno i neće više biti rezervisani samo za komercijalne svrhe.
- **Čovečanstvu je neophodan besplatan i otvorenog koda MCAD programski paket, da bi svi ljudi mogli slobodno da uče i zatim stvaraju nove proizvode!**



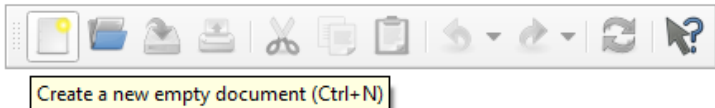
Kada se **FreeCAD** pokrene, vidi se početno radno okruženje.



U gornjem levom uglu vidi se glavni meni sa padajućim menijima: File, Edit, View, Tools, Macro, Windows i Help.

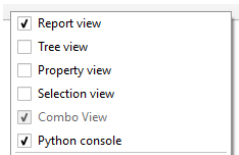


Novi dokument, u ovom slučaju prvi, je moguće napraviti izborom alatke **New** iz padajućeg menija **File** ili iz istoimene palete alatki čije se ikonice nalaze u okviru radnog okruženja programa.





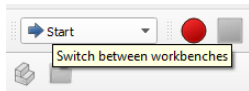
Kako je struktura ovog programskog paketa zasnovana na **radnim prostorima** (*Work Benches*), svakom radnom prostor odgovaraju određene palete alati pritom neke alatke mogu da budu u više različitih radnih prostora. Pored glavnog menija i paleta alati u radnom okruženju se nalaze još neki veoma bitni paneli (prikaz se kontroliše se iz padajućeg menija **View/Panels**).



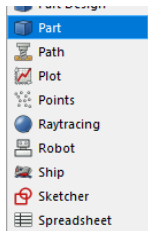
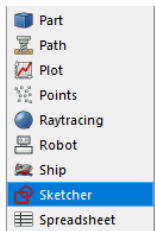
- **Report view** omogućava korisniku da vidi povratne informacije o radu programa.
- **Combo View** prozora omogućava korisniku da vidi stablo modela i da može da kontroliše njegova svojstva.
- **Python console** je terminal koji se koristi za kontrolu rada programa pomoću programskog jezika **Python**.



Radni prostor se menja izborom iz padajućeg menija u paleti pod nazivom **Workbench** ili iz padajućeg menija **View/Workbench**.



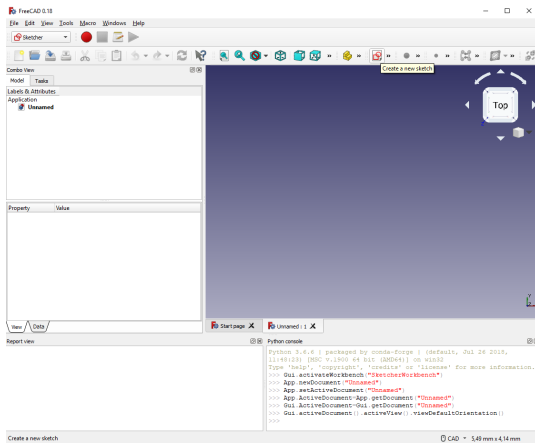
Za potrebe vežbe se prvo koristi radni prostor **Sketcher** i zatim radni prostor **Part**. Radni prostor je moguće promeniti u svakom trenutku.



Sketcher - osnovne operacije

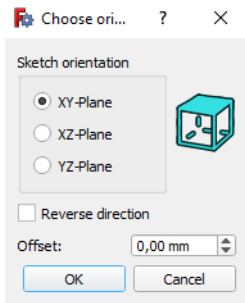


Izgled programa u radnom prostoru **Sketcher** je prikazan na sledećoj slici.



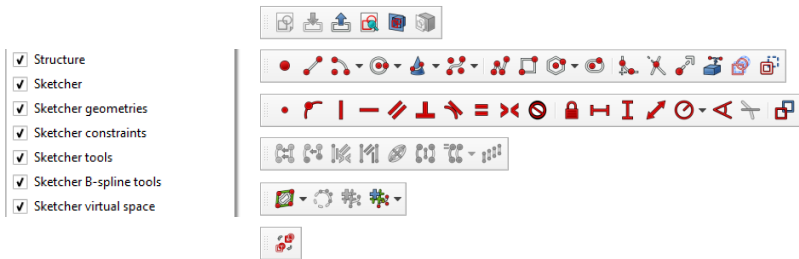


Kreiranje većine zapreminskih (solid) elemenata počinje od 2D profila, koji se nazivaju **skicirani profili**. Ove skicirane profile je moguće napraviti u okviru radnog prostora **Sketcher**. Prvo se iz padajuće menija izabere alatka **Sketch/Create Sketch**. Tada se otvara prozor za izbor ravni u kojoj leži skicirani profil.





Paleta alatki u okviru modula **Sketcher** su prikazane na sledećoj slici.

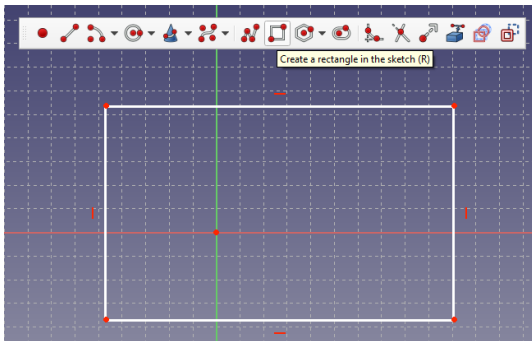


Kao što se vidi, alatke obuhvataju od upravljanja dokumentom, stvaranja geometrije, definisanja ograničenja geometrije do stvaranja splajnova. Iz padajućeg menija **Sketch** se takodje mogu koristiti ove alatke, kao i korišćenjem prečica preko tastature.



Crtanje pravougaonika

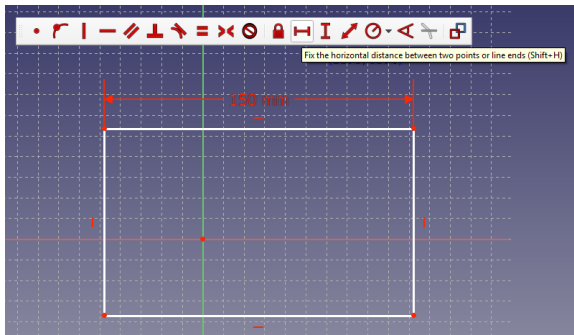
Za stvaranje pravougaonika (**Create rectangle**) je dovoljno pritisnuti **[R]** na tastaturi i zatim izabrati dva temena pravougaonika levim klikom miša.





Dimenzionisanje pavougaonika

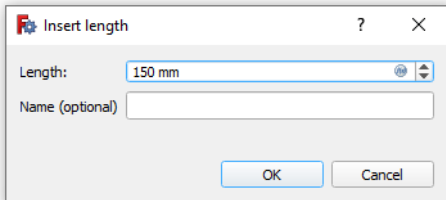
Sledeći korak je dodavanje ograničenja geometriji, ograničenja mogu biti raznih tipova zato postoji niz različitih alati.





Dimenzionisanje pravougaonika

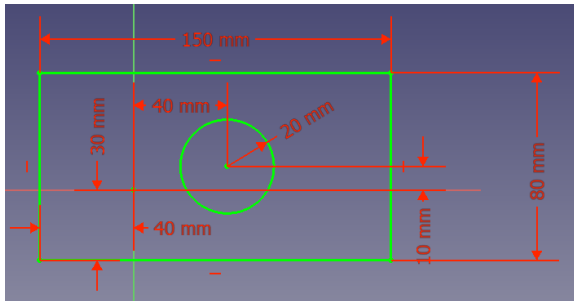
Kada se sa **[SHIFT+H]** definiše dužina jedne stranice pravougaonika (od jednog temena do drugog), potrebno je u prozoru uneti odgovarajuću vrednost te dužine i opciono ime parametra.





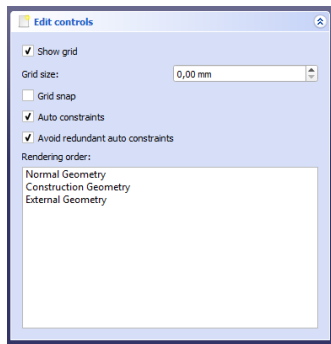
Crtanje kružnice

Alatka za crtanje kružnice se može aktivirati izborom **Sketch/Sketcher geometries/Create circle** iz padajućeg menija. Kada se jednoznačno i potpuno definišu sva ograničenja tako da skica nema nijedan stepen slobode, skica postaje zelene boje.





Stepeni slobode skice

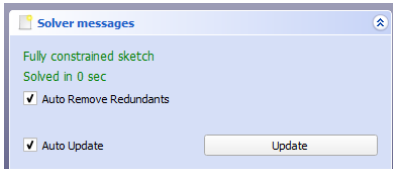
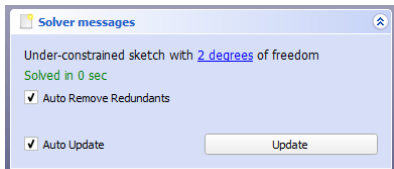


- U panelu **Combo View** i kartici **Tasks** se kontroliše stvaranje skice.
- U odeljku **Edit controls** je moguće prikazati ili sakriti mrežu, ali i omogućiti **automatsko dodavanje ograničenja**.



Stepeni slobode skice

- U odeljku **Solver messages** je moguće videti koliko trenutno stepeni slobode ima skica i omogućiti **automatsko uklanjanje redundantnih ograničenja**.
- Pritiskom na broj se na modelu označava geometrijski element koji nije potpuno ograničen.





Izlaz iz alatke Sketch

Nakon što je skicirani profil potpuno definisan (elementi su tada zelene boje) korisnik može da izađe iz stvaranja skice tako što će da izabere alatku **Sketch/Leave sketch** iz padajućeg menija.

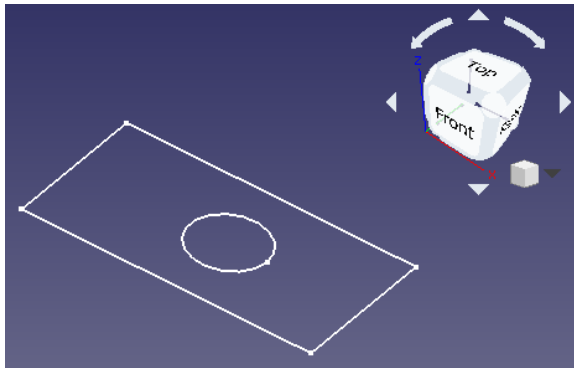


Close the editing of the sketch



Prikaz skiciranog profila

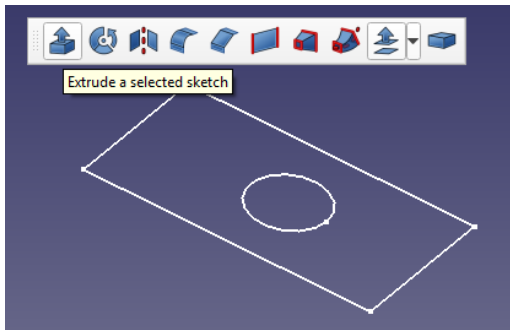
Na sledećoj slici je izometrijski prikazan prethodno napravljeni skicirani profil.





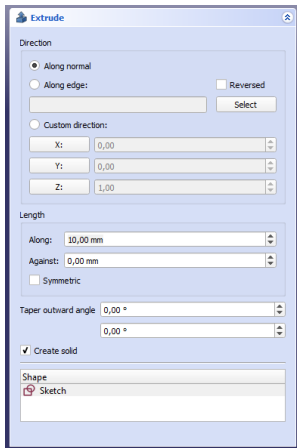
Alatka Extrude

Od 2D skiciranog profila je moguće dobiti zapreminsko telo (solid) prelaskom u radni prostor **Part** i izborom alatke **Part/Extrude** iz padajućeg menija. Ovom alatkom se skicirani profil ekstrudira tako da se dobije zapreminski model.





Alatka Extrude

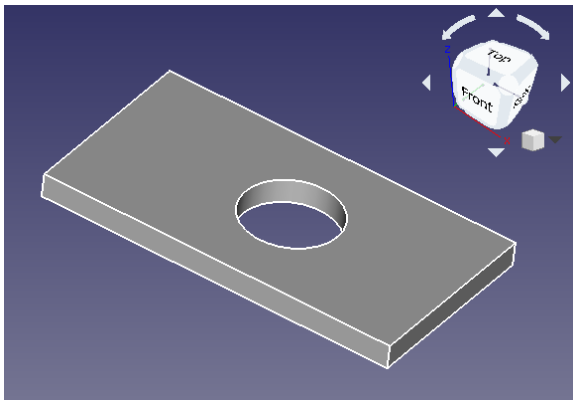


- U panelu **Combo View** i kartici **Tasks** se kontroliše stvaranje modela.
- U odeljku **Extrude** je moguće detaljno podešavati način ekstrudiranja profila.



Konačan 3D model

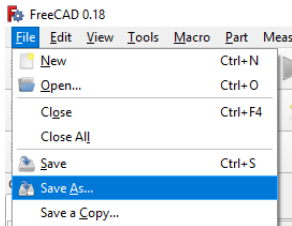
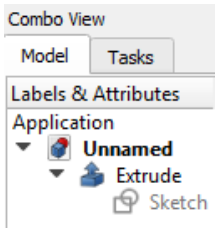
Na sledećoj slici je izometrijski prikazan prvi konačan 3D model.





Konačan 3D model

U panelu **Combo View** i kartici **Model** je moguće videti stablo modela (**Tree**) koji sada čine jedan **Sketch** i jedan **Extrude**. Model je moguće sačuvati sa **File/Save as...** alatom.





Hvala na pažnji!