Fakultet tehničkih nauka
Osnovne akademske studije
Studijski program: PROIZVODNO MAŠINSTVO
Predmet***: Automatizacija u proizvodnom mašinstvu***
Semestar: V

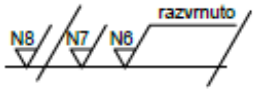
Z A D A T A K Z A M O D E L O V N J E
C A D

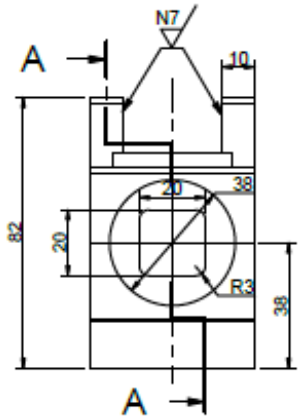
Modelovnje kućišta
(vežba 1)

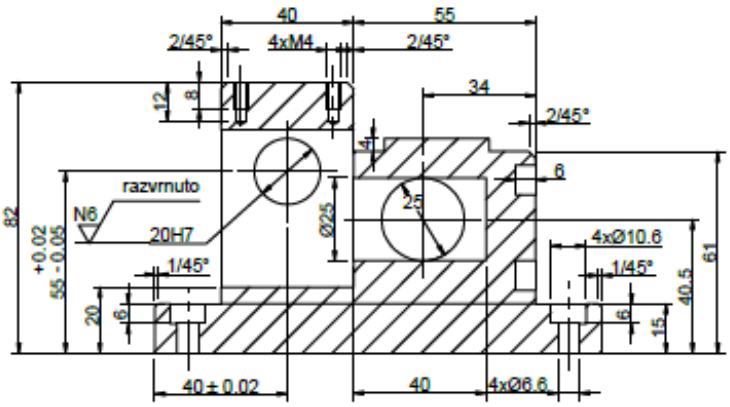
Predmetni asistent:

Miloš Knežev

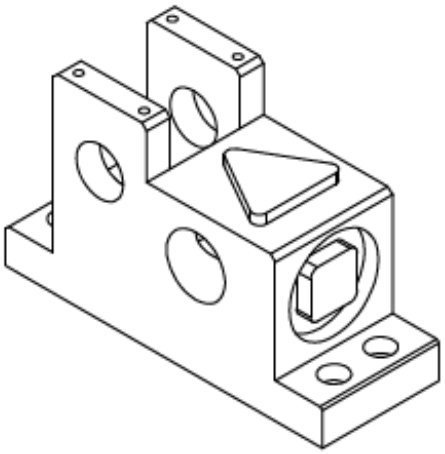
Ø20H7 +0.021 0.000

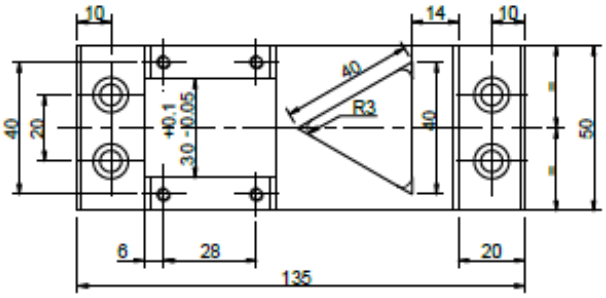






PRESEK "A-A"





NAPOMENA:
Poboljšati na 800-850[MPa]

Poz.	skl. i pr. kom.	NAZIV	Dimenzije	Broj crteža (Standard)	Materijal	1 kom. ukup. masa	Primedba
4	1 1		≠138x85x53		C45 (Č. 1530)	1,90 kg	

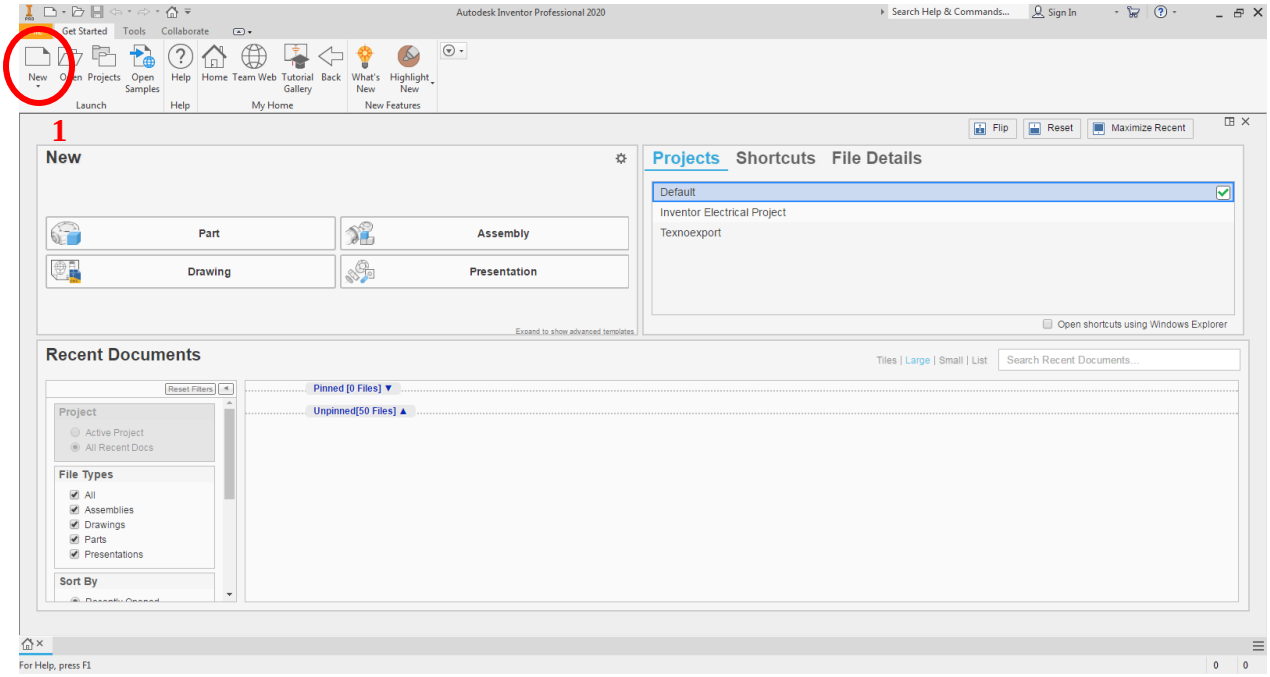
Konstruisao		Miloš Knežev			FAKULTET TEHNIČKIH NAUKA NOVI SAD DEPARTMAN ZA PROIZVODNO MAŠINSTVO	
Uskladio		Slobodan Tabaković				
Pregledao		Milan Zeljković				
Overio		Milan Zeljković				
Izmenio	1.	2.	3.	4.	5.	6.

Merilo: 1 : 2	Naziv: KUĆIŠTE	Broj crteža polufabrikata	Broj crteža URZ-01.004

Sklop: URZ-01.000

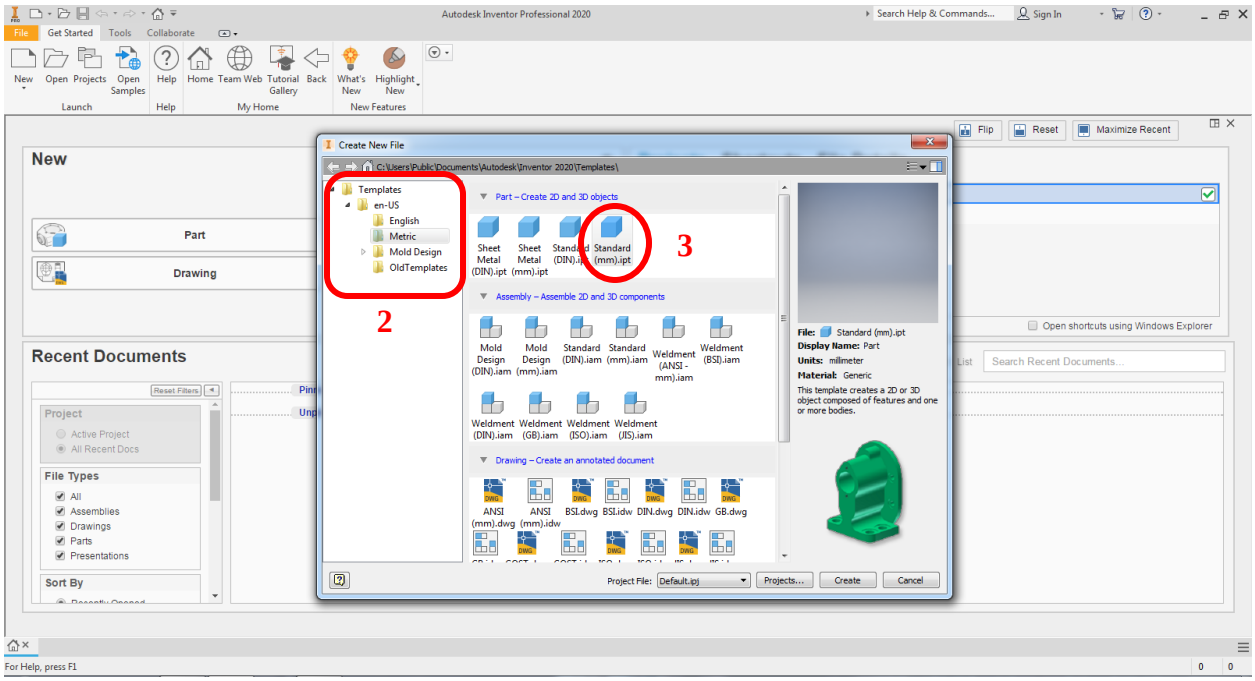
Na osnovu prethodno datog radioničkog crteža kućišta **URZ-01-004**, a primenom softverskog sistema *Autodesk Inventor* potrebno je definisati računarski model istog. U nastavku je dat opis jednog, od mogućih više postupka, kroz određeni broj aktivnosti (koraka) modelovanja.

Na slici 1, dat je prozor programskog sistema *Autodesk Inventor 2020*. Kako bi bilo moguće početi sa radom (modelovanjem) nephodno je pokrenuti modul za modelovanje izborom naredbe ***New***, koja sa nelazi u gornjem levom uglu



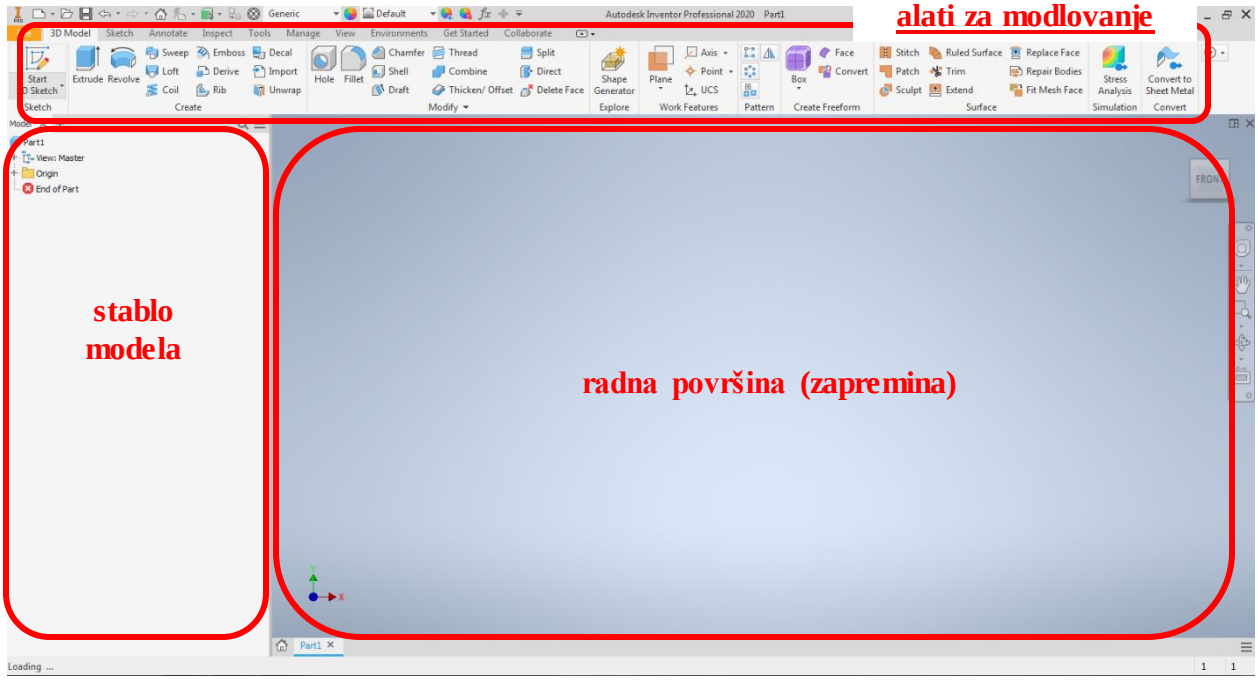
Slika 1. Izgled prozora nakon pokretanja softverskog sistema

Nakon toga se otvori pomoćni prozor gde su ponuđeni svi moduli koje softverski sistem poseduje. Za pokretanje pomenutog modula neophodno je ispratiti proceduru koja je data na slici 2., redosledno izvođenjem koraka 2 i 3.



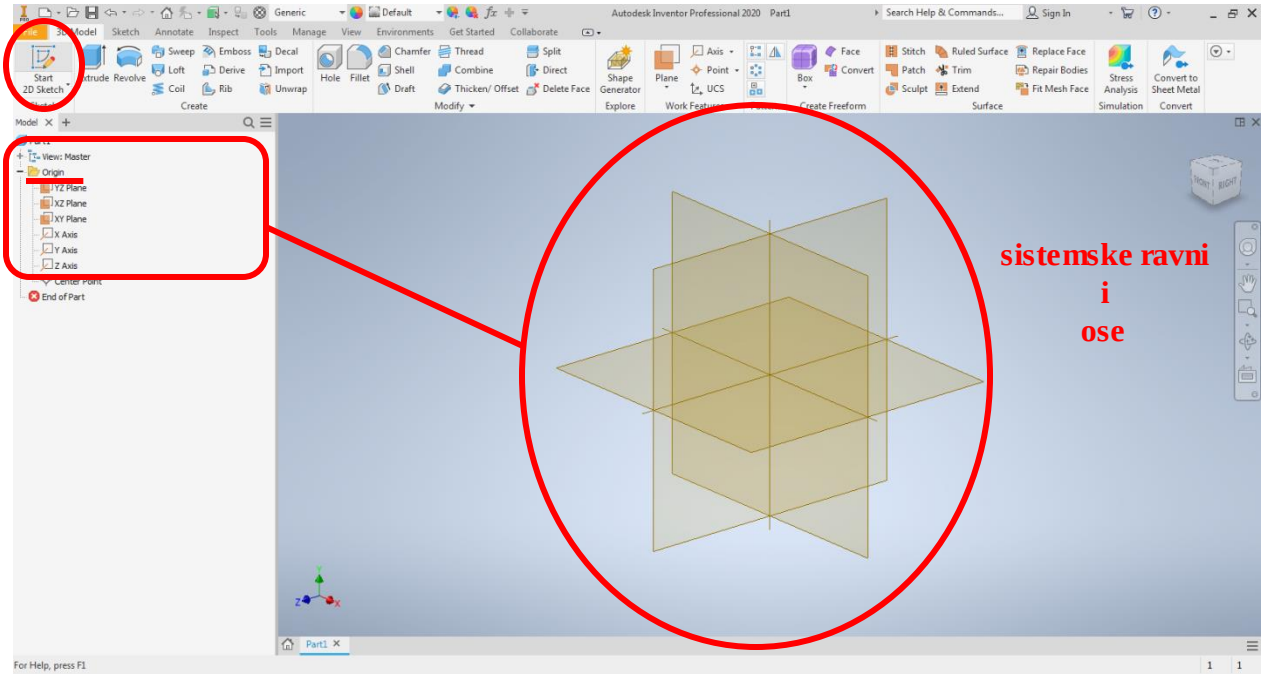
Slika 2. Postupak pokretanja modula za modelovanje

Nakon realizacije koraka sa slike 2, pojaviće se prozor koji je dat na slici 3.

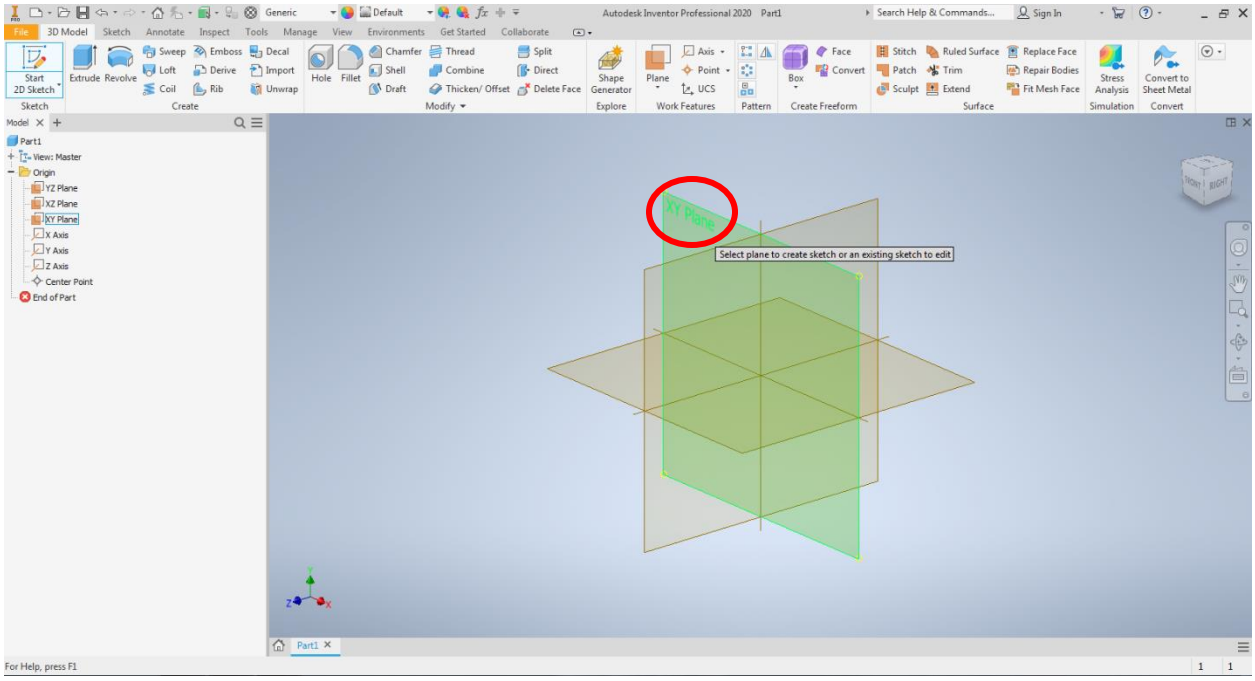


Slika 3. Izgled prozora u okviru modula za modelovanje

Poznato je da je pri modelovanju izvedenih geometrijskih oblika neophodno nacrtati skicu, to se radi pomoću naredbe ***Start 2D Sketch*** koja se nalazi u gornjem levom uglu. Nakon čega će se na radnoj površini pojaviti tri osnovne ortogonalne ravni i ose koje služe za definisanje radne zapremine, a mogu biti odabrane i u stablu modela, kao što je prikazano na slici 4. Skica koju treba nacrtati treba da se nalazi na jednoj od ponuđene tri ravni, na primer ravan XY (Slika 5).

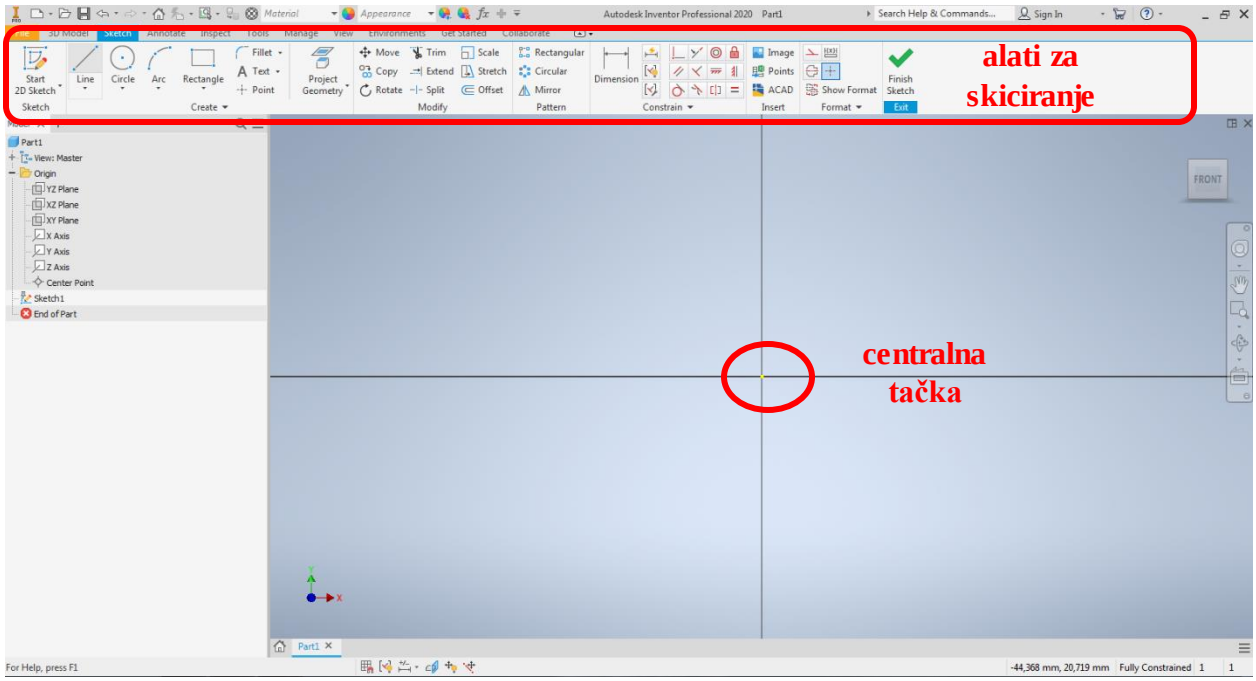


Slika 4. Prikaz sistemskih ravni i koordinatnih osa



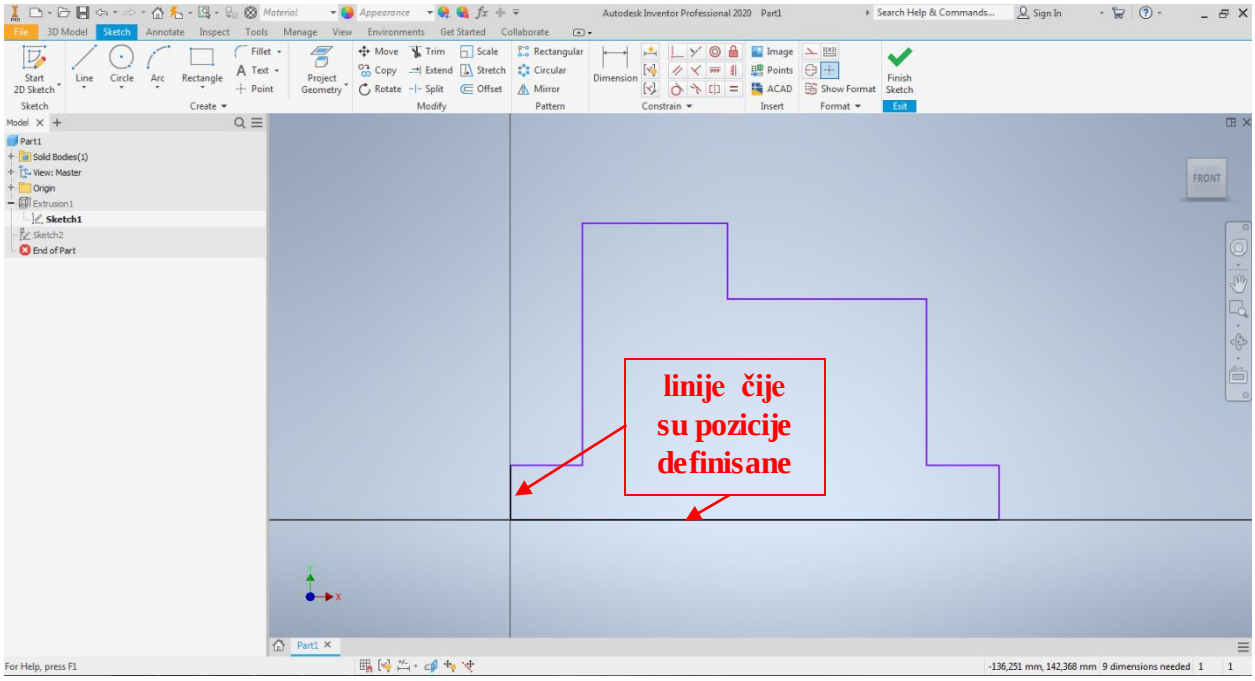
Slika 5. Prikaz odabira sistemske ravni za ravan skicirnja

Pokretanjem modula za skiciranje pojavljuje se prozor prikazan na slici 6, gde treba uočiti da su alati za modelovanje sa slike 3, sada zamenjeni alatima koji su neophodni za skiciranje. Pri čemu treba uočiti centralnu tačku, ona je značajna iz razloga što pozicija skice treba da bude određena u odnosu na nju.



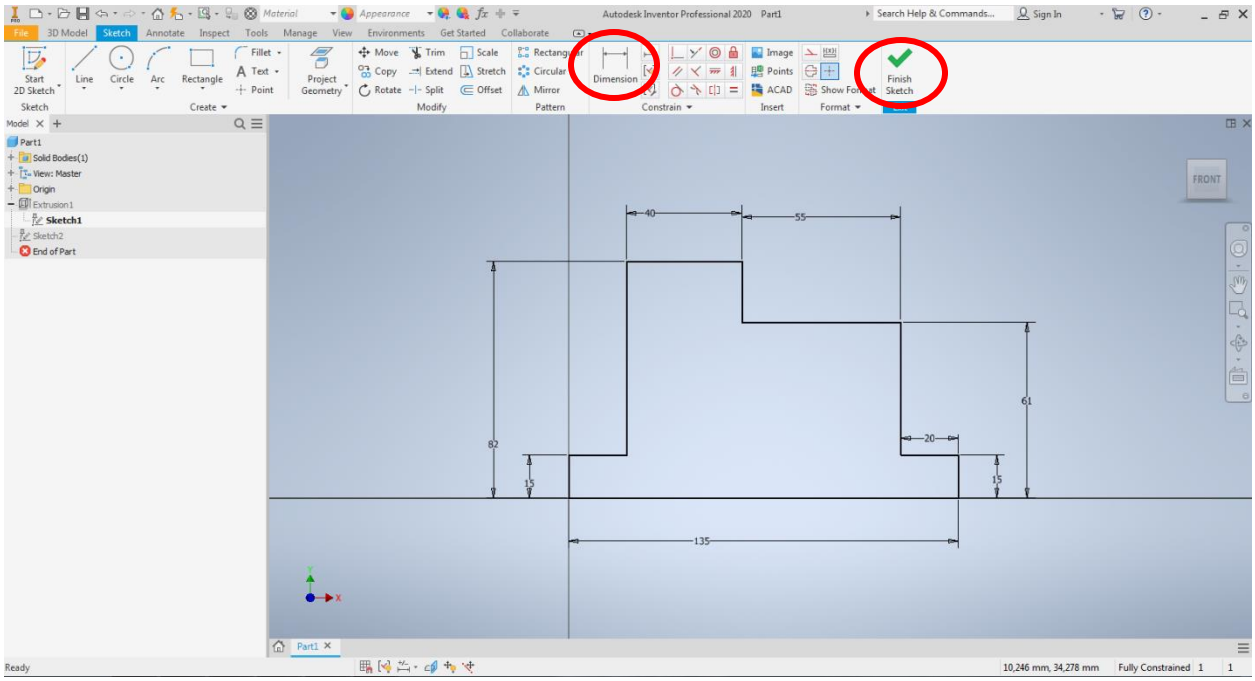
Slika 6. Prikaz okruženja za crtanje skice

Jedan od načina za skiciranje je sa početkom u centralnoj tački, tada je pravac linija koji prolaze kroz nju definisan i linija menja boju iz ljubičaste u crnu, što je u ovom slučaju znak određenositi pravca (Slika 7). Da bi i ostale linije bile određene neophodno je celu skicu parametrizovati prema dimenzijama datim na radioničkom crtežu UZR-01.004.



Slika 7. Početna skica

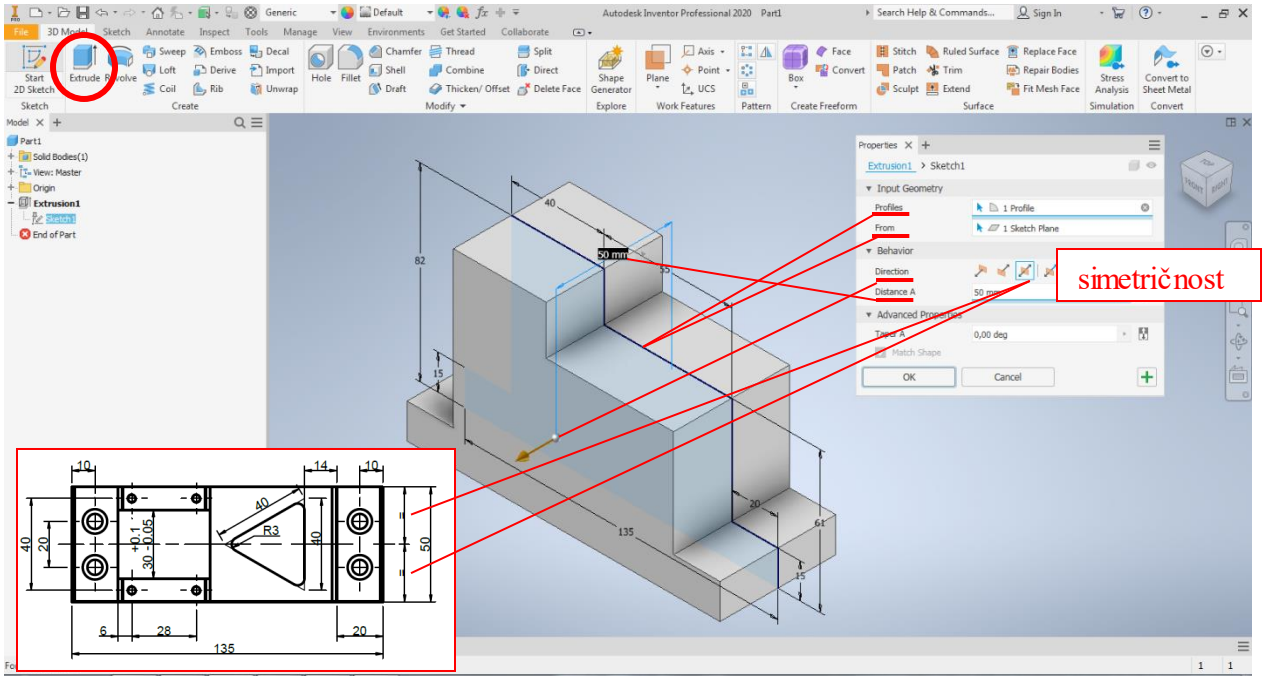
Kotiranje se vrši uz pomoć alata *Dimension*, koji funkcioniše tako što je nephodno kliknuti na deo skice u ovom slučaju liniju/e, koju/e treba kotirati, kada je to urađeno skica je završena i treba se vratiti u modul sa alatima za modelovanje. Vraćanje u alate za modelovanje se vrši naredbom ***Finish Sketch*** (Slika 8).



Slika 7. Kotiranje skice

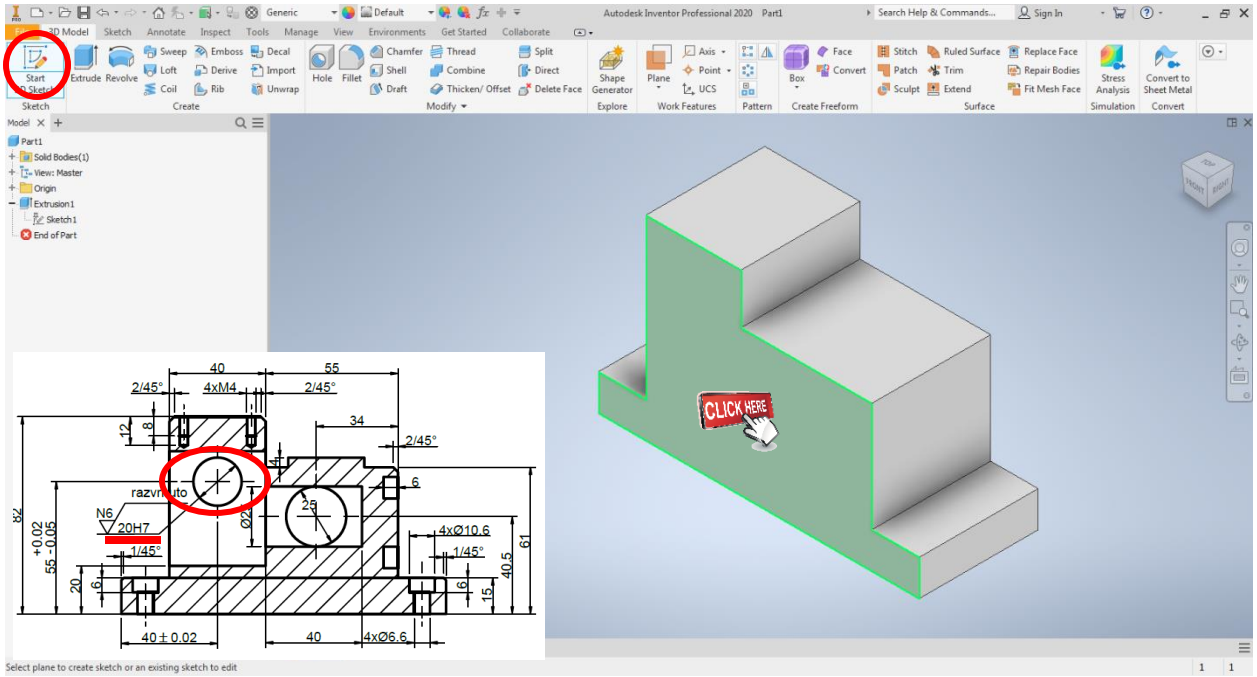
Za formiranje delova kod kojih se oblik formira izvlačenjem profila koristi se alat **Extrude**, za koji je prethodno neophodna skica. Potrebna skica je kreirana u prethodnom koraku. Nakon izbora alata **Extrude** pojavi se pomoćni prozor u kome se nalaze parametri nephodni da bi se izvršilo izvlačenje profila. Parametre kao što su ***Profiles i From***, softver najčešće automatski prepozna. Ukoliko to nije slučaj tada se zahteva od korisnika da klikom na skicu sam to uradi. Što se tiče parametara ***Direction***, u okviru njega se definiše smer izvlačenja. Na radioničkom crtežu, na projekciji koja pokazuje pogled od gore, vidi se da je kućište

simetrično iz tog razloga dobro bi bilo tako i modelovati, tj. simetrično izvući (***ekstrudirati***) skicu u oba smera. Pri dnu prozora se nalazi dodatna funkcija za definisanje ugla konusa ***Taper A***, pošto je ovaj model prizmatičan u to polje ostaje ostaje ***0,00 deg.*** tj. nula stepeni.

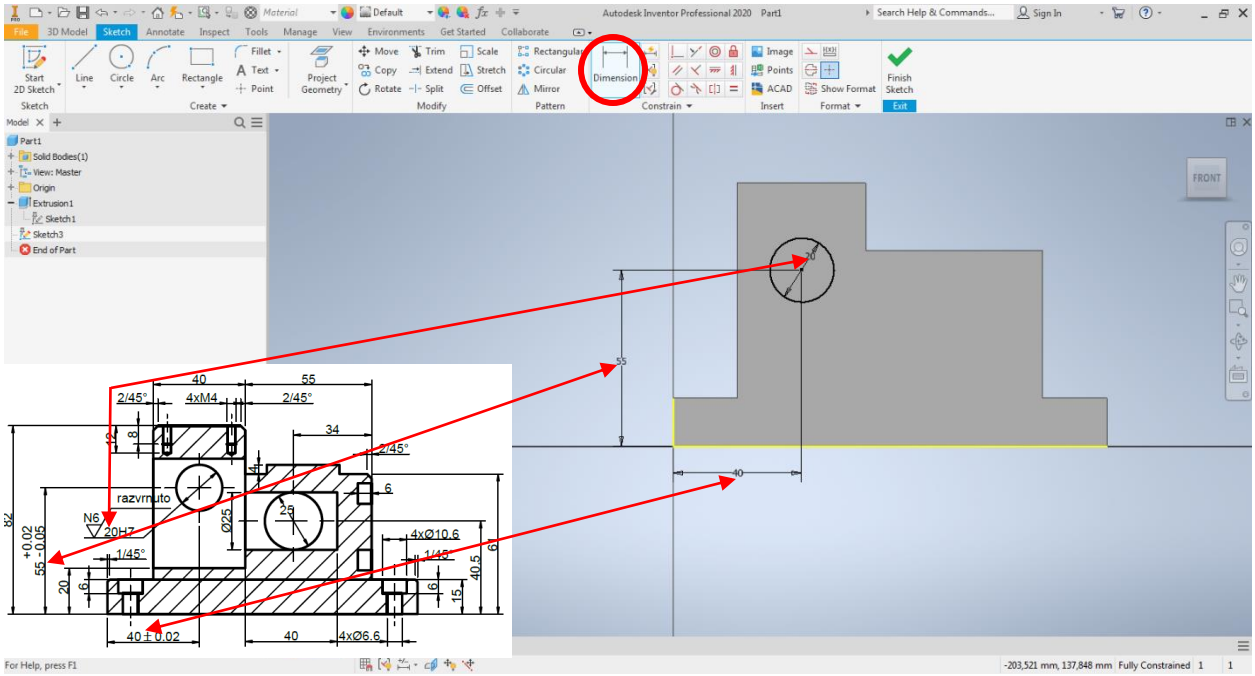


*Slika 8. Simetrično izvlačenje (**Extrudiranje**) profila*

Sledeći korak je bušenje horizontalnog poprečnog otvora **20H7.** Dimenzije otvora se nalaze u okviru preseka na radioničkom crtežu. Ova aktivnost se može realizovati na više načina. Konkretno, ovde je odabrana opet naredba ***Extrude*** radi vežbanja. Sada kada postoji model, njegove površine mogu biti ravni skiciranja umesto sistemskih. U konkretnom slučaju je prednja površina (Slika 9) odabrana za ravan skiciranja, obzirom da otvor počinje od te površine. Nakon skiciranja proizvoljnog kruga potrebno ga je kotirati. Međutim, tokom unosa vrednosti zanemaruju se tolerancije, već se unose samo nominalne vrednosti (Slika 10).

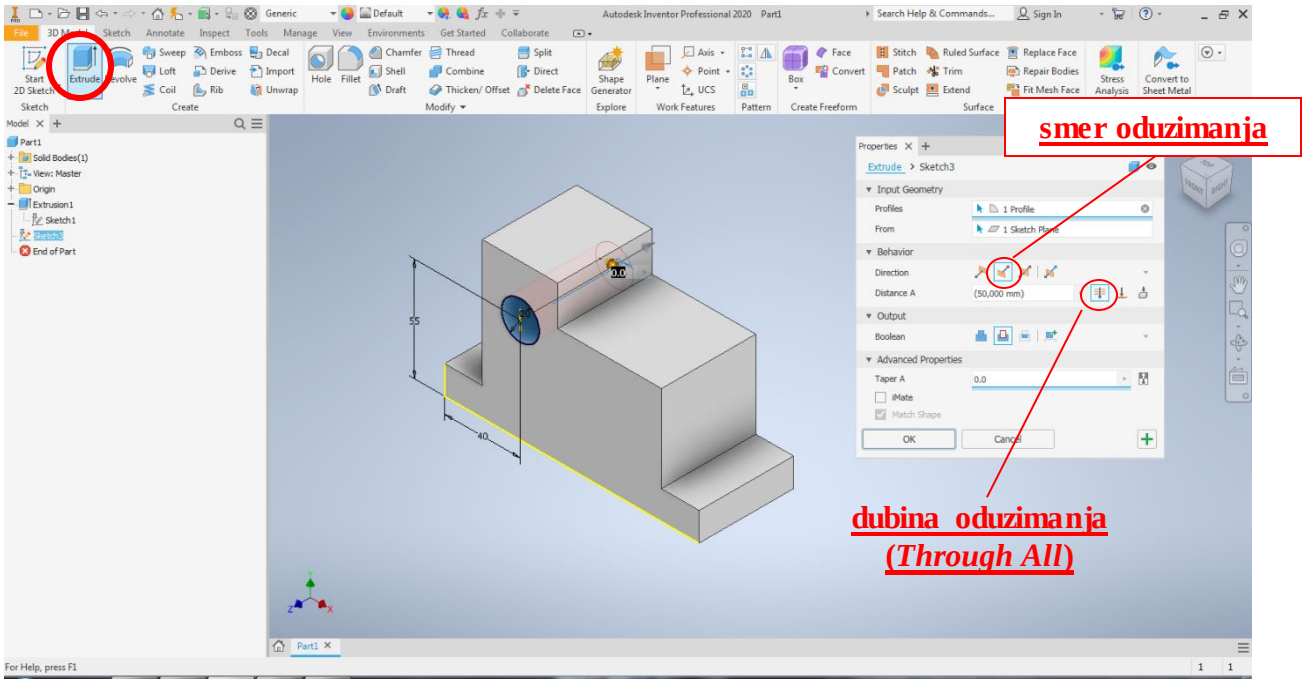


Slika 9. Bušenje otvora 20H7



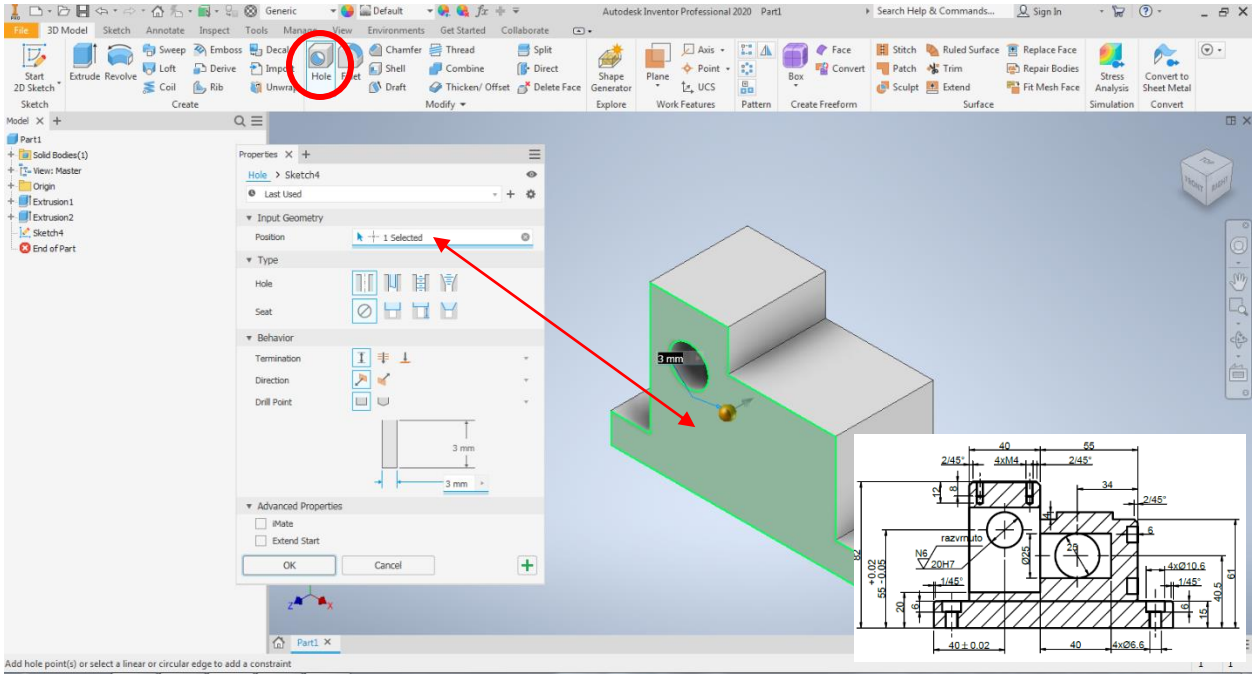
Slika 10. Skiciranje kruga za bušenje otvora 20H7

Što se tiče parametara koje treba definisati u okviru pomoćnog prozora ***Extrude*** pored ***Profile i From,*** koji su objašnjeni kod prve skice, potrebno je definisati smer oduzimanja da bude prema modelu. Obzirom da se radi o otvoru najjednostavnije je za dubinu oduzimanja odabrati naredbu koja definiše bušenje kroz ceo model ***Through All*** (Slika 10).



*Slika 10. Bušenje otvora **20H7***

Drugi otvor prečnika **25,** biće realizovan alatom ***Hole***, koji se najčešće koristi za modelovanje rupa/otvora. Kao i kod većine alata i kod ovog je neophodno odabrati ravan odakle počinje otvor, pomoću naredbe ***Position***. Pored toga morju biti definisane referentne ivice, tj. ivice modela u odnosu na koje će pozicija centra biti definisane. To se radi jednostavnim klikom na željene ivice, koje se tada projektuju u datu ravan, a boja im je žuta, kao što se vidi na slici 12.



Slika 11. Bušenje otvora prečnika 25

Nakon ***Position***, treba definisati tip i oblik rupe/otvora. U grupi naredbi ***Hole*** moguće je odabrati četiri tipa rupe/otvora kao što je prikazano u tabeli 1, sa opisima.

Tabela 1 Opis mogućih tipova rupa

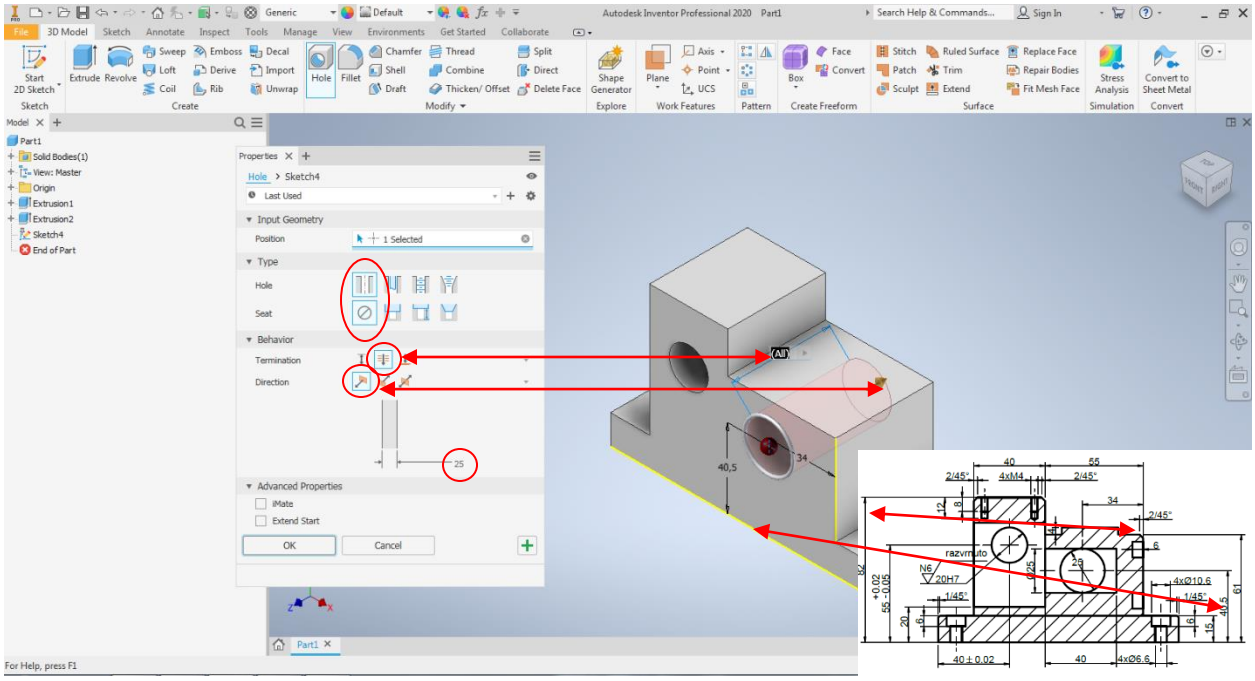
Izgled ikonice	***Naziv***	***Opis***
	*Simple Hole*	Modelovanje cilindrične rupe/otvora
	*Clearance Hole*	Modelovanje otvora za odgovarajući vijak
	*Tapped Hole*	Modelovanje rupe/otvora sa navojem
	*Taper Tapped Hole*	Modelovanje konusne rupe/otvora sa navojem

Pored tipova iz tabele 1, potrebno je definisati izgled upusta rupe/otvora. Izgled oblika upusta rupe/otvora bira se iz grupe naredbi ***Seat*** prikazane u tabeli 2, sa opisima.

Tabela 2 Opis mogućih oblika upusta rupe/otvora

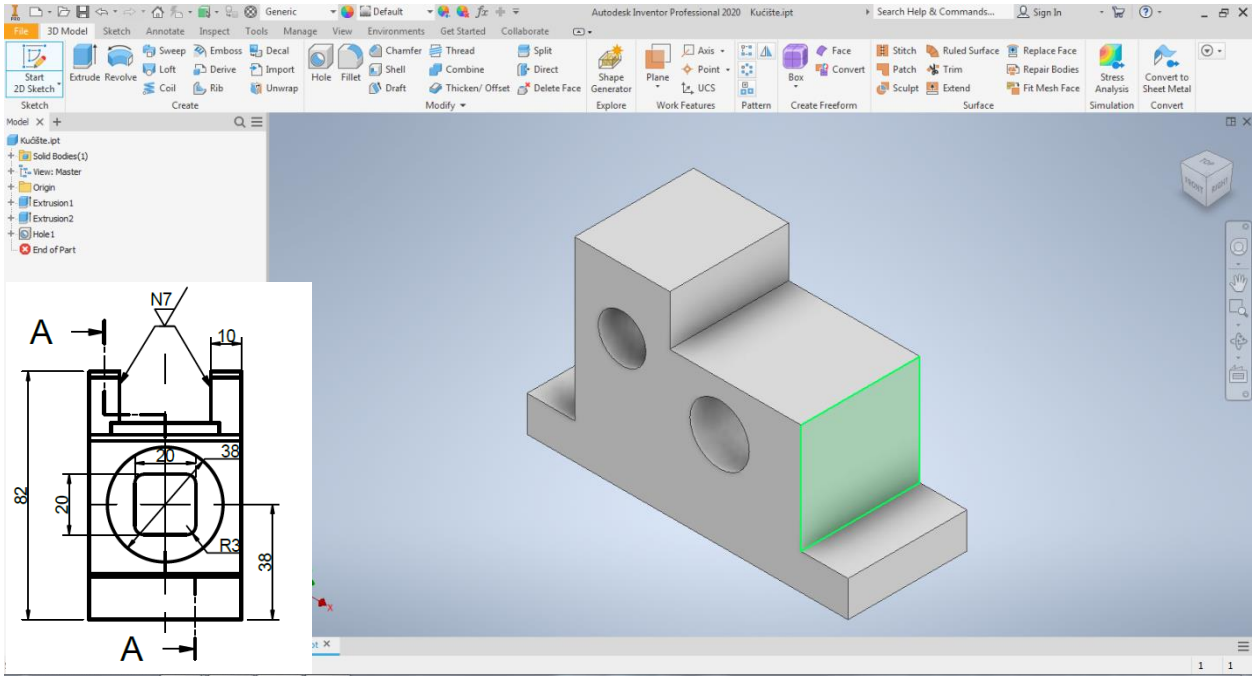
Izgled ikonice	***Naziv***	***Opis***
	*None*	Modelovanje cilinrične rupe/otvora bez upusta
	*Counterbore*	Modelovanje upusta za glavu vijka
	*Spotface*	Kao i prethodna samo je neophodno definisati i poziciju
	*Countersink*	Modelovanje upusta za konusnu glavu vijka

U konkretnom slučaju otvora prečnika 25, za tip otvora odabran je ***Simple Hole*** a za oblik upusta odabran je ***None***, kao što se vidi na slici 12.



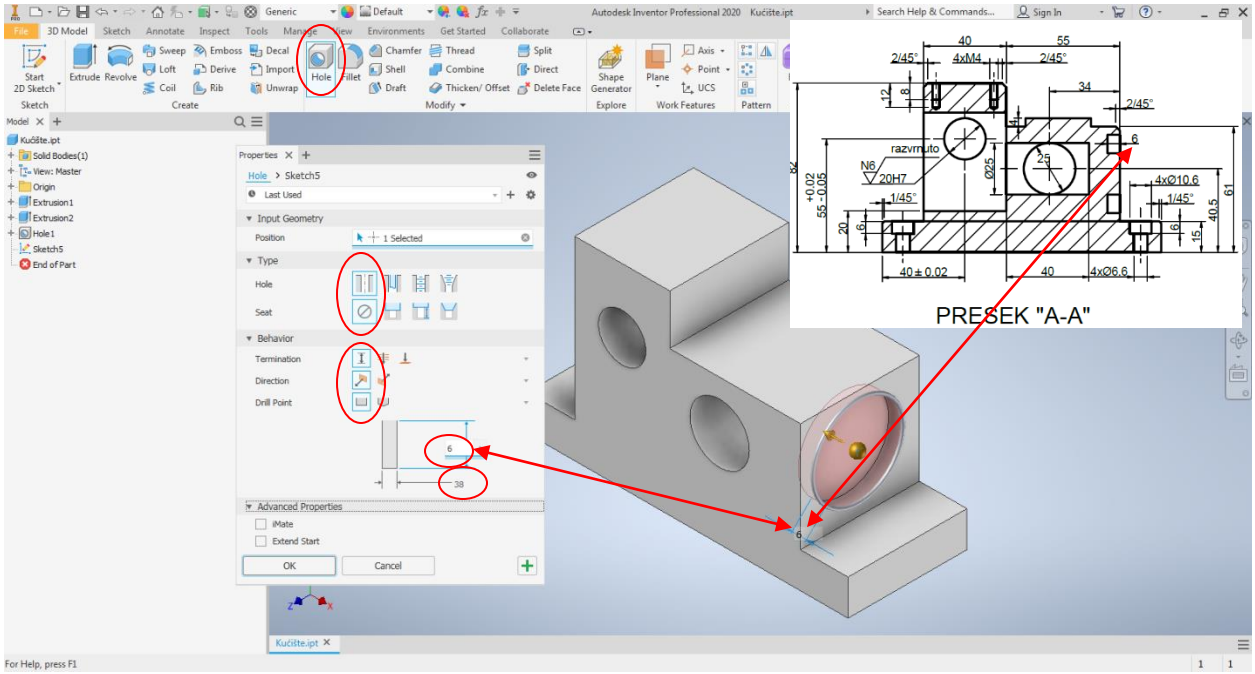
*Slika 12. Bušenje otvora prečnika 25 pomoću naredbe **Hole***

Sledeći korak je modelovanje džepa čiji je oblik vidljiv u pogledu od napred, tj. na crtežu gornja leva ortogonalna projekcija. Džep se nalazi na prednjoj površini koja je ujedno i ravan skiciranja i prikazana je na slici 13. Do sada su pokazane naredbe ***Extrude*** i ***Hole*** , tako da je na korisniku da odluči koju želi da koristi. U nastavku je odabrana naredba ***Hole.***



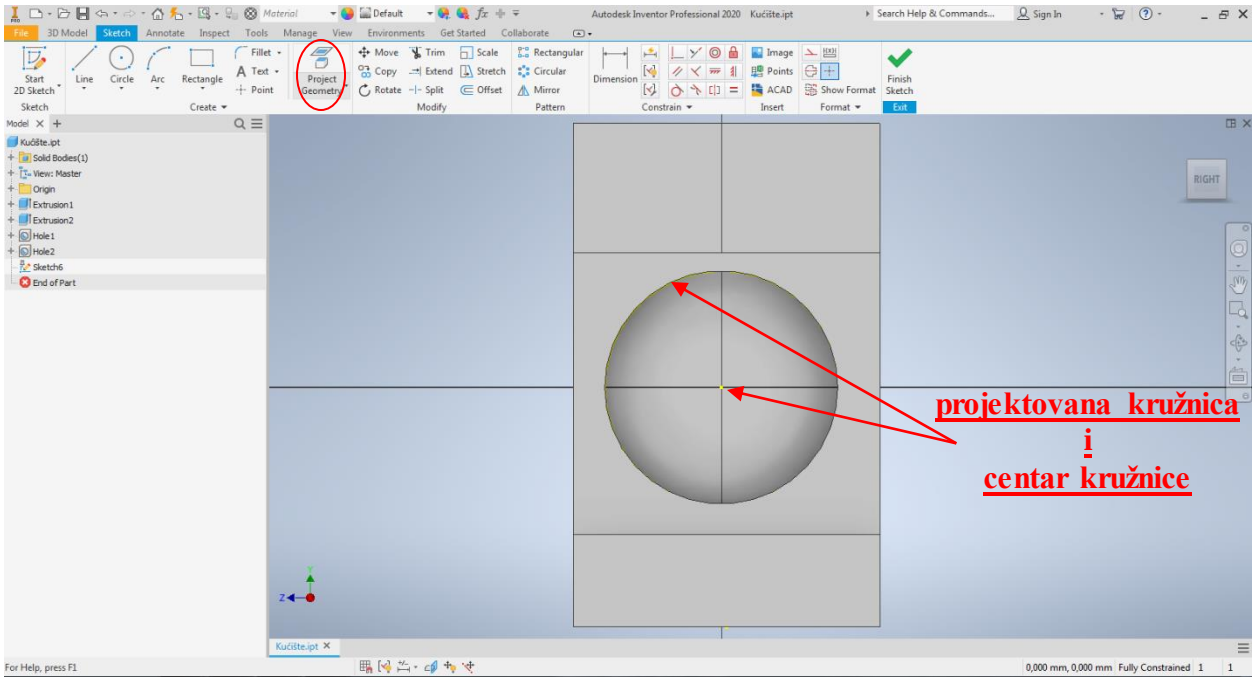
Slika 13. Ravan za bušenje džepa prečnika 38

Na slici 14 prikazan je pomoćni prozor sa parametrima koje je potrebno definisati, kako bi se modelovao željeni džep. Međutim, pored prečnika potrebno je definisati dubinu, čija vrednost je vidljiva na preseku.



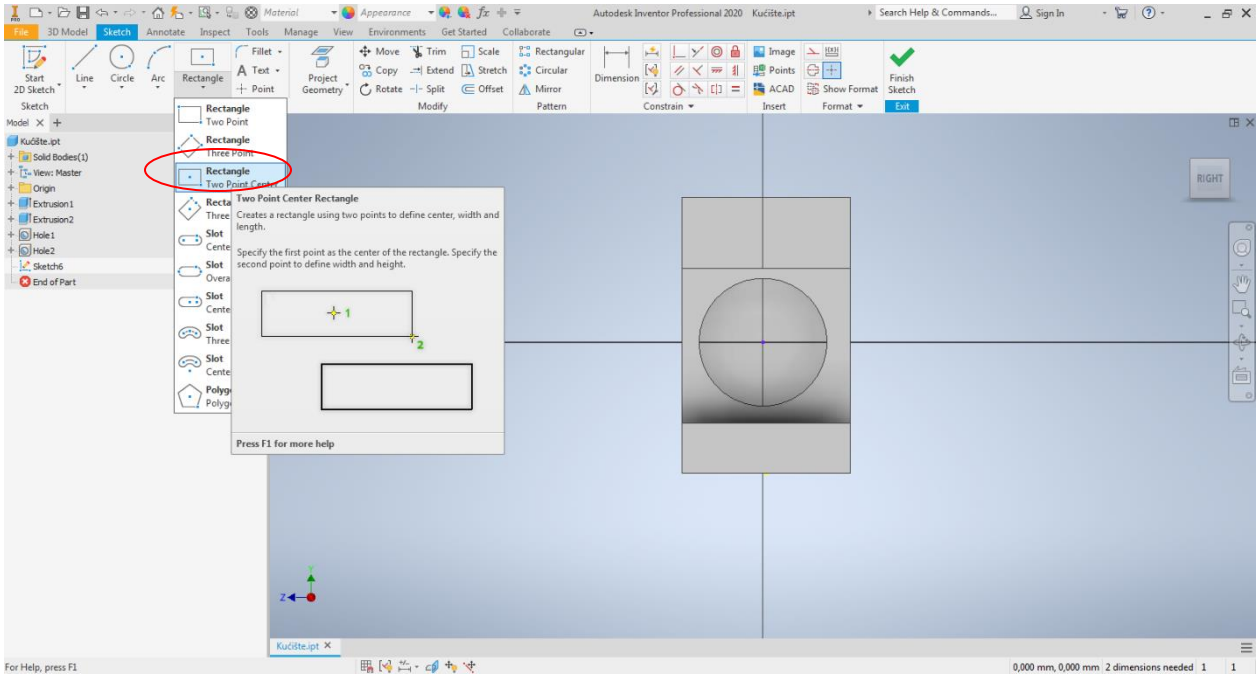
*Slika 14. Bušenje džepa prečnika 38 pomoću naredbe **Hole***

Na radioničkom crtežu je vidljivo četvorougaono ostrvo unutar prethodno modelovanog džepa. Za to će biti korišćena naredba ***Extrude,*** a ravan skiciranja biće dno pomenutog džepa. Na crtežu se vidi da je presek dijagonala četvorougla u centru kružnog džepa. Radi efikasnijeg modelovanja trebalo bi izvršiti projektovanje kružnice u ravan skiciranja. To se radi tako što se klikom označi kružnica nakon čeka se naredbom ***Project Geometry*** izvrši projekcija kružnice zajedno sa centrom, kao što je prikazano na slici 15.



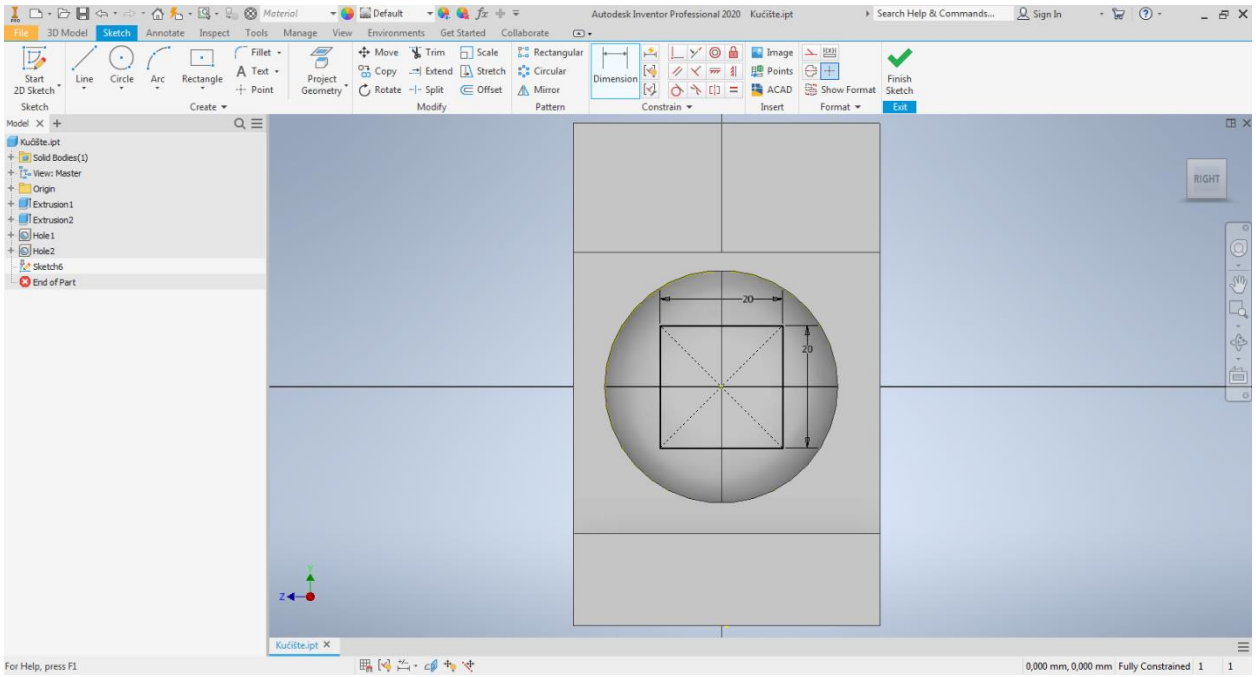
Slika 15. Projektovanje geometrije

Sada kada je određen centar džepa ujedno i četvorougaonog ostrva, jednostavno je skicirati kvadrat čiji presek dijagonala se nalazi baš u toj tački. Za to je najbolje koristiti alat za skiciranje četvorougla označen na slici 16, kome je neophodno zadati poziciju centra, visinu i širinu. Zadržavanjem kursora na svaki alat pojaviće se jedan pomoćni prozor koji služi kao ilustracija kako skicirati dati geometrijsku pojam.



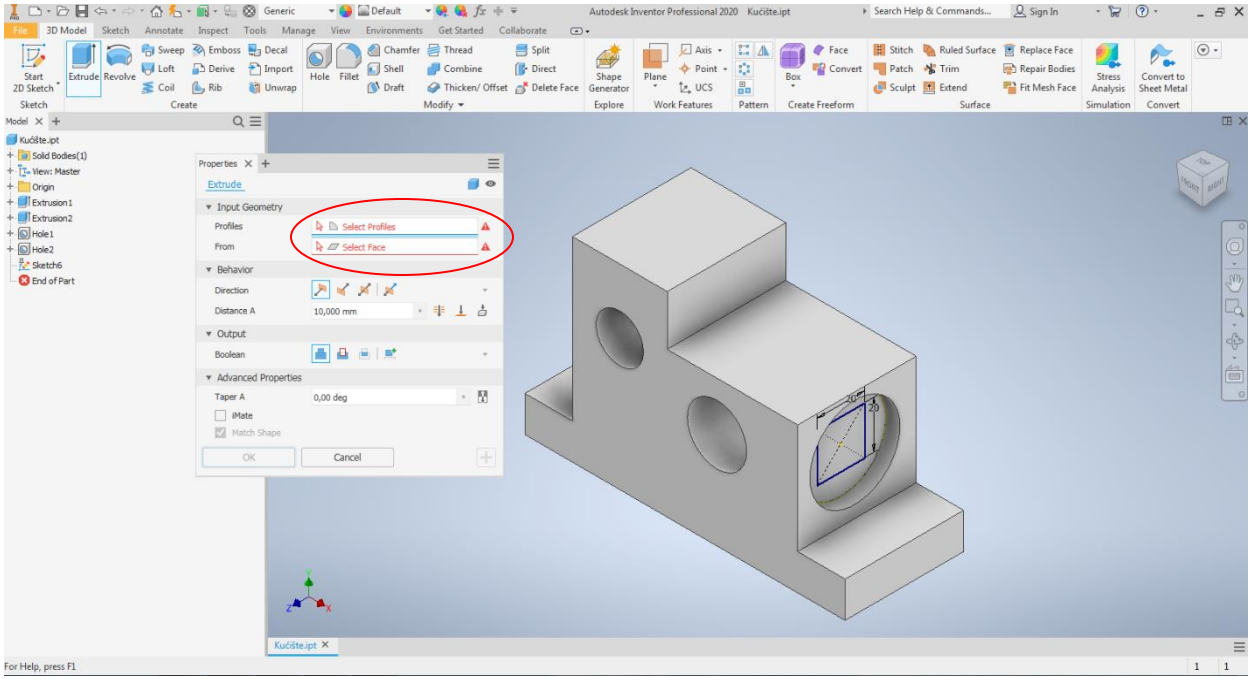
Slika 16. Prikaz odabira alata za skiciranje četvorougla

Na slici 17, dat je prikaz potpuno definisane skice odnosno kvadrata.

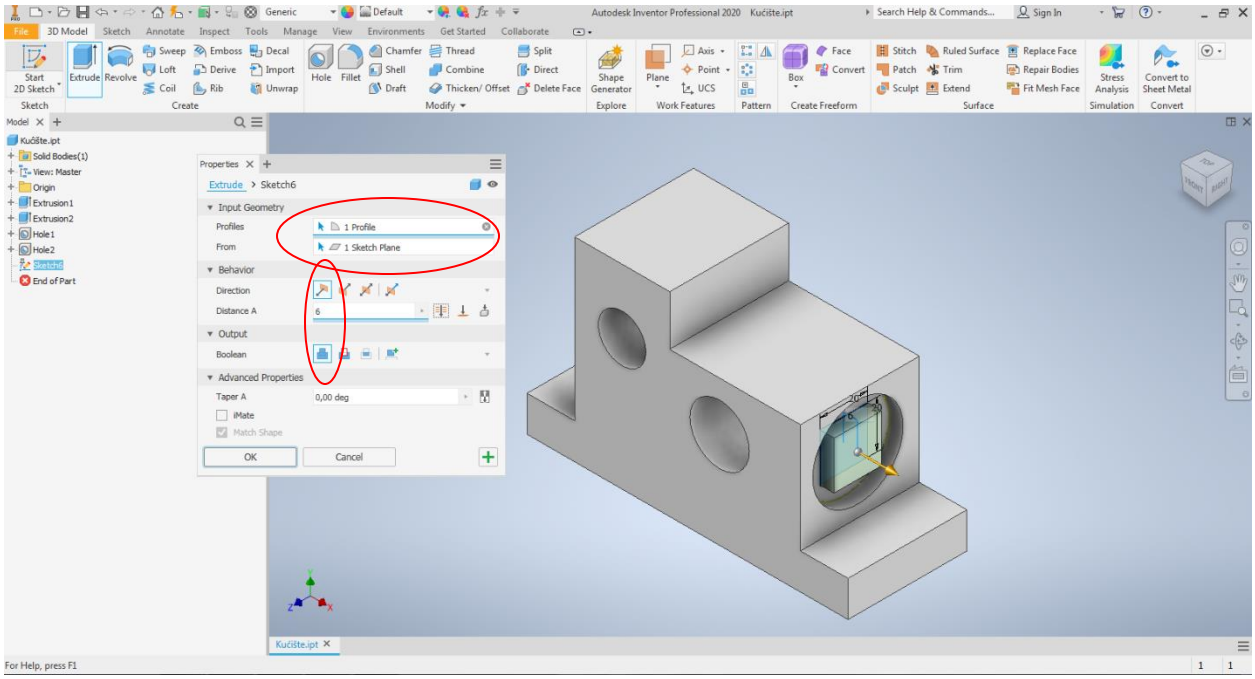


Slika 17. Prikaz gotove skice četvorougla

Zbog postojanja dve skice, tj. jedne projektovane kružnice sa centrom i kvadrata koji je skiciran, tokom naredbe ***Extrude*** softver ne može sam da prepozna koju skicu od te dve je potrebno izvući. Neophodno je odabrati kvadrat, na slici 18 je prikazan pomoćni prozor kada softver nije u mogućnosti da prepozna skicu. Tada su naredbe ***Profiles i From*** označene crvenom bojom. Iz tog razloga potrebno je kliknuti na skicirani kvadrat, tada su ***Profiles i From*** naredbe definisane, kao što je prikazano na slici 19.

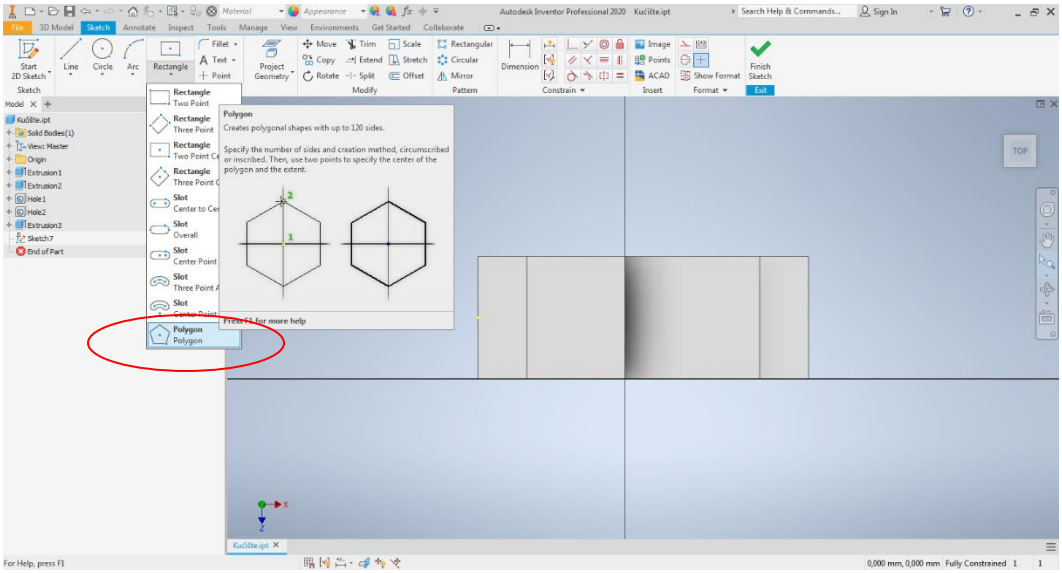


Slika 18. Prikaz pomoćnog prozora za ***Extrude*** *kada softver ne prepozna skicu*

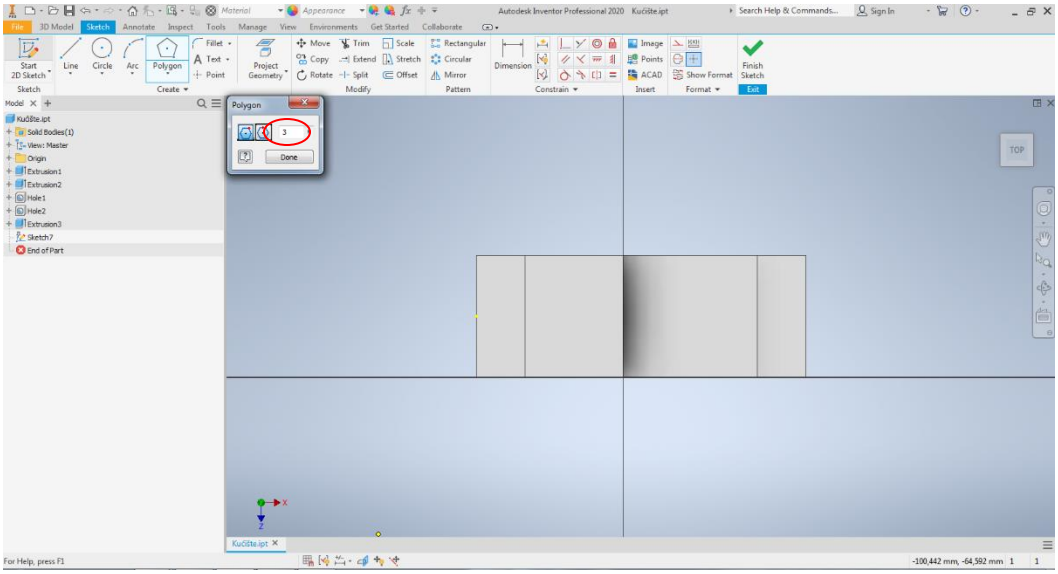


Slika 19. Prikaz pomoćnog prozora za ***Extrude*** *kada korisnik definiše skicu i parametri koje je potrebno promeniti da bi se dobilo željeno ostvo*

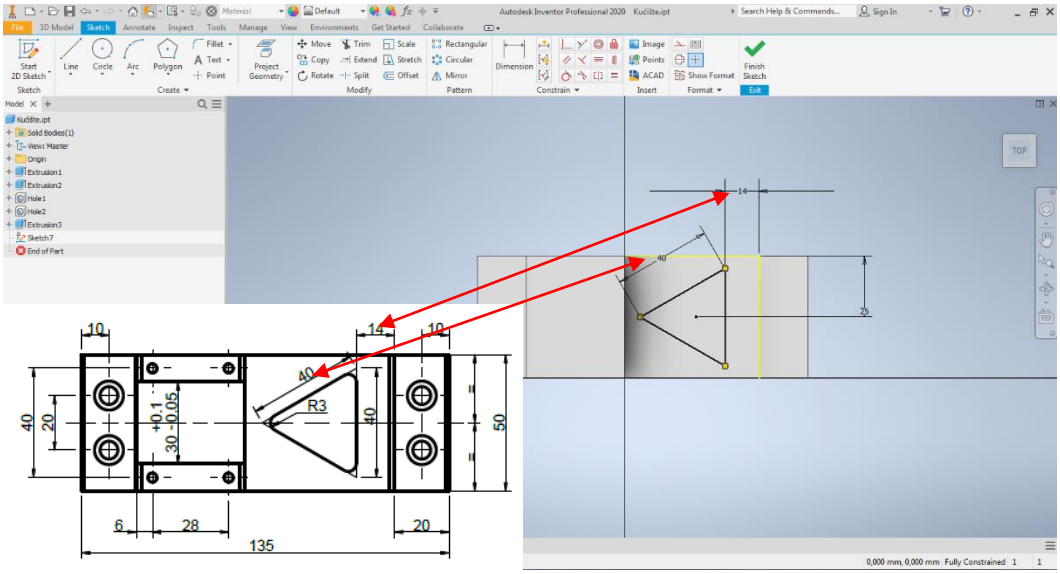
Deo modela koji je potrebno dalje definisati je jednakostranični trougao dužine stranice 40 na gornjoj površini. Do sada se moglo primetiti da su svi oblici modelovani bez zaobljenih i oborenih ivica. Preporuka je da se obaranje i zaobljavanje ivica ne rade tokom skiciranja već na kraju. Za ovaj oblik je kao i malopre najpovoljnije koristiti ***Extrude***, a ravan skiciranja je ona na kojoj leži trougao. Alat koji se koristi za skiciranje trougla je ***Polygon*** (Slika 20.). Ovaj alat omogućava generisanje mnogouglova sa ograničenjem na 120. Na slici 21, prikazan je drugi korak u okviru alata ***Polygon***, gde je potreno uneti broj uglova (3). Slika 22, pokazuje izgled skice trougla sa potrebnim dimenzijama, a slika 23 prikazuje pomoćni prozor za ***Extrude*** sa parametrima koje treba definisati.



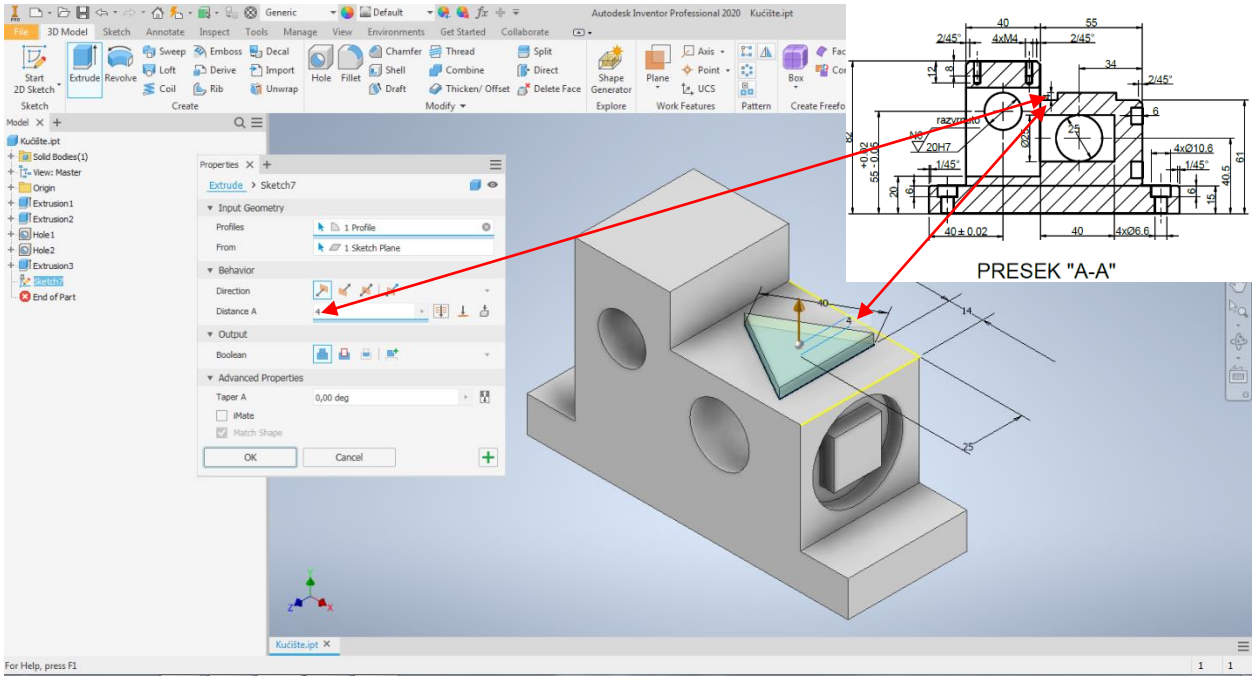
Slika 20. Prikaz odabira alata za skiciranje mnogouglova (trougla)



Slika 21 Drugi korak u alatu Polygon

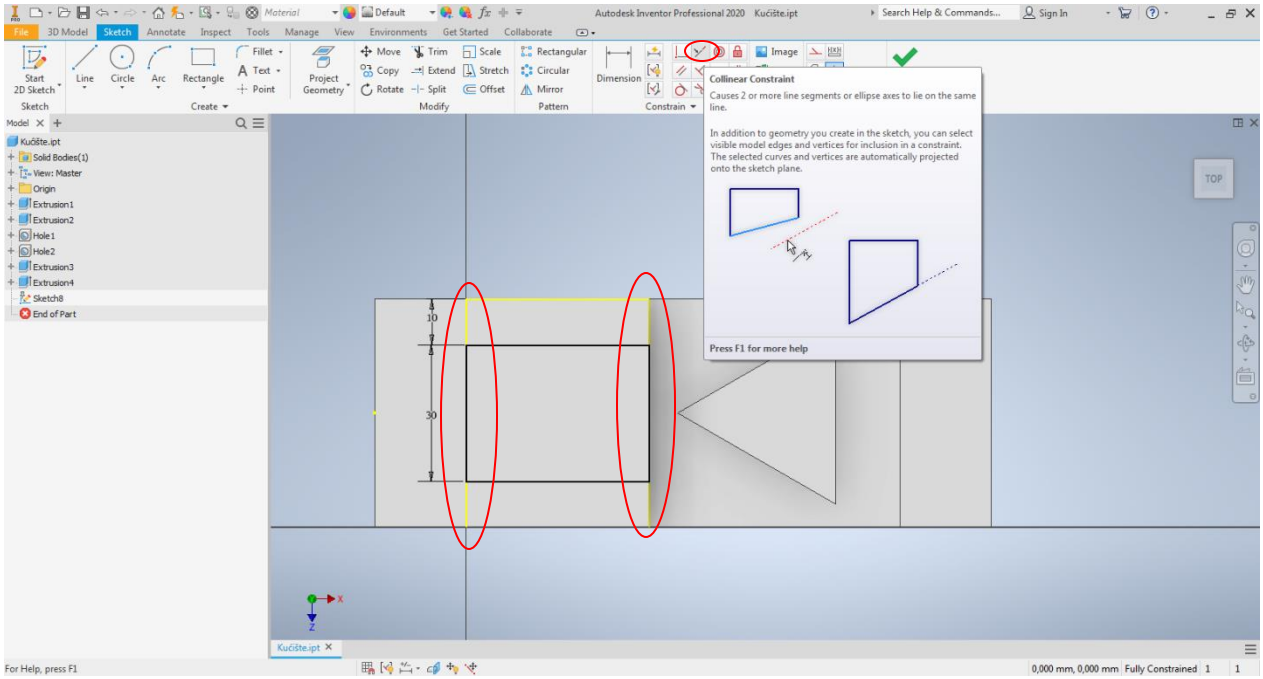


Slika 22. Izgled skice trougla



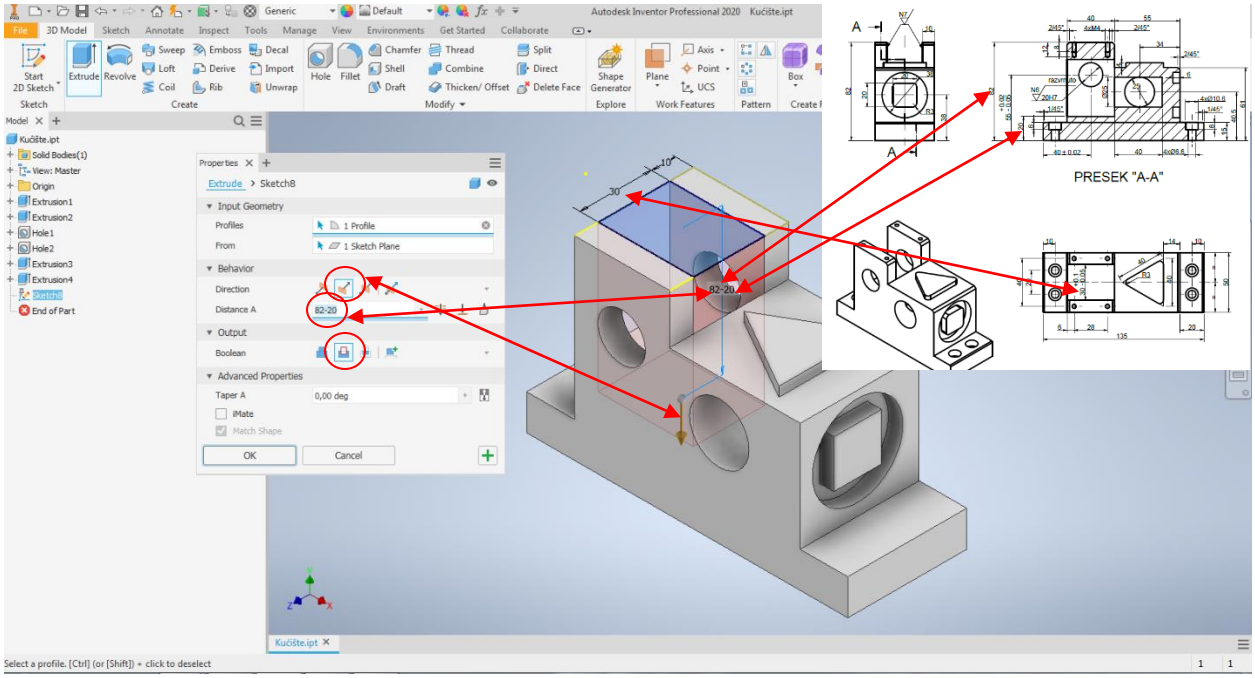
*Slika 23. Izgled **Extrudiranja** prethodno skciranog trougla*

Modelovanje upusta 30x40x62; Da bi se prethodno uzradilo na najvišoj površini, odakle taj upust počinje, biće skiciran jedan pravougaonik dimenzija 40x30, nakon čega će pomoću naredbe ***Extrude*** biti oduzet materijal. Međutim uvođenjem ograničenja ***Colinear Constraint***, moguće izvršiti preklapanje linija koje su označene na slici 24. Na ovaj način se eliminiše potreba za kotom 40. Treba dodati da su i jedan i drugi način ispravni.



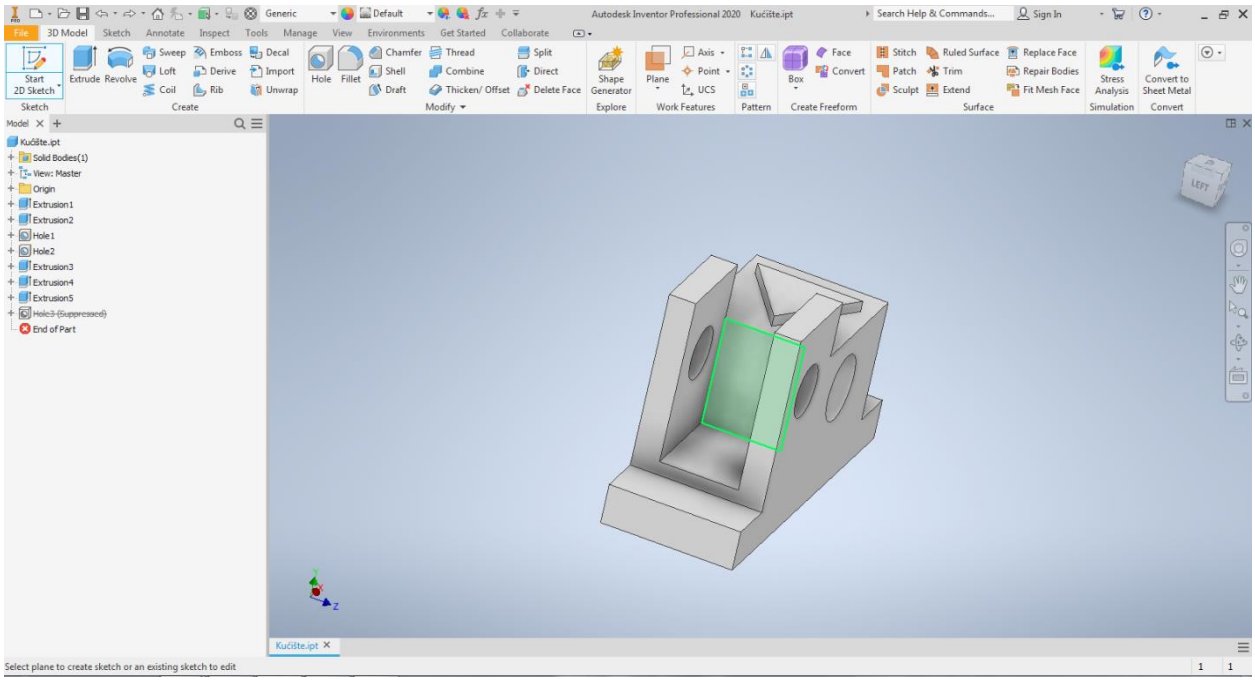
*Slika 24. Prikaz skice pravougaonika uz poklapanje pomoću **Colinear Constraint***

Ukoliko softver ne prepozna skicu potrebno je ponoviti korak sa Slike 18 i Slike 19, a što se tiče ostalih parametara prikazani su na slici 25. Treba primetiti da je kod dubine izvlačenja moguće koristiti matematičke operacije u polju ***Distance A piše 82-20.***



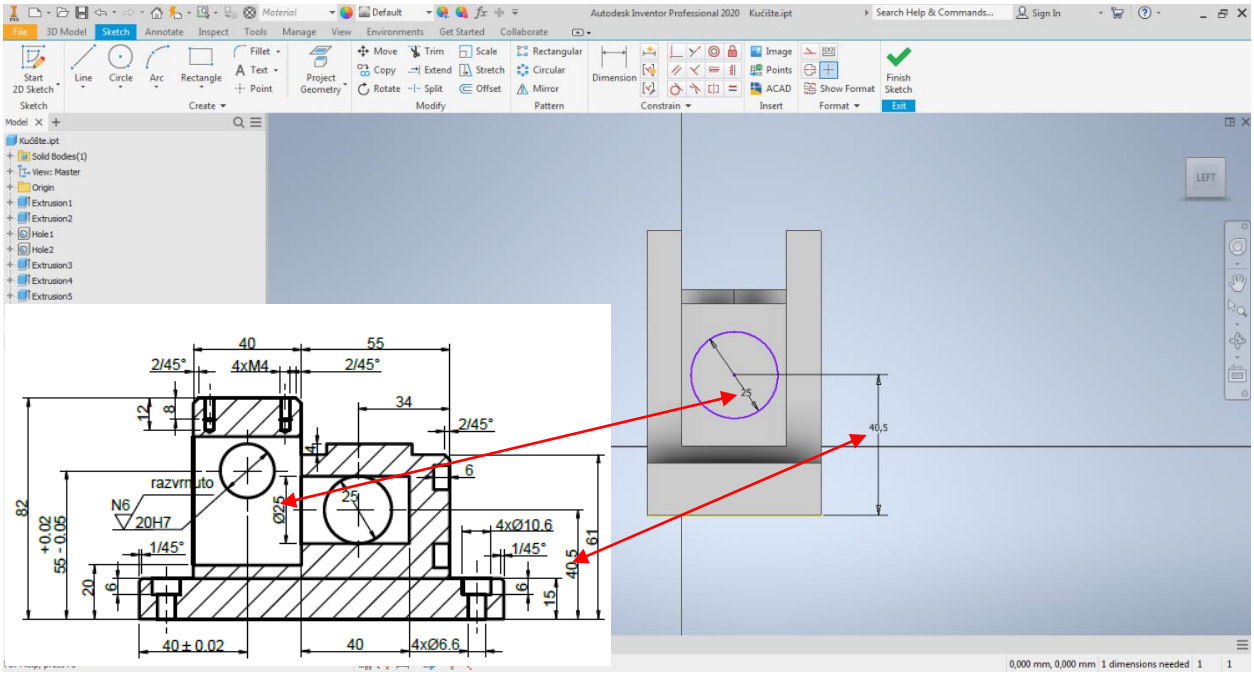
Slika 25. Izgled modelovanja upusta 30x40

Sledeći korak je modelovanje cilindrične horizontalne uzdužne rupe Φ25x40, pomoću alata ***Extrude,*** a ravan skiciranja je prikazana na slici 26.



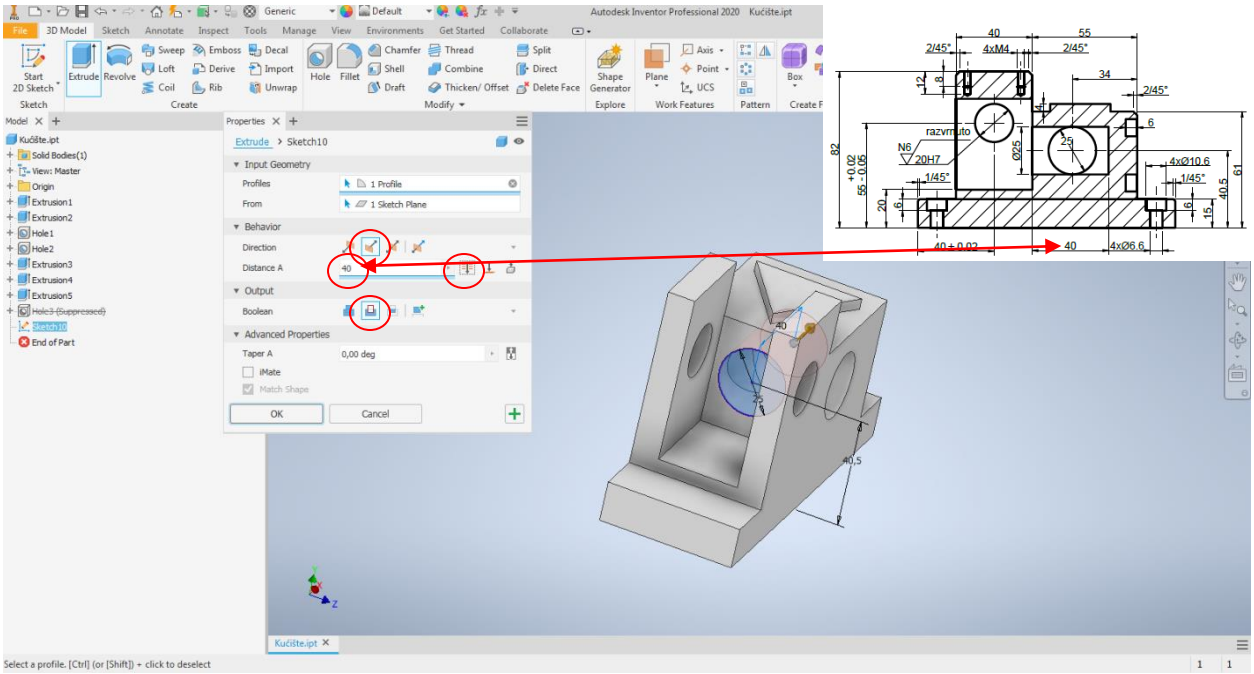
Slika 26. Ravan skiciranja za modelovanje rupe Φ25x40

Izgled skice dat je na slici 27. Pre definisanja pozicije centra kružnice, treba voditi računa da ona bude nacrtana u osi modela, tada nije potrebna dimenzija koja određuje horizontalni položaj centra, već samo vertikalni koji iznosi 40.5.



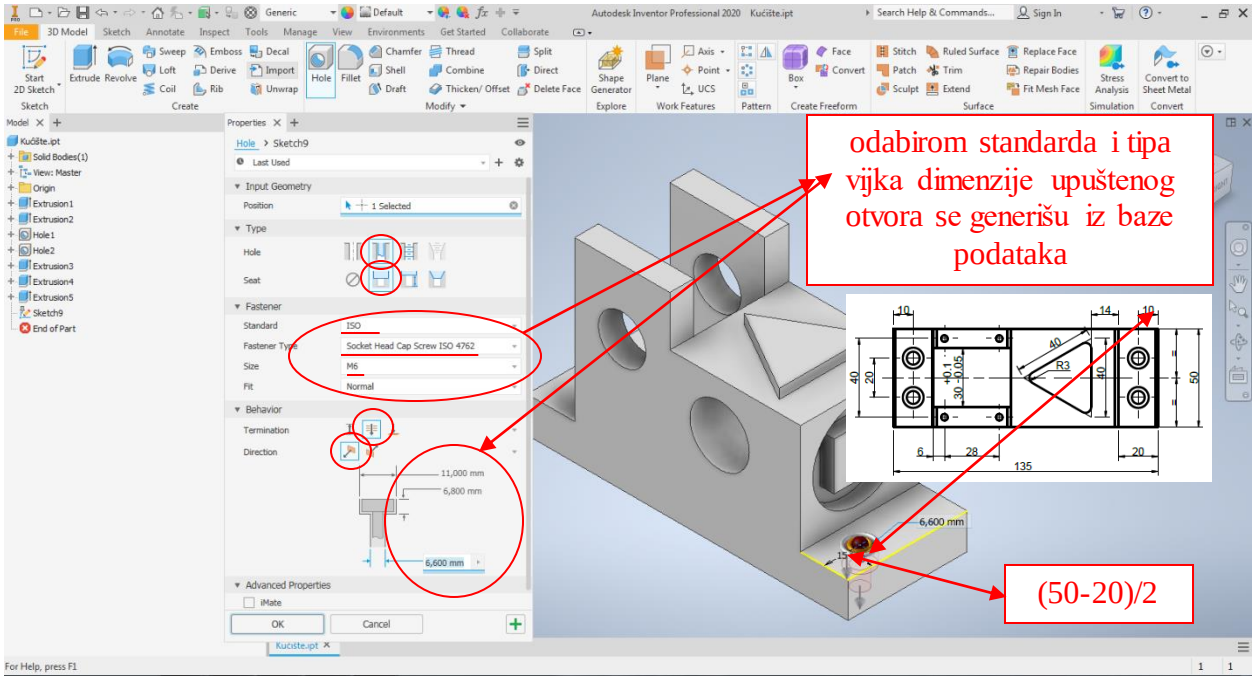
Slika 27. Izgled skice kružnice

Parametri koje je potrebno definisati u okviru alata ***Extrude*** prikazani su na slici 28.



Slika 28. Izgled modelovanja rupe Φ25x40

Na stopama sa jedne i druge strane nalaze se ukupno četiri otvora za vijke sa cilindričnom glavom (poznatiji kao imbus vijci). Kako bi se smanjilo nepotrebno ponavljanje za svaki otvor, biće modlovan jedan koji će kasnije biti umnožen. Za modelovanje prvog biće korišćen alat ***Hole***, a ravan skiciranja je usvojena gornja površina desne stope. Na crtežu treba uočiti da je stablo otvora 6,6 na osnovu čega se zaključuje da je kroz navedeni otvor predviđeno da prolazi vijak M6. Iz tog razloga od ponuđenih standarda odabrati ISO standard, Socket Head Cap Screw ISO 4762 (vijci sa cilindričnom glavom), M6 (nazivna mera navoja), Normal (tip naleganja) kao što je prikazano na slici 29.

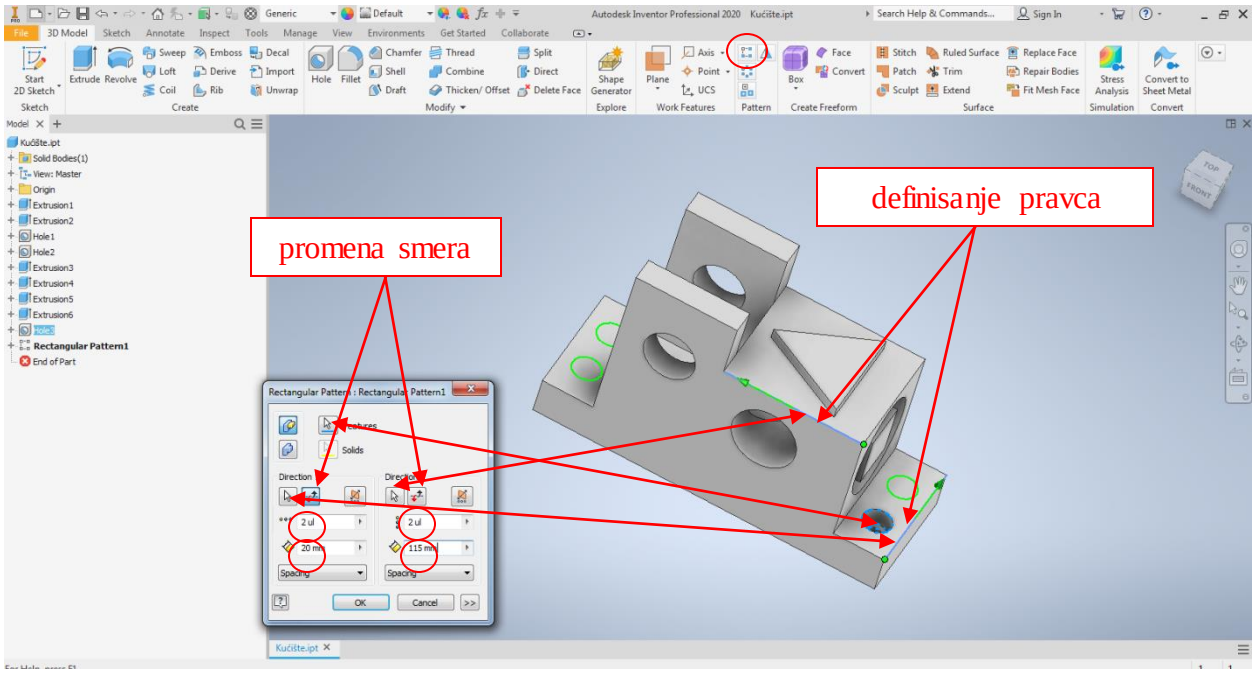


Slika 29. Izgled pomoćnog prozora za modelovanje upuštenog otvora

Kao što je već rečeno sledeći korak je umnožavanje pomoću alata ***Pattern*** kojih ima više tipova (Tabela 3).

Tabela 3 Opis mogućih tipova umnožavanja

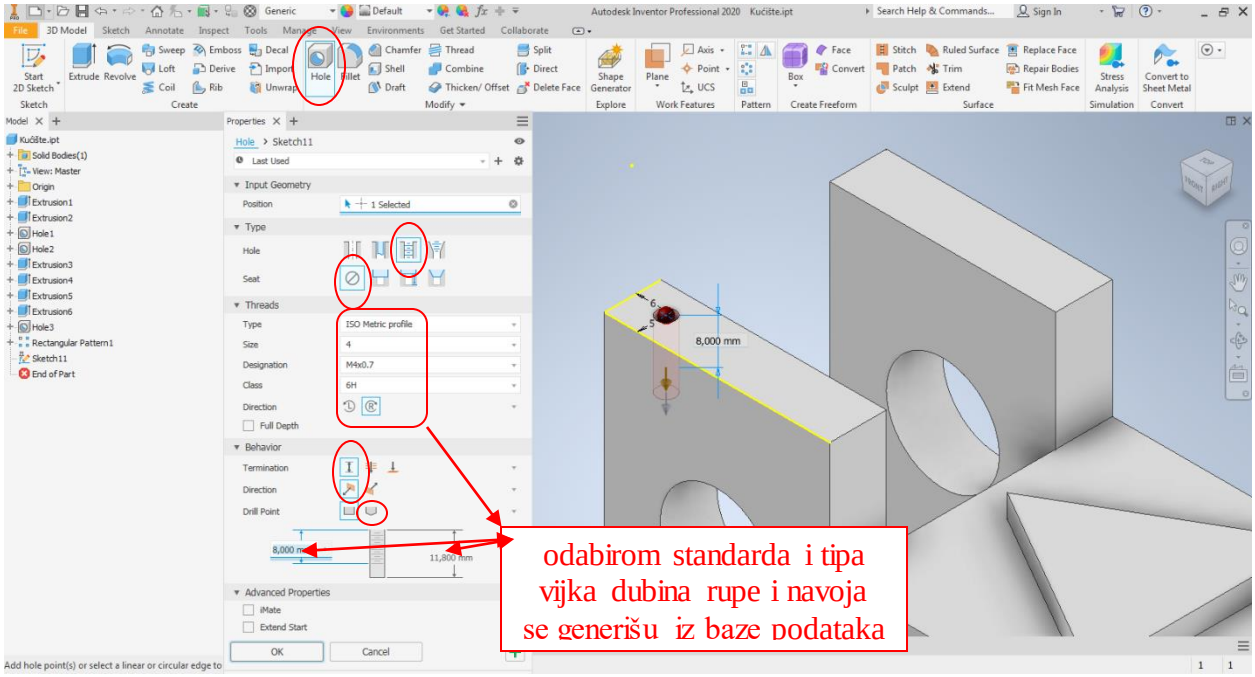
Izgled ikonice	***Naziv***	***Opis***
	*Rectangular Pattern*	Pravolinijsko umnožavanje
	*Circular Pattern*	Kružno umnožavanje
	*Sketch Driven*	Umnožavanje duž skicirane putanje
	*Mirror*	Preslikavanje preko ravni



Slika 30. Pravolinijsko umnožavanje otvora sa upustom

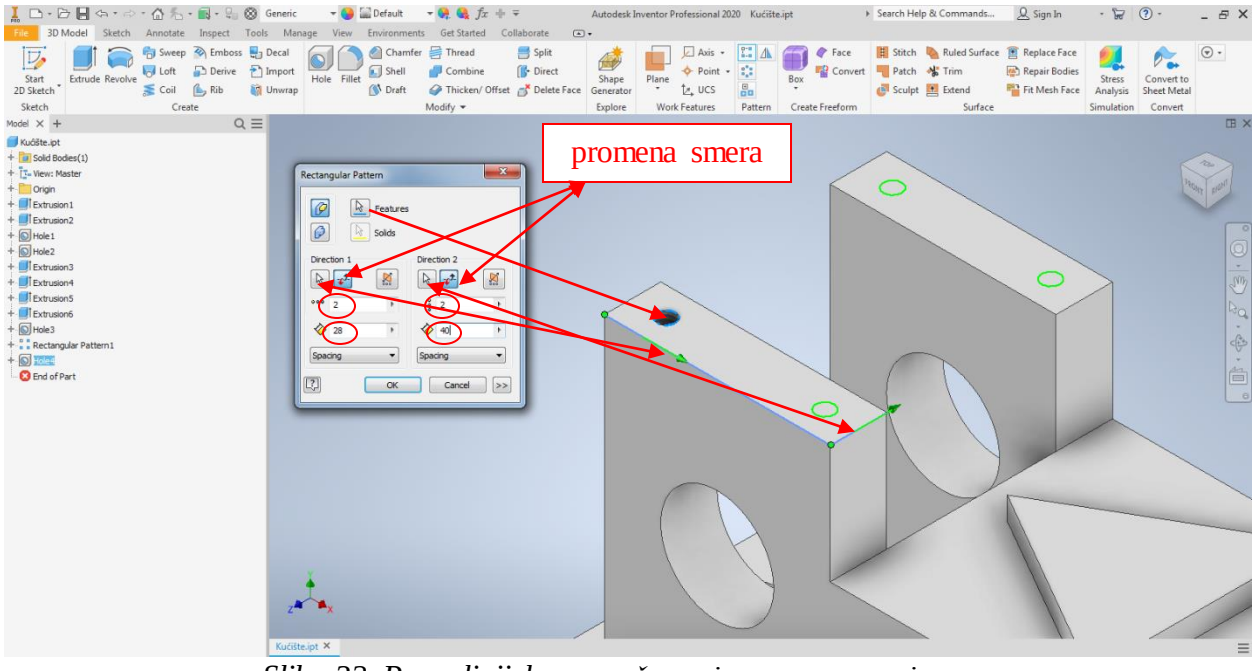
U okviru alata ***Rectangular Pattern*** neophodno je definisati sledeće: ***Features,*** treba odabrati oblik koji je potrebno umnožiti, u ovom slučaju upušteni otvor, nakon toga pod naredbama ***Direction*** definišu se pravci. Za definisanje pravca dovoljno je odabrati ivicu koja definiše uzdužni/poprečni pravac (ikonica izgleda kao kursor miša), pored te ikonice se nalazi naredba za promenu smera (na ikonici su nacrtane dve strelice - ***Flip***). Pored u polja ispod treba uneti broj komada u datom pravcu (pri čemu voditi računa da se broji i početni/originalni oblik), u polja ispod treba upisati rastojanja između dva oblika.

Iz istog razloga kao i prethodni korak, na sličan način pomoću alata ***Hole*** će biti modelovani navoji M4, kojih ima ukupno četiri, samo što se razlikuje ravan skiciranja, tip rupe, i pozicije. Kako modelovati navoj M4 prikazano je na slici 31.



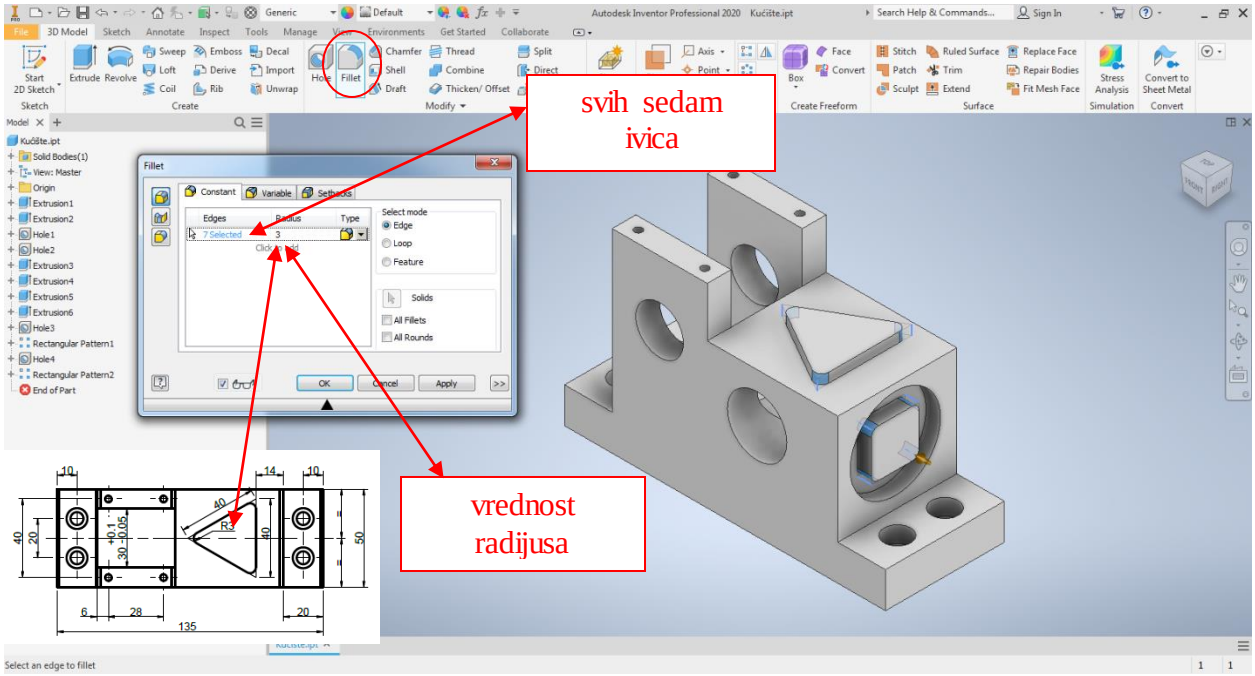
Slika 31. Izgled pomoćnog prozora za modelovanje rupe sa navojem

Umnožavanje je po istom principu kao u prošlom koraku, pomoću alata ***Rectangular Pattern,*** kao što je pokazano na slici 32.



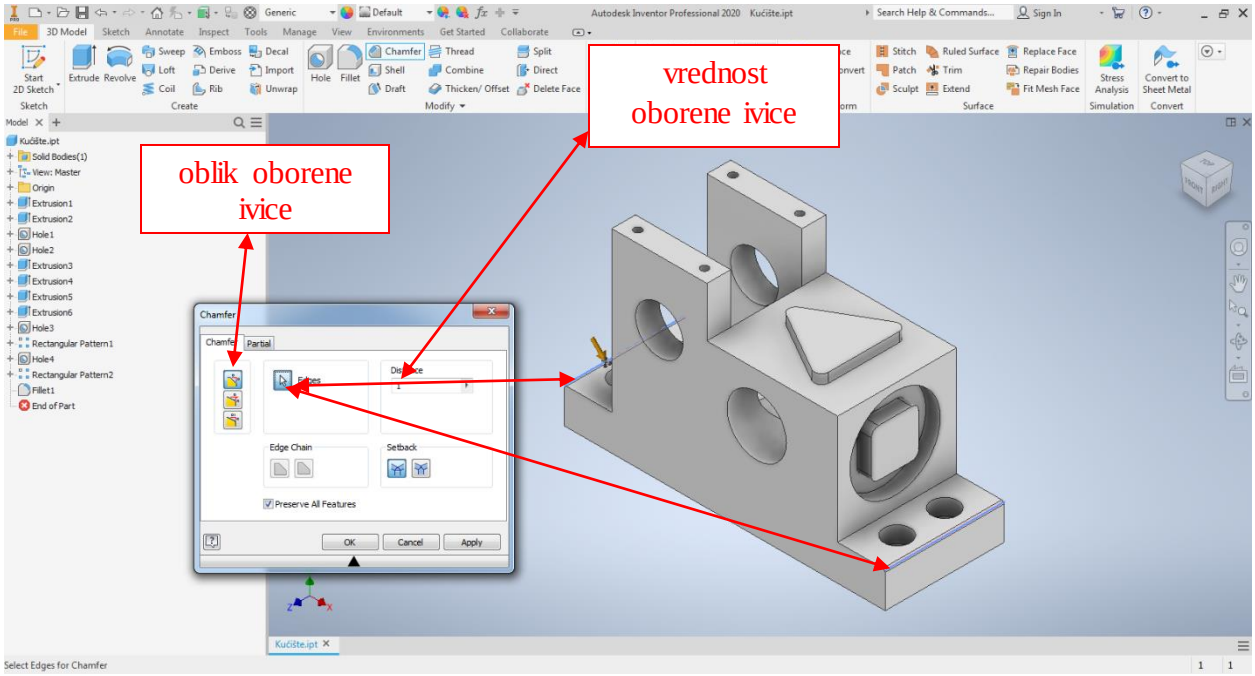
Slika 32. Pravolinijsko umnožavanje rupe sa navojem

Za završetak modelovanja ostavljene su zaobljene i oborene icive. Princip definisanja vrednosti oba alata je vrlo sličan. Neophodno je odabrati koja ivica treba da bude oborena/zaobljena i upisati vrednost. Na slici 33 prikazan je postupak modelovanja zaobljene ivice (alat ***Filet***) tj. radijusa R3, koji se nalazi na trouglastom i kvadratnom ostrvu, gde su u okviru jednog aktiviranja alata zaobljene sve potrebne ivice.

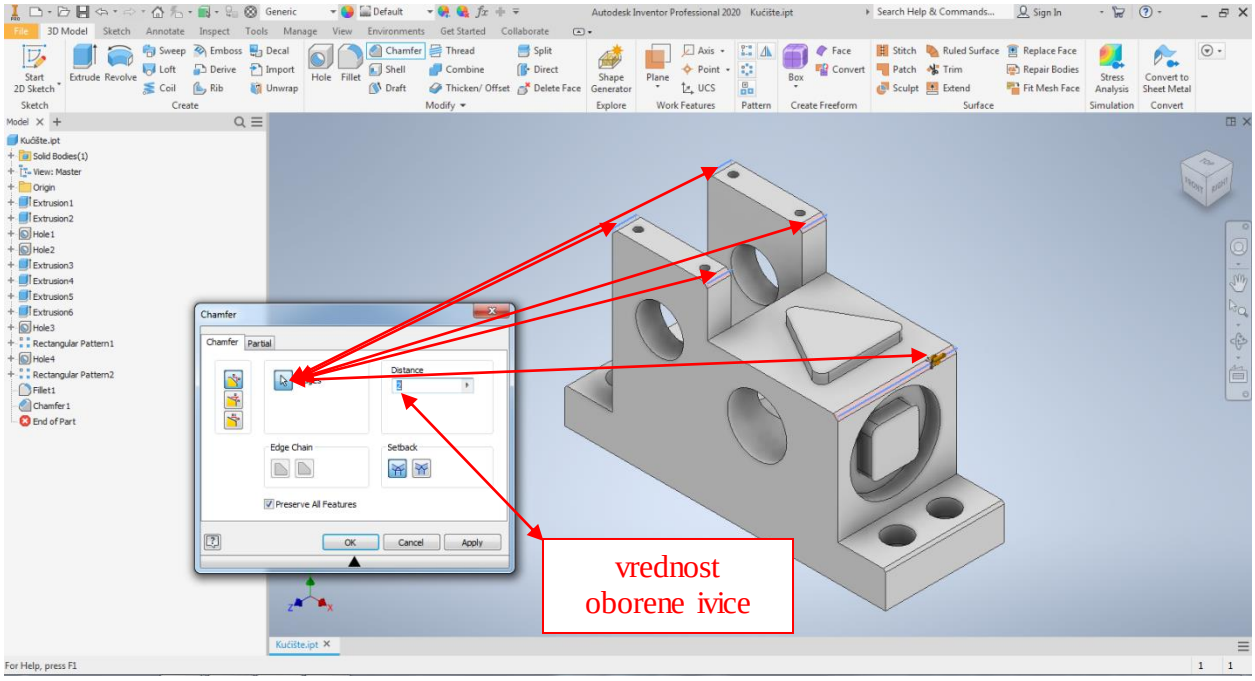


Slika 33. Prikaz alata za zaobljenje ivice

Po sličnom principu funkcioniše i alat za obaranje ivica ***Chamfer*** gde je takođe potrebno odabrati ivice i definisati im vrednost i oblik. Ukoliko se od ponuđenih oblika odabere ***Distance*** a vrednost upiše 1, to znači da će ivica biti oborena 1/45° (Slika 34). Iz razloga što na modelu postoje i ivice koje su 2/45°, potrebno je ponoviti postupak za odgovarajuće ivice sa ogovarajućom vrednošću (Slika 35.)

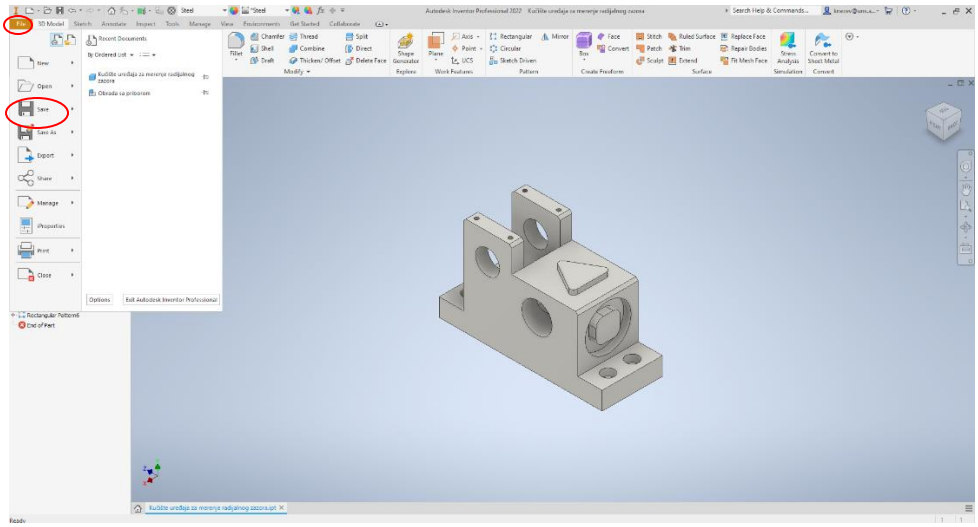


Slika 34. Prikaz alata za obaranje ivica 1/45°



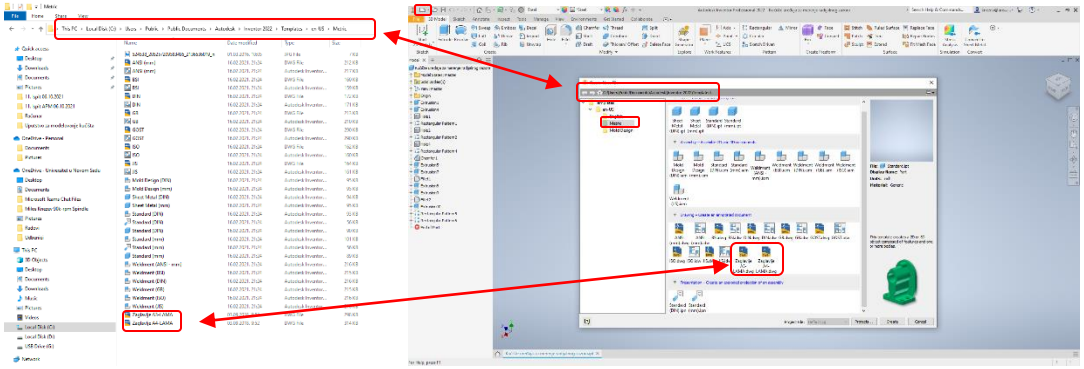
Slika 35. Prikaz alata za obaranje ivica 2/45º

Sačuvati model pod nazivom kao što je u zaglavlju, (Kućište).



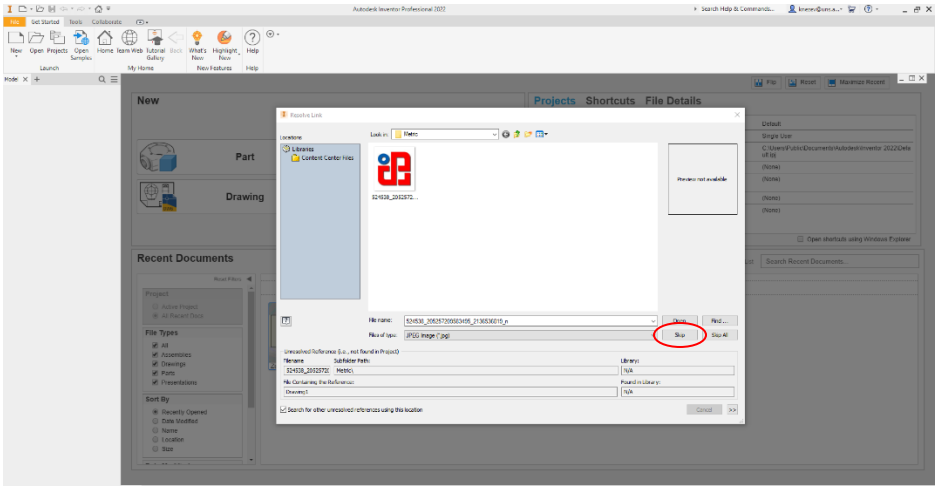
Slika 36. Prikaz postupka za memorisanje modela

Nakon završenog modelovanja potrebno je kreirati radionički crtež za dati deo. Pre početka je neophodno u ***Windows exploreru*** prebaciti fajlove Zaglavlje A4 – LAMA i Zaglavlje A3 – LAMA u direktorijum čija se putanja vidi na slici 37.



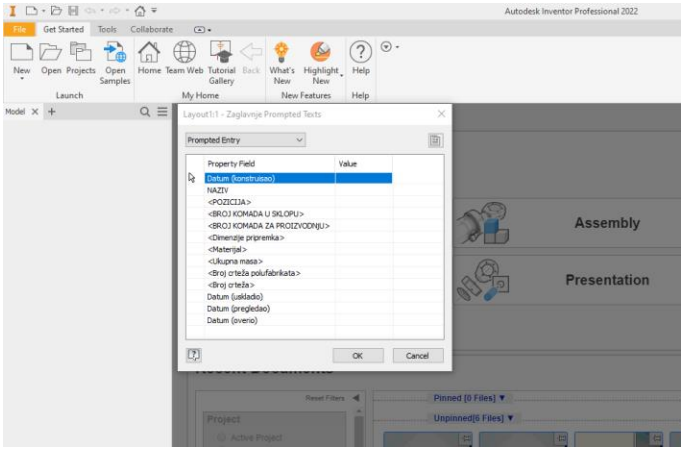
Slika 37. Učitavanje zaglavlja u softver

Kada su fajlovi kopirani u odgovarajući direktorijum klikom na ***New*** otvoriće se početni prozor sa svim modulima, a u modulu za kreiranje crteža (***Drawing***) će se pojaviti kopirana zaglavlja (Slika 37). Klikom na zaglavlje koje je potrebno može se desiti da se pojavi greška kao na slici 38, tada treba kliknuti ***Skip.*** Razlog pojave ove greške je fotografija koja se nalazi u zaglavlju.

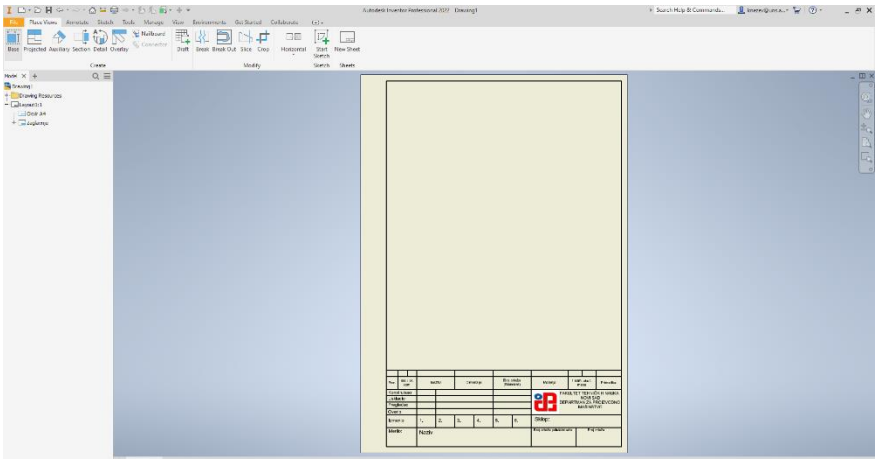


Slika 38. Uklanjanje greške u sofveru

Nakon uklanjanja greške pojavi se dijalog prozor, (Slika 53) gde je moguće uneti podatke potrebne za zaglavlje, to može biti urađeno tada kad se pojavi, međutim može i naknadno. Ukoliko ostaje za kasnije klikom na ***OK*** otvara se nepopunjeno zaglavlje (Slika 40).

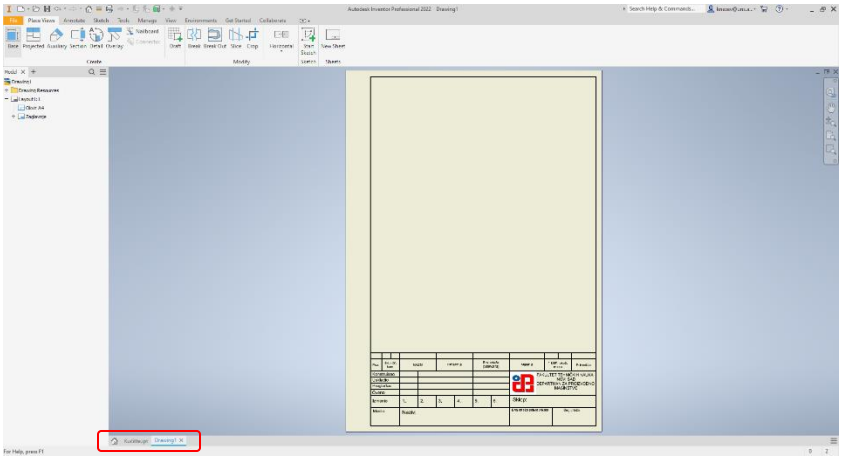


Slika 39. Dijalog prozor za popunjavanje zaglavlja



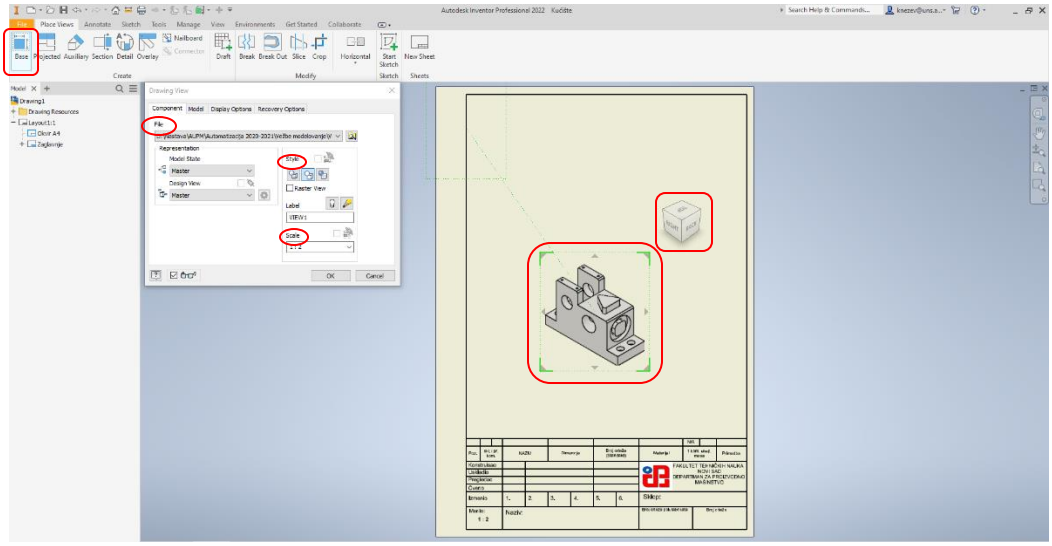
Slika 40. Nepopunjeno zaglavlje

U donjem levom uglu su prikazani fajlovi koji su trenutno učitani ***Kućište.ipt*** i ***Drawing1*** (slika 41).



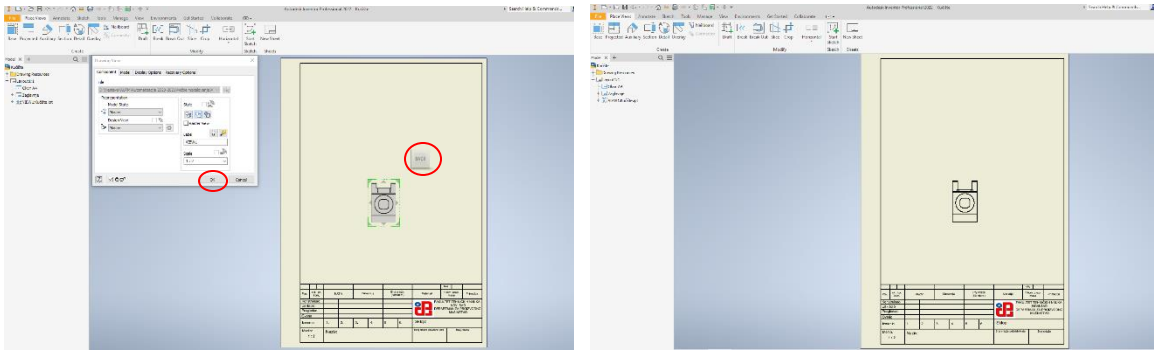
Slika 41. Otvoreni fajlovi

Prvi korak je ubaciti glavni pogled, to se radi pomoću alata ***Base*** (slika 42). Kod ovog koraka postoji neka od podešavanja koje treba naglasiti. Ukoliko model nije učitan u softver, to može biti urađeno u okviru prozora ***Drawing View – File.*** Međutim u ovom slučaju je model učitan, tako da softver prepoznaje model i on se pojavljuje u okviru zaglavlja.



Slika 42. Podešavanje izgleda glavnog pogleda

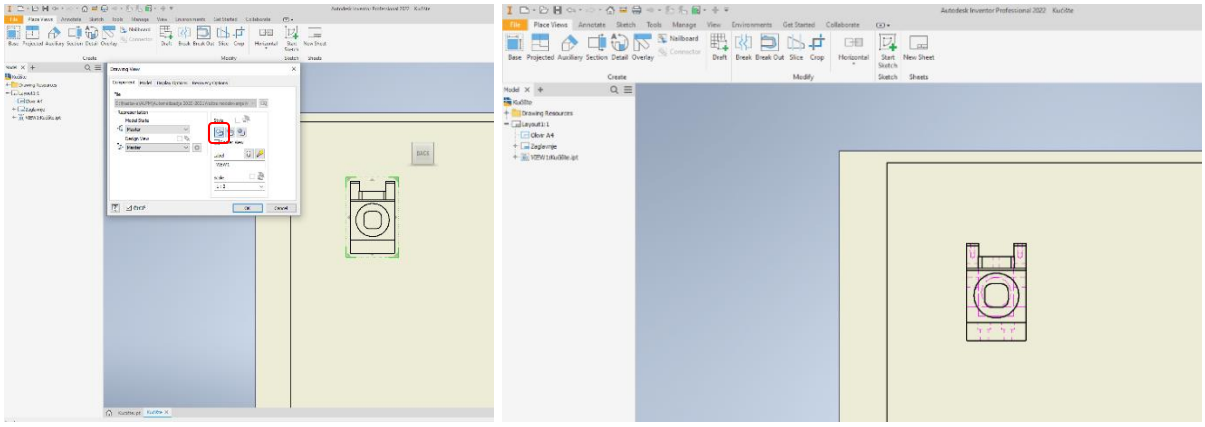
Pored toga u ovkiru alata ***Style*** trebalo bi podesiti način prikazivanja projekcija, tu postoje tri mogućnosti, ***Hidden Line***-prikaz projekcije sa nevidljivim linijama, ***Hidden Line Removed***-prikaz projekcije bez nevidljivih linija, i ***Shaded***-prikaz osenčene projekcije. Na crtežu koji je dat na početku se ne vide nevidljive linije, tako da za ovaj slučaj treba odabrati ***Hidden Line Removed.*** Sledeće što treba definisati je razmera, to može biti urađeno u okviru alata ***Scale*** (na crtežu je 1:2). Kada su ovi parametri podešeni potrebno je orijentisati model tako da projekcije izgledaju kao na datom crtežu, to se vrši pomoću kocke za manipulaciju. Klikom na ravni kocke ***Front, Back, Right, Left, Top, Button*** model se rotira sinhronizovano sa kockom. U zavisnosti od ravni u kojoj je modelirano zavisi koja će strana biti odgovarajuća, za ovaj konkretan slučaj to je ravan ***Back*** (Slika 43a), zatim klikom na OK, dobija se projekcija kao što se vidi na slici 43b.



a) *b)*

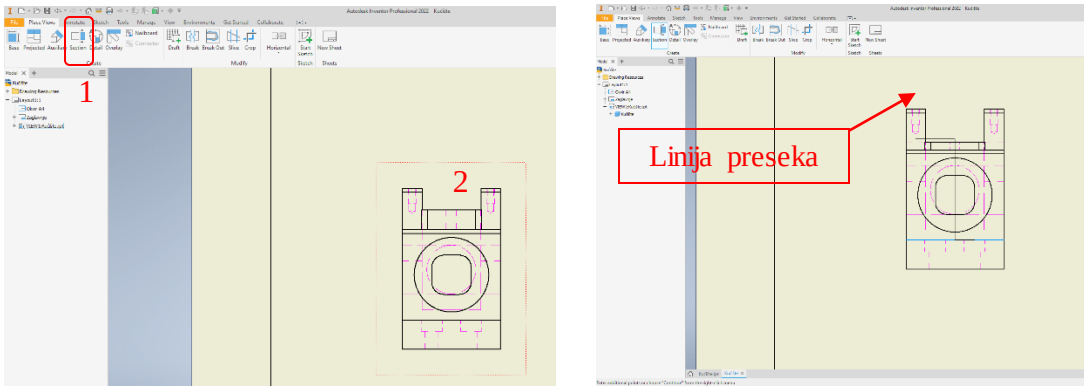
Slika 43. Ubacivanje glavnog pogleda

Pozicija glavnog pogleda nije kao na datom crtežu, već treba da se prepozicionira, tako što se kursorom miša priđe pogledu, oko njega se tada pojavi crveni okvir i pored kursora simbol sa četiri strelice tada klikom i zadržavanjem kursora, pogled može da bude pozicioniran na odgovarajuće mesto. Može da se desi da neko od podešavanja bude preskočeno, tada se dvoklikom unutar okvira oko projekcije ponovo otvara prozor za podešavanje ***Drawing View.*** Sledeći korak je izrada preseka A-A, pomoću alata ***Section.*** Da bi bilo lakše odrediti poziciju presečne linije (ravni), savet je uključiti prikaz nevidljivih linija (Slika 44).



Slika 44. Uključivanje prikaza nevidljivih linija

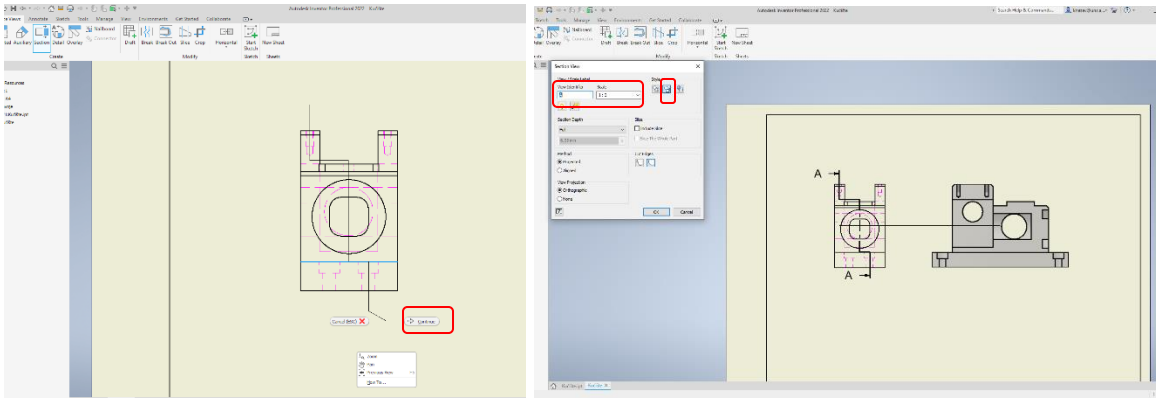
Nakon odabira naredbe ***Section*** potrebno je odabrati od kojeg pogleda se pravi presek, u ovom slučaju postoji samo jedan, tako da je potrebno kliknuti unutar crvenog okvira oko projekcije, (Slika 45a) nakon čega se pomoću kursora nacrta linija preseka, sa početnom tačkom kao na slici 46b



a) *b)*

Slika 45. Kreiranje preseka (odabir pogleda i crtanje presečne linije)

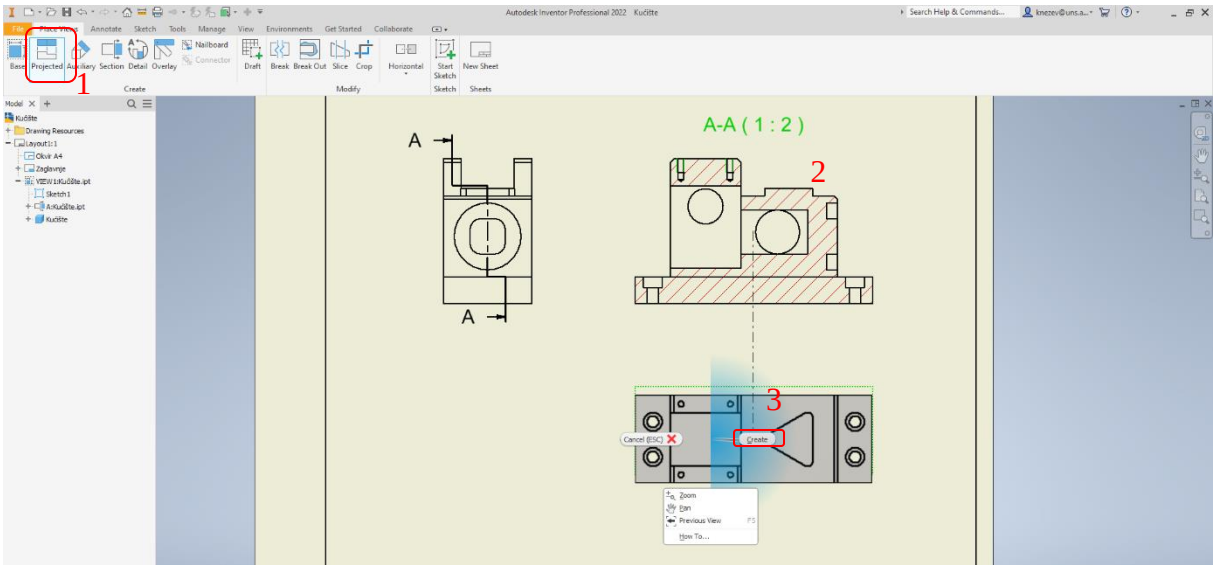
Nakon što je linija preseka završena, klikom na desni taster, zatim ***Continue*** prekida se crtanje linije (Slika 46a). Posle toga pomeranjem i klikom kursora miša treba odabrati smer gledanja i poziciju preseka. Nakon toga treba isključiti nevidljive linije na glavnom pogledu.



a) b)

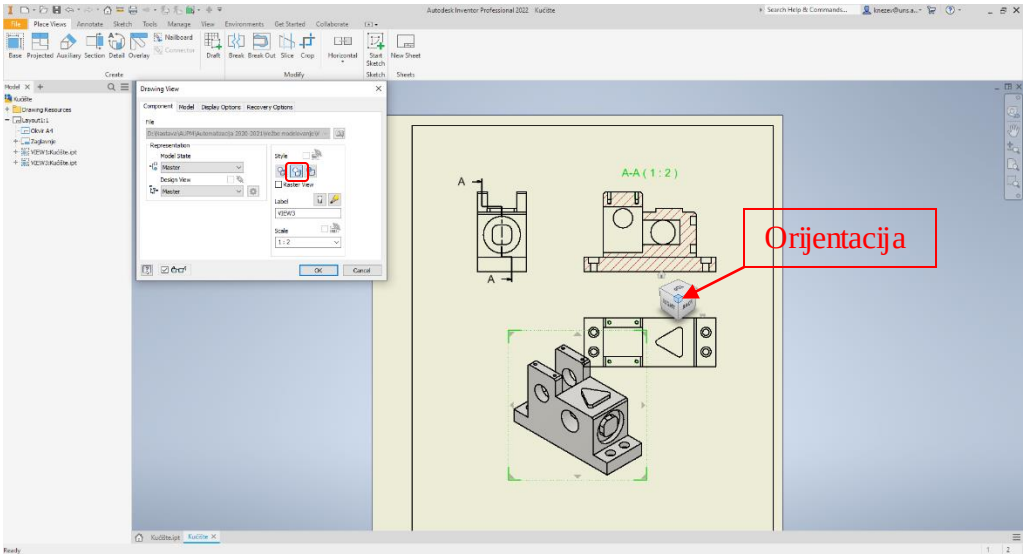
Slika 46. Kreiranje preseka

Posle preseka treba kreirati sledeću projekciju a to je pogled od gore, to se radi pomoću alata ***Projected***. Ovaj alat funkcioniše tako što je kao i kod prethodnog nakon odabira naredbe (1) prvo potrebno kliknuti na projekciju (2) na osnovu koje se kreira nova projekcija (3), i kao četvrti korak treba kliknuti desni taster na mišu i odabrati ***Create*** (Slika 47).



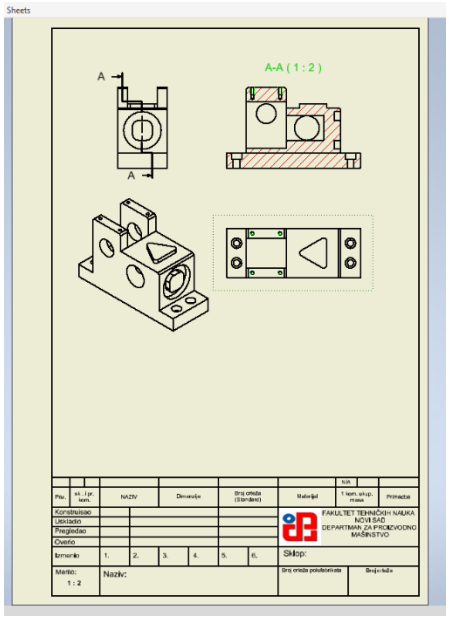
Slika 47. Kreiranje projekcije

Poslednja projekcija je izometrijski pogled, i može da se uradi na više načina. Jedan od njih je pomoću naredbe ***Base***, pri čemu treba voditi računa o orijentaciji, odnosno na kocki za manipulaciju treba odabrati odgovarajuće teme kocke (Slika 48) i ukoliko treba, isključiti senčenje, prikaz nevidljivih linija i pozicionirati projekciju na određeno mesto.



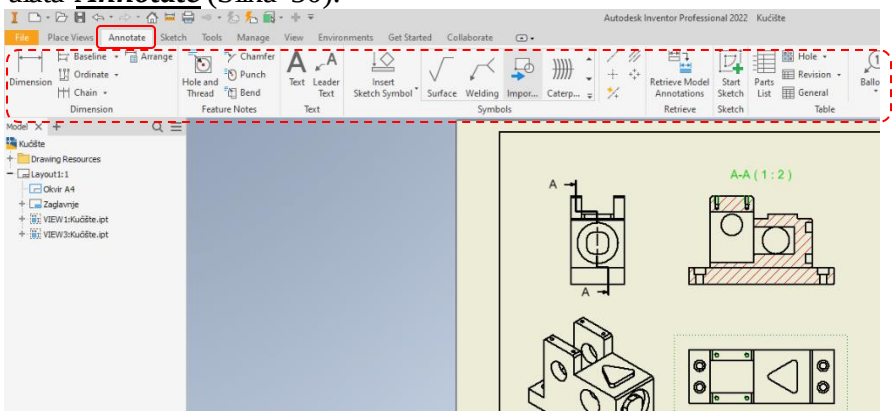
Slika 48. Kreiranja izometrijskog pogleda

Kada su kreirane projekcije (Slika 49), potrebno je iskotirati crtež, definisati tolerancijska polja, hrapavosti površina, dopunske oznake, itd.



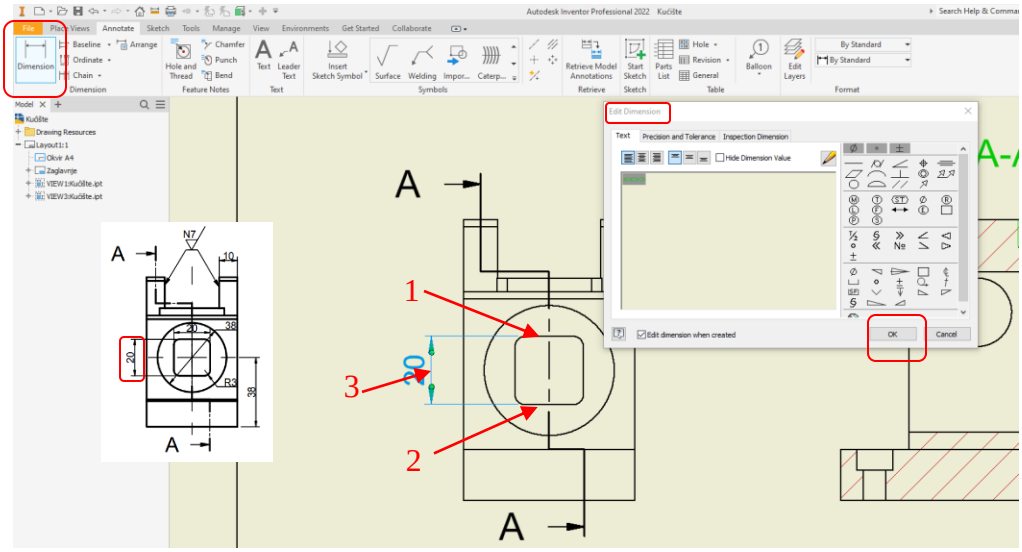
Slika 49 Crtež sa projekcijama

Većina alata koji su potrebni za dodavanje obeležija na radioničkom crtežu nalaze se u okviru grupe alata ***Annotate*** (Slika 50).



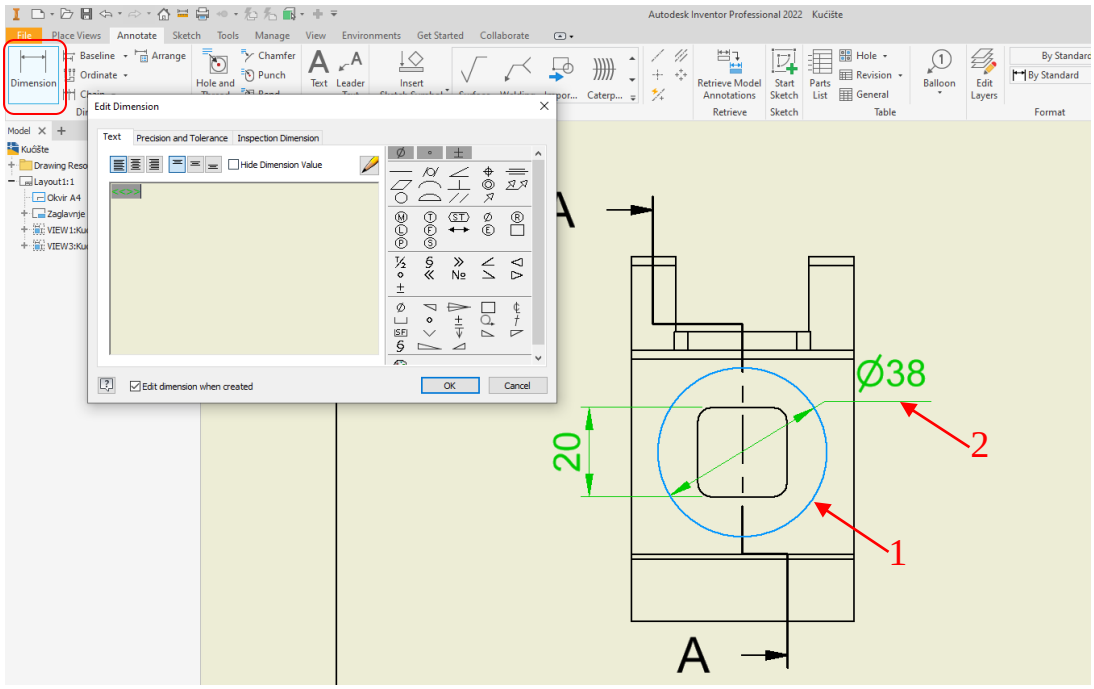
Slika 50 Grupa alata za dodavanje obeležja

Prvi po redu ujedno i alat koji se najčešće koristi je ***Dimension***, i služi za sve vrste kotiranja. U nastavku će biti prikazani postupci kotiranja za karakteristične kote. Prvi primer će biti visina kvadrata na glavnom pogledu, čije je vrednost kotnog broja 20. Postupak je sledeći, nakon odabira alata ***Dimension***, potrebno je kliknuti na dve linije (1 i 2) čije rastojanje treba da bude kotirano, trećim klikom se pozicionira kotni broj. Nakon toga pojavi se dodatni prozor ***Edit Dimension***, u okviru njega može da se modifikuje kota, o čemu će biti reči u nastavku, iz razloga što kod ove kote nema dopunskih oznaka, to znači da treba na prozoru ***Edit Dimension*** kliknuti ***OK*** (Slika 51).

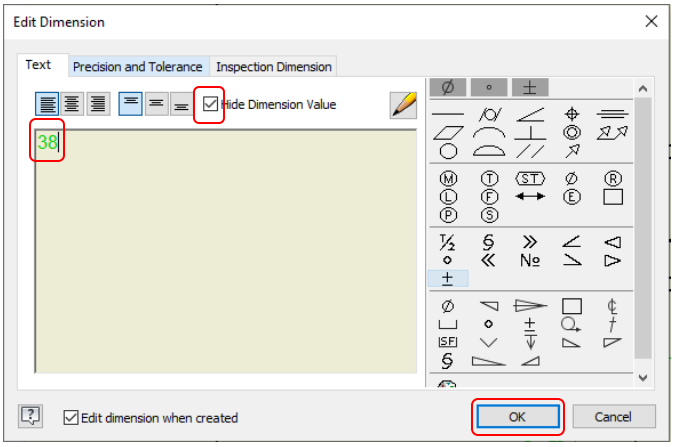


Slika 51. Prikaz kotiranja kada kota nema dodatnih oznaka

Sledeća kota je će biti sa istog pogleda čija vrednost kotnog broja iznosi 38, postupak je sličan kao i prethodni, međutim malo se razlikuje. Nakon pozivanja alata ***Dimension*** potrebno je kliknuti na kružnicu (1) zatim pozicionirati kotni broj klikom (2) (Slika 52). Pored toga postoji preporuka da kod kotiranja kružnice (kada se na pogledu vidi da je u pitanju kružnica), ne treba da stoji dopunska oznaka ϕ. Iz tog razloga u okviru prozora ***Edit Dimension***, treba kliknuti na naredbu ***Hide Dimension Value***, i zatim ručno preko tastature u polje za pisanje teksta upisati 38, zatim ***OK*** (Slika 53).

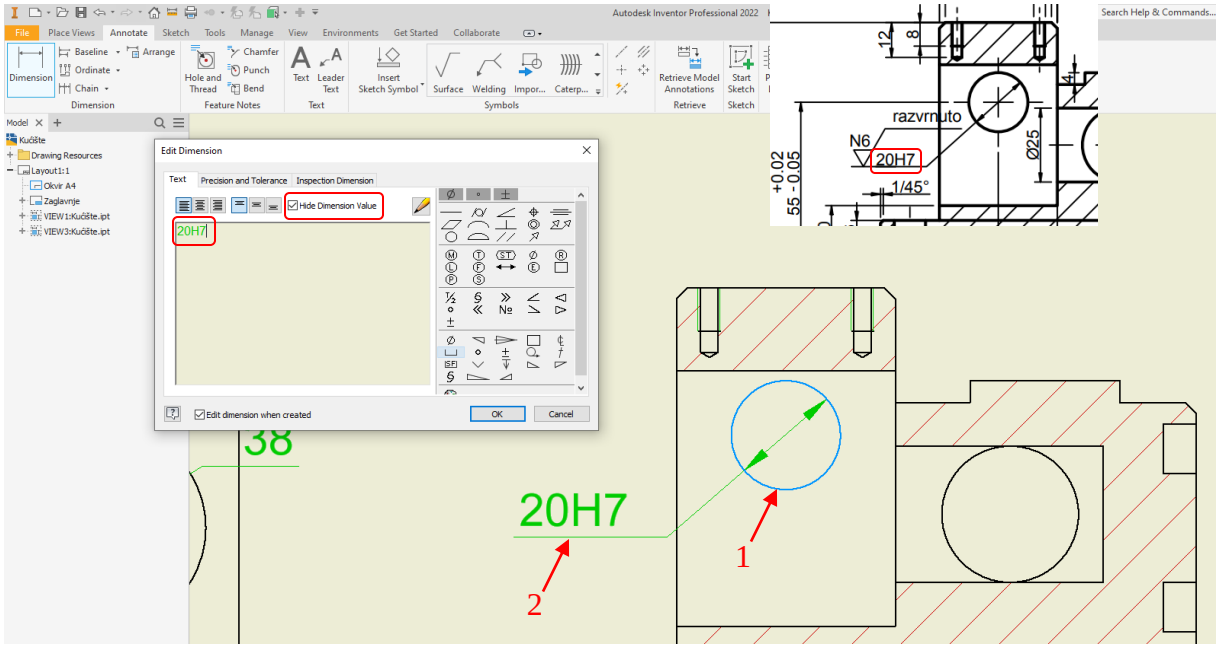


Slika 52. Prikaz kotiranja prečnika



Slika 53. Prikaz uklanjanja dopunske oznake ϕ

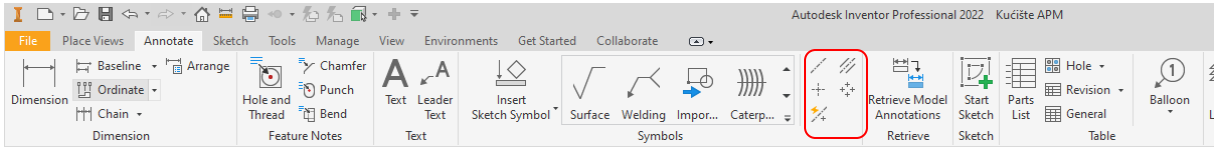
Sledeća karakteristična kota je vezana za otvor, gde je vrednost kotnog broja 20 i vrednost tolerancijskog polja H7. Kao i u prethodnom slučaju prvo je potrebno kliknuti na kružnicu (1), a zatim pozicionirati kotni broj (2), nakon čega sakriti originalnu vrednost, a zatim u polje za tekst upisati 20H7.



Slika 54. Prikaz uklanjanja dopunske oznake ϕ i dodavanje tolerancijskog polja

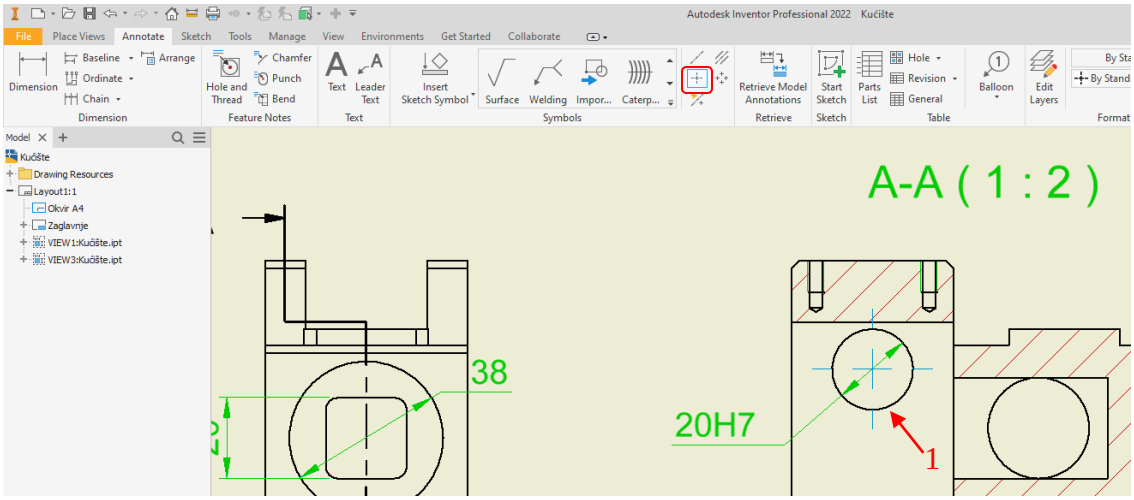
Međutim pethodni način upisivanja vrednosti tolerancijskog polja, nije praktičan pri projektovanju proizvoda, zato što bi na ovaj način trebalo očitati vrednosti tolerancijskog polja iz tabele. Savremeni softveri kao što je ***Autodesk Inventor*** ima bazu podataka tolerancijskih polja, međutim u ovom slučaju nije moguće koristiti tu bazu zbog toga što je sakrivena originalna vrednost (***Hide Dimension Value).*** Ovaj način treba izbegavati ukoliko je moguće.

Što se tiče kota 40 ± 0.02 i $55^{+0.02}_{-0.05}$, njih je moguće adekvatno upisati pomoću posebnog prozora za unošenje tolerancija. Pre kotiranja potrebno je ucrtati osu kružnice, pošto je to osa koja se vrlo često koristi, u softveru postoji alat za njeno crtanje (Slika 55).



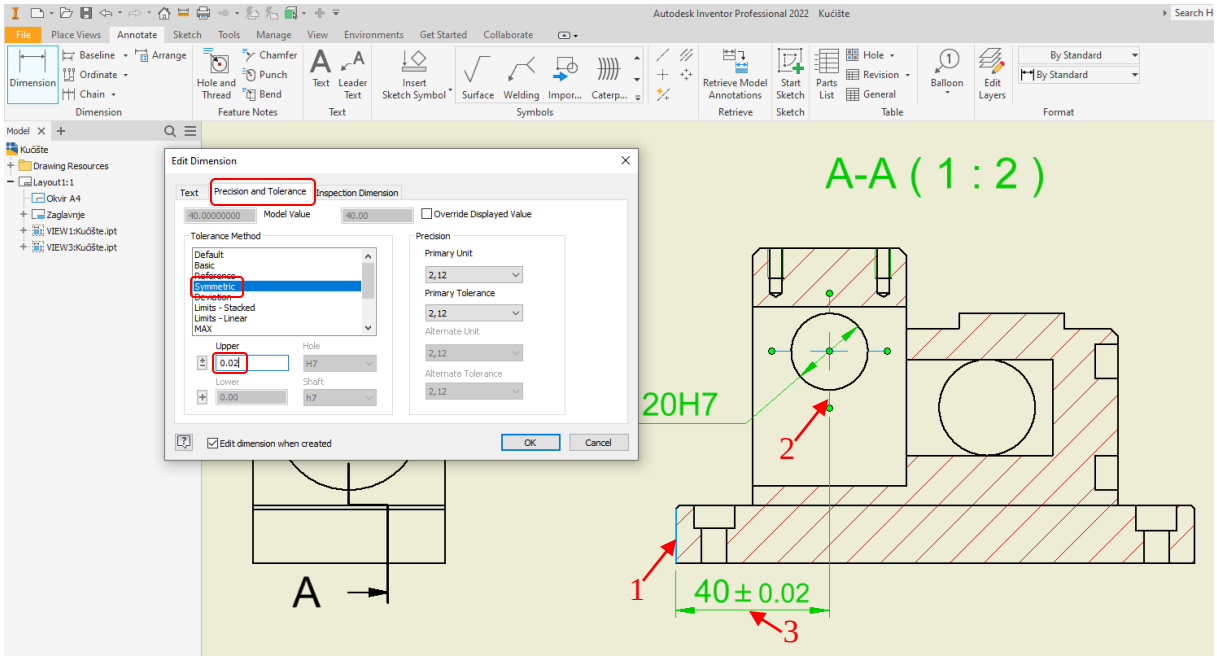
Slika 55. Alati za crtanje osa

U grupi alata za crtanje osa postoji više varijanti, neke on njih će biti objašnjene na sledećem primeru. U ovom slučaju za crtanje osa na krugu se koristi alat ***Center Mark.*** Postupak crtanja osa kruga, je sledeći, prvo je potrebno pozvati pomenuti alat, zatim kliknuti na kružnicu (1), nakon čega će se pojaviti ose (Slika 56). Ponoviti proceduru za sve kružnice.



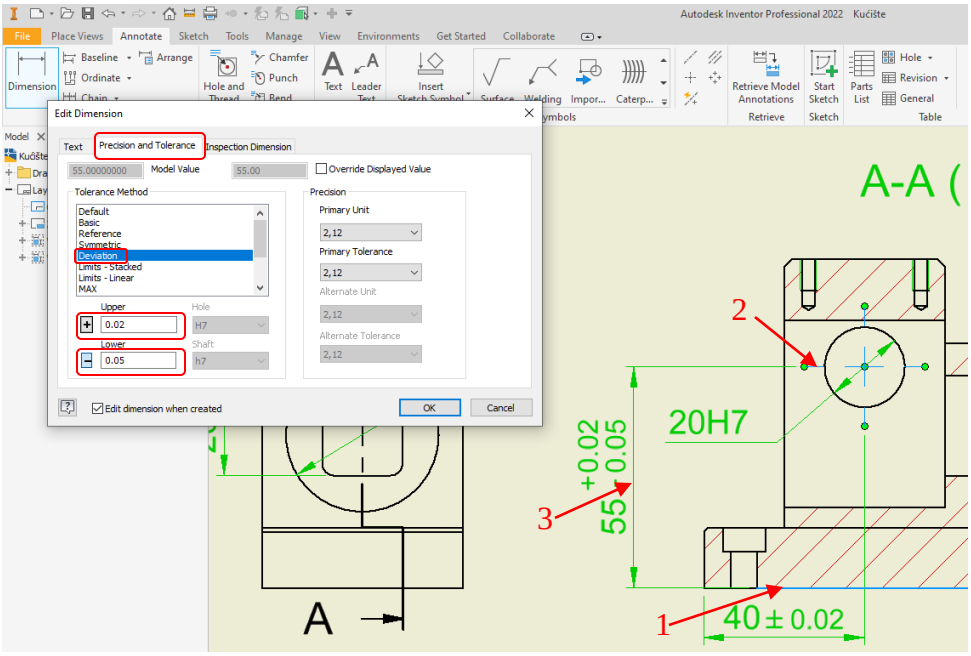
Slika 56. Prikaz crtanje osa kružnice

Sada kada postoje horizontalna i vertikalna osa kruga moguće je kotirati navedene kote. Pozivanjem alata ***Dimension***, potrebno je kliknuti na ivicu (1) od koje se kotira rastojanje centra i na vertikalnu osu (2). Zatim kada se otvori prozor ***Edit Dimension***, preći u grupi alata ***Precision and Tolerance,*** zatim odabrati ***Symetric*** tolerancijsko polje i u polje ***Upper*** upisati 0.02. Tada će se klikom na ***OK*** simetrično tolerancijsko polje ±0.02 pojaviti pored kotnog broja.



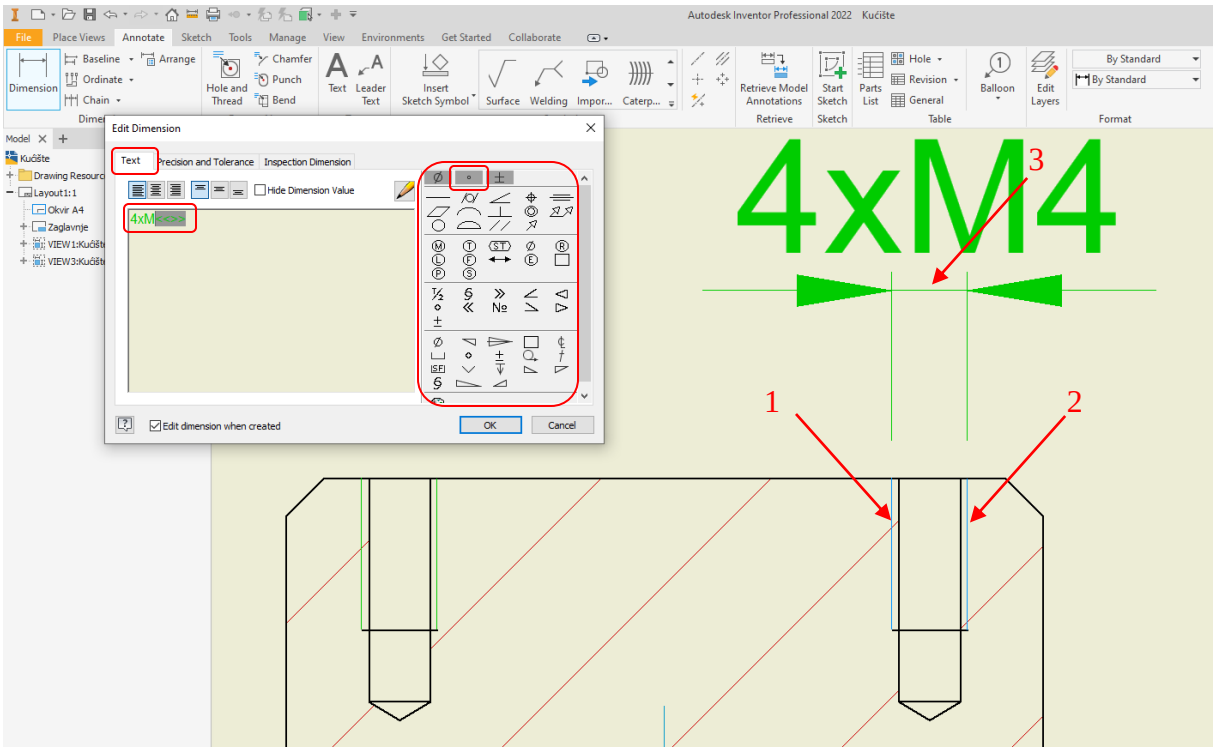
Slika 57. Prikaz dodavanja simetričnog tolerancijskog polja

Slično je za drugu kotu $55^{+0.02}_{-0.05}$, samo kod ove je slučaj da tolerancijsko polje nije simetrično. Kotiranje se vrši na sličan način, samo se razlikuje vrsta tolerancijskog polja u prethodnom je bilo simetrično. Iz tog razloga u grupi alata za definisanje tolerancije ***Precision and Tolerance*** treba odabrati ***Deviation,*** a u polja za gornje granično odstupanje ***Upper*** upisati 0.02, a u donje ***Lower*** 0.05 (Slika 58). Što se tiče predznaka pored polja za unos vrednosti klikom na znak on se promeni.



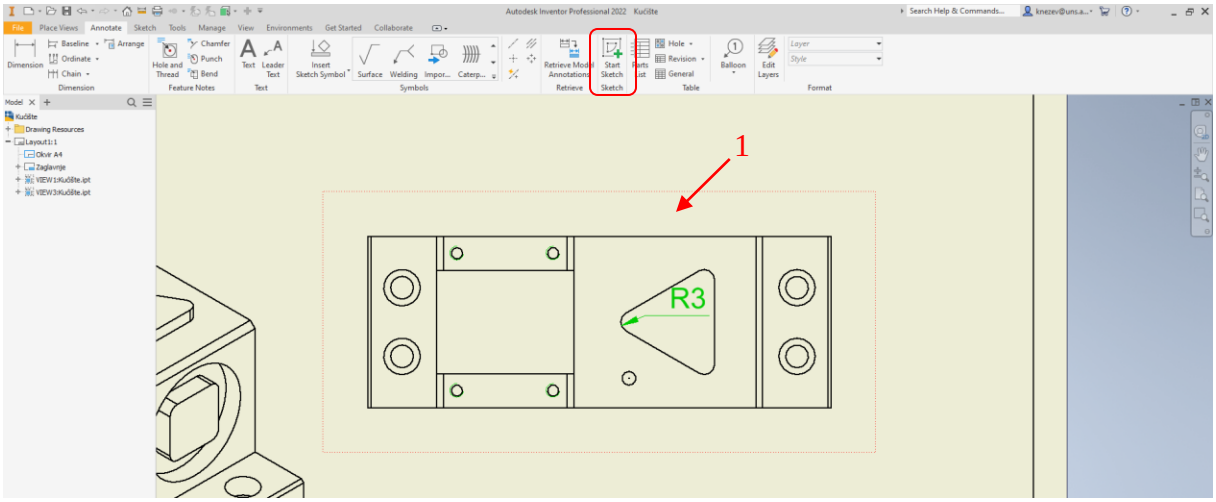
Slika 58. Prikaz dodavanja assimetričnog tolerancijskog polja

Na modelu postoje četiri iste rupe sa navojem, iz tog razloga je kotirana jedna (M4), ali je naglašeno da ih ima četiri (4x), 4xM4. Postupak za kotiranje je sledeći, kliknuti na prvu liniju kojom je predstavljen navoj (1), zatim na drugu (2), treći klik je pozicioniranje kotnog broja (3), a kada se otvori pomoćni prozor ***Edit Dimension***, u polje za tekst pre simbola <<>> (koji predstavlja parametar) dodati 4xM (Slika 59). Vrlo je slično kada se radi o kotiranju oborene ivice npr. 2/45º. Kotira se dužina koliko je ivica oborena, tada bi za ovaj slučaj vrednost kotnog broja bio 2, nakon čega u prozoru ***Edit Dimension*** treba dodati /45º, i to tako što /45 može biti ručno ukucano, (nakon simbola <<>>) a jedinica za stepen se unosi pomoću simbola koji se nalaze sa desne strane.



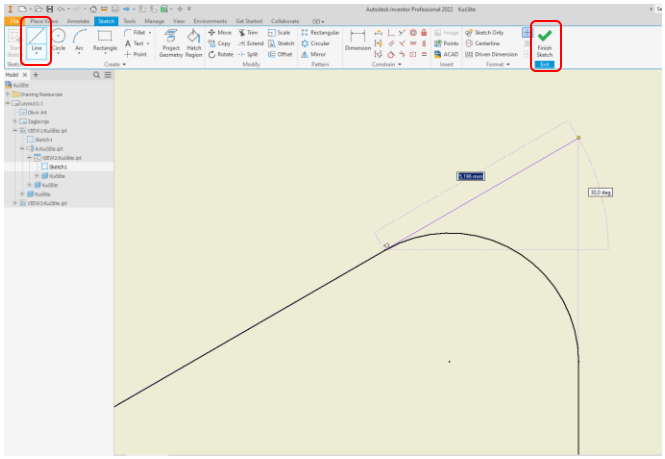
Slika 59. Dodavanje dopunske oznake kotnom broju

Dužina stranice jednakostraničnog trougla je čija je vrednost kotnog broja 40, je kotirana od zamišljenih temena trougla. Da bi moglo biti kotirano, neophodno je pomoću modula ***Sketch*** docrtati potrebne linije. Ikonica za pokretanje modula ***Sketch***, se nalazi u grupi alata ***Annotate.*** Klikom na ikonicu ***Start Sketch***, potrebno je kliknuti na unutar crvenog okvira projekcije na kojoj treba crtati (Slika 60).



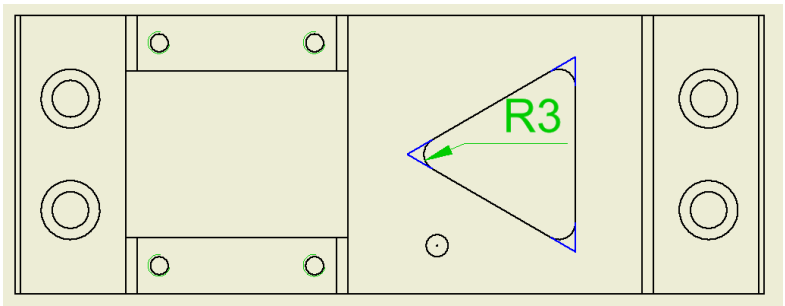
Slika 60. Aktiviranje modula za skiciranje na projekciji

Zatim pomoću alata ***Line***, nacrtati potrebne (pomoćne) linije, pri čemu treba voditi računa da budu u pravcu stranica trougla, i da se seku u tački gde bi se ta dva pravca presekla (Slika 61), zatim kliknuti ***Finish Sketch.***



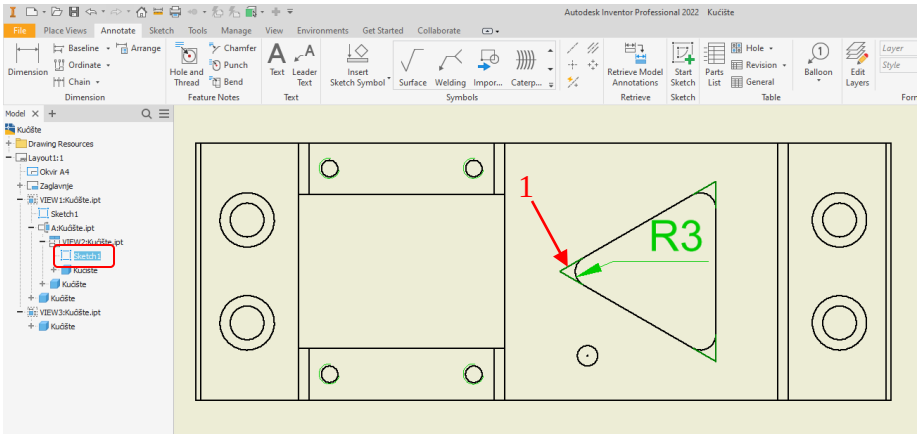
Slika 61. Crtanje pomoćnih linija

Kada se izađe iz modula za skiciranje, može se uočiti da su docrtane pomoćne linije iste debljine kao i konturne, međutim to treba ispraviti, tako da one budu tanje.

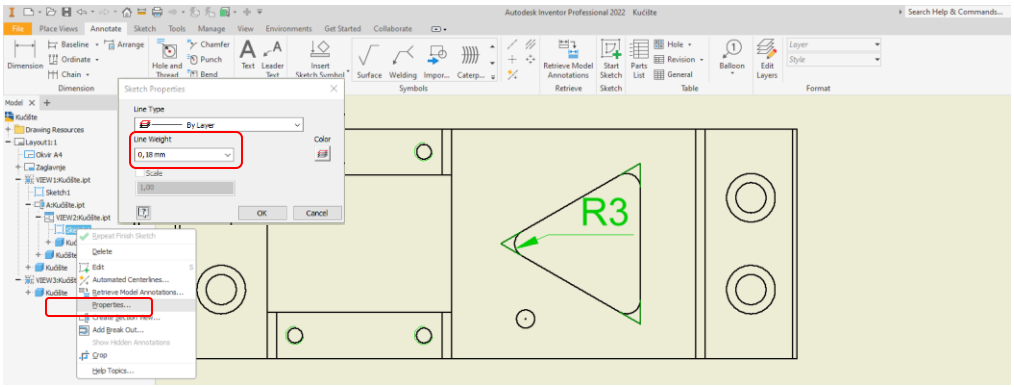


Slika 62. Prikaz gotove skice pomoćnih linija

Klikom na bilo koji od linija docrtane skice u stablu modela će biti označeno koja je to skica (iz razloga što ih može biti više) (Slika 63). Sada kada je poznato o kojoj se skici radi, na njen naziv ***Sketch1***, treba kliknuti desnim tasterom, zatim odabrati ***Properties*** (Slika 64) i u polju ***Line Weight*** odabrati 0.18 mm, za debljinu linije. Posle toga kotirati rastojanje od temena do temena kao na datom crtežu, po proceduri koja je već više puta objašnjena.

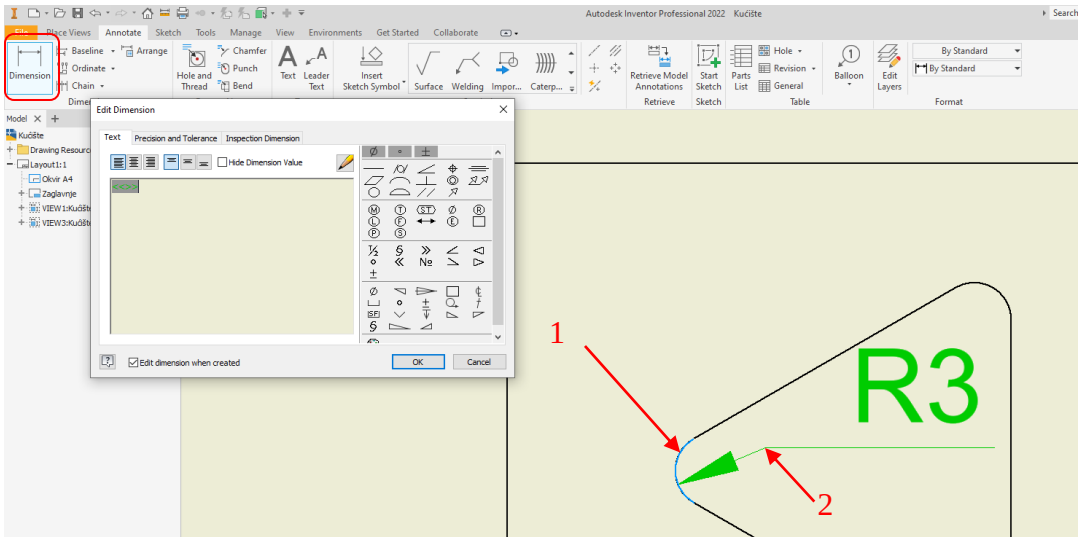


Slika 63. Prikaz pronalaženja odgovarajuće skice



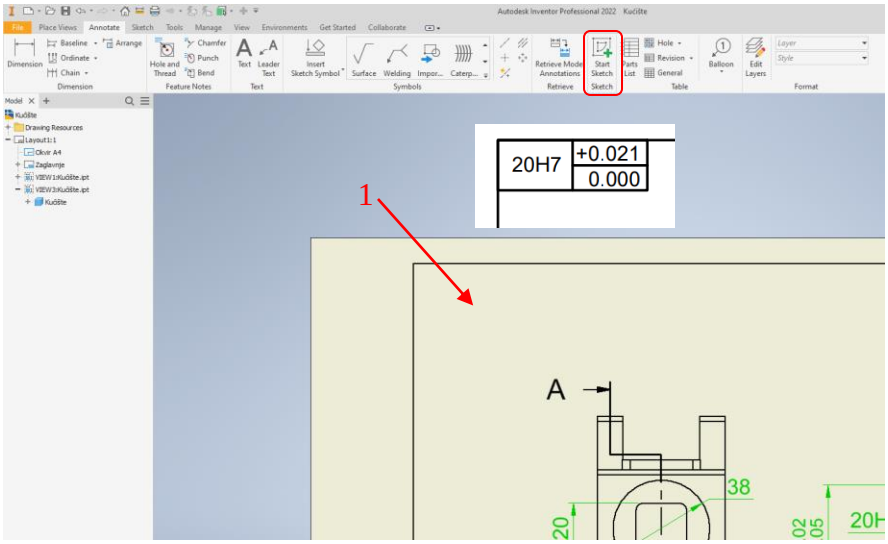
Slika 64. Promena debljine linije skice

Kotiranje radijusa, se takođe vrši pomoću alata ***Dimension***, tako što nakon odabira alata kliknuti na radijus koji treba kotirati, zatim odabrati poziciju kotnog broja, tj. položaj prelomne tačke kotne linije (Slika 65).



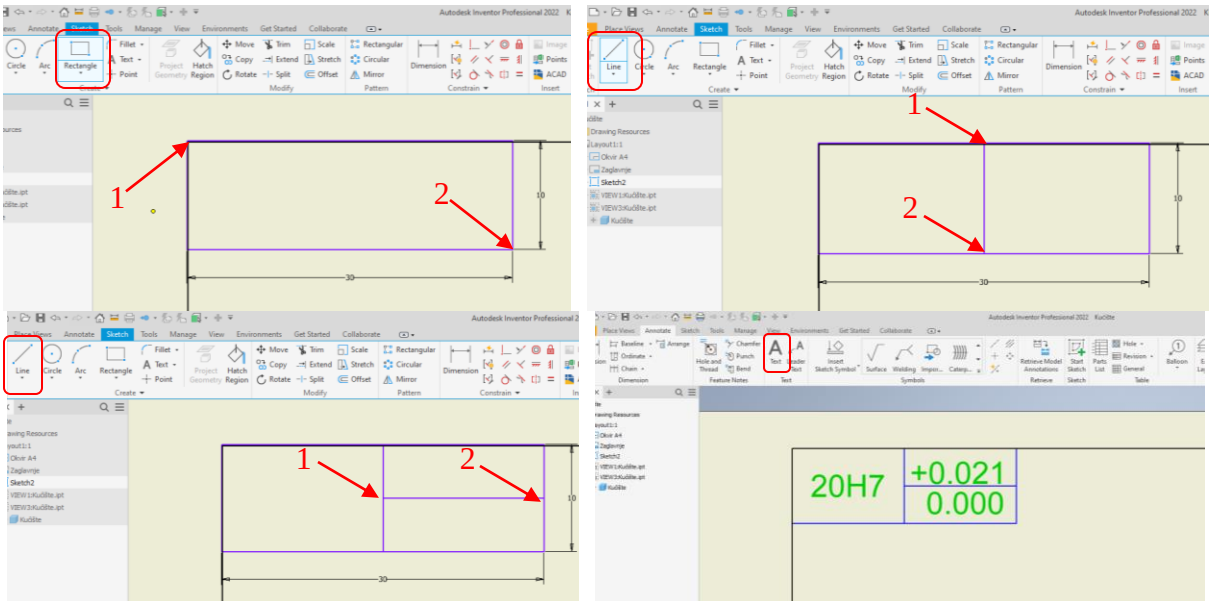
Slika 65. Kotiranje radijusa

Sledeće što treba uneti na crtež je tabela sa upisanim vrednostima tolearncija, kao i većina stvari ovo može da se izvede na više načina, od kojih će jedan biti pokazan u nastavku. Iako postoji alat za kreiranje tabele, takva tabela nema mogućnost spajnja polja, što je čini nepovljnu za ovu primenu. Iz tog razloga se pribegava crtanju tabele pomoću modula za skiciranje. Odabirom alata za skiciranje ***Start Sketch***, potrebno je kliknuti bilo gde na "papiru" ali da nije u okviru projekcija (npr. na mesto gde će biti tabela) (Slika 66).



Slika 66. Aktiviranje modula za skiciranje na "papiru"

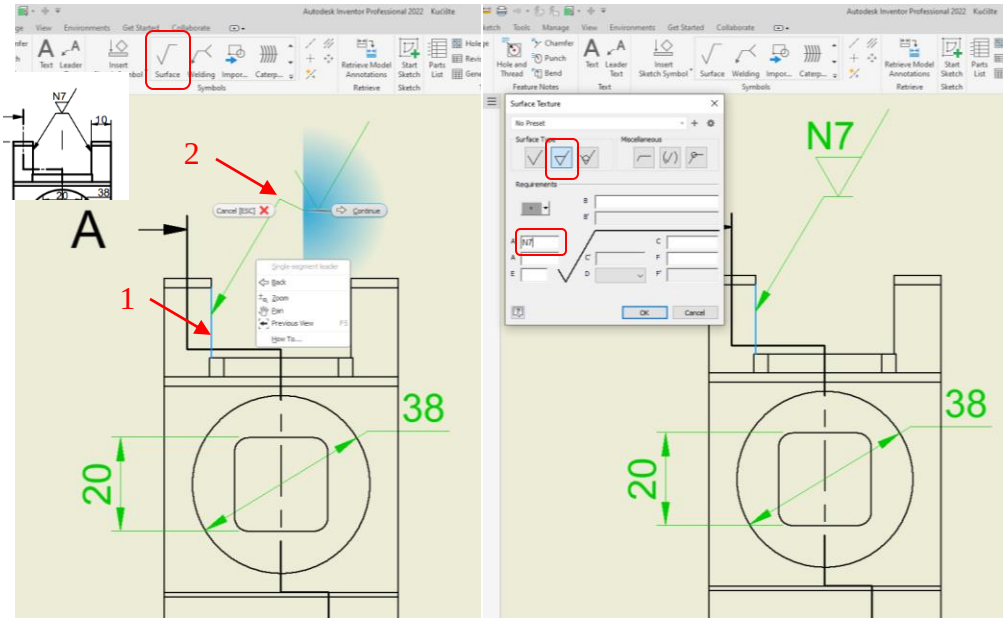
Radi usaglašavanja veličine fonta, u toku crtanja tabele za upisivanje vrednosti tolerancija, potrebno je usvojiti dimenzije tabele 30x10. Na slici 67, se vidi jedan od postupaka crtanja. Pomoću alata za crtanje pravougaonika (***Rectangle***) nacrtati jedan pravougaonik, pomenutih dimenzija, zatim alatom za crtanje linije, podeliti celu tabelu popreko tačno pola, zatim desnu polovinu istim alatom uzdužno na pola, i zatim kliknuti ***Finish Sketch.*** Ukoliko je potrebno više tabela, moguće je ovu kopirati. Kada je tabela završena, potrebo ju je popuniti pomoću alata za pisanje teksta ***Text.***



Slika 67. Postupak crtanja tabele za upisivanje vrednosti tolerancija

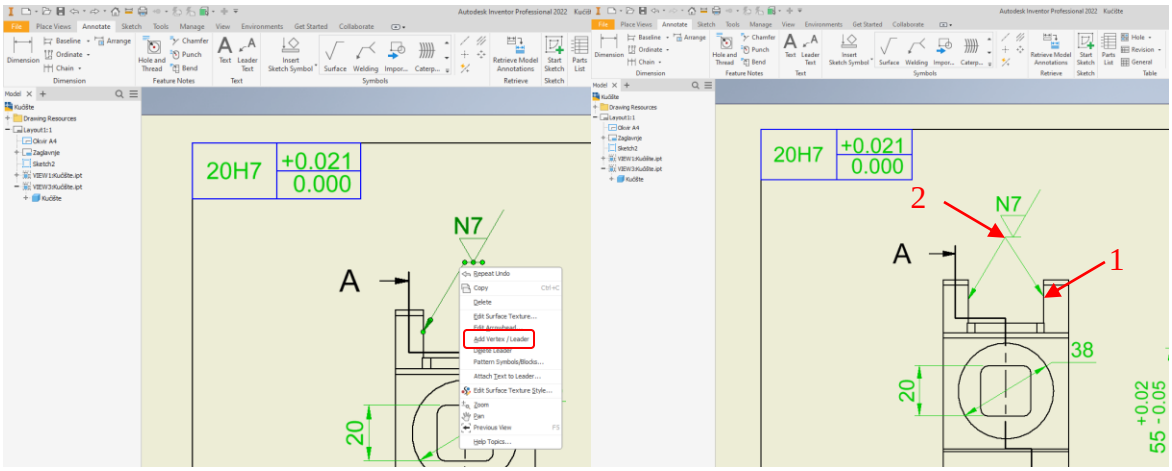
Upisivanje kvaliteta obrađene površine se vrši preko već gotovih simbola, koji se nalaze u grupi alata ***Annotate,*** u podgrupi ***Symbols*** (Slika 68). Na ovom radioničkom crtežu ima dve varijante unošenja simbola za kvalitet. Prvi N7, je specifičan pošto se odnosi na dve površine.

Procedura za unošenje ovog simbola je sledeća, prvo se unese za jednu površinu i to tako što nakon pozivanja alata ***Surface***, (Slika 68) treba kliknuti na površinu za koju je taj simbol vezan (1), zatim na poziciju gde će biti prelom strelice (2). Nakon toga klikom na desni taster miša, zatim ***Continue***, otvoriće se prozor za podešavanje simbola. U tom prozoru treba odabrati da se radi o obradi skidanjem strugotine, a u polje za vrednost upisati N7 i na kraju kliknuti ***OK.***



Slika 68. Postupak unošenja simbola za kvalitet obrađene površine

Da bi bila dodata druga strelica vezana za isti simbol, ali drugu površinu, potrebno je kliknuti na već postojeću strelicu da bi bila označena, zatim kliknuti desnim tasterom miša, gde će se otvoriti dodatne mogućnosti (Slika 69). Iz padajućeg menija treba odabrati ***Add Vertex/Leader,*** zatim treba nacrtati dodatnu strelicu, klikom na površinu za koju je vezana strelica (1), posle toga treba kliknuti u tačku gde se završava strelica (2).



Slika 69. Postupak unošenja dodatne strelice za kvalitet obrađene površine