

Primjenjivost CAD programa za 3D modeliranje namještaja

Ljubičić, Danijela

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Forestry and Wood Technology / Sveučilište u Zagrebu, Fakultet šumarstva i drvne tehnologije**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:108:389471>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-21**



Repository / Repozitorij:

[University of Zagreb Faculty of Forestry and Wood Technology](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK
PREDDIPLOMSKI STRUČNI STUDIJ
DRVNA TEHNOLOGIJA

DANIJELA LJUBIČIĆ

**PRIMJENJIVOST CAD PROGRAMA ZA 3D
MODELIRANJE NAMJEŠTAJA**

ZAVRŠNI RAD

ZAGREB, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET ŠUMARSTVA I DRVNE TEHNOLOGIJE
DRVNOTEHNOLOŠKI ODSJEK

**PRIMJENJIVOST CAD PROGRAMA ZA 3D
MODELIRANJE NAMJEŠTAJA**

ZAVRŠNI RAD

Prediplomski studij:	Drvena tehnologija
Predmet:	Računalom podržano konstruiranje
Mentor	Prof. dr. sc. Silvana Prekrat
Student:	Danijela Ljubičić
JMBAG:	0068233049
Datum odobrenja teme:	26.03.2021.
Datum predaje rada:	23. 07. 2021.
Datum obrane rada:	10.09.2021.

Zagreb, srpanj, 2021.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Naslov:	Primjenjivost CAD programa za 3D modeliranje namještaja
Autor:	Danijela Ljubičić
Adresa autora:	X. Ravnice br.14
Mjesto izradbe:	Fakultet šumarstva i drvne tehnologije Sveučilišta u Zagrebu
Vrsta objave:	Završni rad
Mentor:	Prof. dr. sc. Silvana Prekrat
Izradu rada pomogao:	
Godina objave:	2021.
Obujam:	30 str., 32 slike, 3 tablice i 7 navoda literature
Ključne riječi:	CAD programi, 3D modeliranje, namještaj
Sažetak:	<p>Trodimenzionalno modeliranje sve češće ustupa mjesto 2D prikazima namještaja najčešće izrađene u program AutoCAD. Trodimenzionalni CAD modeli pružaju niz mogućnosti u projektiranju i skraćanju vremena za izradu proizvodne dokumentacije i razvoju proizvoda,</p> <p>Na tržištu se nudi veliki broj besplatnih i komercijalnih programa za 3D modeliranje.</p> <p>Cilj rada bio je istražiti primjenjivost CAD programa za 3D modeliranje namještaja primjenom programa Blender i Inventor.</p> <p>Rezultati su dobiveni na primjeru izrade 3D modela stola. Za donošenje zaključka mjerena je brzina izrade modela, broj izlaznih datoteka primjenjivih za daljnju povezanost proizvodnje, cijene programa, dostupnost podrške i vrijeme potrebno za savladavanje programa.</p> <p>Iako je prezentacija 3D modela stola jednako zadovoljavajuća u oba programa, zbog jednostavnije izrade proizvodne dokumentacije i bolje povezanosti izlaznih datoteka za daljnji postupak proizvodnje program Inventor primjereniji u procesu projektiranja i proizvodnje namještaja.</p>

BASIC DOCUMENTATION CARD

Title:	Applicability of CAD programs for 3D furniture modeling
Author:	Danijela Ljubičić
Adress of Author:	X. Ravnice no.14
Thesis performed at:	Faculty of Forestry and Wood Science, University of Zagreb
Publication Type:	Undergraduate thesis
Supervisor:	professor Silvana Prekrat, PhD
Preparation Assistant:	
Publication year:	2021
Volume:	30 pages, 3 tables, 32 figures and 7 references
Key words:	CAD programs, 3D modeling, furniture
Abstract:	<p>Three-dimensional modeling is increasingly giving way to 2D drawings of furniture most often made in AutoCAD. Three-dimensional CAD models provide a range of capabilities in designing and shortening documentation and product development time.</p> <p>There are a large number of free and commercial 3D modeling programs on the market.</p> <p>The aim of the study was to investigate the applicability of CAD programs for 3D modeling of furniture using Blender and Inventor.</p> <p>The results were obtained on the example of making a 3D table model by measuring the speed of making the model, the number of output files applicable for further production connectivity, program prices, availability of support and time required to master the program.</p> <p>Although the presentation of the 3D table model is equally satisfactory in both programs. Due to the simpler production of production documentation and better connection of output files for the further production process, the Inventor program is more suitable in the process of designing and manufacturing furniture.</p>



**IZJAVA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI**

OB ŠF 05 07

Revizija: 1

Datum:
28.6.2017.

„Izjavljujem da je moj završni rad izvorni rezultat mojega rada te da se u izradi istoga nisam koristila drugim izvorima osim onih koji su u njemu navedeni“.

Upisati datum

U Zagrebu, 26. 07. 2021. godine

Danijela Ljubičić

SADRŽAJ

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA.....	I
BASIC DOCUMENTATION CARD	II
SADRŽAJ.....	IV
POPIS SLIKA.....	V
POPIS TABLICA.....	VI
PREDGOVOR	VII
1. UVOD.....	1
2. 3D MODELIRANJE.....	2
3. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	3
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA.....	4
4.1. Inventor.....	4
4.2. Blender	5
4.3. Modeliranje stola pomoću programa Inventor.....	5
4.4. Modeliranje stola pomoću programa Blender	15
4.5. Izrada konstrukcijske dokumentacije	24
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM.....	27
6. ZAKLJUČAK	29
LITERATURA.....	30

POPIS SLIKA

<i>Slika 1. Ravnine za postav prve skice</i>	<i>6</i>
<i>Slika 2. Početna skica</i>	<i>6</i>
<i>Slika 3. Stvaranje 3D objekta iz skice ekstrudiranjem</i>	<i>7</i>
<i>Slika 4. Izrada skice za nogu stola s definiranjem položaja na ploči stola.....</i>	<i>7</i>
<i>Slika 5. Noga stola dobivena ekstruzijom.....</i>	<i>8</i>
<i>Slika 6. Dodavanje preostalih nogu stola uz pomoć stvaranja uzorka</i>	<i>8</i>
<i>Slika 7. Model stola bez konstrukcijskih elemenata</i>	<i>9</i>
<i>Slika 8. Skiciranje kružnice za čep.....</i>	<i>9</i>
<i>Slika 9. Izrada rupe za okrugli čep.....</i>	<i>10</i>
<i>Slika 10. Izrada preostalih rupa zrcaljenjem</i>	<i>10</i>
<i>Slika 11.: Dodavanje preostalih bočnih rupa na nogama stola</i>	<i>11</i>
<i>Slika 12. Ponavljanje postupka za dobivanje drugog reda rupa</i>	<i>11</i>
<i>Slika 13.: Izrada skica za preostale rupe</i>	<i>12</i>
<i>Slika 14. Dodavanje preostalih rupa stvaranjem uzorka.....</i>	<i>12</i>
<i>Slika 15.: Skiciranje poveznika.....</i>	<i>13</i>
<i>Slika 16. Dobivanje poveznika uz pomoć ekstrudiranja</i>	<i>13</i>
<i>Slika 17. Dovošavanje izrade poveznika zrcaljenjem</i>	<i>14</i>
<i>Slika 18. Model stola izrađen pomoću programa Inventor</i>	<i>14</i>
<i>Slika 19. Kreiranje kocke.....</i>	<i>15</i>
<i>Slika 20. Određivanje dimenzija ploče stola</i>	<i>16</i>
<i>Slika 21. Dodavanje kocke za modeliranje noge stola</i>	<i>17</i>
<i>Slika 22. Određivanje lokacije noge stola.....</i>	<i>17</i>
<i>Slika 23. Određivanje visine noge stola.....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 24. Zrcaljenje noge stola.....</i>	<i>18</i>
<i>Slika 25. Određivanje dimenzija poveznika</i>	<i>19</i>
<i>Slika 26. Ekstruzija poveznika.....</i>	<i>20</i>
<i>Slika 27. Zrcaljenje poveznika.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 28. Rezultat zrcaljenja.....</i>	<i>21</i>
<i>Slika 29. Modeliranje rupa</i>	<i>22</i>
<i>Slika 30. Dodavanje preostalih rupa zrcaljenjem</i>	<i>23</i>
<i>Slika 31. Model stola izrađen pomoću programa Blender</i>	<i>24</i>
<i>Slika 32. Tehnički crtež izrađen programom Inventor.....</i>	<i>26</i>

POPIS TABLICA

<i>Tablica 1. Prikaz rezultata anketiranih korisnika koji koriste računalne programe Blender i Inventor.....</i>	<i>27</i>
<i>Tablica 2. Rezultati korištenja programa Blender i Inventor prema veličini tvrtki anketiranih.....</i>	<i>28</i>
<i>Tablica 3. Rezultati korištenja programa Blender i Inventor prema području primjene korisnika.....</i>	<i>28</i>

PREDGOVOR

Tijekom studija kroz dobivene informacije saznala sam o važnosti dobro pripremljene proizvodne dokumentacije kojoj je osnova tehnički crtež. Nastavnim programom konstrukcijska dokumentacija se izrađuje dvodimenzionalnim ortogonalnim prikazom u programu AutoCAD.

Umjetničko crtanje koje izvodim različitim slikarskim tehnikama na papiru i platnu povezala sam s mojim interesom za korištenje računala. Pomoću programa Blender kojeg sam samostalno ovladala izvodila sam modeliranje objekata uglavnom slobodnih formi.

Kroz izborni kolegij Računalom podržano konstruiranje pružena mi je prilika savladavanja trodimenzionalnog modeliranja u programu Inventor s primjenom modeliranja namještaja, u svrhu poboljšavanja kvalitete projektiranja i izrade dokumentacije.

Sve navedeno doprinijelo je stvaranju ideje teme završnog rada.

1. UVOD

Smanjenim broja jedinki u seriji i potreba za sve većom unikatnom proizvodnjom povećala je potrebu za stručnjacima u pripremi proizvodnje, a posebno u poslovima izrade konstrukcijske i proizvodne dokumentacije. To dovodi do potrebe sve veće automatiziranosti u konstruiranju te se vrijeme potrebno za izradu ponuda inačica proizvoda smanjuje. A ubrzanje procesa izrade konstrukcijske dokumentacije omogućava brzo proširenje asortimana novim proizvodima. Jedna od prednosti 3D modeliranja jest izvođenje inačica dobivenih lakim izvođenjem promjena dimenzija, oblika i tekstura bez obzira na kompleksnost njihovog broja elemenata i geometrije.

U području izrade namještaja i opremanja objekata računalni program AutoCAD tvrtke Autodesk dominantan je računalni program u kojem se još uvijek izrađuju tehnički crteži u ortogonalnim projekcijama.

Na tržištu postoje mnogi komercijalni i besplatni programi za trodimenzionalno modeliranje. Svaki računalni program ima osnovnu namjenu korištenja dok je ostalu svrsishodnost korištenja potrebno ispitati.

Program Inventor tvrtke Autodesk opći je program za trodimenzionalno parametarsko modeliranje namijenjen prvenstveno izradi modela u strojarstvu no sve se češće koristi i u industriji namještaja i opremanja objekata. Programi poput Inventora komercijalni su i opravdanje njihovog korištenja vidljivo je pri čestom korištenju. Zbog relativno visoke cijene komercijalnih CAD programa koja za pojedinačnu licencu Inventora Professional 2021 u trajnom vlasništvu iznosi 115 804,00 kn ili za jednogodišnju pretplatu 18,364.50 kn u radu će biti razmatrana mogućnost upotrebe besplatnog CAD programa Blender za trodimenzionalno modeliranje namještaja.

Upotreba programa Blender osnovno je namijenjena sasvim drugom području animiranih filmova, no njegovo korištenje je besplatno te je stoga interesantno analizirati njegova iskoristivost u projektiranju namještaja i opremanja objekata.

2. 3D MODELIRANJE

Tijekom razvoja računalne tehnologije u povijesti čovječanstva, razvio se i postupak stvaranja trodimenzionalnog virtualnog modeliranja te grafike koja omogućava 3D vizualizaciju. Samim time omogućena je brža i lakša izrade konstrukcijske dokumentacije koja je ključna u proizvodnji namještaja i proizvoda od drva. Osim izrade konstrukcijske dokumentacije dodatna korist trodimenzionalnog virtualnog modeliranja je trodimenzionalni prikaz proizvoda u obliku vizualizacije materijala od kojeg će dobiveni objekt biti izrađen u fizičkom obliku.

Ovisno o kvaliteti postava scene modelirani proizvod može biti prikazan različitom kvalitetom od skicirajućeg oblika kao da je proizvod crtan rukom do fotorealističnog prikaza koji sadrži realnu teksturu, boju i sjaj površine sa sjenama u prostoru.

Uz pomoć 3D modeliranja, moguće je unaprijed predočiti izgled i funkciju željenog predmeta. Otkriće mogućnosti virtualnog modeliranja 3D objekata znatno je povećalo funkcionalnost oblikovanja u arhitekturi, projektiranju te prezentaciji interijera. Izradom animacija 3D modeliranje pruža uvid u funkcionalnost objekta prije konačne proizvodnje.

Osim u arhitekturi trodimenzionalno modeliranje se koristi u inženjeringu mnogih industrija koje se bave projektiranjem i proizvodnjom. Projektiranje i proizvodnja uz pomoć 3D programa omogućuje uštedu vremena, troškova uz smanjenje stvaranja grešaka pri izradi proizvoda.

Projektiranje pomoću trodimenzionalnog modeliranja omogućava povezivanje s ostalim fazama razvoja proizvoda i proizvodnje.

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Cilj rada je ispitati mogućnosti programa Inventor i Blender i njihove primjenjivosti u modeliranju namještaja.

Cilj je također istražiti korisnost dodatnih mogućnosti koje pružaju oba programa, a koje bi mogle koristiti u procesu projektiranja, proizvodnje i marketinga namještaja, proizvoda od drva i opreme objekata kao što su prezentacija, izlazne datoteke za CAM, 3D print i ostalo.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Zbog svoje učestalosti izrade te jednostavnosti pri prikazivanju osnovnih načela modeliranja u oba programa, odabran je proizvod stolića dimenzija 800 X 600 X 450 mm. Stolić se sastoji od 4 noge, ploče stola i dvije jednake okvirnice različitih dužina. U oba programa izvest će se izrada 3D virtualnog modela s ostalim izlaznim datotekama.

U postupku trodimenzionalnog modeliranja korišteni su računalni CAD programi Blender i Inventor, a za procjenu korišteni su sljedeći parametri:

- Vrijeme potrebno za izradu modela
- Brojnost, preglednost i točnost izrade dokumentacije
- Vrijeme potrebno za učenje rada u programu
- Dodatne prednosti (vizualizacija, priprema za 3D tisak, priprema za CNC proizvodnju...)

4.1. Inventor

Autodesk Inventor je računalni program namijenjen dizajniranju 3D objekata, te izradi simulacija, vizualizacija i dokumentacija koju je razvio Autodesk. Inventor omogućuje integraciju 2D i 3D podataka u jednom okruženju, stvarajući virtualni prikaz konačnog proizvoda koji korisnicima omogućuje provjeru oblika, prilagodbe i funkcije proizvoda prije njegove izrade. Namijenjen je industrijskom dizajnu i inženjeringu, strojarstvu, dizajnu, konstrukciji, komunalnim uslugama i dr.

Inventor je komercijalan i plaćanje se vrši na bazi godišnjeg ili tromjesečnog korištenja te je besplatan za edukacijske ustanove, čak i studente.

Inventor je parametarski program što omogućuje lakše i brže izvođenje inačica asortimana proizvoda.

3D modeliranje se izvodi pomoću početne skice, a nastavlja različitim alatima za dobivanje 3D elemenata. Npr. izvlačenje po pravcu (*Extrude*), izvlačenje po putanji (*Sweep*), stvaranje pomoću presjeka (*Loft*), rotacijom (*Revolve*). Inventor pruža dizajnerima i inženjerima mogućnosti stvaranja i modeliranja slobodnih amorfnih oblika. Modeliranim 3D modelima moguće je pridodati boju i teksturu, te uz dodavanje scene moguće je postići foto realistični prikaz. Osnovno nije namijenjen animaciji, no moguće ju je izvesti za prezentaciju kao što je otvaranje i zatvaranje vrata, ladica itd. te funkcioniranje ostalih mehanizama u opremanju prostora.

Autodesk Inventor također koristi posebne formate datoteka za dijelove, sklopove i crteže. Datoteke se uvoze ili izvoze u ipt formatu za elemente i iam za sklopove. Program Inventor svojim izlaznim datotekama omogućava pripremu modela za 3D

tisak sklopova i umanjenih modela kako bi se поближе promotrio njihov konačni oblik, kao i za daljnju proizvodnju na CNC strojevima.

Inventor je iznimno značajan za provjeru valjanosti dizajna komponenata testiranjem performansi pri simulacijama stvarnim uvjetima. Kao što je na primjer primjena metode konačnih elemenata.

4.2. Blender

Blender je softver namijenjen stvaranje 3D modeliranju, stvaranju vizualnih efekata, animacija, tisku 3D modela, izradu video igara, umjetnosti i grafici pokreta te u industriji koja se bavi izradom računalnih igrica. Blender je izvorno namijenjen zabavi i hobistima, ali se koristiti i u poslovne svrhe.

Blender je egzaktni program što podrazumijeva unošenje točnih mjera pri modeliranju. Moguća je promjena dimenzija pri čemu će program automatski korigirati crtež.

3D modeliranje u Blenderu funkcionira tako da obuhvaća modeliranje pomoću skice i slobodnom formom.

Modeliranim 3D modelima moguće je pridodati boju i teksturu, te uz dodavanje scene moguće je postići foto realistični prikaz. Budući da je taj program namijenjen izradi animacija i video igara, modele se lako može i animirati.

Svaki modelirani objekt s pripadajućom geometrijom, materijalom, teksturom, efektom, simulacijom i slikom može se pohraniti u jednu datoteku ".blend". Podaci učitani iz vanjskih izvora, kao što su slike i zvukovi, također se mogu pohraniti izvana i na njih se može uputiti apsolutni ili relativni naziv. Isto tako, ".blend" datoteke također se mogu koristiti kao knjižnice Blenderovih sredstava.

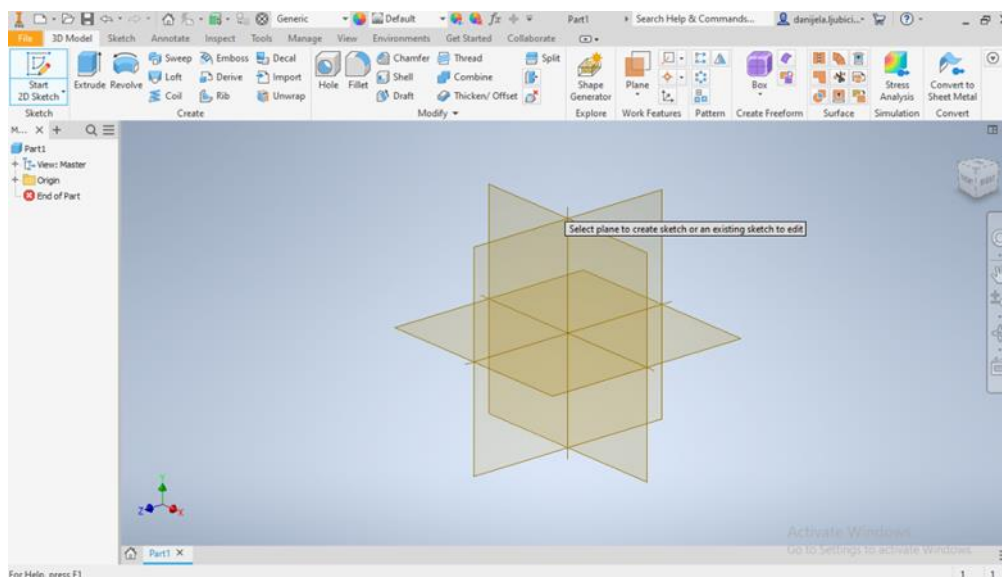
Uz standardnu datoteku blend program također može stvoriti izlazne datoteke STL, 3ds, dae, fbx, dxf, obj, x, lwo, svg, ply i vrml.

Blender spada u besplatne programe i time je dostupan svima te je pogodan za početnike koji priželjkuju naučiti osnove 3D modeliranja. Literatura pri uporabi Blendera je dostupna u pdf formatu ili preko upute u video formatima. Blender se gotovo ne koristi u proizvodnji namještaja i proizvoda od drva.

4.3. Modeliranje stola pomoću programa Inventor

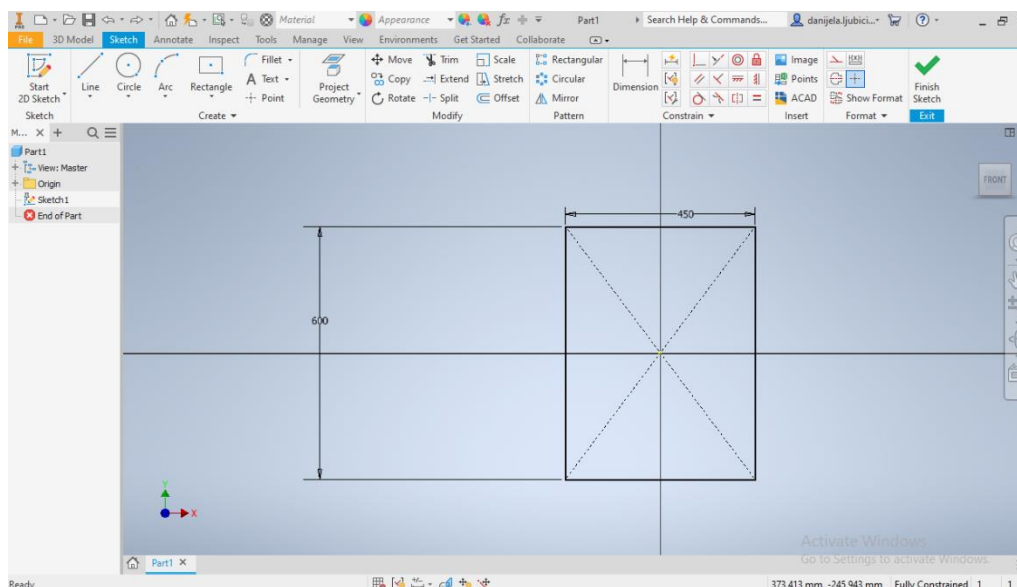
Modeliranje stola u programu Inventor moguće je izvesti na dva načina. Prvi je izrada svakog zasebnog različitog elementa kao dio *Part* te sklapanje u sklop *Assembly* ili izradom svih elemenata stola u dijelu *Part* gdje se odmah vrši sklapanje u proizvod kako je opisano u daljnjem tekstu.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 1. Ravnine za postav prve skice

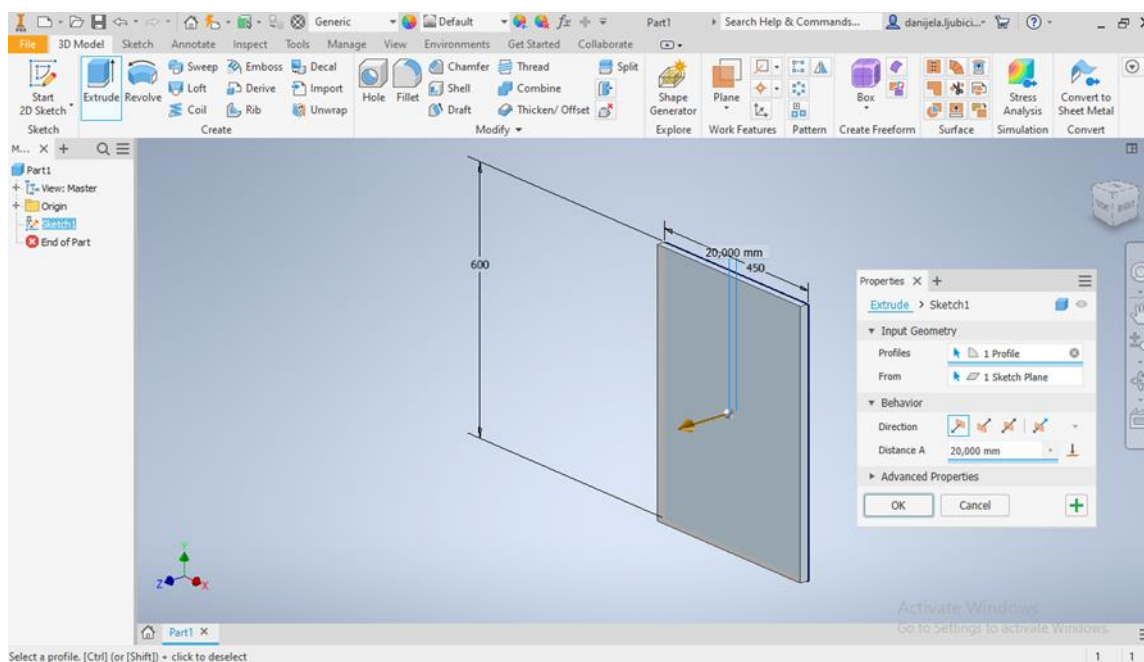
Prvo se odabere novi projekt Standardni ipt. Nakon toga se klikne na Start 2D Sketch i odabere ravnina na kojoj će se crtati skica što prikazuje slika 1.



Slika 2. Početna skica

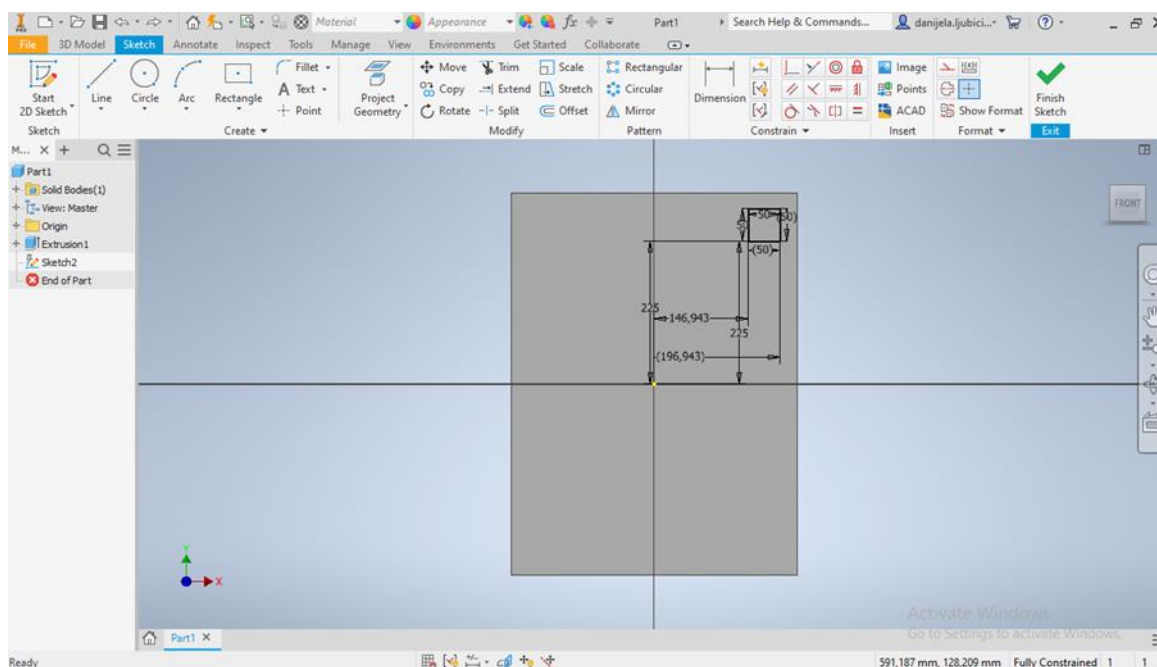
Na Slici 2 prikazan je odabir lika kvadrata. Nacrtanom kvadratu se dodaju dimenzije i položaj unutar ravnine uz pomoć kota i geometrijskih značajki. Ovim je postupkom izvedena skica buduće ploče stola.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 3. Stvaranje 3D objekta iz skice ekstrudiranjem

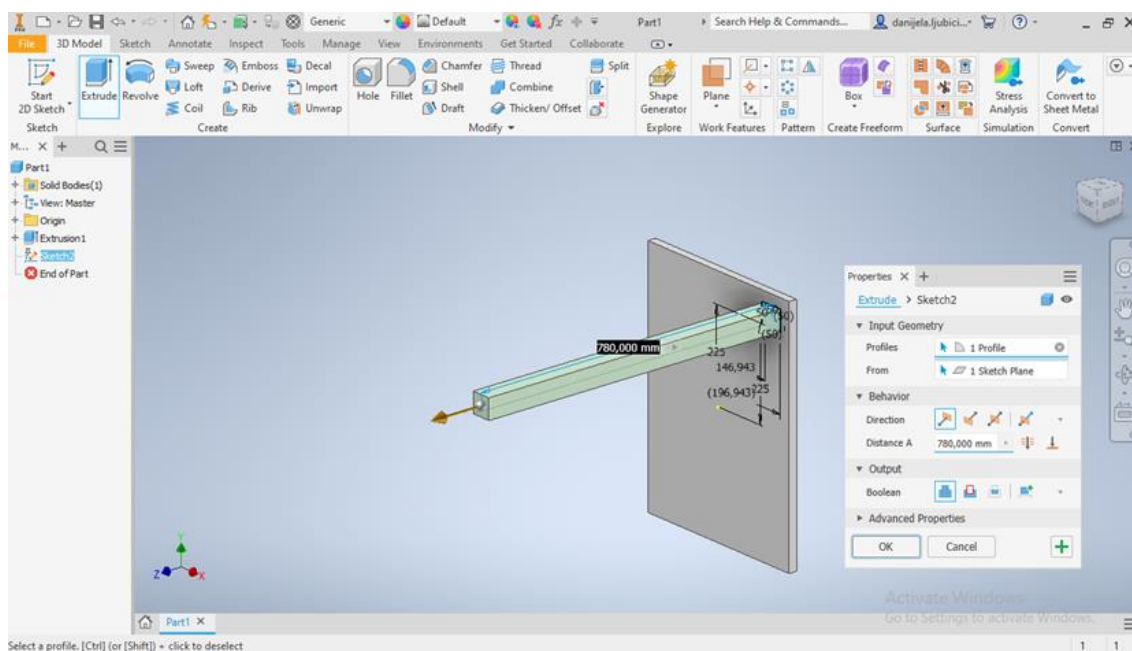
Na Slici 3, kada se završi crtež, klikne se na Extrude i odredi željenu debljinu objekta čime se stvara trodimenzionalni model ploče stola.



Slika 4. Izrada skice za nogu stola s definiranjem položaja na ploči stola

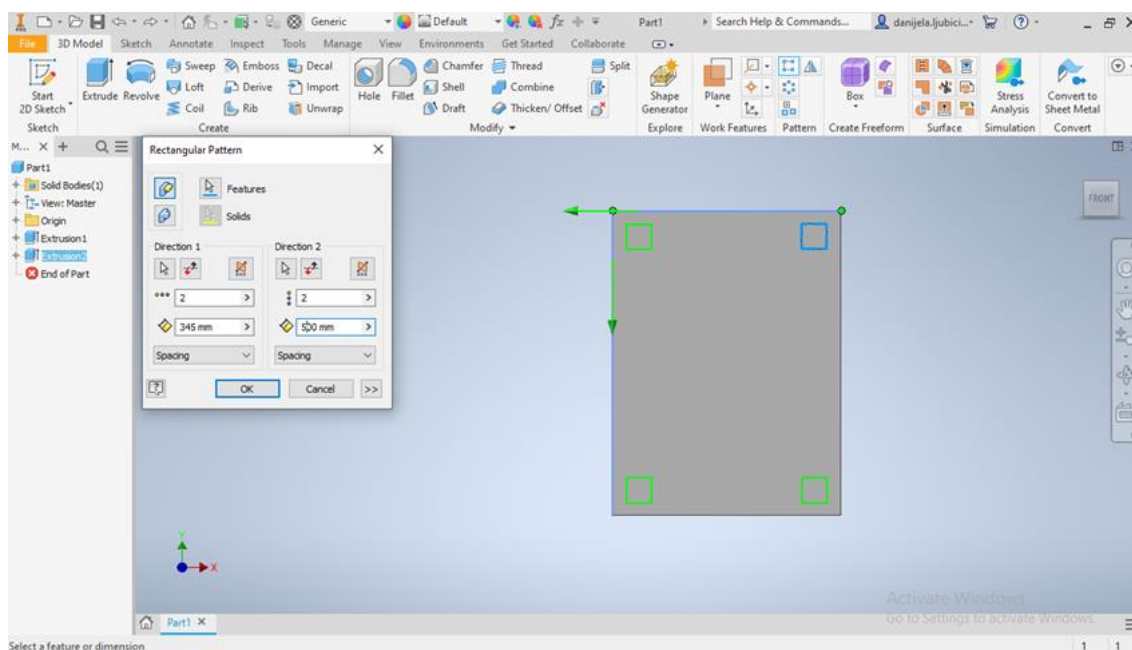
Na Slici 4 prikazana je izrada skice s postavom ravnine na ploču stola i skiciranjem kvadrata dimenzija 50X50 mm koji predstavlja bazu buduće noge stola.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 5. Noga stola dobivena ekstruzijom

Na slici 5 prikazana je izrada trodimenzionalnog modela noge stola koja se određuje zadanom dimenzijom. Kao i protekli model i ovaj se izrađuje izvlačenjem uz pomoć naredbe *Extrude*.

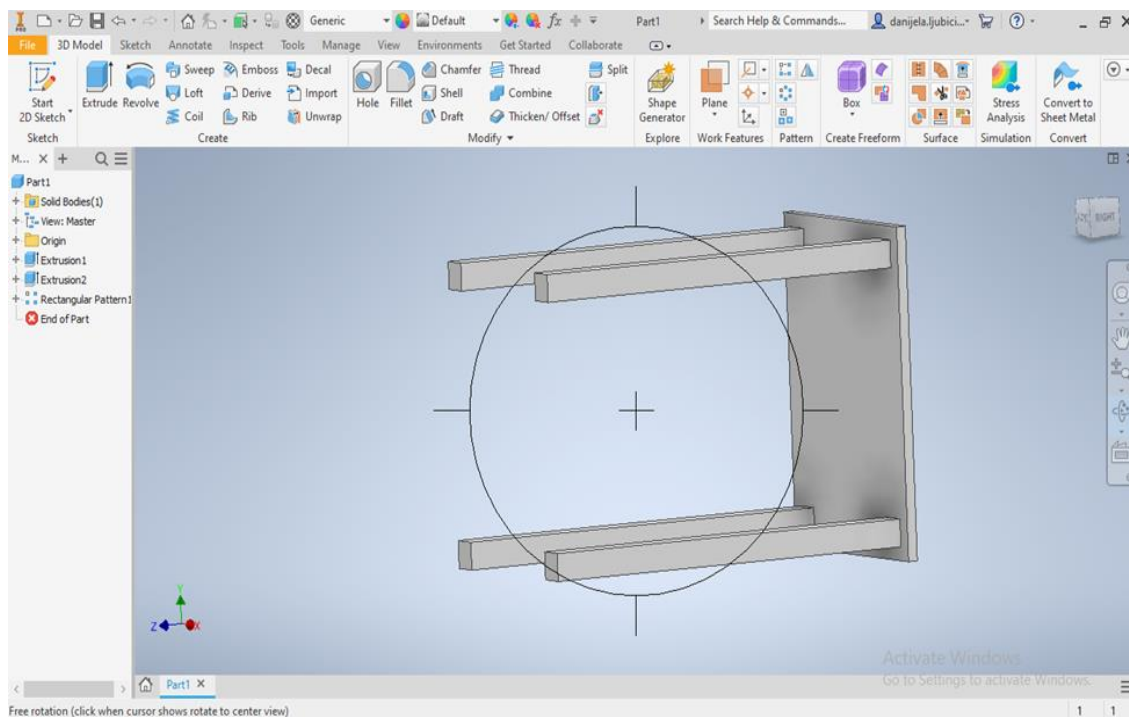


Slika 6. Dodavanje preostalih nogu stola uz pomoć stvaranja uzorka

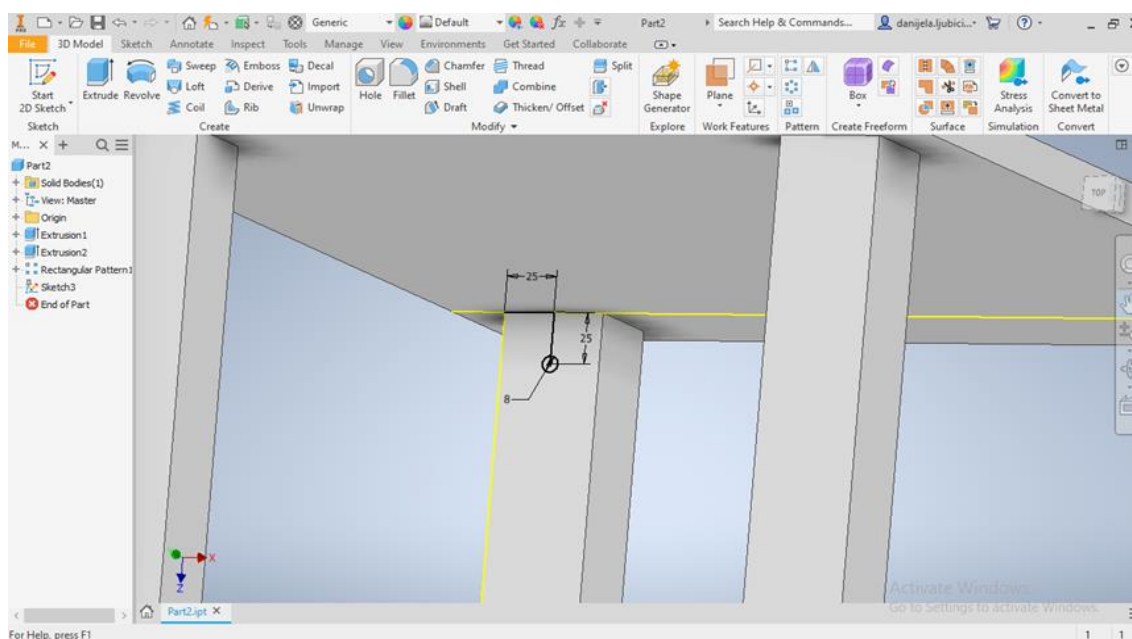
Iako je modeliranje ostalih nogu moguće izvesti i kopiranjem modela u ovom je primjeru prikazanom na slici 6 kopirana skica baze noge uz pomoć stvaranja uzorka pomoću naredbe *Rectangular Pattern*.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Nakon izrađenog uzorka kojim su smještene sve četiri noge na ploču stola izvršeno je modeliranje nogu izvlačenjem tj. naredbom Extrude, rezultat je vidljiv na slici 7. Naknadnom promjenom duljine izvlačenja moguće je dobiti niz inačica stola s različitim visinama stola na jednostavan način.



Slika 7. Model stola bez konstrukcijskih elemenata

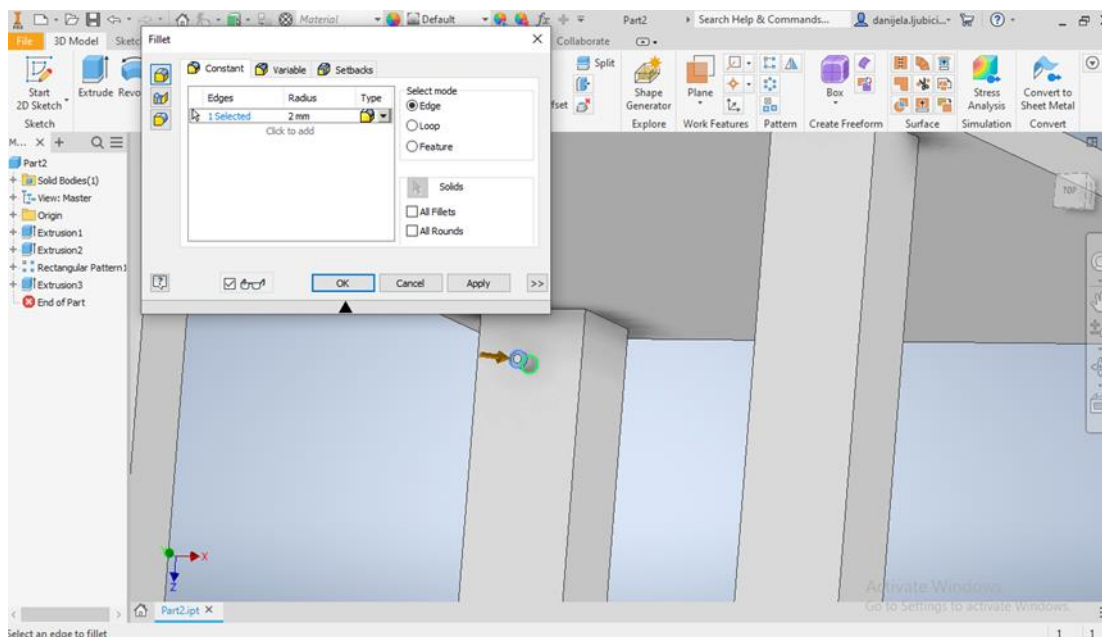


Slika 8. Skiciranje kružnice za čep

Ucrtavanjem kružnice i njenim kopiranjem na jednoj nozi stola započinje osnova

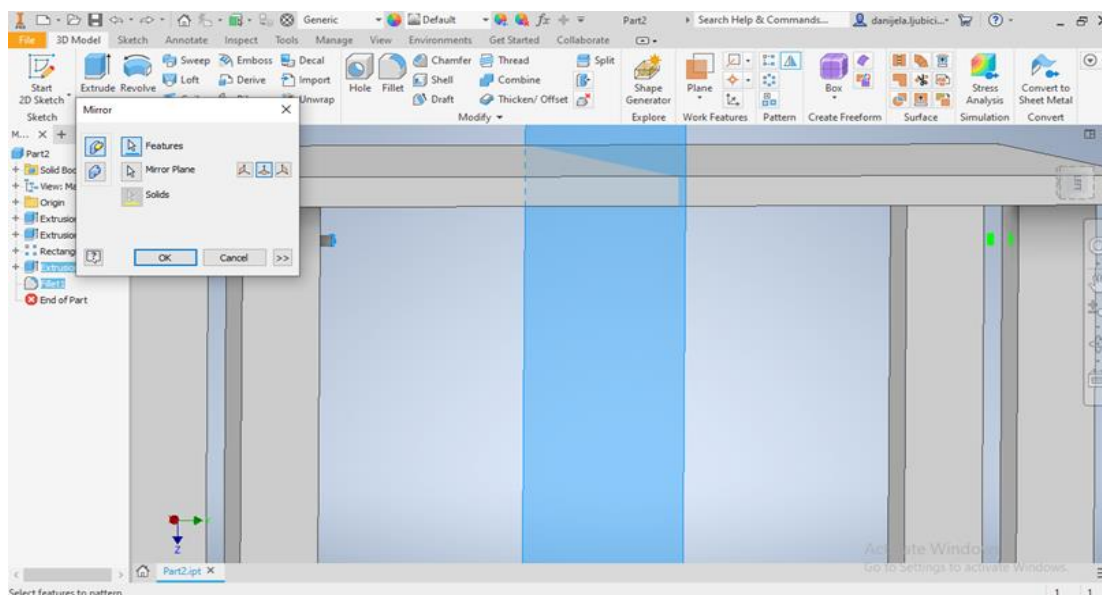
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

za izradu rupe za buduće moždanike promjera 8 mm što je prikazano na slici 8.



Slika 9. Izrada rupe za okrugli čep

Na slici 9 je prikazana izrada rupe dobivene ekstruzijom tj. oduzimanjem materijala.

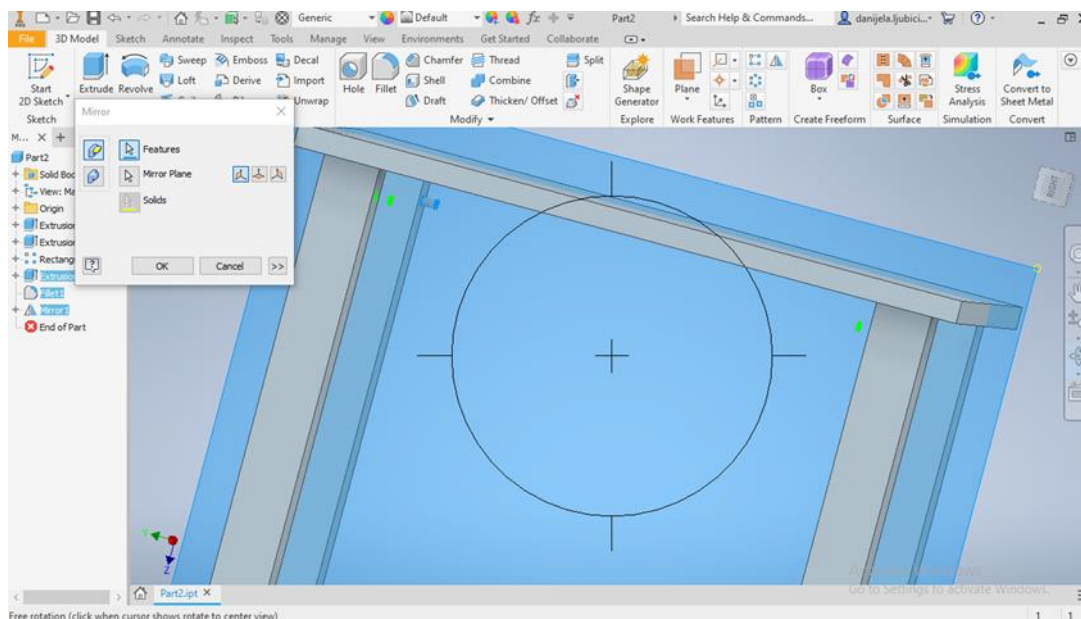


Slika 10. Izrada preostalih rupe zrcaljenjem

Za svaku nogu su potrebne na dvije ravnine izraditi po dvije rupe za čepove. Ra razliku od kopiranja nogu stola na slici 10 je prikazano kopiranje zrcaljenjem. Ovaj

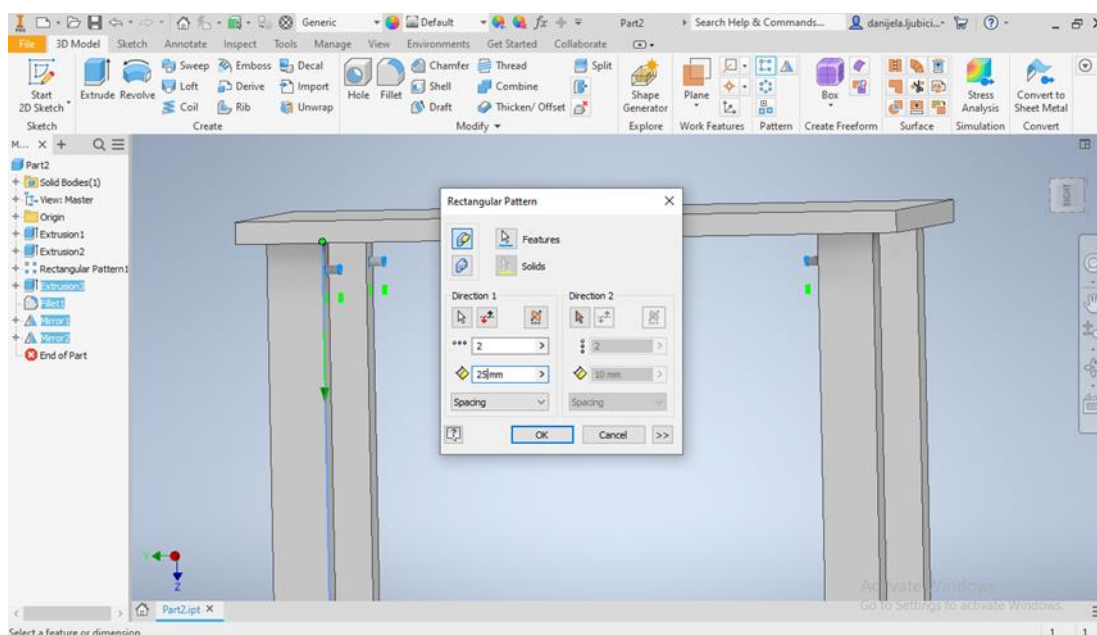
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

postupak bi se mogao ubrzati tako da se rupe modeliraju na 1. Modeliranoj nozi te se takva noga kopira ranije opisanim stvaranjem uzorka.



Slika 11.: Dodavanje preostalih bočnih rupa na nogama stola

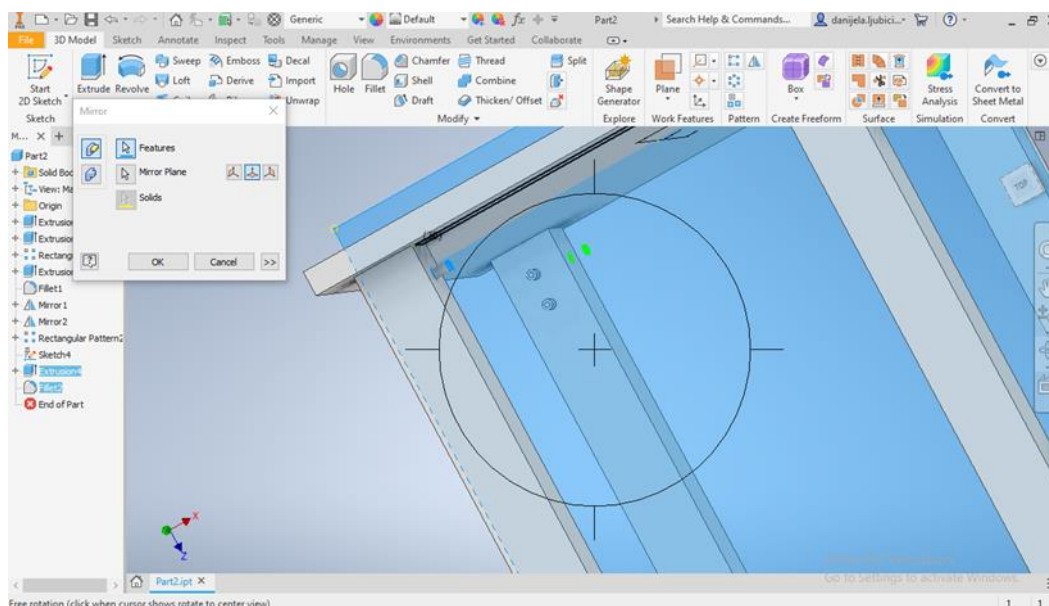
Na slici 11 se ponavlja isti postupak zrcaljenja.



Slika 12. Ponavljanje postupka za dobivanje drugog reda rupa

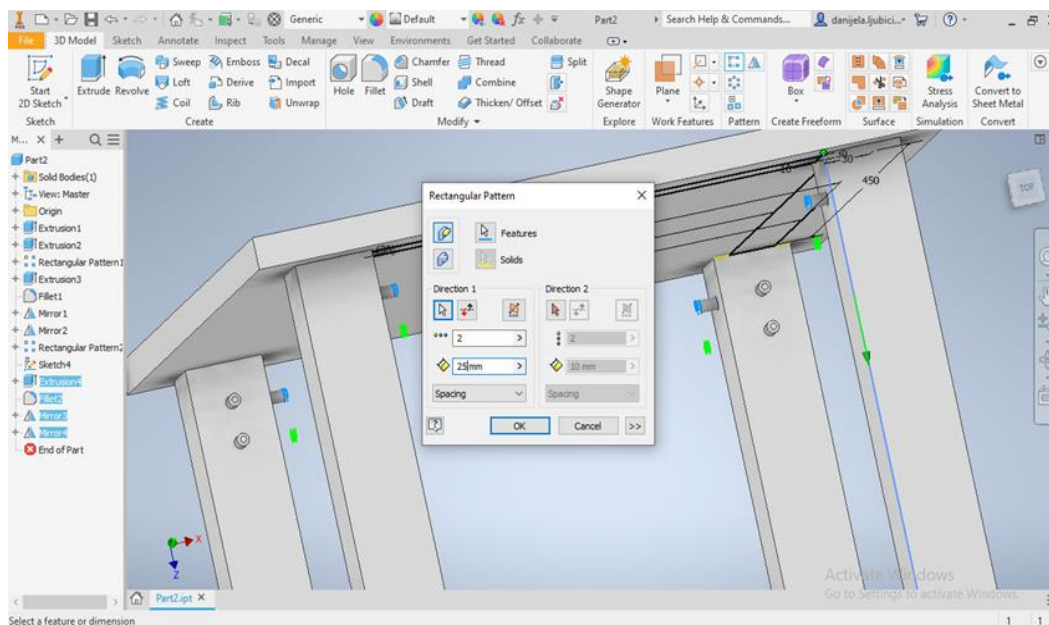
Na slici 12 se uz pomoć naredbe Rectangular Pattern dodaju preostale rupe na svakoj nozi stola.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 13.: Izrada skica za preostale rupe

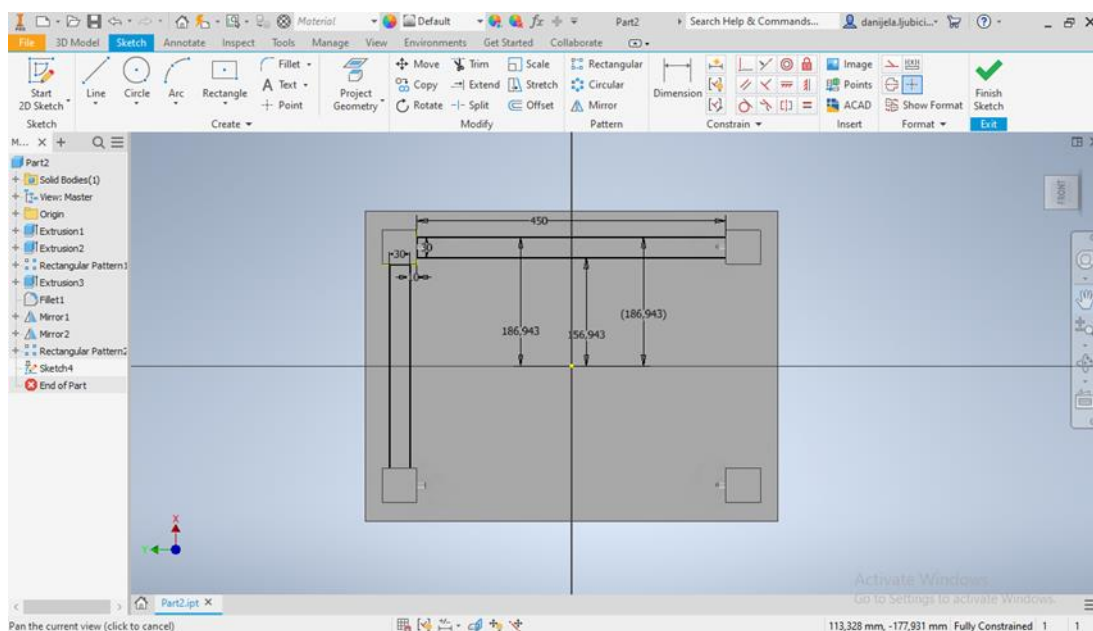
Na slici 14 je prikaz nacrtanih novih kružnica na preostalim stranama nogu. Ponovljenim postupkom će svaka noga imati ukupno 4 rupe za moždanike po 2 rupe na 2 strane noge.



Slika 14. Dodavanje preostalih rupa stvaranjem uzorka

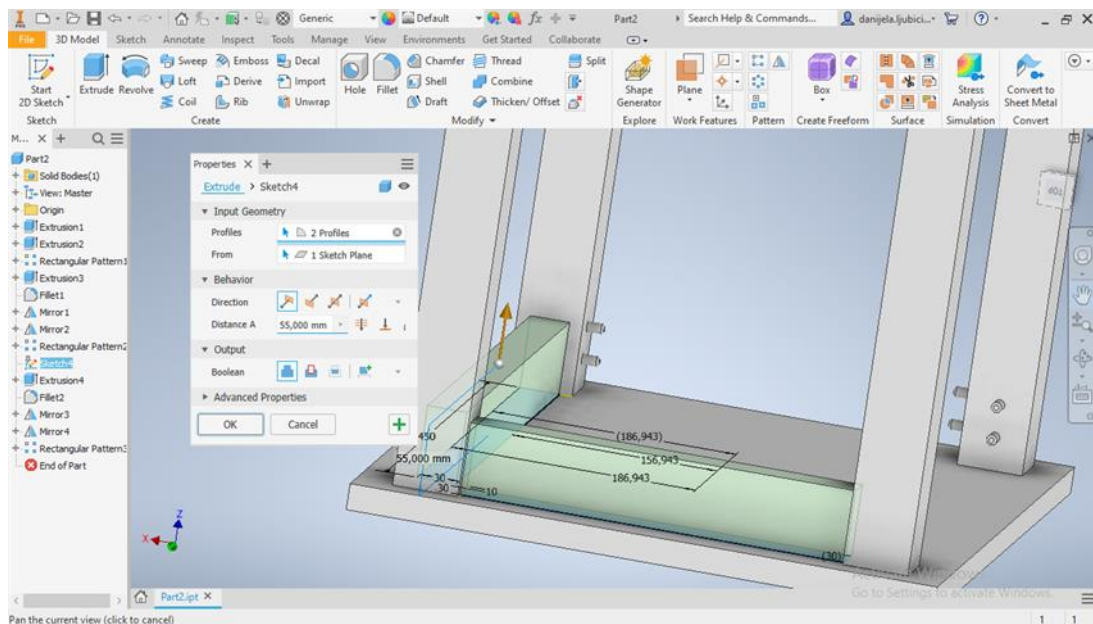
Uz pomoć Rectangular Pattern dodaju preostale rupe. Time je završen postupak izrada svih 16 rupa potrebnih za izradu spoja noge stola i poveznika Slika 15.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 15.: Skiciranje poveznika

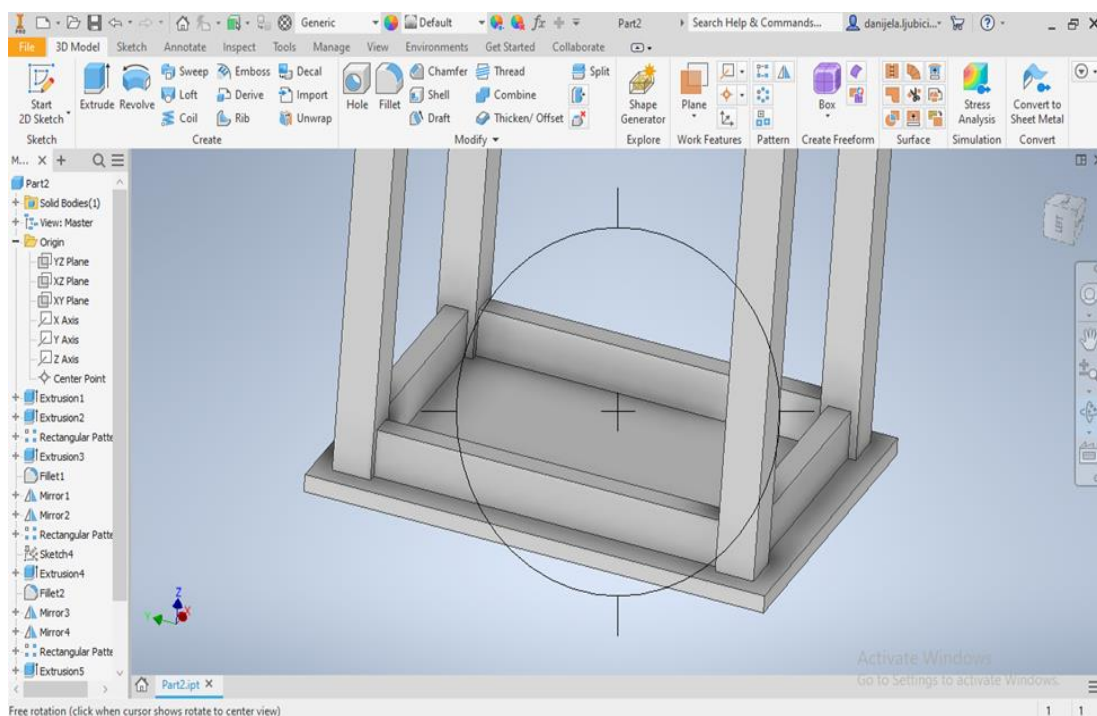
Na slici 15 se ponovo napravi nova skica i nacrtaju skice budućeg modela dvaju poveznika između nogu stola, od kojih jedan bočni a drugi prednji.



Slika 16. Dobivanje poveznika uz pomoć ekstrudiranja

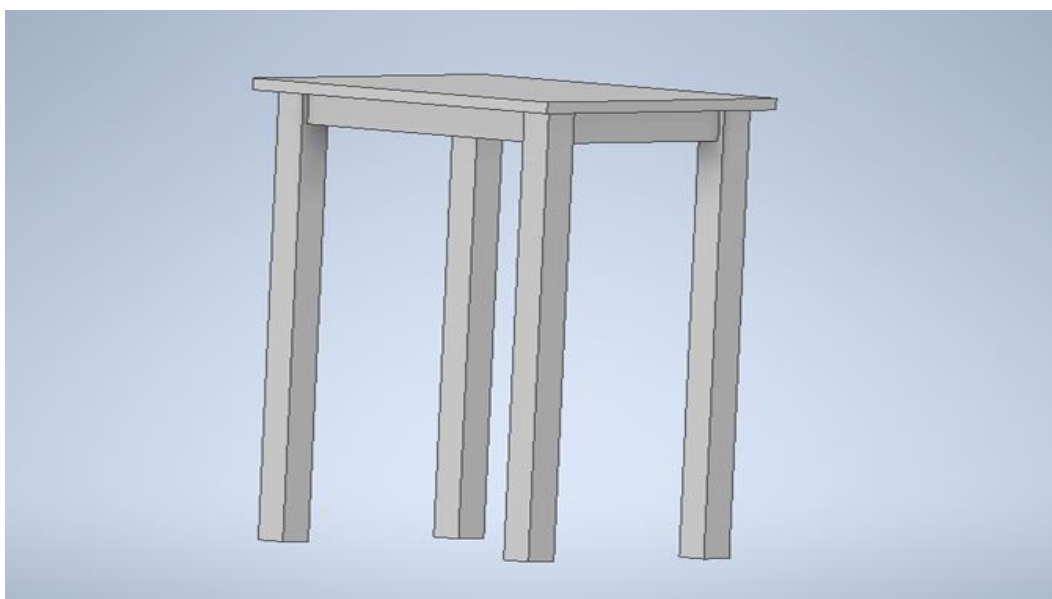
Na slici 16 se dodavanjem dimenzije širine poveznika i izvlačenjem naredbom Ekstrude skice pravokutnika čije dimenzije predstavljaju dužine i debljine modeliraju se poveznici.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 17. Dovršavanje izrade poveznika zrcaljenjem

Na slici 17 se prikazuje rezultat ekstrudiranja i zrcaljenja poveznika stola.



Slika 18. Model stola izrađen pomoću programa Inventor

Na slici 18 je prikazan dobiveni rezultat trodimenzionalnog, virtualnog modeliranja stola koji je sastavljen od ploče, 2 poveznika duža, 2 kraća te 4 noge. Na ranije opisan način modeliraju se i moždanici koji su smješteni u ranije modelirane rupe.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Izrađeni trodimenzionalni virtualni model podloga je za sve ostale dokumente koji mogu biti u obliku slike u BMP, JPEG, TIFF i PNG formatima. Dobivene slike se mogu iskoristiti za izradu kataloga, brošura itd.

STL datoteka ima važnost u 3D printanju i njome se može prezentirati fizički model u umanjenom mjerilu.

IGES izlazna datoteka potrebna za pripremu izrade na CNC strojevima.

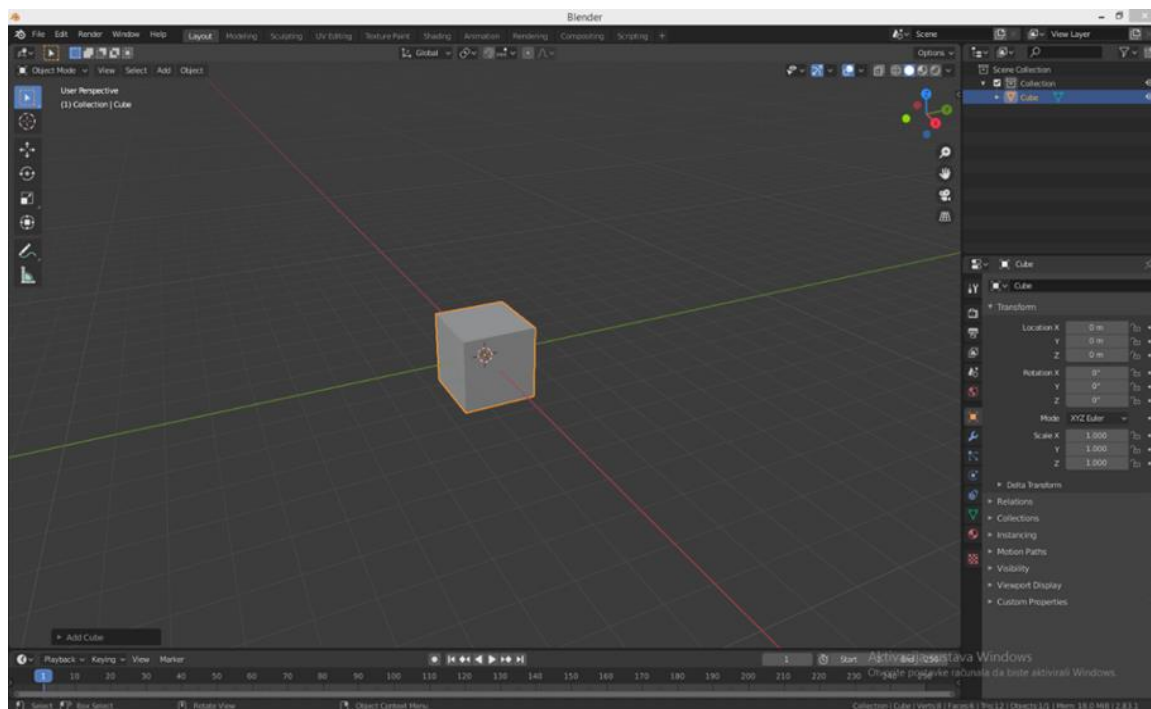
Moguće je izvesti PDF datoteku s prikazom slike iz dijela Part, sklopa Assembly ili tehničkog crteža

Od ovog modela se izrađuju dijelovi čije datoteke će ist biti u ipt formatu.

Od ostalih CAD datoteka najčešće se koriste dwg za daljnju izradu tehničkih crteža u programu Autocad, *neu za program Pro/Engineer te *CATPart.

4.4. Modeliranje stola pomoću programa Blender

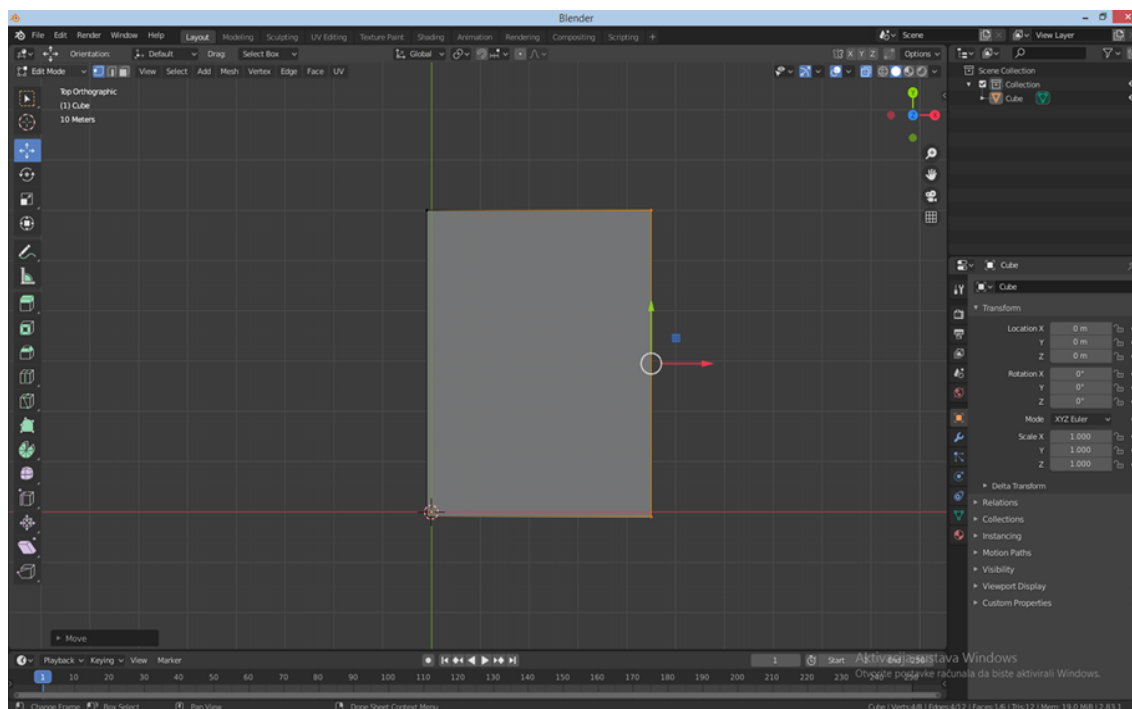
U daljnjem tekstu opisan je postupak izrade trodimenzionalnog modela stola pomoću programa Blender.



Slika 19. Kreiranje kocke

Modeliranje u programu Blender kao što je prikazano na slici 19 započinje kreiranjem kocke što se postiže odabirom naredbe Add>Mesh>Cube.

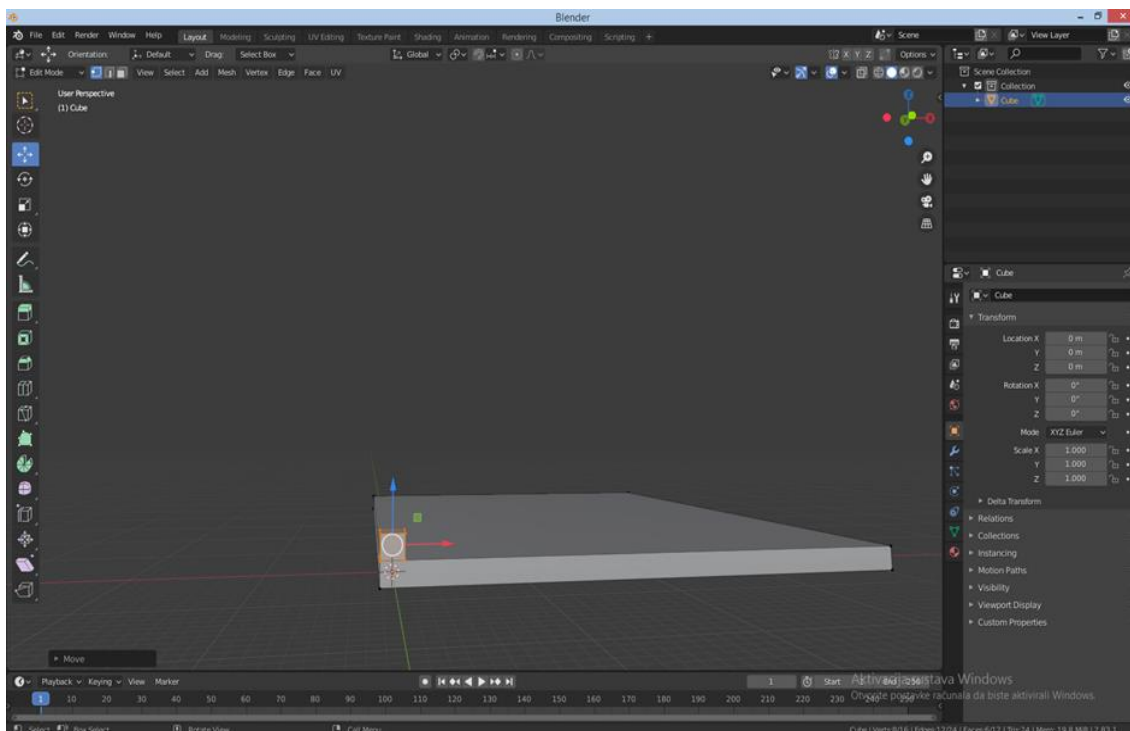
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 20. Određivanje dimenzija ploče stola

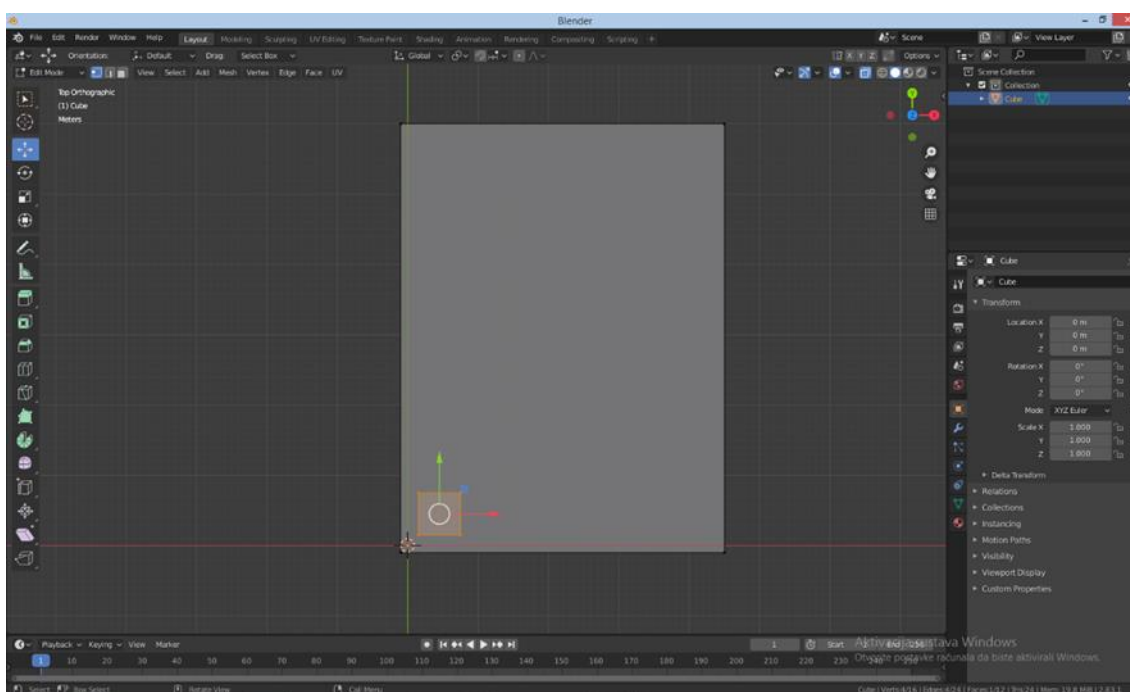
Slika 20 prikazuje označivanje kuteva kocke. Uz pomoć koordinatnih strelica, promijenimo dimenzije kocke utipkavanjem brojeva kako bi se dobila željene dimenzije.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 21. Dodavanje kocke za modeliranje noge stola

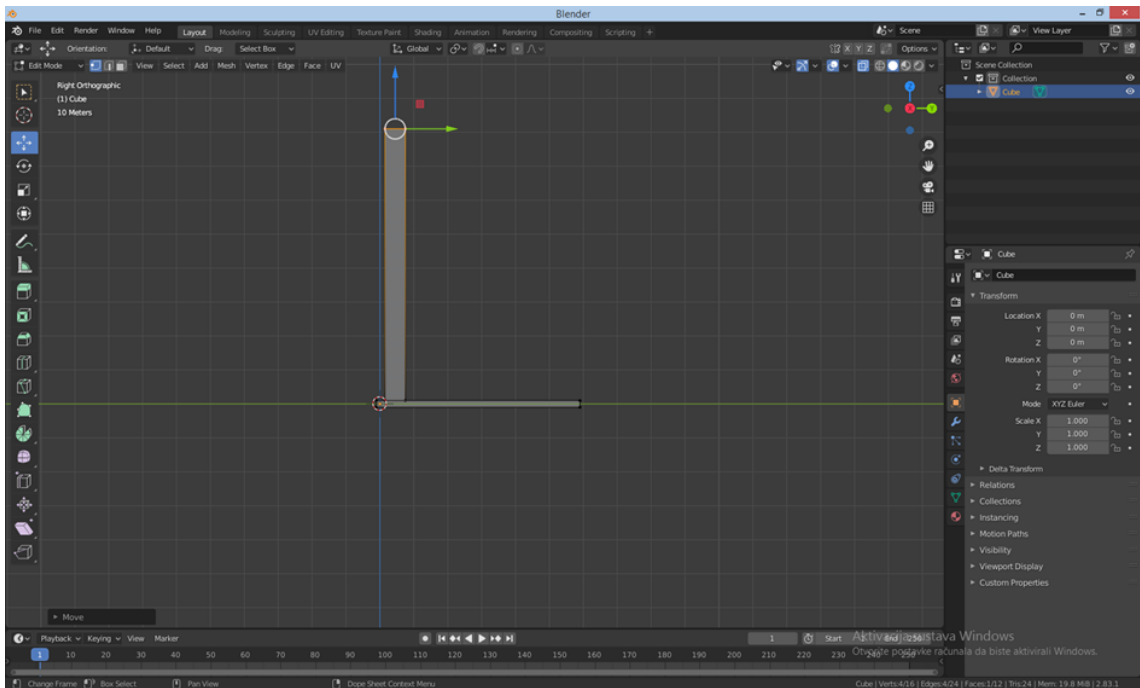
Slika 21 Prikazuje dodavanje nove kocke, tj. baze za izradu noge stola.



Slika 22. Određivanje lokacije noge stola

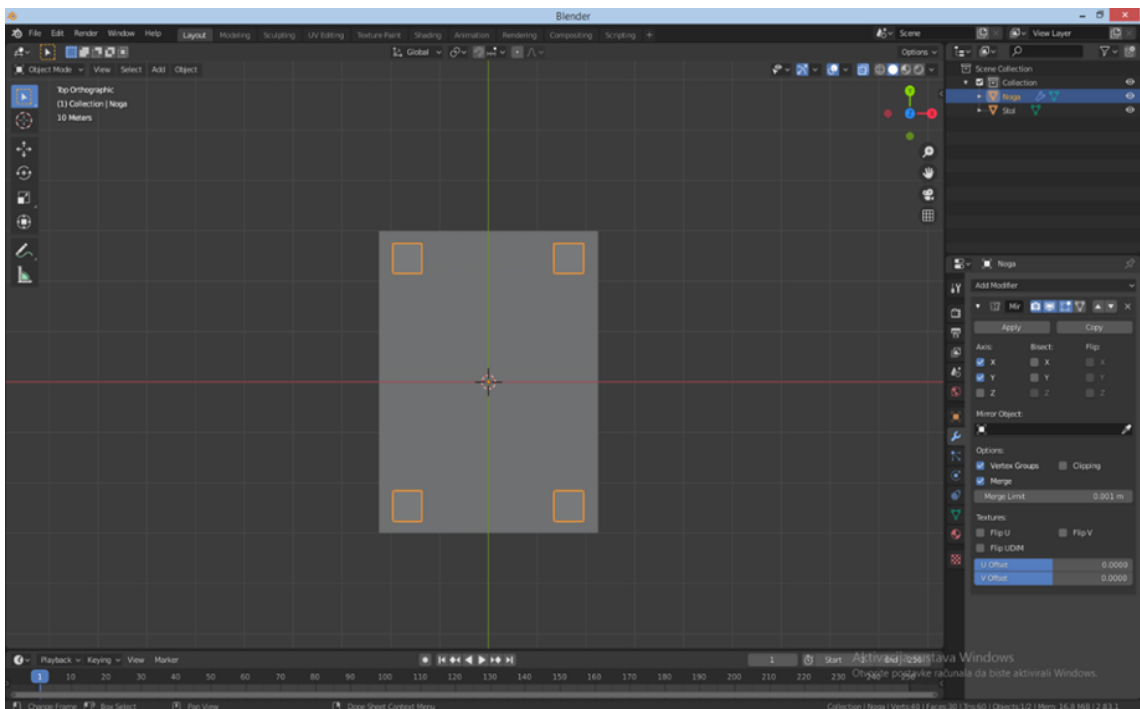
Uz pomoć koordinatnih strelica prvo se odredi lokacija noge stola a potom se promjene njezine dimenzije kao što je prikazano na slici 22.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 23. Određivanje visine noge stola

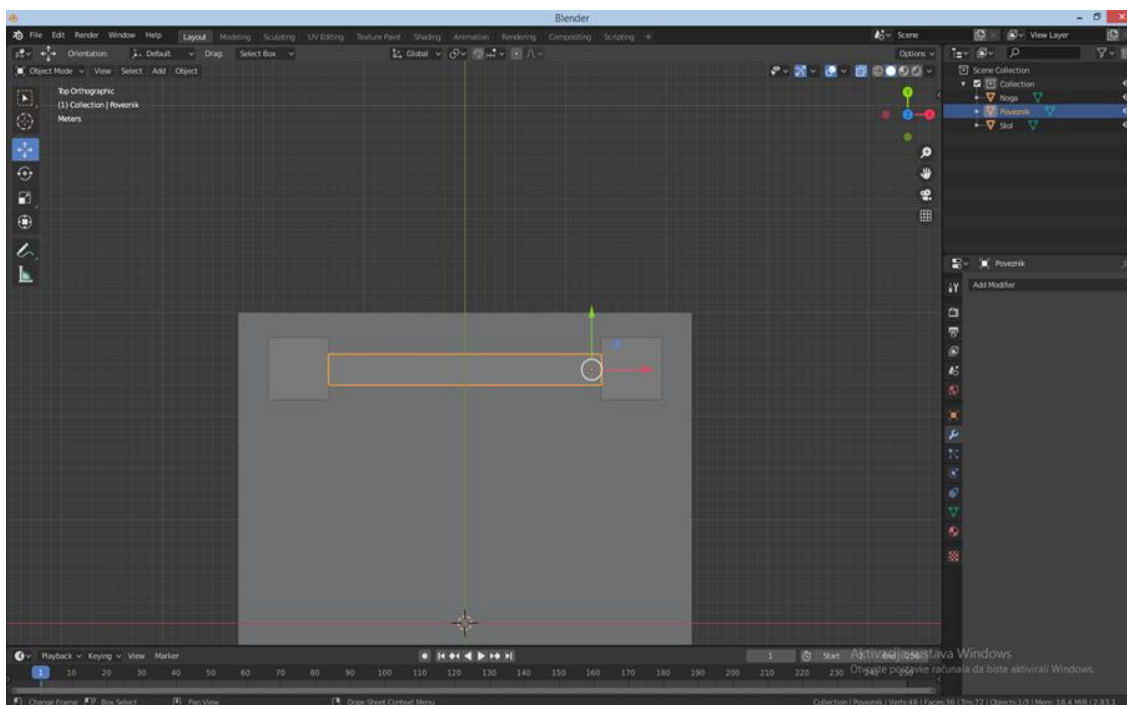
Nakon postavljanja kocke u prostoru koji označava položaj u odnosu na ploču buduće noge stola na slici 23 je vidljivo modeliranje noge stola.



Slika 24. Zrcaljenje noge stola

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

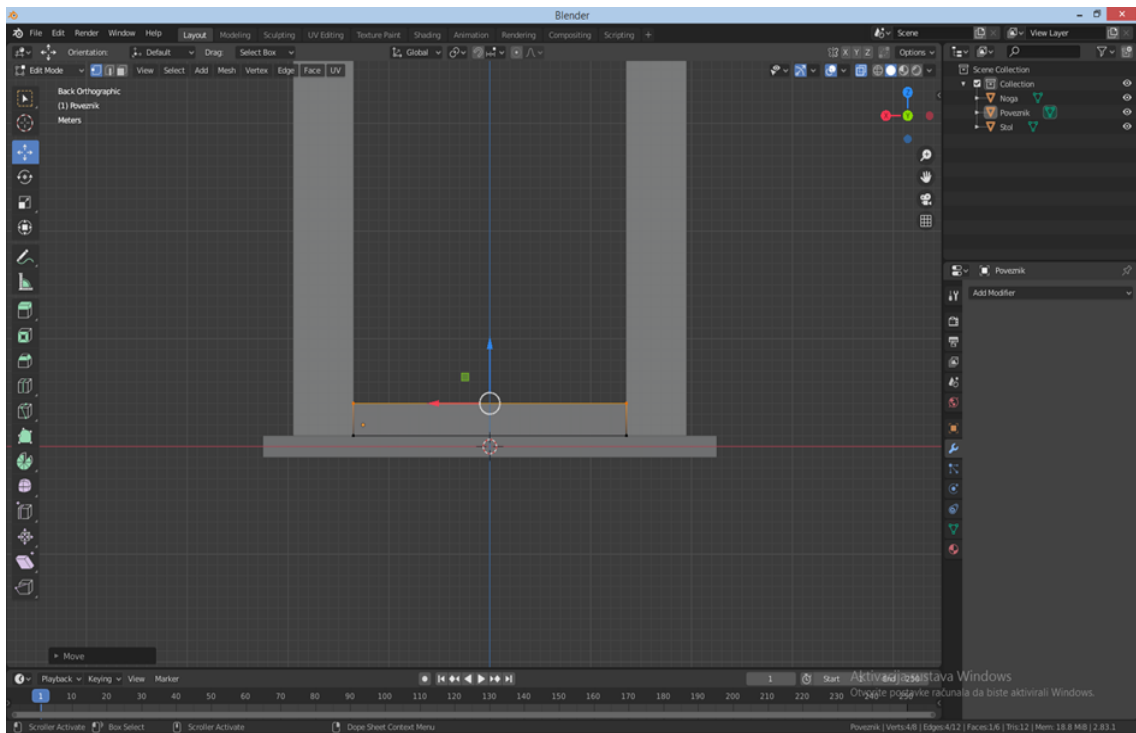
Slika 24 prikazuje postupak dodavanja preostalih nogu stola zrcaljenjem. Zrcaljenje se postiže tako što se klikne na naredbu Add Modifier koja prikaže listu mogućih naredbi koje se mogu izvršiti na modelu. Potom se klikne naredba Mirror te nakon što se označe potrebne koordinatne osi za zrcaljenje, promjena se potvrđuje pritiskom naredbe *Apply*.



Slika 25. Određivanje dimenzija poveznika

Slika 25 prikazuje kreiranje nove kocke kojoj se potom odredi lokacija i dimenzije čime će se modelira poveznik.

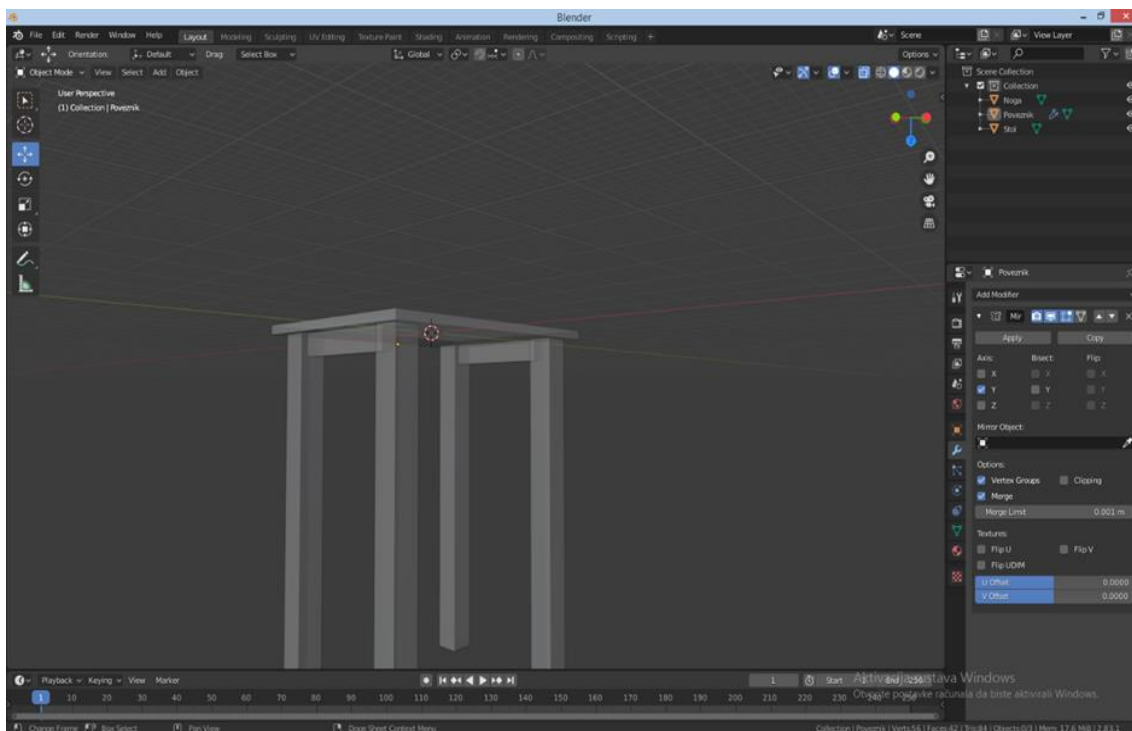
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 26. Ekstruzija poveznika

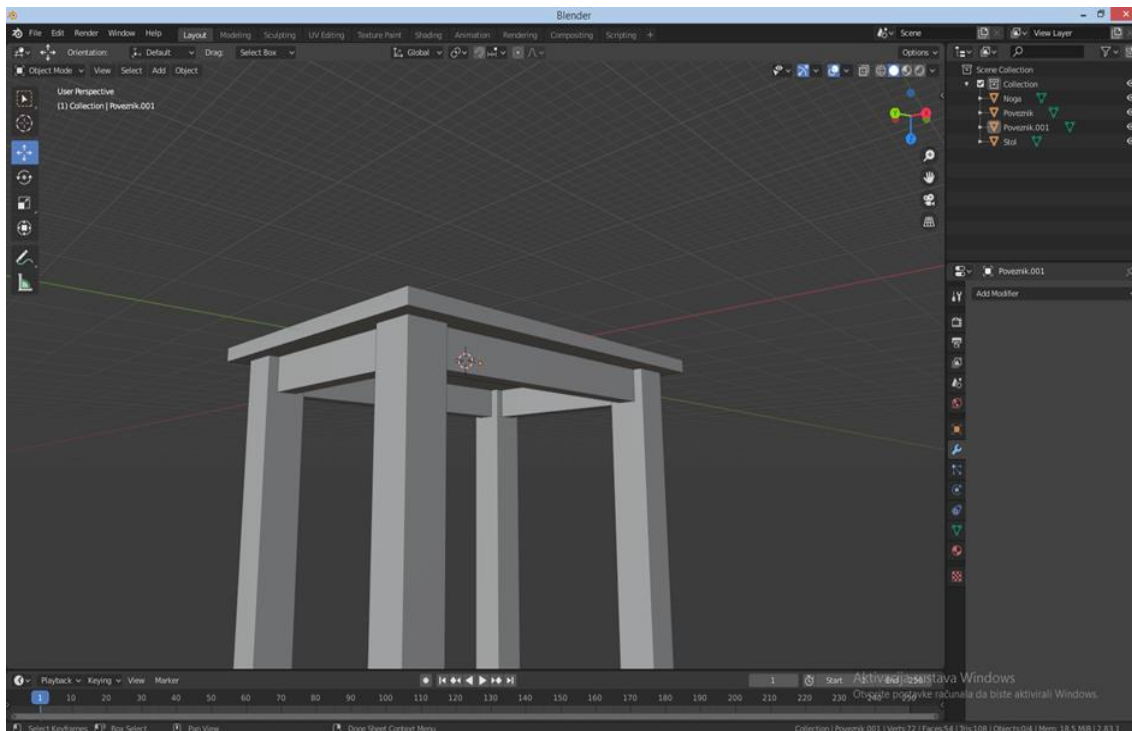
Na slici 26 se uz pomoć pritiska tipke E, poveznik se automatski može ekstrudirati. Pritiskom oznaka osi X, Y ili Z, određuje se smjer po kojima će se izvršiti ekstruzija.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 27. Zrcaljenje poveznika

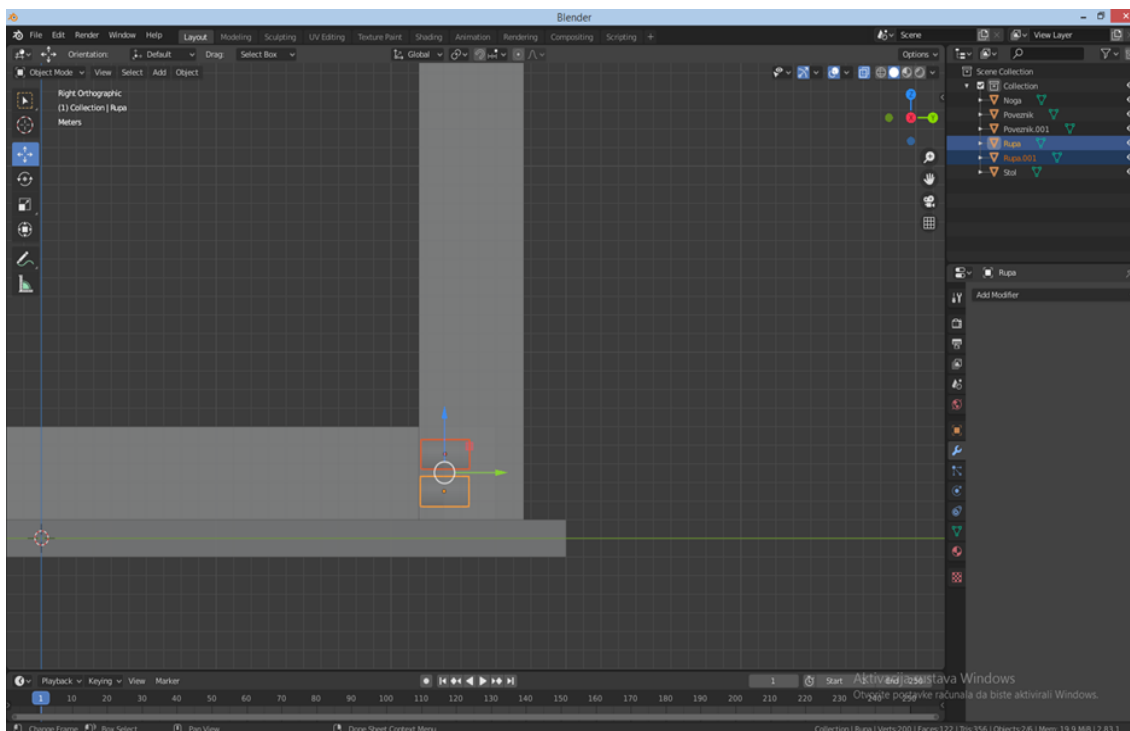
Na slici 27 prikazan je postupak zrcaljenja poveznika.



Slika 28. Rezultat zrcaljenja

Slika 28 prikazuje dodavanje preostalih poveznika čime je izvršen osnovni model bez spojnih elemenata.

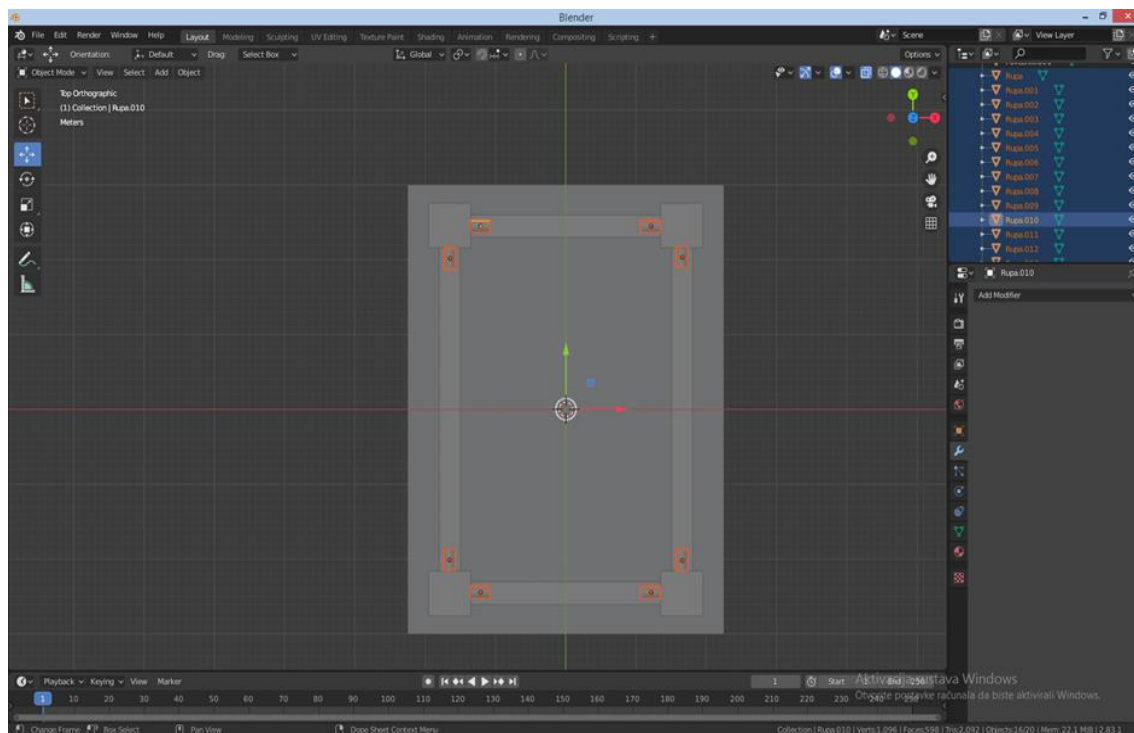
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 29. Modeliranje rupa

Slika 29 prikazuje stvaranje rupa. Prvo se kreira valjak te mu se odrede dimenzije kao i unutar stola. Potom se naredbom Boolean označi stol te se uzme uzorak kreiranih valjaka. Valjci se nakon toga uklone, ali potom ostave trag rupa u volumenu poveznika.

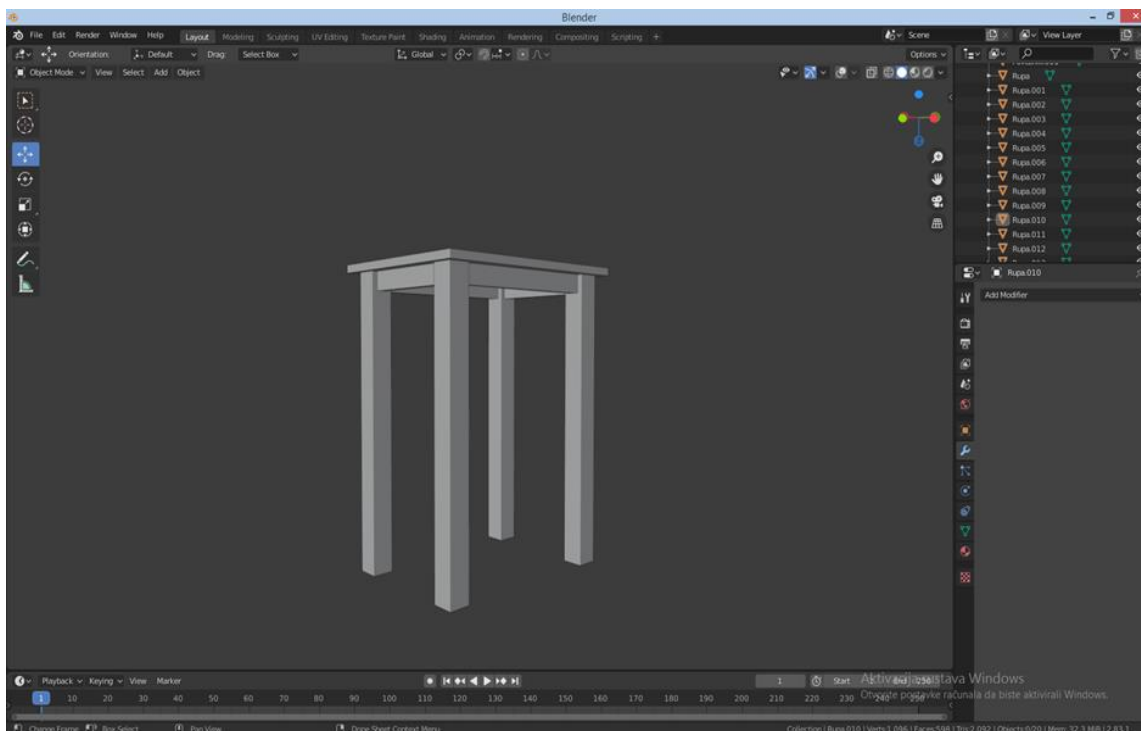
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 30. Dodavanje preostalih rupa zrcaljenjem

Dobivene rupe se potom mogu odvojiti kao zasebni objekti pritiskom tipke P i naredbe Selection. One se potom zrcale naredbom Mirror.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 31. Model stola izrađen pomoću programa Blender

Na slici 31 je prikazan dobiveni rezultat trodimenzionalnog, virtualnog modeliranja stola u Blenderu sa spojnim elementima.

Uz pomoću naredbe Render, Blender omogućava da taj model može poslužiti kao podloga za dokumente koji mogu biti u obliku slike u JPEG, PNG, BMP i TIFF formatima. Dobivene slike se mogu iskoristiti za izradu kataloga, brošura itd.

Također je podržan stl format datoteka koji ima važnost u 3D printanju i njome se može prezentirati fizički model u umanjenom mjerilu.

FBX, OBJ i DAE datoteke su izlazne datoteke koje podržavaju izvođenje objekata s pripadajućim teksturama.

Program podržava PDF datoteku s prikazom slike modela.

4.5. Izrada konstrukcijske dokumentacije

Tehnički se crtež bazira na grafičkom prikazu 3D objekata i za potrebe izrade namještaja prikazuje u umanjenom mjerilu. Veliki broj tehničkog osoblja koristi ga u razne svrhe. Tehnički crtež je najvažniji dio konstrukcijske, a i ostale tehničke dokumentacije. Njegov sadržaj ovisi o potrebi, a najčešće se prikazuje ortogonalnim prikazima proizvoda sklopova, dijelova i detalja te karakterističnim presjecima.

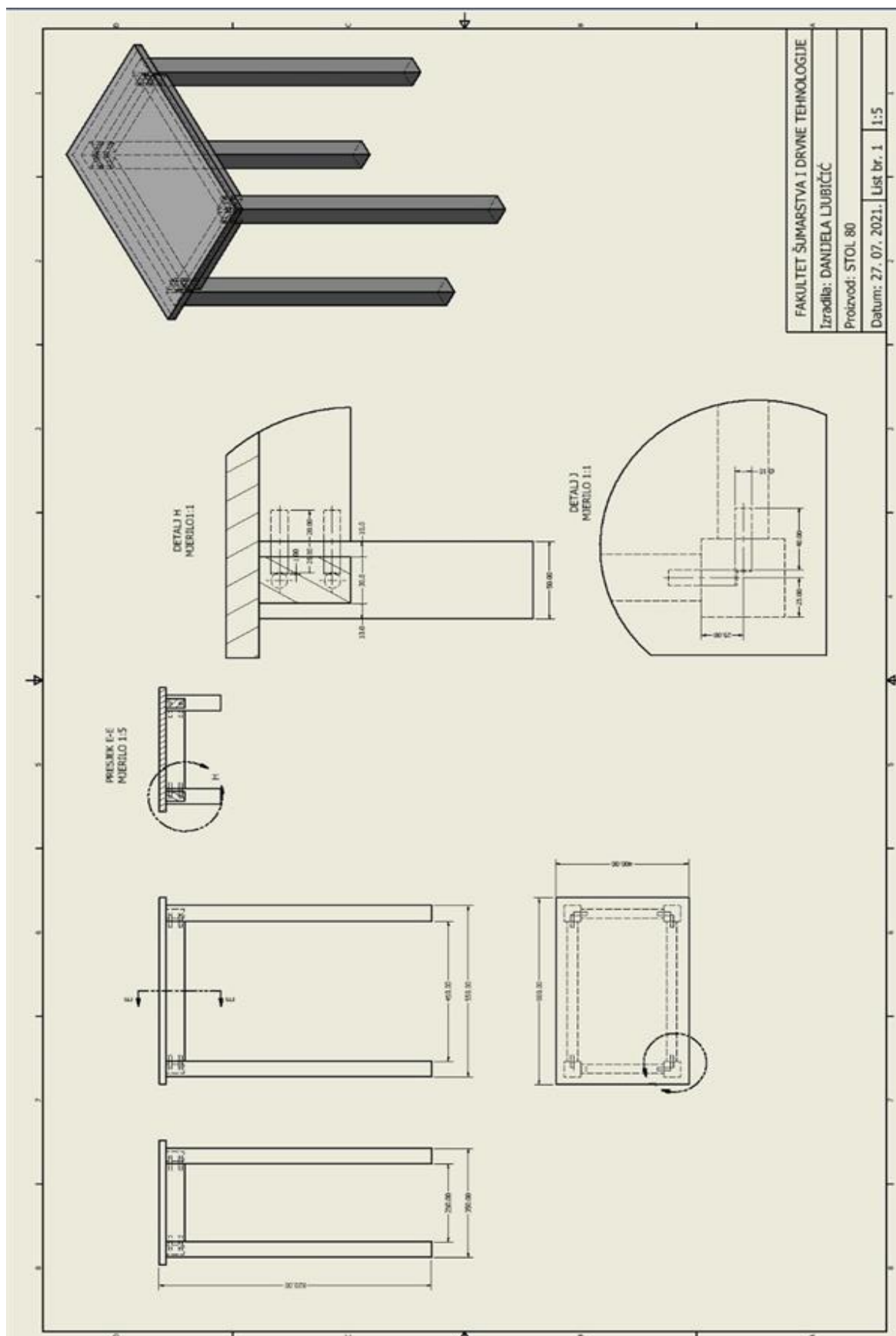
4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA

Prije su se tehnički crteži mogli izrađivati samo ručno uz pomoć pribora za crtanje. Danas je tehničko crtanje potpomognuto CAD računalnim programima ili je bazirano na trodimenzionalnom modeliranju kao što je primjer programa Inventor. Za razliku od Inventora, Blender nema mogućnost izrade tehničke dokumentacije

konstruiranog modela. Inventor ima mogućnost stvarati tehničku dokumentaciju konstruiranog modela uz pomoć idw izlazne datoteke.

Cilj tehničkog crteža je prikaz modeliranog objekta u svim mogućim pogledima i presjecima sa svim potrebnim detaljima. Glavna značajka tehničkog prikaza jest taj da tehnički crtež mora biti pregledan, uredan, jednostavan i razumljiv zato što je to način komunikacije koji ima ulogu u konstruiranju i procesu izrade fizičkog proizvoda.

4. MATERIJALI I METODE ISTRAŽIVANJA



Slika 32. Tehnički crtež izrađen programom Inventor

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

Rezultati su dobiveni izradom trodimenzionalnog modela stola u CAD programima Inventor i Blender na temelju zadanih parametara te su uspoređeni s izvedenom anketom korisnika u kojoj je varirao broj odgovora na pojedina pitanja od minimalno 7 do maksimalno 328 anketiranih.

Tablica 1. Prikaz rezultata anketiranih korisnika koji koriste računalne programe Blender i Inventor

Kategorija	Blender Ocjena/broj anketiranih	Inventor Ocjena/broj anketiranih
Zajedničke mogućnosti	Za izradu arhitektonskih vizualizacija, video igara, animacija, video efekata, 3D vizualizacija, 3D modeliranja i 3D tiska	Dizajn proizvoda i stroja, opće primjenjiv CAD program, simulacije i proračuni, mogućnost daljnje upotrebe
Cijena	Besplatan	Godišnja pretplata- 18,364.50 kn
Zahtjevi računala	8.8/154	8.8/328
Lakoća korištenja	6.7/154	8.3/328
Lakoća instaliranja	8.7/9	7.8/92
Dostupnost Administratora	8.0/9	7.6/92
Kvaliteta podrške	8.4/133	8.0/302
Korisnost programa u biznisu	8.8/7	8.1/88
Ukupna ocjena	8.8/153	8.2/323
Izlazne datoteke	Obj, fbx, dae, abc pdf, img, jpeg, bmp, tiff, stl	
Izvedivost tehničke dokumentacije	Da uz veće komplikacije	Da
Mogućnosti trodimenzionalnog prikaza	Da	Da
Animacija	Da	Da
Simulacije i inženjerski proračuni	Ne	Da

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA S RASPRAVOM

Tablica 2. Rezultati korištenja programa Blender i Inventor prema veličini tvrtki anketiranih

Veličina tvrtke	Blender Postotni udio	Inventor Postotni udio
Male tvrtke(do 50 zaposlenih)	72.3%	34.4%
Srednje tvrtke(od 51 do 1000 zaposlenih)	12.6%	43.5%
Velike tvrtke(više od 1000 zaposlenih)	15.1%	22.0%

Tablica 3. Rezultati korištenja programa Blender i Inventor prema području primjene korisnika

Industrije u kojoj se koristi	Blender Postotni udio	Inventor Postotni udio
	Dizajn-10.0%	Industrijski dizajn i inženjering-23.4%
	Kompjuterske igre-10.6	Strojarstvo-8.2%
	Animacija-10.0%	Dizajn-7.1%
	Kompjuterski softver-7.5%	Konstrukcije-4.9%
	Arhitektura-5.0%	Komunalne usluge-4.3%
	Ostalo-58.9%	Ostalo-52.2%

Maksimalan broj u anketi usporedbe programa za program Blender iznosio je 154, a za Inventor 328 ispitanika što govori o primjeni oba programa. Prema broju ispitanika i učestalosti korištenja programa Inventor također je dvostruko veća za potrebe inženjerskog dizajna što je bilo i očekivano (Tablica 1).

Iz rezultata ankete vidljiva je razlika u pristupačnosti nabave oba programa pri čemu je program Blender besplatan, a cijena Inventora je različita s obzirom na potrebno vrijeme korištenja koja npr. Za godišnje korištenje iznosi 18,364,50 kn, Tablica 1. Pri tome treba naglasiti da je program Inventor za potrebe edukacije besplatan za obrazovne i znanstveno istraživačke ustanove (Tablica 1).

Prikaz veličine tvrtki govori o najvećoj učestalosti korištenja programa Blender u malim tvrtkama u velikom postotku od 72, 3 %, dok podaci za program Inventor nisu tako različito distribuirani po veličini tvrtke od kojih se ipak najviše koristi u srednje velikim tvrtkama s udjelom od 43,5 % (Tablica 2).

Vidljivo je da program Blender u procesu projektiranja i pripreme dokumentacije sudjeluje s 10% (Dizajn) dok program Inventor pokriva 35,4% (Industrijski dizajn i inženjering, Dizajn i Konstrukcije). (Tablica 3).

Prema vlastitom mjerenju vremena za izradu 3D modela u Inventoru uključujući i izradu tehničkog crteža trebalo je 37 minuta i 43 sekunde, od čega je na izradu tehničkog crteža utrošeno 11 minuta i 30 sekundi, a u Blenderu 25 minuta i 54 sekunde bez izrade tehničkog crteža.

Svladavanje osnova modeliranja 3D objekata s izradom osnovne konstrukcijske dokumentacije u Inventoru trajalo je 4 mjeseca, a u Blenderu 9 mjeseci.

6. ZAKLJUČAK

Izradom modela stolića dokazana je mogućnost primjene oba programa u modeliranju namještaja.

Za model stola u programu Inventor bilo je potrebno 30% više vremena od modela izrađenog u Blenderu. Potrebno je naglasiti da je u programu Inventor izrađen dodatno i tehnički crtež proizvoda u ortogonalnoj projekciji s unesenim dimenzijama i vidljivim oblikom sastavljanja u karakterističnom pogledu, presjeku i detalju.

Iako u Blenderu postoji mogućnost izrade tehničkog crteža, njegova izrada je nešto složenija od onog izrađenog u Inventoru, a tehnički crtež nije direktno povezan s modelom kao u Inventoru što je važno za brzo stvaranje inačica.

Broj izlaznih datoteka također je bio veći u programu Inventor i primjereniji daljnjem tijeku izrade dokumentacije dokazuje se preciznošću modeliranja i izrade tehničkog crteža, brzinom 3D modeliranja, mogućnost izrade potrebnih izlaznih datoteka i vizualizacijom konstruiranog 3D objekta.

Podrška je visoko dostupna za oba programa.

Program Blender moguće je koristiti bez novčane naknade i time je dostupniji. Budući da je program Inventor za učenike i studente besplatan cijena koju treba platiti tvrtka za korištenje dio je troškova proizvodnje kojeg tvrtka može opravdati u svom poslovanju, a ovisno o intenzitetu rada tvrtka ima mogućnost pretplatiti se na program na kraće ili dulje razdoblje.

Vrijeme za savladavanje programa ide u korist Inventora za koji je bilo potrebno dvostruko kraće vrijeme za njegovo savladavanje što se može pripisati vođenim vježbama unutar nastave za razliku od Blendera koji je učen samostalno.

LITERATURA

1. <https://www.autodesk.com/solutions/3d-visualization-software> Pristupljeno 22. 07. 2021.
2. <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/3d-modeling-software-design-process-benefits/> Pristupljeno 22. 07. 2021.
3. <https://www.blender.org/foundation/history/> Pristupljeno 22. 07. 2021.
4. <https://www.g2.com/compare/blender-vs-inventor> Pristupljeno 22. 07. 2021.
5. <https://www.prior.hr/programi/autodesk-inventor/> Pristupljeno 22. 07. 2021.
6. ***2021. Inventor, vesion 2020, Autodesk
7. ***2021. Blender, version 2021