

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

DIPLOMSKI RAD
sveučilišnog dodiplomskog studija

Goran Dujak
12044780

Slavonski Brod, 2012.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

DIPLOMSKI RAD

sveučilišnog dodiplomskog studija

Goran Dujak
12044780

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

Slavonski Brod, 2012.

I. AUTOR

Ime i prezime: Goran Dujak

Mjesto i datum rođenja: Gradačac, 10.09.1980. g.

STROJARSKI FAKULTET U SLAVONSKOM BRODU

Datum završetka nastave: 2006. g.

Sadašnje zaposlenje: Nastavnik, OŠ Vladimir Nazor, Odžak

II. DIPLOMSKI RAD

Naslov: Izrada digitalne dokumentacije pločastog kolektora sunčevog zračenja

Broj stranica: 74 slika: 91 tablica: 2 priloga: 1 bibliografskih podataka: 6

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

Postignut akademski naslov: **diplomirani inženjer strojarstva**

Voditelj rada: doc. dr. sc. Tomislav Galeta

Obranjeno na **Strojarskom fakultetu u Slavonskom Brodu**

Oznaka i redni broj rada: _____

III. OCJENA I OBRANA

Datum preuzimanja zadatka: 20.04.2012.

Datum predaje rada: 03.07.2012.

Datum obrane rada: _____

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

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

Povjerenstvo za diplomske ispite
Sveučilišnog dodiplomskog studija
U Slavonskom Brodu, 20. 4. 2012.

DIPLOMSKI ZADATAK

Pristupnik **Goran Dujak**

Zadatak: **Izrada digitalne dokumentacije solarnog toplinskog kolektora**

Rješenjem zadatka potrebno je obuhvatiti sljedeće:

1. Objasniti općeniti postupak izrade digitalne dokumentacije proizvoda
2. Pojasniti posebnosti solarnog toplinskog kolektora
3. Obrazložiti odabir računalnog alata
4. Opisati postupak izrade dokumentacije kolektora
5. Analizirati i diskutirati postupak izrade

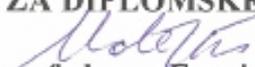
U diplomskom se radu treba obvezno pridržavati **Uputa za izradu diplomskog rada.**

Zadatak uručen pristupniku: **20. 4. 2012.**

Rok predaje diplomskog rada: **3. 7. 2012.**

Datum predaje diplomskog rada: _____

**PREDSJEDNIK POVJERENSTVA
ZA DIPLOMSKE ISPITE:**


prof. dr. sc. Franjo Matejiček



ZADATAK ZADAO:


doc. dr. sc. Tomislav Galeta

IZJAVA

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

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

Posebnu zahvalnost želim izraziti gospodinu Ismetu Salihović iz Udruženja Centar za razvoj i podršku (CRP) u Tuzli, koji mi je pomogao svojim stručnim i praktičnim savjetima, te mi omogućio pristup podacima vezanih za pločasti kolektor sunčevog zračenja CRP IS-02, potrebnih za izradu diplomskog rada.

SAŽETAK

U diplomskom radu cilj je opisati postupak izrade digitalne dokumentacije pločastog kolektora sunčevog zračenja CRP IS-02, te faze modeliranja modela.

U teorijskom dijelu diplomskog rada opisane su glavne komponente solarnog toplinskog sustava i solarni pločasti kolektor.

U praktičnom dijelu za izradu dokumentacije odabran je program *Autodesk Inventor*. Kod modeliranja solarnog kolektora korištene su aktualne smjernice za modeliranje dijelova i sklopova, te su sve faze modeliranja detaljno objašnjene.

Ključne riječi: digitalna dokumentacija, solarni kolektor, Inventor, modeliranje.

SADRŽAJ

PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

1	UVOD	1
2	OPIS PLOČASTOG KOLEKTORA SUNČEVOG ZRAČENJA CRP IS-02	2
2.1	GLAVNE KOMPONENTE SOLARNOGA TOPLINSKOGA SUSTAVA	3
2.1.1	<i>Pojam selektivnosti apsorbera.....</i>	<i>3</i>
2.2	SOLARNI PLOČASTI KOLEKTOR	5
2.3	POLOŽAJ, USMJERENJE I RAZMAK KOLEKTORA	12
2.3.1	<i>Solarni doprinos i položaj solarnih kolektora</i>	<i>12</i>
2.3.2	<i>Moguće izvedbe postavljanja solarnih kolektora</i>	<i>12</i>
2.3.3	<i>Primjeri postavljanja solarnih kolektora.....</i>	<i>13</i>
2.3.4	<i>Razmak između redova kolektora</i>	<i>14</i>
3	AUTODESK INVENTOR.....	16
4	IZRADA DIGITALNE DOKUMENTACIJE PROIZVODA	19
5	POSTUPAK IZRADA DOKUMENTACIJE KOLEKTORA	22
5.1	RADNO OKRUŽENJE PROGRAMA	23
5.1.1	<i>Radne ravnine i osi</i>	<i>25</i>
5.2	IZRADA SKICE, PROFILA I OBLIKOVANJE 3D OBJEKTA	25
5.2.1	<i>Oblikovanje navoja na objektu</i>	<i>35</i>
5.2.2	<i>Oblikovanje elemenata ekstrudiranjem po putanji – Sweep.....</i>	<i>37</i>
5.2.3	<i>Izrada objekta od tankog lima – Sheet Metal</i>	<i>39</i>
5.3	IZRADA SKLOPOVA SOLARNOG KOLEKTORA.....	44
5.4	IZRADA TEHNIČKIH CRTEŽA	48
6	ANALIZA I DISKUSIJA POSTUPKA.....	63
7	ZAKLJUČAK.....	64
8	LITERATURA	65
	PRILOG I: KOMPAKTNI DISK S PDF DATOTEKOM I S RADNIM DATOTEKAMA DIPLOMSKOG RADA	66

PREGLED VELIČINA, OZNAKA I JEDINICA

CRP	Centar za razvoj i podršku
λ	intenzitet zračenja, μm
ρ	refleksijski faktor
α	apsorpcijski faktor
ε	emisijski faktor
λ_s	presjek sunčevog i toplinskog spektra absorbera
α/ε	omjer selektivnosti
τ	transmisijski faktor
G	koeficijent apsorpcije
KV	polazni priključak solarnog kruga
KR	povratni priključak solarnog kruga
z	razmak između redova kolektora, mm
h	visina kolektora, mm
α_p	kut visine sunca u podne, $^\circ$
β	kut nagiba kolektora, $^\circ$
3D	trodimenzionalno
2D	dvodimenzionalno
DWG	(engl. <i>Drawing</i>) crtež
CAD	(engl. <i>Computer Aided Design</i>) računalom podržano konstruiranje
ANSI	Američki nacionalni standard
DIN	Njemački nacionalni standard
GOST	Ruski nacionalni standard
ISO	Međunarodni standard

1 UVOD

U ovom diplomskom radu je opisan postupak izrade digitalne dokumentacije pločastog kolektora sunčevog zračenja CRP IS-02. Digitalnu dokumentaciju kolektora izradio sam osobno. Za izradu dokumentacije korišten je program za prostorno modeliranje *Autodesk Inventor*. U *Autodesk Inventor*-u je napravljen prostorni model kolektora kao i izvedbena dokumentacije.

Kolektor sunčevog zračenja tip CRP IS-02 je proizvod Udruženja Centar za razvoj i podršku (CRP), Tuzla, Bosna i Hercegovina, koji je nastao pri realizaciji jednog od mnogobrojnih projekata Udruženja CRP. U realizaciji projekta „Obuka za izradu solarnih kolektora“ Udruženje CRP vrši obuku neuposlenih mladih osoba u općini Tuzla za izradu solarnih kolektora i instaliranje sustava za pripremu tople vode. Kolektor CRP IS-02 izrađen je kao prototip, bez tehničke dokumentacije. Tek nakon ispitivanja kolektora pri Fakultetu strojarstva i brodogradnje u Zagrebu, u Laboratoriji za toplinu i toplinske uređaje i dobivanja certifikata Br. 03217-1-165/10 ukazana je potreba za izradom tehničke dokumentacije.

U *drugom poglavlju* diplomskog rada opisan je kolektor sunčevog zračenja CRP IS-02 i prikazane su osnovne karakteristike kolektora. U nastavku su opisane glavne komponente solarnoga toplinskoga sustava i solarni pločasti kolektor.

Treće poglavlje odnosi se na odabrani sustav za izradu digitalne dokumentacije. Opisan je sustav *Autodesk Inventor* za projektiranje na računalu. Prikazane su mogućnosti programa i rješenja koja program nudi u cilju rješavanja konstruktorskih problema.

U *četvrtom poglavlju* je objašnjen općeniti postupak izrade digitalne dokumentacije proizvoda.

U *petom poglavlju* detaljno je obrađena izrada modela i digitalne dokumentacija solarnog kolektora CRP IS-02 kroz dijelove koji čine sklop solarnog kolektora. Objasnjeni su osnovni postupci modeliranja dijelova kao i postupci definiranja ograničenja između dijelova u sklopu i nastanak konačnog modela.

U *šestom poglavlju* je izvršena analiza i diskusija postupka izrade digitalne dokumentacije solarnog kolektora.

2 OPIS PLOČASTOG KOLEKTORA SUNČEVOG ZRAČENJA CRP IS-02

U poglavlju će biti opisani pločasti kolektor sunčevog zračenja CRP IS-02, glavne komponente solarnog toplinskog sustava i solarni pločasti kolektor. Također će biti opisani položaj, usmjerenje i razmak kolektora.

Kolektor sunčevog zračenja tip CRP IS-02 primjenjuje se prvenstveno u sustavima za zagrijavanje potrošne vode i vode za bazene te u sustavima centralnog grijanja s akumulacijom topline. Mjerenja toplinskih i hidrauličkih karakteristika kolektora provedena su u dijelu Laboratorija za toplinu i toplinske uređaje, za ispitivanje uređaja i sustava za korištenje obnovljivih izvora energije „Sunca“ pri Fakultetu strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu i to prema normi HRN EN 12975-2.

Kolektor sunčevog zračenja tip CRP IS-02 proizvođača CRP, je pločasti kolektor namijenjen prijemu sunčevog zračenja u svrhu zagrijavanja nositelja topline (voda, rasolina¹) koji struji kroz kolektor.



Slika 2.1 Pločasti kolektori sunčevog zračenja tip CRP IS-02

Na apsorbersku ploču kolektora pričvršćen je registar paralelno postavljenih cijevi promjera $\text{Ø}22 \times 0,8$ mm. Spoj cijevi s apsorpcijskom pločom je ostvaren mekim lemljenjem u utore cijelom duljinom cijevi. Kolektor je izoliran sa stražnje strane slojem izolacije od kamene vune debljine 40 mm, a bočne strane slojem od 20 mm tervola. Pokrovno staklo je kaljeno prizmatične strukture, elastično brtvljeno i učvršćeno za okvir. Na ploču apsorbera nanesen je selektivni premaz tip TINOX. Kućište kolektora je izrađeno od plastificiranog čeličnog lima debljine 0,5 mm. Tablica 2.1 daje tehničke podatke o karakteristikama kolektora.

¹ Rasolina je sredstvo za zaštitu od smrzavanja. Rasoline su otopine soli u kapljevini, najčešće vodi (smjesa vode i propilenglikola).

Tablica 2.1 Karakteristike kolektora CRP IS-02, CRP, Tuzla

	Mj. jed.	
Dimenzije kolektora	mm	2000×960×100
Bruto površina	m ²	1,92
Površina upada svjetlosti	m ²	1,784
Premaz apsorbera		TINOX
Apsorpcijski koeficijent	%	95 ± 2
Emisijski koeficijent	%	5 ± 3
Cijevni registri	mm	Ø8×0,5
Sakupljači cijevi	mm	Ø22×0,8
Volumen apsorbera	L	1,0
Transparentni pokrov	mm	4 mm kaljeno prizmatično solarno staklo
Transmisijski koeficijent	%	90 ± 2
Broj priključaka	kom	4
Max. radni pretlak	bar	10
Toplinska izolacija stražnjeg dijela	mm	50 mm kamene vune
Toplinska izolacija stranica	mm	20 mm Tervol
Masa kolektora	kg	45
Radni medij u sustavu		mješavina propilenglikola i vode

2.1 Glavne komponente solarnoga toplinskoga sustava

U nastavku ovog poglavlja bit će opisane glavne komponente solarnoga toplinskoga sustava kao i solarni pločasti kolektor, a opis je većinom preuzet iz knjige "Solarni sustavi" - [1].

Glavne komponente aktivnoga solarnog sustava za grijanje i/ili pripremu potrošne tople vode su solarni kolektor, spremnik topline, crpna stanica, automatika i regulacija te eventualno pomoćni grijač. Ostali sastavni dijelovi solarnog sustava su polazni i povratni vod, sigurnosni ventili, ekspanzijska posuda, zaporni ventili, nepovratni ventili, manometar, termometar, sigurnosni graničnik temperature (ako je potreban), osjetila temperature kolektora i spremnika, armatura za punjenje i pražnjenje, odzračnici te po potrebi termostatski miješajući ventil. Ipak, dvije najvažnije komponente solarnog sustava, koji čine cijenom do 60 % sustava su solarni toplinski kolektor (pločasti ili vakuumski) i spremnik topline [1].

2.1.1 Pojam selektivnosti apsorbera

Gotovo sva energije od sunca koja dolazi na zemljinu površinu nalazi se u području valnih duljina od 0,3 μm do 2,5 μm , s maksimumom intenziteta zračenja u vidljivom području ($\lambda = 0,48 \mu\text{m}$). Predmeti na zemljinoj površini apsorbiraju tu energiju i reemitiraju je u infracrvenom području, tj. u području valnih duljina od približno 2 μm do oko 30 μm . Činjenica da se spektar sunca i spektar kolektora preklapaju u vrlo uskom području valnih duljina iskorištava se za dobivanje selektivnih apsorbera.

Optička svojstva apsorbera, opisana pomoću apsorpcijskog i transmisijskog faktora, jako utječu na rad i učinkovitost kolektora. Idealni selektivni apsorber trebao bi gotovo potpuno apsorbirati upadno sunčevo zračenje, a minimalno emitirati toplinsko (infracrveno zračenje). Bilo bi poželjno proizvesti što bolje selektivne apsorbere koji bi jako apsorbirali kraće valne duljine, a bili bi slabi emiteri duljih (infracrvenih) valnih duljina.

Od $\lambda = 0,3 \mu\text{m}$ do točke u kojoj se sunčev spektar i toplinski spektar apsorbera presijecaju (λ_s), refleksijski je faktor $\rho = 0$, apsorpcijski je faktor $\alpha = 1$, a za $\lambda > \lambda_s$ apsorpcijski bi faktor trebao biti nula. Naravno, karakteristike stvarnih selektivnih apsorbera samo se, više ili manje, približavaju toj idealnoj karakteristici.

Tablica 2.2 daje svojstva nekih apsorpcijskih površina za faktore apsorpcije, emisije i omjer selektivnosti.

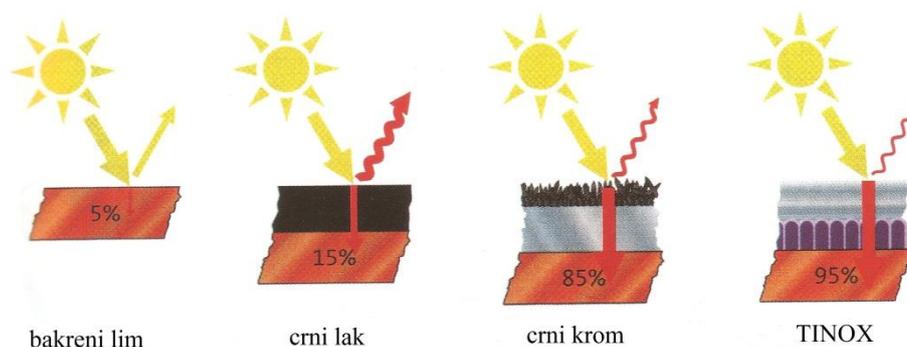
Tablica 2.2 Svojstva nekih apsorpcijskih površina

površina	apsorpcijski faktor α	emisijski faktor ε	omjer selektivnosti α/ε
neselektivna			
crna boja	0,9	0,9	1
čađa	0,95	0,95	1
crni nikal	0,9	0,12	7,5
crni krom	0,95	0,15	6,3
crni bakar	0,89	0,1	8,9
željezni oksid	0,8	0,1	8

Selektivnost nekog uzorka opisuje se tzv. omjerom selektivnosti α/ε . Taj omjer je za neselektivni apsorber jednak jedinici, a za dobre selektivne površine je oko 10. Međutim, pokazalo se da omjer selektivnosti nije jedino mjerilo kvalitete selektivnog apsorbera pri niskotemperaturnim primjenama u pločastim kolektorima. Katkad je apsorber s većim omjerom α/ε lošiji od apsorbera s manjim omjerom zbog manjeg apsorpcijskog faktora ili prozora slabije propusnosti. Međutim, omjer selektivnosti bitan je za visokotemperaturne primjene u koncentrirajućim kolektorima. Za pravilan izbor apsorbera potrebno je proračunati konkretan solarni doprinos i tada izabrati najbolje i najekonomičnije rješenje.

Većina metala prikladnih za apsorbere vrlo je slabe spektralne selektivnosti. Selektivnost se može poboljšati nanošenjem tankih filmova ili poluvodičkih slojeva na površinu metala ili obradom apsorpcijske površine. Odabiranjem vrste i debljine filma te mikrostrukture njegove površine može se povećati apsorpcijski faktor u području sunčeva spektra, a smanjiti faktor emisije u infracrvenom području. Složeniji poluvodički slojevi imaju vrlo dobru selektivnost (omjer selektivnosti oko 20), ali nisu mehanički stabilni, također nisu ekonomični i teže ih je izraditi na većim površinama. Jednoslojni filmovi nanoseni premazivanjem, neparivanjem i elektrolitičkim procesima pogodniji su za proizvodnju i primjenu.

Posebno su pogodni za postizanje selektivnih svojstava slojevi crnog kroma i nikla. Apsorpcijske površine od crnog nikla dobivene elektrolizom na podlozi od galvaniziranog željeza već se godinama primjenjuju u komercijalnim grijačima vode. Crni krom, koji se proizvodi tako da se na podlogu (bakar, željezo) elektrolitski nanese sloj nikla i na njega sloj krom-oksida, također se koristi u komercijalno izrađenim kolektorima. Slika 2.2 pokazuje faktor apsorpcije običnog bakrenog lima, zatim crnog laka, crnog kroma pa do specijalnog visoko apsorpcijskog TINOX sloja koji se uglavnom koristi kod izrade današnjih apsorbera odnosno pločastih kolektora.



Slika 2.2 Djelovanje selektivnog sloja

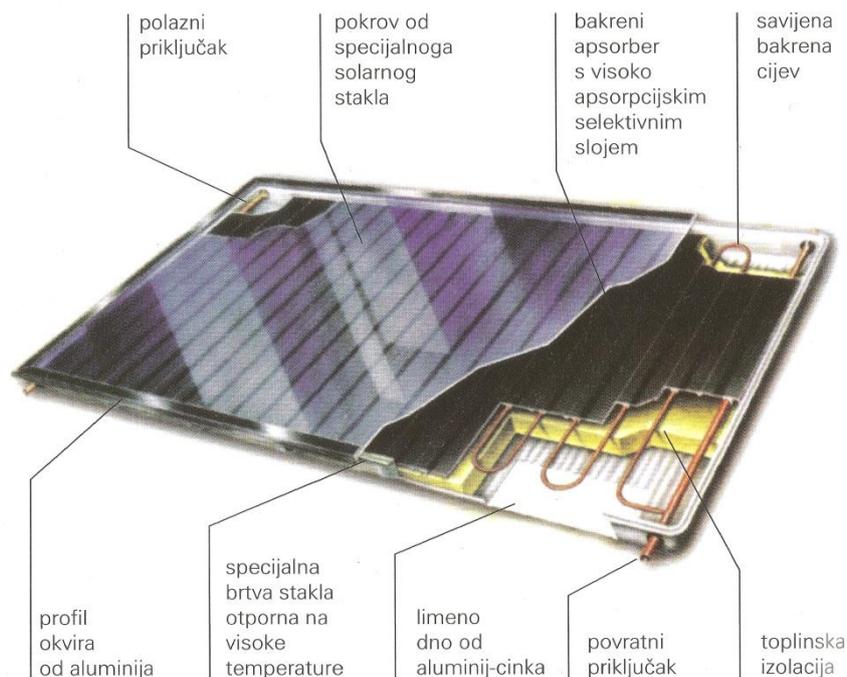
Crni bakar (bakar-oksidi na bakru) također je dobra selektivna površina, a lakše se proizvodi nego crni nikal odnosno krom. Dobiva se tako da se očišćena bakrena ploča uroni u zagrijanu vodenu otopinu NaOH i $K_2S_2O_8$ i drži u otopini dovoljno dugo da se na njoj stvori sloj crnog bakar-oksida s potrebnim selektivnim svojstvima.

2.2 Solarni pločasti kolektor

Pločasti (ravni) kolektori uglavnom se koriste u sustavima za pripremu potrošne tople vode i grijanja prostora. Obično se instaliraju na krov zgrade okrenuti prema jugu i nagnuti prema horizontali. Ravni kolektori apsorbiraju osim izravnoga i raspršeno zračenje te je za njihov rad bitno ukupno zračenje koje upada na njihovu površinu. Kut nagiba kolektora prema horizontali potrebno je izabrati tako da kolektor bude najučinkovitiji u onom dijelu godine kad je najpotrebnija energija koju kolektor daje.

Obično se u našim zemljopisnim širinama odabire nagib kolektora od 35° do 45° i tako čini kompromis kojim se postiže da od proljeća do jeseni kolektor prima sunčevo svjetlo prosječno 7 do 8 sati dnevno. Želimo li da kolektor bude učinkovitiji zimi, a manje učinkovit ljeti, trebamo ga postaviti strmije. Čak i okomito postavljen kolektor (npr. na južni zid zgrade) može zimi dobro djelovati. Ipak je najbolje prema zadanim uvjetima proračunati optimalan nagib kolektora. Pri izboru vrste kolektora ne smije se zaboraviti ekonomičnost pa je potrebno naći kompromis između učinkovitosti i cijene kolektora. Pritom je potrebno promatrati ne samo cijenu kolektora nego i cijenu čitavog sustava.

Solarni kolektor jedan je od najvažnijih dijelova solarnog sustava za pripremu potrošne tople vode i/ili grijanje. Solarni kolektor najjednostavniji je uređaj za pretvaranje sunčeve energije u toplinsku. Tehnologija izrade kolektora već je potpuno usvojena, automatizirana i kolektori se proizvode u velikim serijama širom svijeta. Slika 2.3 prikazuje presjek pločastog kolektora.

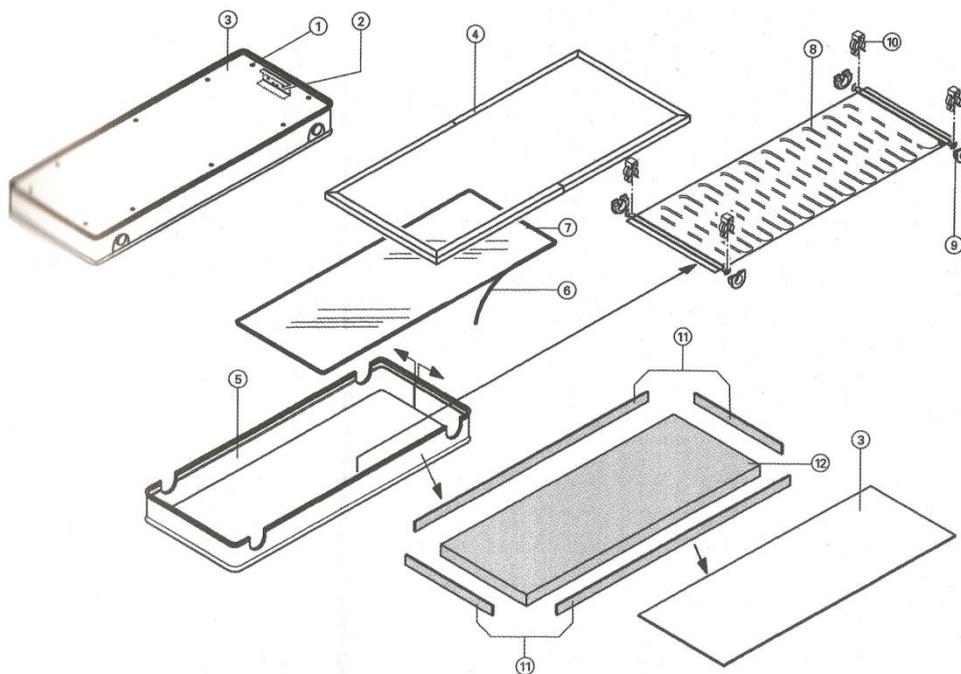


Slika 2.3 Presjek pločastog kolektora, Viessmann

Glavni sastavni dio pločastog kolektora je bakreni apsorber prevučen slitinastim titanom koji jamči visoko upijanje kratkovalnog sunčeva zračenja i nisku emisiju dugovalnoga toplinskog zračenja. Na apsorberu se nalazi bakrena savijena cijev s integriranim sabirnim vodovima kroz koju struji toplinski medij.

Toplinski medij preuzima toplinu apsorbera preko bakrene cijevi i odvodi je do spremnika topline. Apсорber je okružen dobro izoliranim kućištem kolektora čime se postižu minimalni toplinski gubici kolektora. Toplinska izolacija visokog stupnja kakvoće otporna je na visoke temperature. Kolektor se pokriva staklenom pločom s malim sadržajem željeza, čime se povećava transmisija sunčeva zračenja.

Slika 2.4 detaljno prikazuje sastavne dijelove pločastog kolektora kod njegove montaže odnosno demontaže. Ta slika može poslužiti i pri samostalnoj gradnji solarnih kolektora, na primjer ako se želi pokazati koje su to glavne komponente solarnoga pločastoga (ravnog) kolektora i kako to solarni kolektor zagrijava vodu odnosno radni medij koji prenosi toplinsku energiju do spremnika topline.



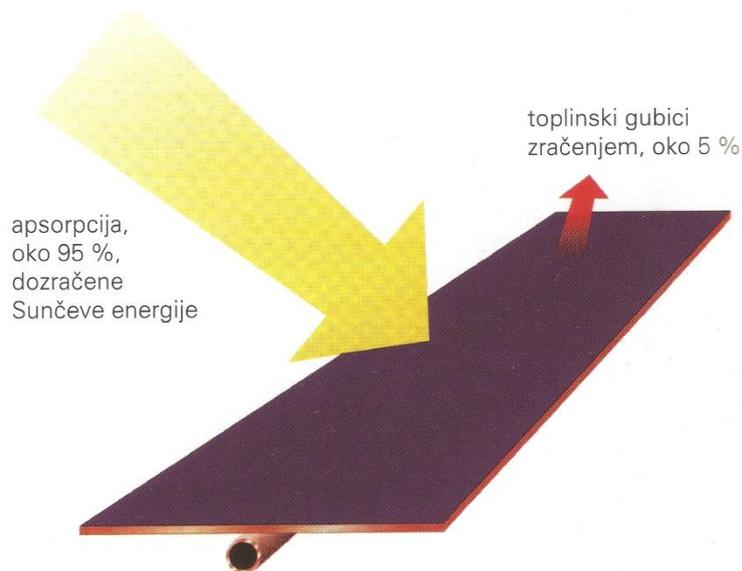
Slika 2.4 Sastavni dijelovi pločastog kolektora, Viessmann

Sastavni dijelovi pločastog kolektora su:

1. pričvrstne točke lima kolektora
2. pričvrstni lim kolektora
3. limeno dno kolektora
4. pokrivne letvice
5. profil okvira
6. silikonska brtvena masa
7. stakleni pokrov (solarno staklo s malim udjelom željeza)
8. bakreni apsorber kolektora
9. provodnice spojne cijevi
10. pričvrstni dio
11. bočna toplinska izolacija
12. stražnja toplinska izolacija

Pločasti kolektori imaju trajno brtvljenje i visoku stabilnost zbog okolno svinutoga aluminijskog okvira i izravno izvedenog zabrtvljenja ploče. Stražnja stjenka sigurna je od proboja i otporna na koroziju. Brzo i sigurno priključenje pločastih kolektora omogućuje fleksibilni utični spojnik od spiralne cijevi koja je od plemenitog čelika i zabrtvljena O-prstenovima. Priključni set s vijčanim spojkama sa steznim prstenom omogućuje jednostavan spoj kolektorskog polja s cjevovodom solarnog kruga. U polazni vod solarnog kruga preko seta uranjajućih čahura montira se osjetnik temperature kolektora.

Uloga kolektora bolje rečeno apsorbera je obavljanje nekoliko važnih funkcija. Prvo i najvažnije što bolje apsorbirati dozračenu sunčevu energiju, zatim imati što manje toplinske gubitke i na kraju što bolji prijenos topline s apsorbera na radni medij (Slika 2.5).



Slika 2.5 Funkcija kolektora (apsorbera)

Da bi se smanjili toplinski gubici apsorbera, on se mora pokriti. Najjednostavniji materijal za pokrov je staklo, a osim stakla mogu se koristiti i neke vrste plastičnih materijala. Uglavnom kolektori koji se danas izrađuju imaju stakleni pokrov, od 3 do 5 mm debljine. Obično bi prozorsko staklo npr. debljine 3 mm bilo najjednostavnije rješenje. Međutim radi smanjenja apsorpcije, koja je u prozorskom staklu relativno velika, za solarne pločaste toplinske kolektore koristimo se posebnim vrstama stakla.

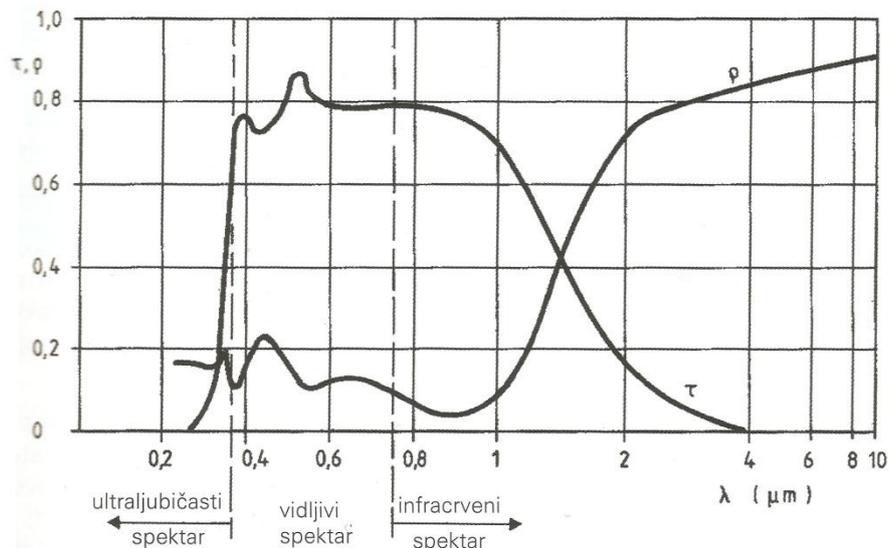
Materijal pokrova treba imati što veći transmisijski faktor za područje sunčeva spektra ($0,3 \mu\text{m} < \lambda < 2 \mu\text{m}$), a što manji za toplinsko zračenje koje emitira apsorber ($\lambda > 2 \mu\text{m}$). Staklo ima upravo takva svojstva, ono je propusno (transmisijski faktor τ oko 0,9) za gotovo cijeli sunčev spekter, a nepropusno (0) za infracrveno zračenje. Zbog toga sunčevo zračenje na putu do apsorbera lako prođe kroz stakleni pokrov, a infracrveno (toplinsko) zračenje koje emitira ugrijani apsorber ne može izaći iz $\tau =$ kolektora nego se apsorbera i reflektira na staklenom pokrovu.

Transmisijski faktor stakla u području sunčeva spektra ($0,3 \mu\text{m} < \lambda < 2 \mu\text{m}$) uglavnom je konstantan i iznosi oko 0,8 – 0,9 (ovisno o vrsti i debljini stakla). U infracrvenom području ($\lambda > 3 \mu\text{m}$) transmisijski faktor vrlo je malen, pa je staklo nepropusno za infracrveno zračenje što povećava učinkovitost kolektora sa staklenim pokrovom. Za razliku od stakla plastična folija obično nema tako dobra optička svojstva i njezin infracrveni transmisijski faktor mijenja se ovisno o valnoj duljini. Slična svojstva imaju i neki drugi plastični materijali.

Budući da je transmisijski faktor $\tau = 1 - \rho - \alpha$, materijal za pokrove treba imati što manji refleksijski faktor ρ i što manji apsorpcijski faktor α . Refleksijski faktor ovisi o indeksu loma i on je manji što je indeks loma manji.

Radi osiguranja dovoljne mehaničke čvrstoće obično se uzima malo deblje staklo, npr. od 4 do 5 mm, međutim ono tada smanjuje transmisiju. Slika 2.6 prikazuje ovisnost faktora refleksije ρ i faktora transmisije τ o valnoj duljini zračenja za pokrov kolektora od stakla.

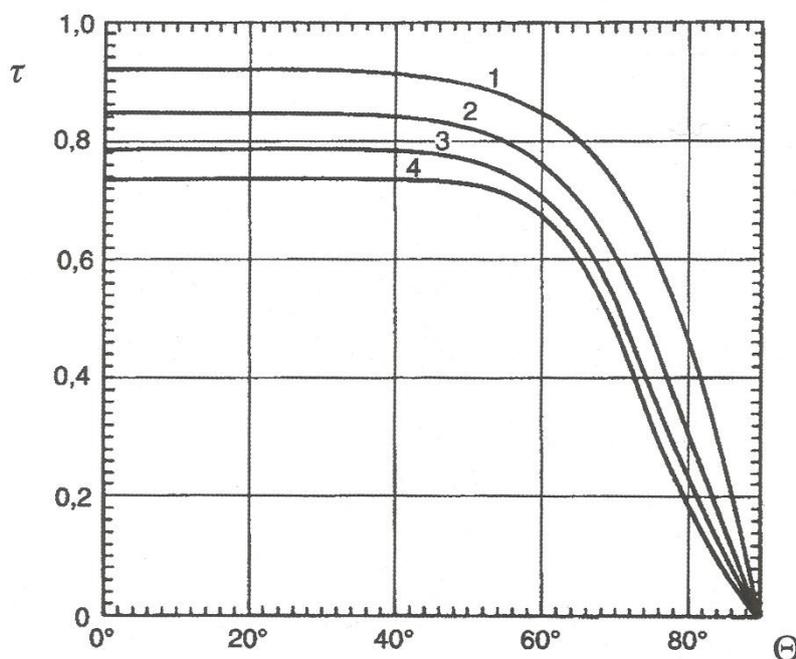
Dozračeno sunčevo zračenje nakon prolaza kroz pokrov uz pretpostavku da nema apsorpcije iznosi τG . Koeficijent transmisije pokrova stakla ovisan je o kutu upada sunčeva zračenja. Slika 2.7 prikazuje ovisnost koeficijenta transmisije o kutu upada za staklo indeksa refleksije 1,526 uz zanemarenje apsorpcije u staklu.



Slika 2.6 Ovisnost faktora refleksije ρ i faktora transmisije τ o valnoj duljini zračenja za pokrov staklenog kolektora

Apsorber upija dio toka sunčeva zračenja $\tau\alpha G$ (koeficijent apsorpcije praktično je neovisan o kutu upada sunčevih zraka) dok se ostali dio $(1 - \alpha)\tau G$ ponovno vraća na staklo pod većim upadnim kutovima radi raspršenja na plohi apsorbera.

Apsorpcija u staklu ovisi o vrsti (sastavu) stakla i o duljini puta sunčeve zrake kroz staklo. Pri tome je posebno važan sadržaj željezo (III)-oksida (Fe_2O_3) u staklu. Obično prozorsko staklo debljine 2 mm ima koeficijent apsorpcije oko 3 %, a 5 % ako je debelo 3 mm. Staklo s vrlo malim postotkom željeza ima vrlo malu apsorpciju, pa transmisija gotovo ne ovisi o debljini. Ukupni transmisijski faktor dvostrukog pokrova umnožak je transmisijskih faktora za svaki pokrov (prozor).



Slika 2.7 Ovisnost faktora transmisije stakla o upadnom kutu zračenja za pokrov kolektora sa jednim do četiri stakla

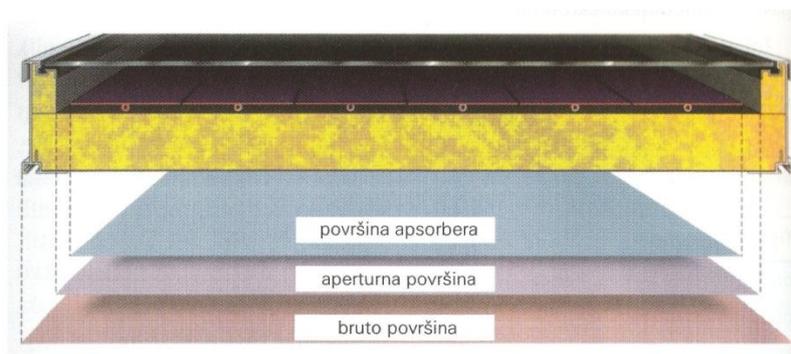
Apsorber je najlakše napraviti tako da se metalna ploča npr. željezna, bakrena ili aluminijska premaže odgovarajućom crnom bojom. S druge strane ploče nalaze se bakrene cijevi kroz koje struji ogrjevni medij koji preuzima toplinu iz kolektora. Toplinski kontakt između cijevi i ploče treba biti što bolji da bi se prijenos topline ostvario što lakše i brže.

Postoji nekoliko rješenja za izradu apsorberske ploče. Crni lak za premaz ploče apsorbera mora biti otporan na više temperature i dugog trajanja. Na tržištu se mogu nabaviti različiti lakovi za apsorbere. Učinkovitost kolektora može se povećati uporabom selektivnih apsorbera koji dobro apsorbiraju kraće valne duljine (tj. one koje prevladavaju u sunčevu zračenju), a slabo emitiraju dulje (infracrvene) valne duljine koje emitira zagrijani apsorber. Tako se jednakom ozračenosti postiže jače zagrijavanje nego kod neselektivnih apsorbera.

Prijenos topline iz apsorbera ovisi o izradi kolektora, vrsti i brzini strujanja radnog fluida. Tipična je brzina strujanja u kolektorima s tekućinom 0,01 – 0,03 kg/s, a u zračnim kolektorima 10 – 20 kg/s po kvadratnom metru kolektora.

Pločasti kolektori koriste se za okomitu ili vodoravnu montažu. Montaža može biti na ravnom i kosom krovu kao i za integraciju u krov ili slobodnu montažu. Postoji mogućnost ugradnje i na fasadama građevina.

Kod proračuna korisnosti kolektora odnosno solarnog doprinosa kolektora treba razlikovati bruto površinu, površinu apsorbera i aperturnu površinu (Slika 2.8). Te površine trebale bi biti razvidno označene kao tehnički podaci u promidžbenim materijalima odnosno katalogima proizvođača.

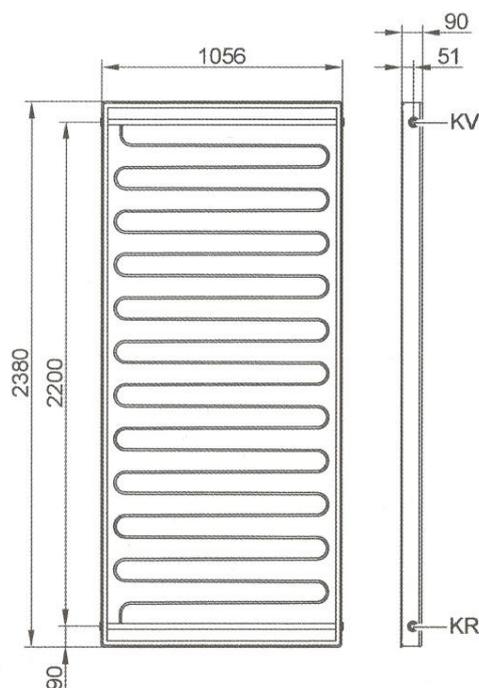


Slika 2.8 Podaci o površinama pločastoga kolektora, Viessmann

Bruto površina je površina koju dobijemo kada vanjsku dužinu pomnožimo sa širinom kolektora. Ta je površina odlučujuća kod mnogih razvojnih programa i kod zahtjeva za poticajnim sredstvima.

Površina apsorbera označava selektivno presvučenu površinu, tj. aktivnu površinu izmjene topline.

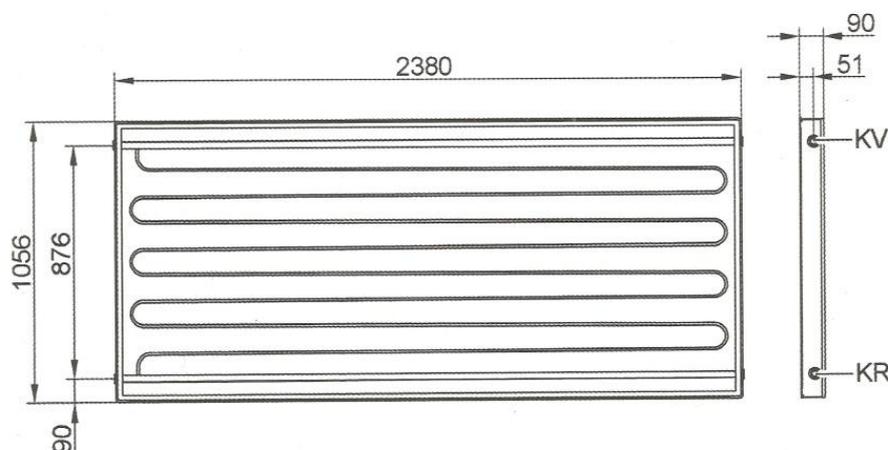
Aperturna površina najveća je projicirana površina kroz koju može ući sunčevo zračenje.



Slika 2.9 Povratni (KR) i polazni (KV) priključak kod okomitog pločastog kolektora, Viessmann

Pločasti su kolektori visokoučinkoviti kolektori koji se koriste za zagrijavanje potrošne tople vode, ogrjevne vode i vode bazena preko izmjenjivača topline. Također se koriste za proizvodnju procesne topline. U novije vrijeme pločasti kolektori daju toplinsku energiju kuhalu (generatoru) apsorpcijskoga rashladnog uređaja za desorpciju radne tvari.

Slika 2.9 prikazuje položaj polaznog (KV) priključka solarnog kruga odnosno zagrijanoga toplinskog medija ili tople vode kao i povratnog (KR) priključka odnosno ohlađenoga toplinskog medija ili tople vode nakon predaje toplinske energije spremniku topline kod okomitoga pločastog kolektora. Slika 2.10 prikazuje položaj priključaka kod vodoravnoga pločastoga kolektora. Obično se može spojiti do 10 kolektora paralelno u jedno kolektorsko polje.

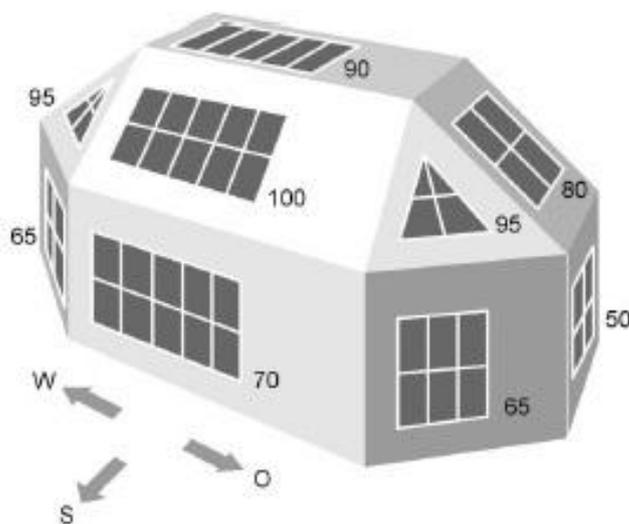


Slika 2.10 Povratni (KR) i polazni (KV) priključak kod vodoravnoga pločastog kolektora, Viessmann

2.3 Položaj, usmjerenje i razmak kolektora

2.3.1 Solarni doprinos i položaj solarnih kolektora

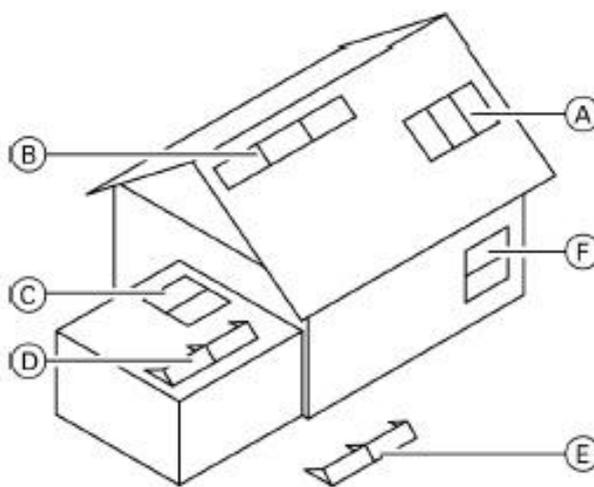
U ovisnosti kako i gdje su postavljeni kolektori (usmjeravanje, nagib, zasjenjenje i vrsta montaže) mijenja se i solarni doprinos solarnog sustava. Najveći toplinski doprinos donose solarni kolektori postavljeni na kosi krov s južne strane objekta. Kolektori s istočne ili zapadne strane objekta pridonose samo oko 80 %, dok kolektori postavljeni na fasadu daju samo oko 70 % (Slika 2.11).



Slika 2.11 Solarni doprinos u ovisnosti o položaju solarnih kolektora

Također sjena smanjuje dobitak energije, pa se kolektorsko polje treba postaviti i dimenzionirati tako da ostane mali utjecaj sjena susjednih zgrada, drveća itd. Kod montaže na fasade ili u ležećem položaju na ravne krovove preporuka je da se uveća dimenzionirana površina kolektora za 20 do 30 %.

2.3.2 Moguće izvedbe postavljanja solarnih kolektora



Slika 2.12 Moguće izvedbe postavljanja solarnih kolektora

Pri postavljanju kolektora optimalan je kut nagiba od 35 do 45°, a postoje različite mogućnosti izvedbe i postavljanja solarnih kolektora. Mogu se postaviti na kosi krov, ugraditi (integrirati) u krov, ugraditi u fasadu, postaviti na ravni krov ili slobodnu montažu (Slika 2.12). Pritom se moraju držati minimalni razmaci prema rubu krova. Izvan tog područja može doći do vidljivo povišenih turbulencija vjetra. Osim toga, otežan je i pristup instalaciji za radove održavanja i kontrole. Ako mjere krova zahtijevaju promjenu podjele kolektorskih polja, moraju se planirati djelomična kolektorska polja iste veličine.

Kolektori se mogu pričvrstiti i na čvrsto montiranoj potkonstrukciji ili na betonskoj ploči. Kod montaže na betonske ploče kolektori se moraju osigurati od klizanja i podizanja preko dodatnih utega (potreban statički proračun). Klizanjem može doći do pomicanja kolektora na površini krova pod utjecajem vjetra, uvjetovano nedovoljnim statičkim trenjem između površine krova i pričvrstnog sustava kolektora.

2.3.3 Primjeri postavljanja solarnih kolektora

Pločasti kolektori (okomita ili vodoravna izvedba) mogu se postaviti u položaj A i B na krov ili integrirani krov, te u položaj D i E. U položaj F mogu se postaviti pločasti kolektori samo vodoravne izvedbe (Slika 2.12). Primjer položaja A (Slika 2.13). Primjer položaja B (Slika 2.14). Primjer položaja D (Slika 2.15).



Slika 2.13 Pločasti kolektor u okomitoj izvedbi



Slika 2.14 Pločasti kolektori u vodoravnoj izvedbi



Slika 2.15 Pločasti kolektori na betonskoj ploči

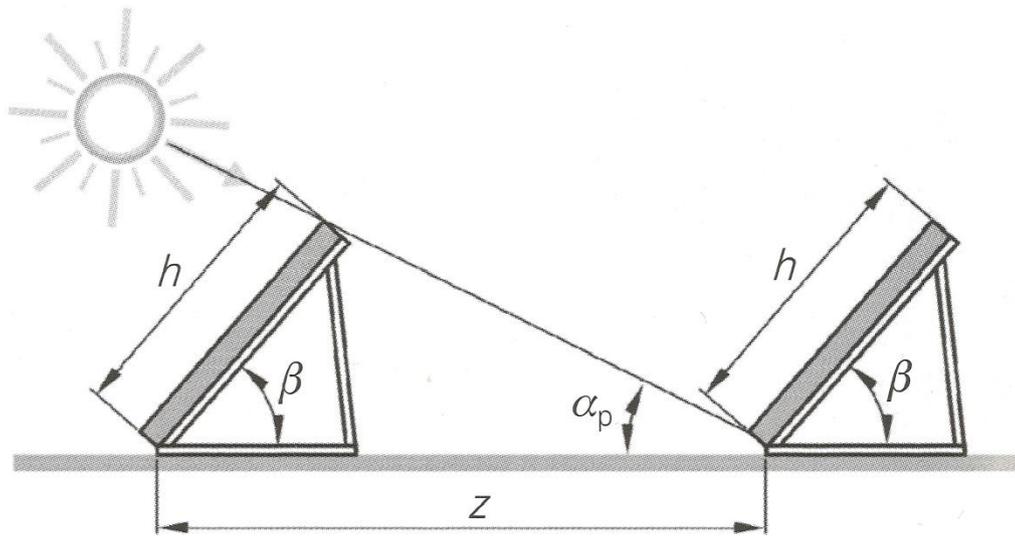
2.3.4 Razmak između redova kolektora

Ako se kolektori ugrađuju na ravne krovove ili na slobodnu montažu, treba odrediti razmak između redova kolektora. Razmak je potreban kako bi se izbjegla neželjena zasjenjivanja kod montaže više redova kolektora jedan iza drugoga (Slika 2.16).

Za razmak između redova kolektora vrijedi:

$$\frac{z}{h} = \frac{\sin(180^\circ - (\alpha_p + \beta))}{\sin \alpha_p} \quad (2.1)$$

- z razmak između redova kolektora, mm
- h visina kolektora, mm
- α_p kut visine sunca u podne, °
- β kut nagiba kolektora, °



Slika 2.16 Parametri razmaka između redova kolektora

3 AUTODESK INVENTOR

Sustav *Autodesk Inventor* je odabran prvenstveno iz razloga što se na web stranici *students.autodesk.com* nudi besplatna verzija programa za studente. Također neki od razloga za odabir sustava su što je program jednostavan za korištenje, lako se nauči a i ne opterećuje previše hardver računala kao neki drugi sustavi za projektiranje, tj. ne usporava rad računala prilikom izrade prostornog modela. Pogodan je za modeliranje manje kompleksnih proizvoda, kao što je i solarni kolektor. Programski sustav *Inventor* pruža značajne prednosti u području konstruiranja, izrade tehničke dokumentacije, dizajna i izradu prezentacija uz primjenu svih raspoloživih alata.

Prednosti sustava *Autodesk Inventor*:

- Fleksibilnost prilikom konstruiranja (upotreba površinskih modela, integracija površinskih modela)
- Oblikovanje površina i tijela modela
- Integracija u jednu kompaktnu cjelinu
- Povezivanje parametara (promjena u jednoj fazi oblikovanja odražava se u drugim fazama)

Autodesk Inventor je softverski proizvod firme *Autodesk* namijenjen za strojarsko 3D projektiranje, projektiranje kalupa, cjevovoda i elektro-ožičenja, izvođenje simulacija, kao i alat pomoću kojeg se mogu prezentirati ideje drugima [2].

Osim same izrade 3D modela u programu *Inventor* može se vršiti još i:

- Projektiranje – integracija svih podataka vezanih uz konstrukciju u jedan, jedinstveni digitalni model
- Vizualizacija – virtualna reprezentacija gotovog proizvoda
- Simulacija – digitalno ispitivanje realne funkcije proizvoda [2]

Inventor je program za parametarsko, volumno (*solid*) modeliranje strojarskih dijelova i sklopova. Osim modeliranja on omogućava i generiranje tehničke dokumentacije, različita izračunavanja i simulacije [2].

Parametarsko modeliranje omogućava da se geometrijski model može opisati skupom geometrijskih i dimenzijskih parametara. Parametri predstavljaju promjenljive veličine i svojim trenutnim vrijednostima potpuno opisuju geometriju dijela. Geometrijski parametri su geometrijska ograničenja na modelu: paralelnost, normalnost itd., a dimenzijski parametri su dimenzije modela: duljine, promjeri, kutovi itd. [2].

Autodesk Inventor je softver za projektiranje na računalu i predstavlja sustav za modeliranje sklopova solida (3D) i proizvodnju crteža (2D) koji je napravljen sa dva cilja:

1. Izbjeći ograničenja drugih mehaničkih CAD softvera, pogotovo čisto parametarskih i
2. Iskoristiti razvojne procese koji danas postoje u proizvodnji.

Autodesk Inventor se prilagođava načinu na koji se radi i osigurava:

- Visoku produktivnost – *Autodesk Inventor* je napravljen tako da omogućuje veći stupanj napredovanja, odnosno lakše i brže konstruiranje;
- Visoke performanse na velikim modelima – *Autodesk Inventor* omogućuje učinkovitiji rad u kontekstu kompletnih sklopova. U suštini, veliki modeli se

učitavaju, pregledaju i skladište 2 to 10 puta brže nego u drugim programima za projektiranje na računalu;

- Prilagodljivo projektiranje – *Autodesk Inventor* uvodi koncept prilagodljivog projektiranja i metodologiju projektiranja koja omogućuje da se radi paralelno sa tokom razmišljanja i ne primorava korisnika da se prilagođava unaprijed utvrđenom postupku.

Linija proizvoda *Autodesk Inventor* je najbolji izbor za *AutoCAD* korisnike, koji prelaze sa 2D crtanja na 3D modeliranje. Sadrži obiman, integriran skup alata za proizvodne kompanije, uključujući *Autodesk Inventor Series* za 3D modeliranje i dokumentaciju, *Autodesk Inventor Professional* za kreiranje prijenosnih sustava i provjeru funkcionalnosti modela, *AutoCAD Mechanical* za 2D crteže i detalje i *Autodesk Vault* za organiziranje datoteka. *Autodesk Inventor* linija proizvoda donosi unaprijeđenu 3D produktivnost dok istovremeno nudi korištenje 2D crteža kroz kompatibilnost sa *DWG* formatom.

Sa svojom paletom proizvoda *Autodesk* je postavio standarde. Jedan od alata ovog proizvođača je i *Autodesk Inventor*, namijenjen konstruktorima koji kreiraju mehaničke modele u 3D okruženju. To je sustav za trodimenzionalni dizajn mehaničkih komponenti koji posjeduje tehnologiju adaptivnosti i sposobnost modeliranja nacrtanih sklopova. *Inventor* u sebi sadrži sve alate potrebne za izvršenje projekta, počevši od prvih skica do završnog crteža i kreiranja trodimenzionalnog modela. S obzirom da je namijenjen isključivo profesionalcima, pored samostalnog korištenja, njegova najveća snaga ja u radu unutar dizajnerskog tima, gdje dozvoljava slobodnu razmjenu informacija i crteža.

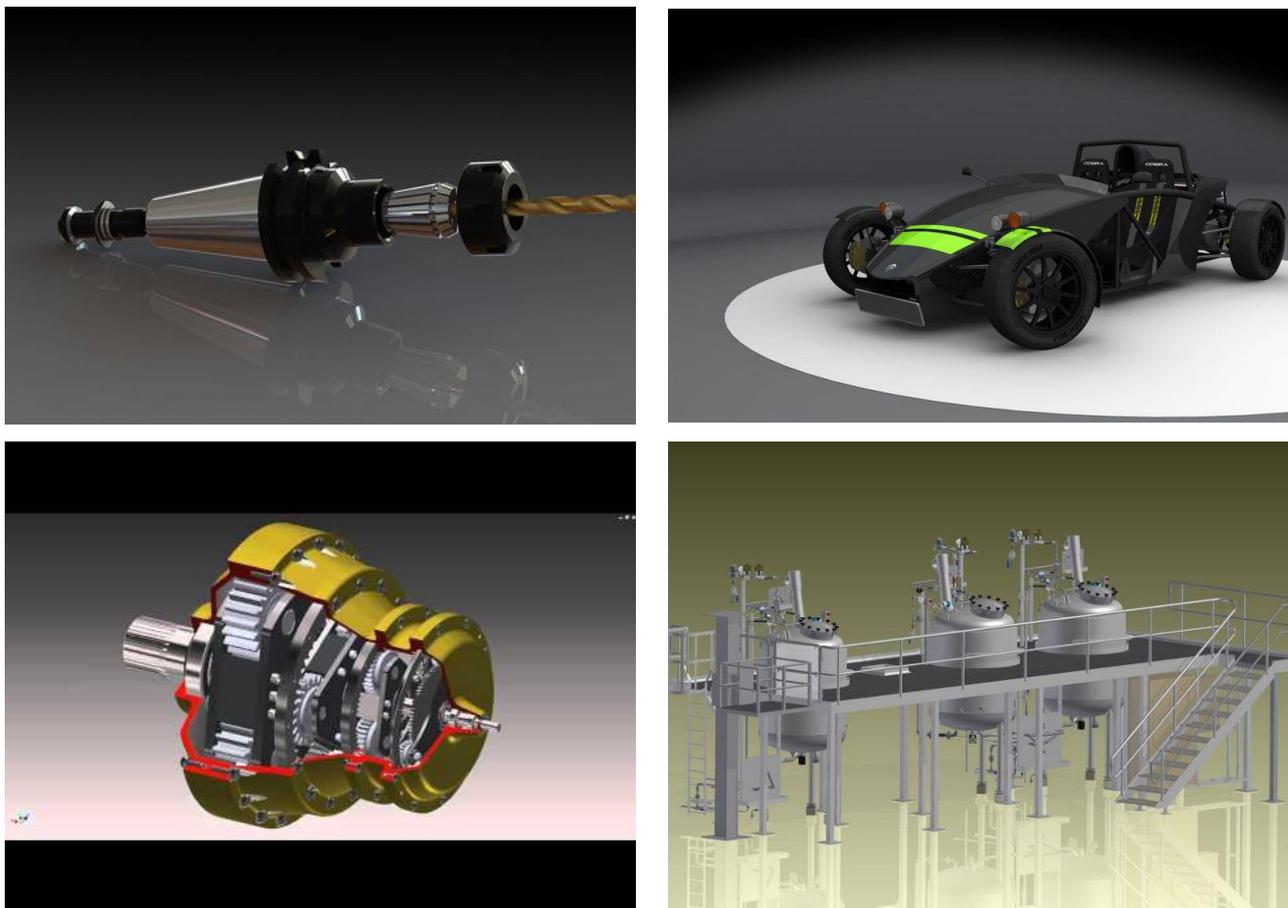
Inventor se sastoji iz nekoliko dijelova. Pored 3D modeliranja on ima odlično razrađenu funkciju, koja se odnosi na menadžment informacija. Ovo je vrlo bitno zbog mogućnosti rada u okviru tima. Sa *Inventor*-om se mogu kreirati dvodimenzionalni i trodimenzionalni modeli mehaničkih sklopova. Pojedinih dijelovima (ili čitavim sklopovima) mogu se dodjeljivati adaptivne sposobnosti, a značajno je i to što su podaci i informacije o nacrtanim dijelovima i konstrukcijama odlično sređeni (njih u jednom projektu može biti i više tisuća). Pored normalne podrške za razmjenu informacija sa ostalim *Autodesk*-ovim proizvodima (kao što su *AutoCAD* ili *Mechanical Desktop*), zahvaljujući *API* interface-u (*Application Program Interface*), *Inventor* se lako uklapa i sa sličnim aplikacijama drugih proizvođača.

Što se tiče modeliranja, *Inventor* posjeduje vrlo korisne opcije. Jedna od njih je rad sa „izvedenim“ dijelovima. Izvedeni dijelovi su dijelovi koji se kreiraju iz nekog drugog, već postojećeg dijela. Ova funkcija je od velike važnosti jer projektanti i dizajneri na osnovu postojećeg rješenja nekog sklopa mogu sagledati alternativna dizajnerska rješenja i što je još važnije, utvrditi kako ona utječu na kompletan dizajn i funkcionalnost odabranog sklopa.

Kod 3D modeliranja vrlo je bitna *Solid modeling* funkcija koja omogućava presvlačenje vidljivih površina sklopa određenim materijalom. Za tu svrhu *Inventor* koristi *Spatial Technologies ACIS* geometrijski modeler, a uglavnom su podržani materijali koji se koriste za ugradnju u mehaničke sklopove.

Adaptivna forma je od velike pomoći dizajnerima, jer omogućava da svoje dvodimenzionalne crteže sklopova montiraju u jednu cjelinu, fokusirajući se, prije svega, na funkcionalnost sklopa, a tek onda na njegovu formu. Usko vezana za ovu mogućnost je i sposobnost adaptivnosti dijelova. Sa njom se ostvaruje automatizirana promjena adaptivnog dijela, ukoliko se izvrši promjena u dizajnu dijela koji je povezan sa tim dijelom. Korisna opcija odnosi se na mogućnost čuvanja nedovršenih crteža, skica i pojedinih pod-sklopova u posebnoj knjižnici. Odatle se oni kasnije mogu po potrebi koristiti za ispravke ili kao osnova za neke druge sklopove.

Inventor dozvoljava definiranje ograničenja između svaka dva povezana dijela u sklopu. Svaki par povezanih elemenata dobiva na taj način funkcionalna ograničenja, koja se odnose na njihovu međusobnu vezu. Ova opcija nosi naziv *iMates*. Na ovaj način kreirana ograničenja mogu se primijeniti na više veza (pod uvjetom da su to veze između elemenata iste klase). S obzirom da se *Inventor* najčešće koristi za kreiranje vrlo složenih sklopova, potreban je učinkovit sustav za menadžment informacija. To je realizirano pomoću projekata u kome se sve datoteke logično razvrstavaju tako da je olakšano njihovo pronalaženje.



Slika 3.1 Primjeri primjene projektiranja pomoću CAD sustava Autodesk Inventor 0

4 IZRADA DIGITALNE DOKUMENTACIJE PROIZVODA

Kod trodimenzionalnog konstruiranja budući proizvod i njegovi sastavni dijelovi kreiraju se, prikazuju i pamte kao prostorni (zapreminski) objekti, što oni u stvarnosti i jesu. Dvodimenzionalni prikaz prostorni karakter objekta prikazuje korištenjem općih pravila, kao što su projekcije, presjeci itd.

Trodimenzionalni, 3D prikaz ima veliku prednost pogotovo kod primjene računala u procesu konstruiranja. Tako konstruirani prostorni objekt posjeduje sve informacije potrebne za izradu, proračun i analizu, simulaciju i kontrolu. Realan izgled modela pruža posebnu pogodnost i za industrijski dizajn. Kod 3D konstruiranja CAD softver se oslobađa potrebe dešifriranja 2D prikaza, odnosno crteža. Crtež se dobiva na automatiziran način na osnovu dobivenog 3D modela.

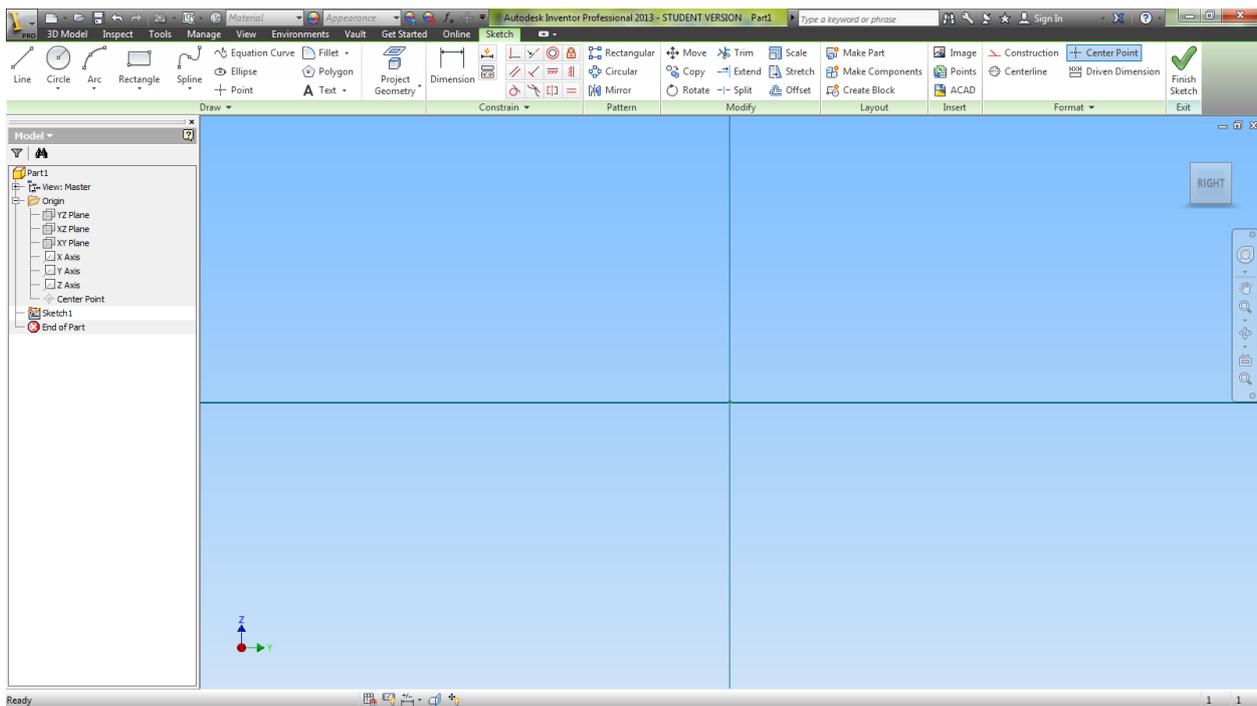
CAD softver obuhvaća niz neovisnih paketa programa za kreiranje dvodimenzionalnih i trodimenzionalnih površinski orijentiranih modela sa pratećim modulima za grafičku i alfanumeričku interpretaciju geometrijskih elemenata, njihovo povezivanje i memoriranje u bazu podataka, dimenzioniranje, pozicioniranje i izradu grafičke dokumentacije. U softver za modeliranje spadaju i paketi programa za kreiranje volumnih – solid modela koji omogućavaju analize kinematskih karakteristika sustava kao i proračun parametara sustava.

Autodesk Inventor predstavlja jedan od softverskih paketa kompanije *Autodesk* koji je nastao kao logičan nastavak daljnjeg usavršavanja softvera, koji omogućavaju 3D vizualizaciju objekata. Za trodimenzionalni prikaz, koji je osnova softvera, mogu se koristiti:

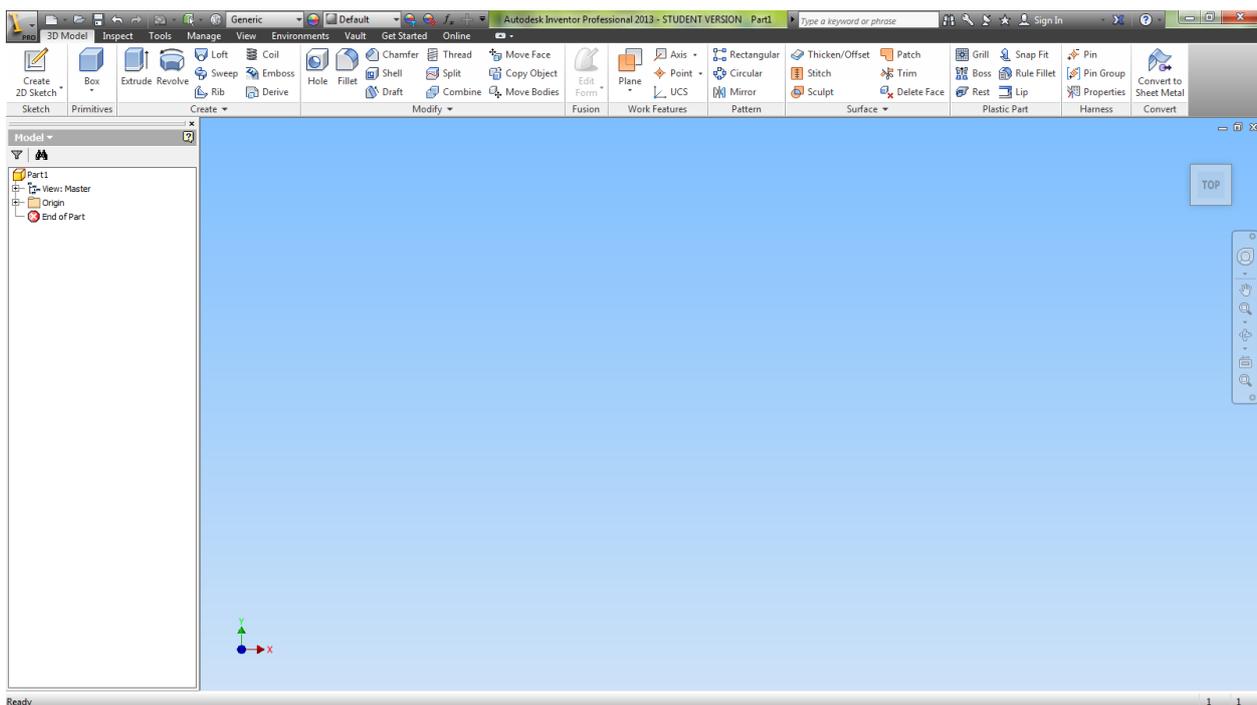
- žičani modeli – prikazuju se samo linije koje ograničavaju pojedine površine
- površinski modeli – prikazuju objekt pomoću površina koje ga ograničavaju
- volumni modeli – mogu se podijeliti na modele graničnih površina (*B. Rep – Boundary Representation*) ili solid modele (*CSG – Constructive Solid Geometry*). Model graničnih površina definira objekt pomoću površina i rubova koje ga ograničavaju i njihovog međusobnog odnosa.

Postoje i tzv. hibridni modeli koji su ustvari kombinacija prethodnih modela. Na primjer, u fazi modeliranja koriste se žičani modeli, a kao završni prikaz sjenčani, solid modeli.

Autodesk Inventor ima mogućnost komunikacije pomoću *Desktop Browser*-a, a koji omogućava jednostavnije editiranje, dodavanje, brisanje, kopiranje, te daje hijerarhijski prikaz dijelova i sklopova u obliku stabla, što može biti vrlo korisno kod složenijih sklopova. Slika 4.1 prikazuje grafičko sučelje softvera *Autodesk Inventor*, gdje se vidi radni prostor za stvaranje 2D skice, odnosno profila. Slika 4.2 prikazuje sučelje za stvaranje 3D modela.



Slika 4.1 Grafičko sučelje 2D Sketch Panela



Slika 4.2 Grafičko sučelje modula Part Features

Autodesk Inventor koristi šest osnovnih radnih modula (radnih prostora) i to:

- *Part Feature* modul – u kojem se vrši modeliranje dijelova, a za razliku od *AutoCAD*-a i po ugledu na *Mechanical Desktop* proširen je i na sklopove i postoji mogućnost ograničavanja i definiranja novog dijela između dijelova u sklopu;

- *Sheet Metal* modul – u okviru ovog modula moguće je dizajniranje dijelova od lima, a značajno unapređenje predstavlja i mogućnost prikaza razvijenog stanja dijelova od lima;
- *Assembly* modul – u kojem se vrši spajanje pojedinih dijelova i sklopova;
- *Weldment* modul – koji služi za modeliranje zavarenih konstrukcija i daje prikaze zavarenih spojeva;
- *Presentation* modul – modul u kojem se vrši prezentacija načina sklapanja dijelova i putanja po kojima se to sklapanje izvodi, ali i mogućnost animacije prezentacije, odnosno vizualizacija rada i njeno snimanje u odgovarajućem video formatu (*.avi);
- *Drawing Manager* modul – u kojem se vrši tehnička razrada crteža dijelova i sklopova, sa svim potrebnim detaljima, uključujući i datoteke sastavnica po većini standarda.

Konstruiranje parametarskih 3D modela je jedna od prednosti korištenja ovog softvera. Metodologija nastanka 3D modela je slična kao i kod softvera *Mechanical Desktop*, ali sa mnogo više automatiziranih i intuitivnih radnji, čime se znatno ubrzava postupak modeliranja. Prvo je potrebno nacrtati skicu (*Sketch*), a tako dobivena skica, prelaskom u *Part Features Panel* koristi se kao profil, koji sam softver po automatizmu prepoznaje i nudi više opcija profila, koji se mogu koristiti za dobivanje volumnog dijela. Program automatski prepoznaje konture skice i nakon toga od skice generira profil, što omogućuje učinkovitiji i brži rad s modelom. Pomoću komande za izvlačenje (ekstrudiranje) dobiva se 3D objekt – *Extrusion1*. Skica ne mora biti precizno nacrtan presjek, već približna kontura koju je dalje moguće parametarski definirati ograničenjima u 2D *Sketch Panel* modu. Daljnji postupak se svodi na obradu 3D objekta operacijama koje su identične tehnološkim, odnosno operacijama kod strojeva alatki kao što su bušenje, upuštanje, razvrtnje, narezivanje i dr.

U programu je moguće koristiti nekoliko nacionalnih standarda, kao što su ANSI, DIN, GOST pored kojih je dan još i ISO standard.

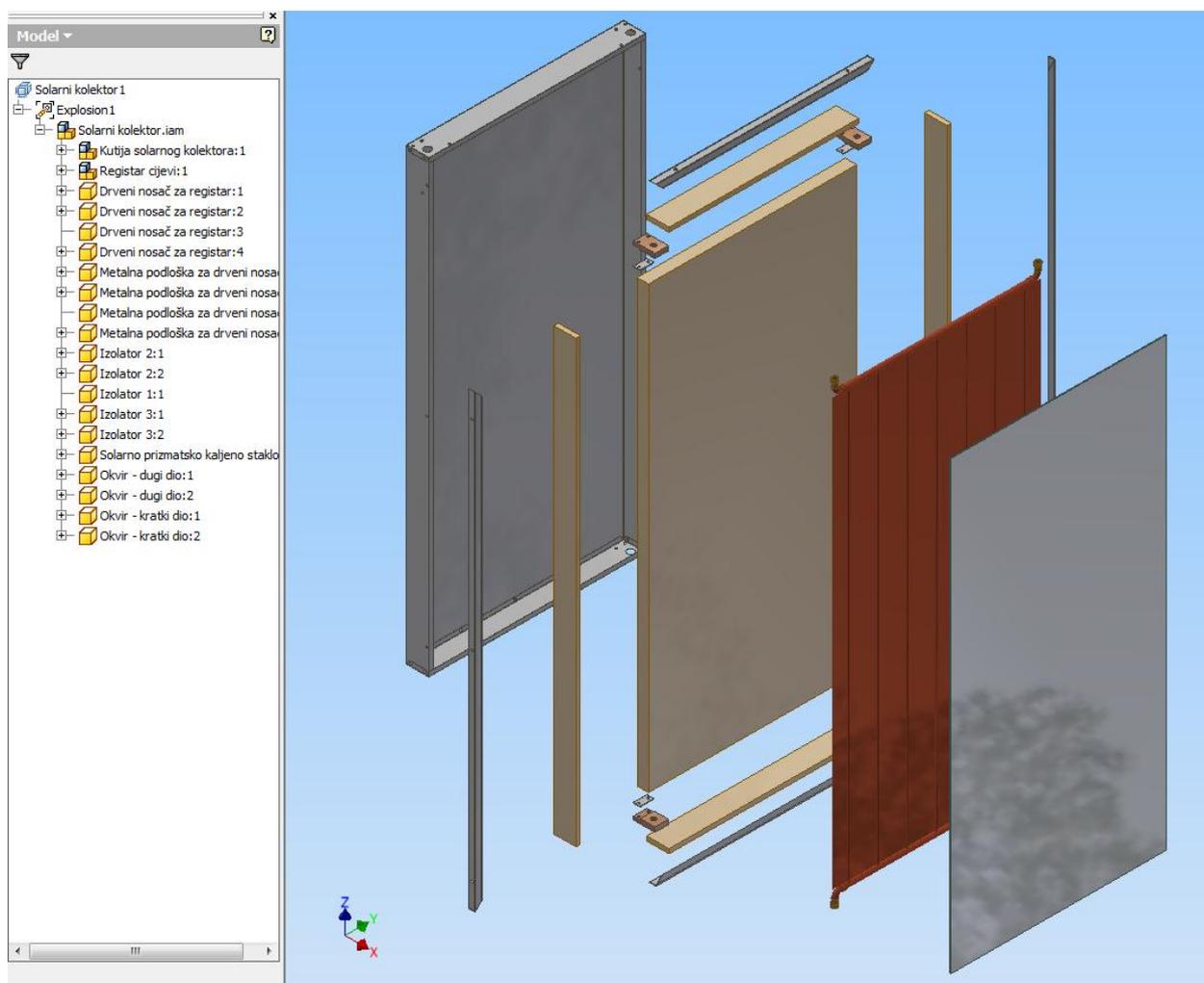
Autodesk Inventor omogućuje jednostavno sklapanje više dijelova u jednu cjelinu, odnosno u pod-sklopove i sklopove. Kotiranje je automatizirano i parametarsko, što znači promjenom dimenzija modela mijenja se i konstrukcijska dokumentacija vezana za izmijenjeni dio.

5 POSTUPAK IZRADE DOKUMENTACIJE KOLEKTORA

U ovom poglavlju će biti prezentiran razvoj modela kao i izrada dokumentacije solarnog kolektora. U tu svrhu će biti objašnjen postupak rada kod kreiranja 3D objekata, a zatim i montaža dobivenih elemenata u sklop.

Kroz primjere biti će prikazana i mogućnost *Autodesk Inventor*-a kod izrade otvora i drugih izmjena u samom sklopu, što znatno ubrzava rad i omogućuje konstruktoru da i tokom rada prati tok svojih razmišljanja pri kreiranju modela.

Kroz dijelove koji čine sklop solarnog kolektora (Slika 5.1), biti će objašnjeni osnovni postupci modeliranja dijelova kao i postupci definiranja ograničenja između dijelova u sklopu i nastanak konačnog modela.

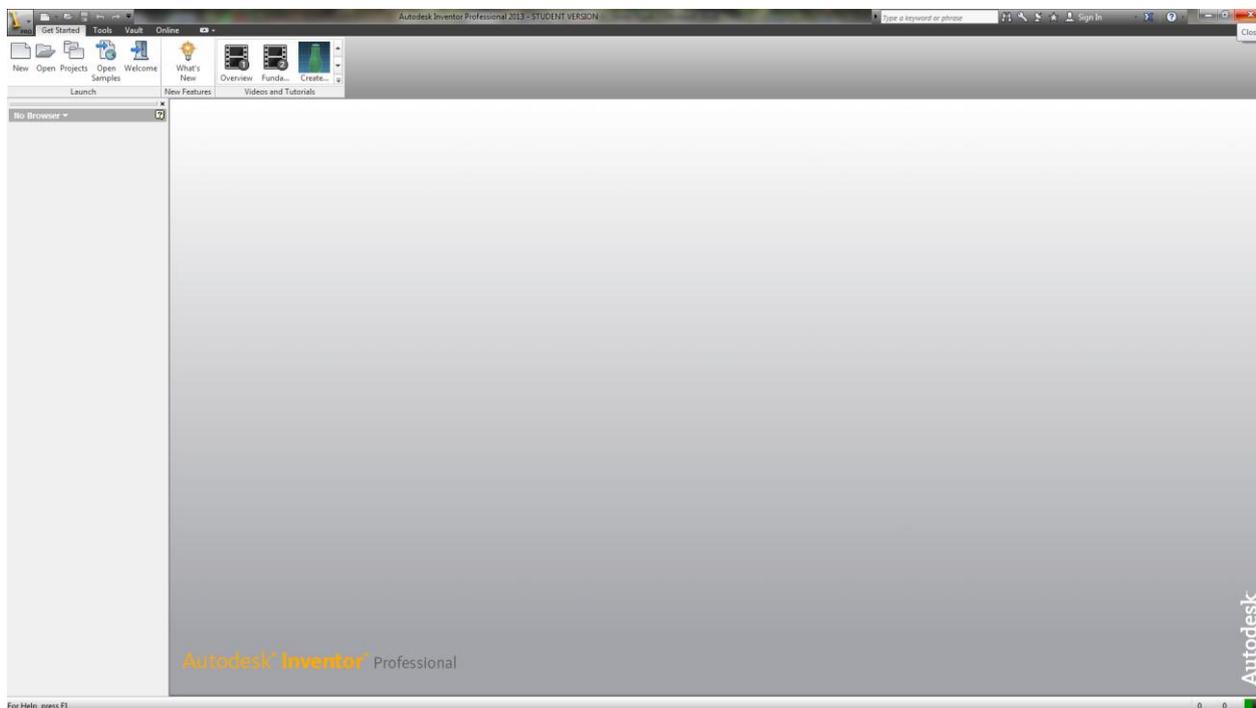


Slika 5.1 Prikaz komponenti i strukture solarnog kolektora

5.1 Radno okruženje programa

Po pokretanju programa pojavit će se osnovno sučelje programa *Autodesk Inventor* (Slika 5.2).

Izbor modula, odnosno radnog prostora u *Autodesk Inventor*-u, a u ovisnosti od potreba, vrši se po pokretanju programa biranjem opcije *New*.



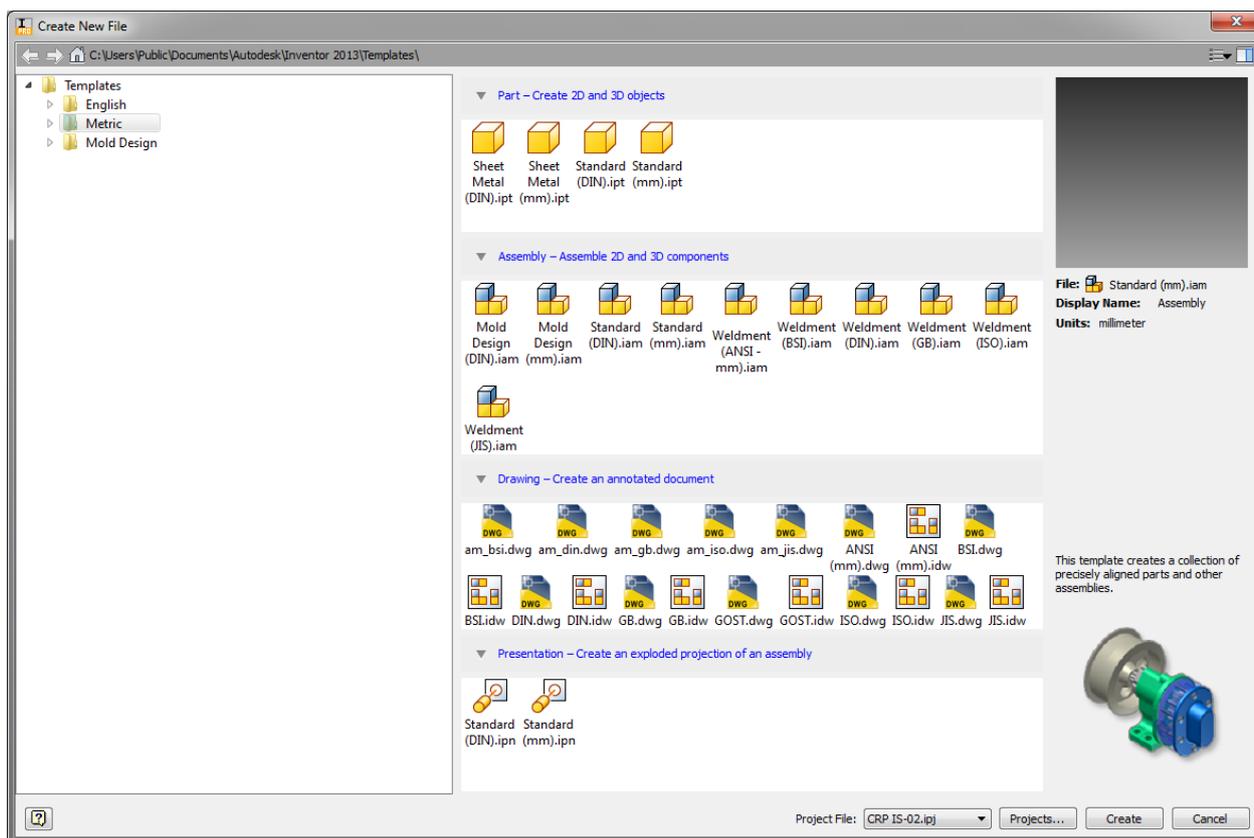
Slika 5.2 Osnovno sučelje programa *Autodesk Inventor*

Odabirom opcije *New* pojavit će se sučelje za kreiranje nove datoteke – *Create New File* (Slika 5.3), gdje se može odabrati jednu od nekoliko ponuđenih opcija.

Na lijevoj strani prozora ponuđeno je nekoliko predložaka podešavanja radnog prostora, gdje je potrebno odabrati *Metric*, zbog metričkog sustava mjernih jedinica.

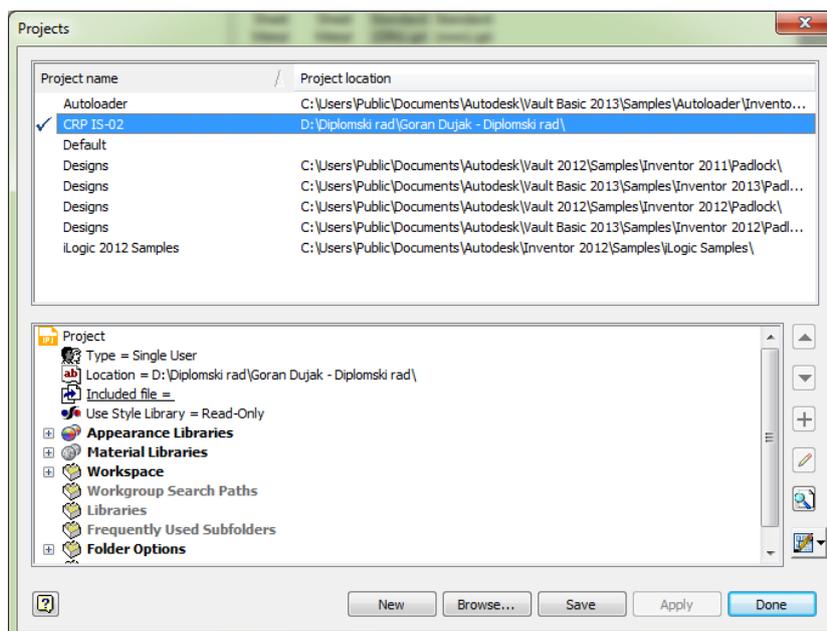
Na desnoj strani prozora na raspolaganju su sljedeće opcije:

- Modul za modeliranje dijelova – *Part*
- Modul za izradu sklopova – *Assembly*
- Modul za generiranje tehničke dokumentacije – *Drawing*
- Modul za izradu prezentacija – *Presentation*



Slika 5.3 Sučelje za kreiranje nove datoteke – Create New File

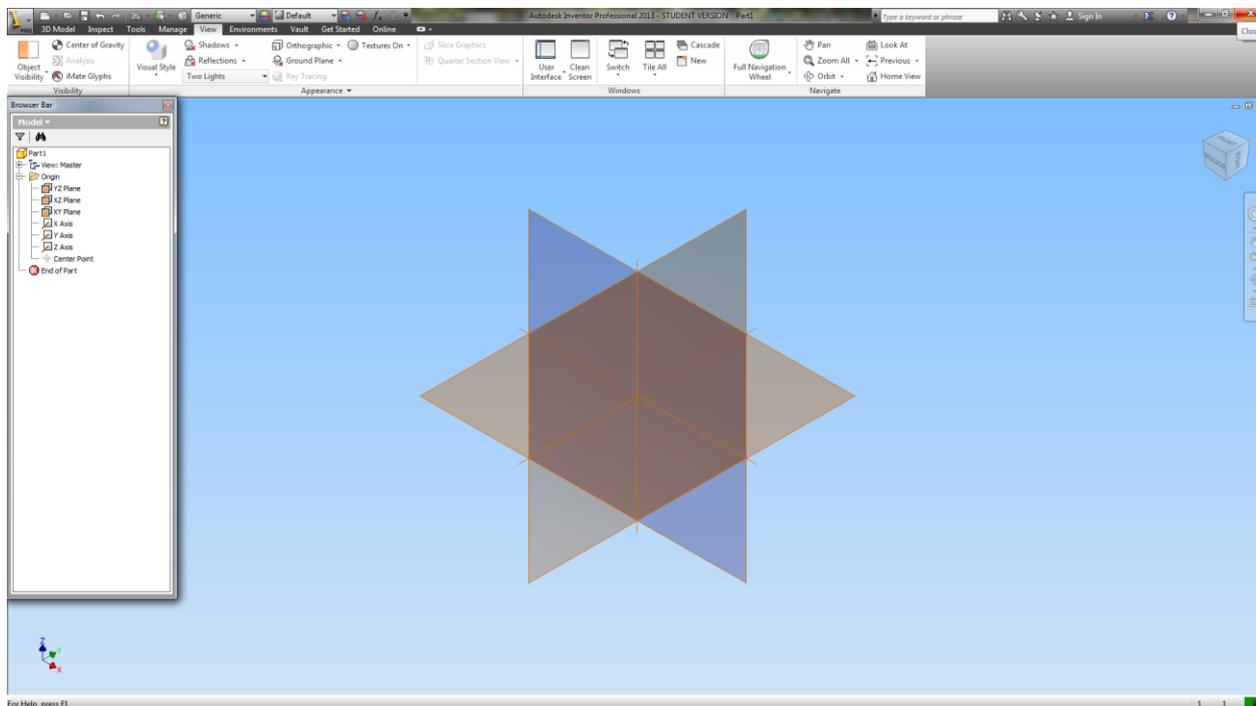
Prije početka izrade rada potrebno je definirati i odabrati projekt, što znači definirati lokacije datoteka koje se generiraju i ostala podešavanja vezana za lokaciju standardnih i drugih dijelova u okviru programa. To se radi odabirom opcije *Projects* na dnu prozora *Create New File*, gdje se dobiva sučelje za uređenje projekta (Slika 5.4).



Slika 5.4 Prozor za odabir projekta

5.1.1 Radne ravnine i osi

Svaka skica se kreira u jednu radnu ravninu. Radne ravnine mogu biti unaprijed definirane i smještene su u mapi *Origin* koji se nalazi u *Browser Bar*-u (Slika 5.5). U tijeku izrade modela moguće je definirati još dodatnih radnih ravnina, a kao radne ravnine mogu se koristiti i strane kreiranog modela (npr. ako je izmodelirana kocka jedna površina te kocke može se iskoristiti za kreiranje skice tj. kao radna ravnina).



Slika 5.5 Sučelje Browser Bar i izgled radnih ravnina

5.2 Izrada skice, profila i oblikovanje 3D objekta

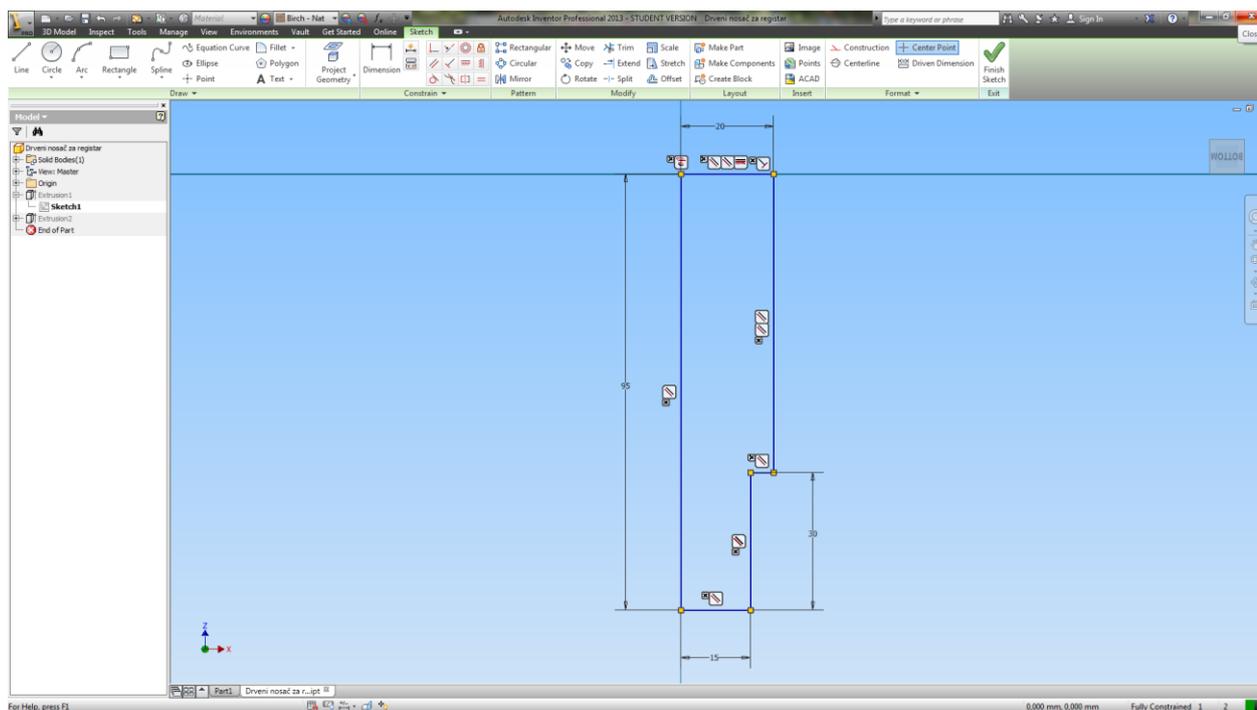
Za kreiranje dijela u *Autodesk Inventor*-u potrebno je u sučelju za kreiranje nove datoteke, *Create New File* odabrati opciju *Standard (mm).ipt*. Po izboru ove opcije dobiva se osnovni prozor za skiciranje (Slika 4.2).

Za modeliranje dijelova od značaja je izrada skice od koje se različitim komandama dobivaju volumni dijelovi koji se još nazivaju i *Part*-ovi.

Na dijelu *Drveni nosač za registar* biti će objašnjene osnovne funkcije kod modeliranja 3D objekta.

Za nastajanje modela potrebno je prvo definirati skicu pomoću alatki sa *2D Sketch Panel*-a (Slika 5.6). Skica se crta približno, koristeći alatke za crtanje na panelu kao što su *Line*, *Circle*, *Arc* i druge, da bi se zatim uvođenjem određenih ograničenja između segmenata skice definirao njen konačni izgled.

Ograničenja koja se uvode za definiranje skice nalaze se na *2D Sketch Panel*-u i mogu biti korištena za definiranje dimenzija, odnosno rastojanja između pojedinih segmenata skice, kao i za definiranje odnosa između ostalih elemenata na dijelu koji se modelira, a u ovisnosti od ravnine u kojoj se skica nalazi.



Slika 5.6 Kreiranje skice sa zadanim ograničenjima

Svaka od definiranih kota je parametarska i po automatizmu upisuje se u tabelu sa parametarskim dimenzijama (Slika 5.7). Moguće je definirati i tzv. korisničke parametre, prije ograničavanja i dimenzioniranja skice, čijim bi zadavanjem, i zadavanjem uzajamnih funkcionalnih ovisnosti, kasnijom izmjenom parametra, automatski bio modificiran model, odnosno i dimenzije koje su u funkcionalnoj vezi sa parametrom čija se vrijednost promijenila.

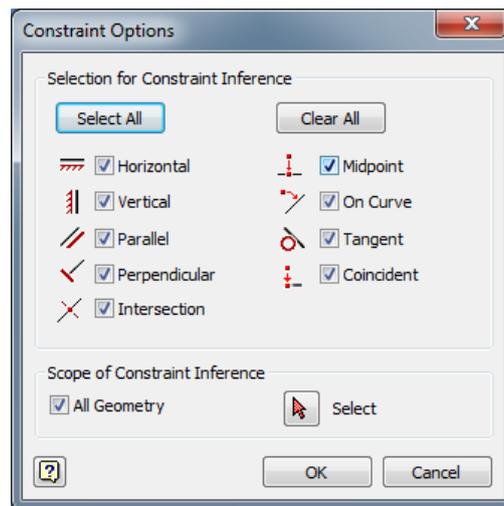
Parameter Name	Unit/Type	Equation	Nominal Value	Tol.	Model Value	Key	Ex	Comment
Model Parameters								
d3	mm	20 mm	20,000000	●	20,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d4	mm	15 mm	15,000000	●	15,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d5	mm	30 mm	30,000000	●	30,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d6	mm	95 mm	95,000000	●	95,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d7	mm	60 mm	60,000000	●	60,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d8	deg	0,0 deg	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d9	mm	60 mm	60,000000	●	60,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d10	mm	22 mm	22,000000	●	22,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d16	mm	40 mm	40,000000	●	40,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d18	mm	10 mm	10,000000	●	10,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d19	mm	d18	10,000000	●	10,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d21	deg	0,0 deg	0,000000	●	0,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d22	mm	d16 / 2 ul	20,000000	●	20,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
d23	mm	15 mm	15,000000	●	15,000000	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
User Parameters								

$\Delta S_{universe} > 0$ $v \times E = - \frac{\partial L}{\partial t}$ $\Delta S_{universe} > 0$ $v \times E = - \frac{\partial L}{\partial t}$ $\Delta S_{universe} > 0$
 $E = mc^2$ $E = mc^2$

 Link Immediate Update

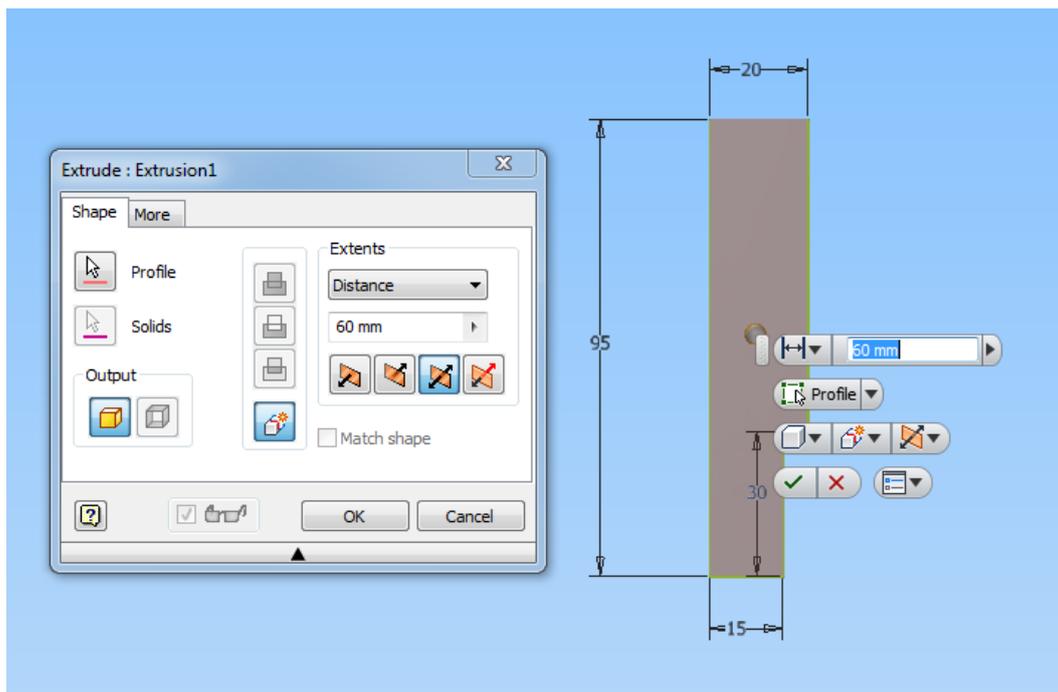
Slika 5.7 Izgled prozora sa dimenzioniranjem dobivenih parametara kao i za unos tzv. korisničkih parametara (User Parameters)

Ograničenja kojima se mogu definirati međusobni odnosi segmenata na skici prikazani su u dijalogu *Constraint Options* (Slika 5.8).



Slika 5.8 Ograničenja koja je moguće zadati na skici

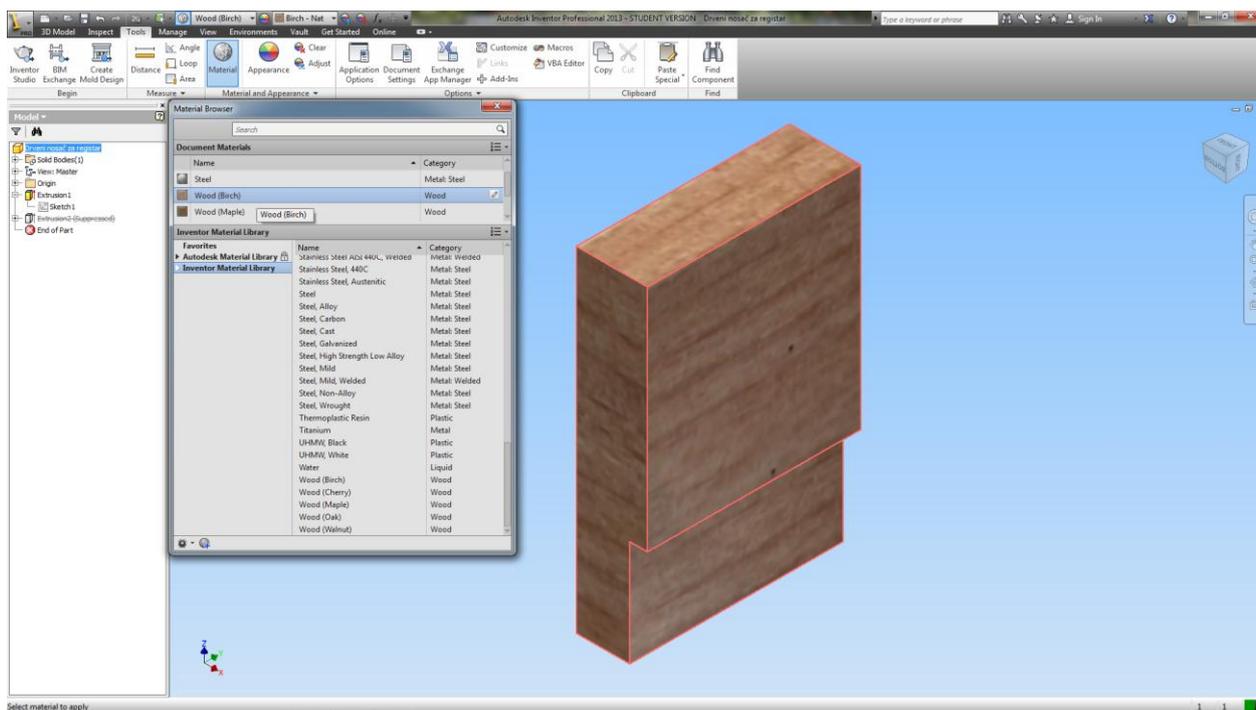
Po definiranju skice prelazi se u modul za kreiranje 3D objekta, *Part Panel*. *Inventor* po automatizmu, po odabiru alatke za ekstrudiranje profila i komande za definiranje profila, definira profil i vrši njegovo razvlačenje, odnosno ekstrudiranje (Slika 5.9). Efekt koji se dobiva poslije ove komande je 3D objekt, koje je naknadno potrebno „obraditi“, kako bi se dobio potreban oblik.



Slika 5.9 Izgled prozora *Extrude* i definiranje profila od prethodno definirane skice

Slika 5.10 prikazuje dobiveni 3D objekt, nakon čega je moguće definirati i vizualni izgled modela, kao i materijal od koga je sačinjen.

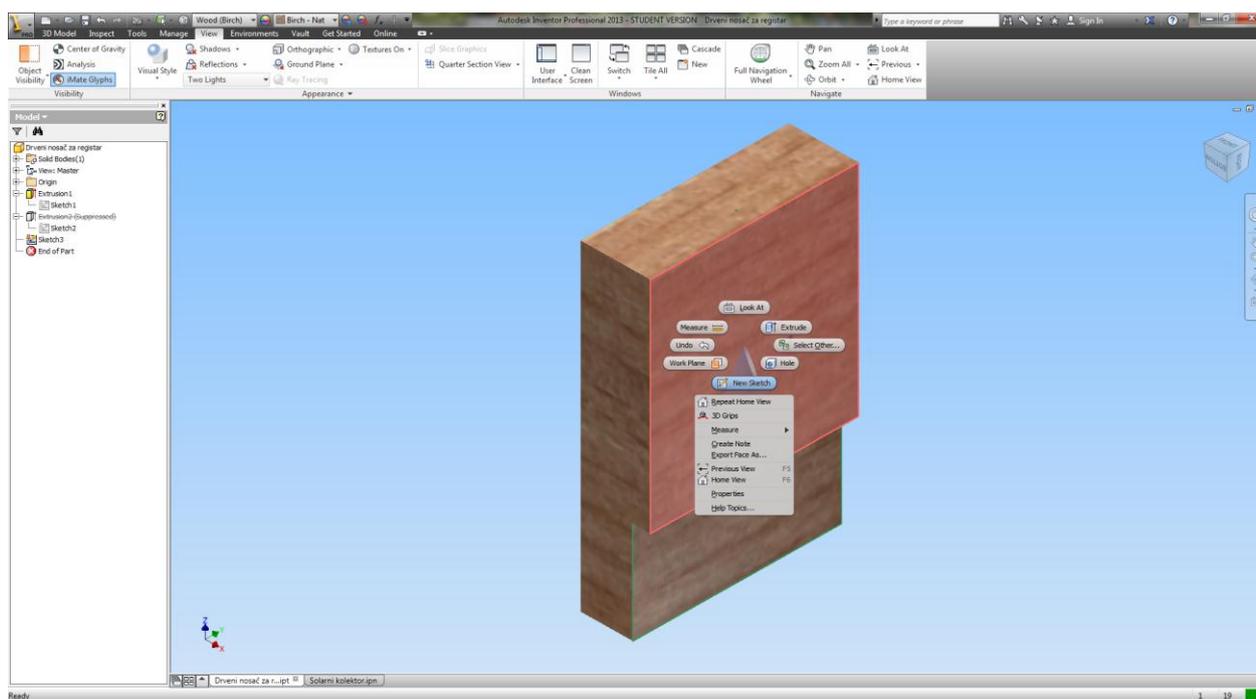
U ovom slučaju, pozicija *Drvni nosač za registar* je sačinjen od drvenog materijala, te je u *Material Browser*-u odabran materijal *Wood (Birch)*.



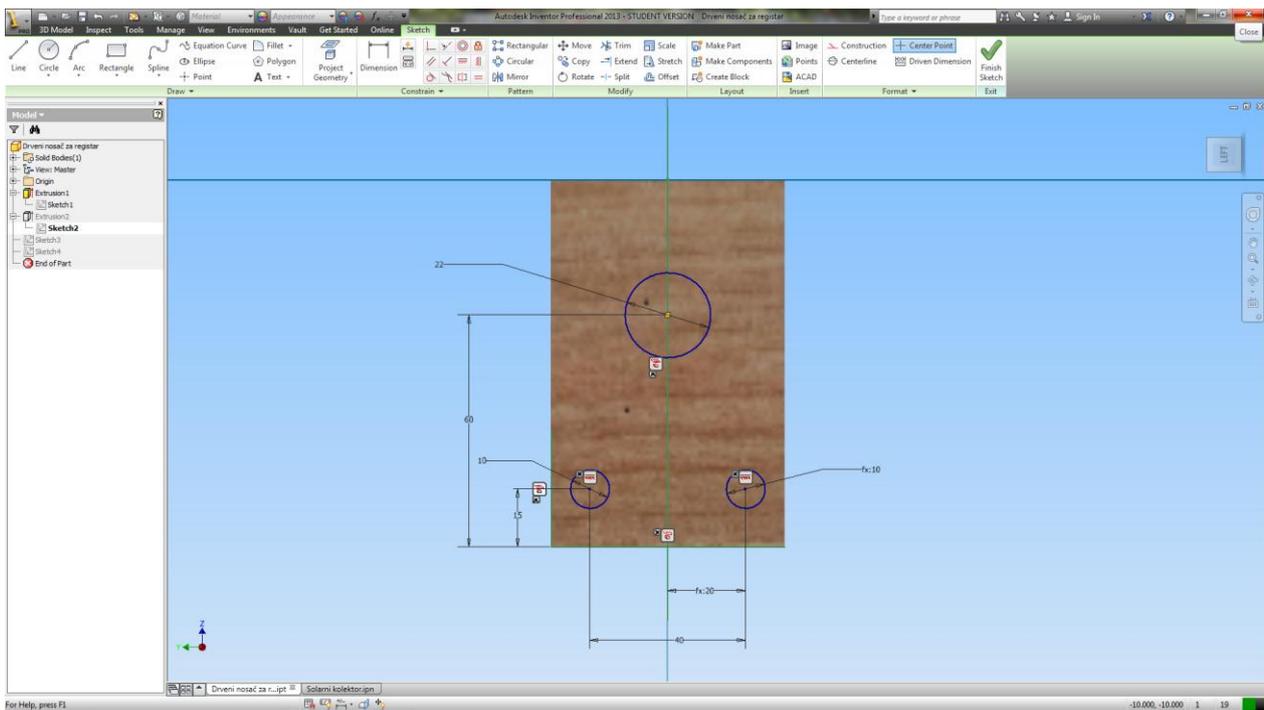
Slika 5.10 Izgled modela dobivenog ekstrudiranjem profila

Nakon dobivanja modela, slijedi njegova daljnja obrada, radi dobivanja konačnog izgleda.

Ravnina crtanja skice može biti definirana koristeći ravnine koje su nastale na dobivenom 3D objektu. Strelicom miša potrebno je doći do ravnine na kojoj je potrebno definirati narednu skicu, koju treba iskoristiti za dobivanje narednog izgleda modela do konačnog izgleda. Desnim klikom na odabranu površinu iz kontekstnog izbornika, dobiva se opcija za kreiranje nove skice, *New Sketch*, i definira se ravnina crtanja nove skice na odabranoj ravnini (Slika 5.11). Ravnina crtanja nove skice može se dobiti i odabirom ikone *Create 2D Sketch* na osnovnoj *Toolbar* paleti i definiranjem ravnine crtanja nove skice, biranjem određene površine modela strelicom miša. Nakon toga, pomoću alatki za crtanje skice i zadavanje ograničenja, crta se nova skica u zadanoj ravnini (Slika 5.12).

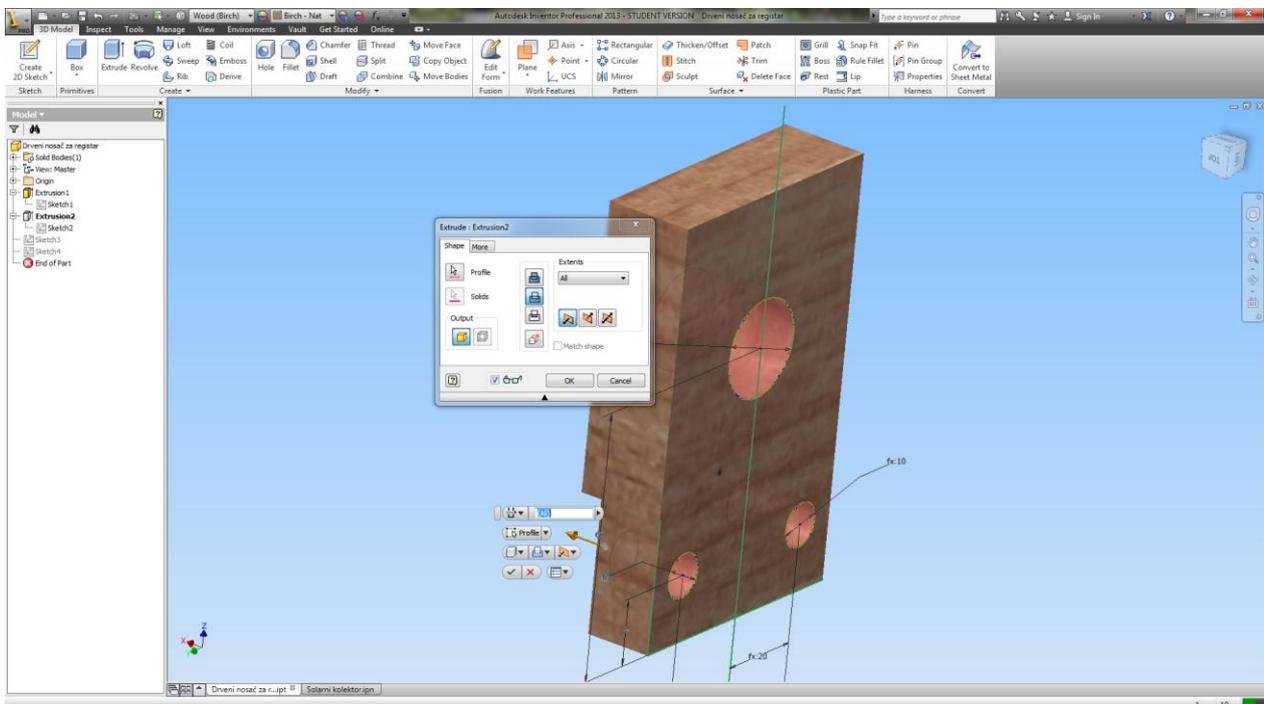


Slika 5.11 Definiranje *New Sketch* opcije iz kontekstnog izbornika



Slika 5.12 Crtanje nove skice u prethodno definiranoj novoj ravnini crtanja

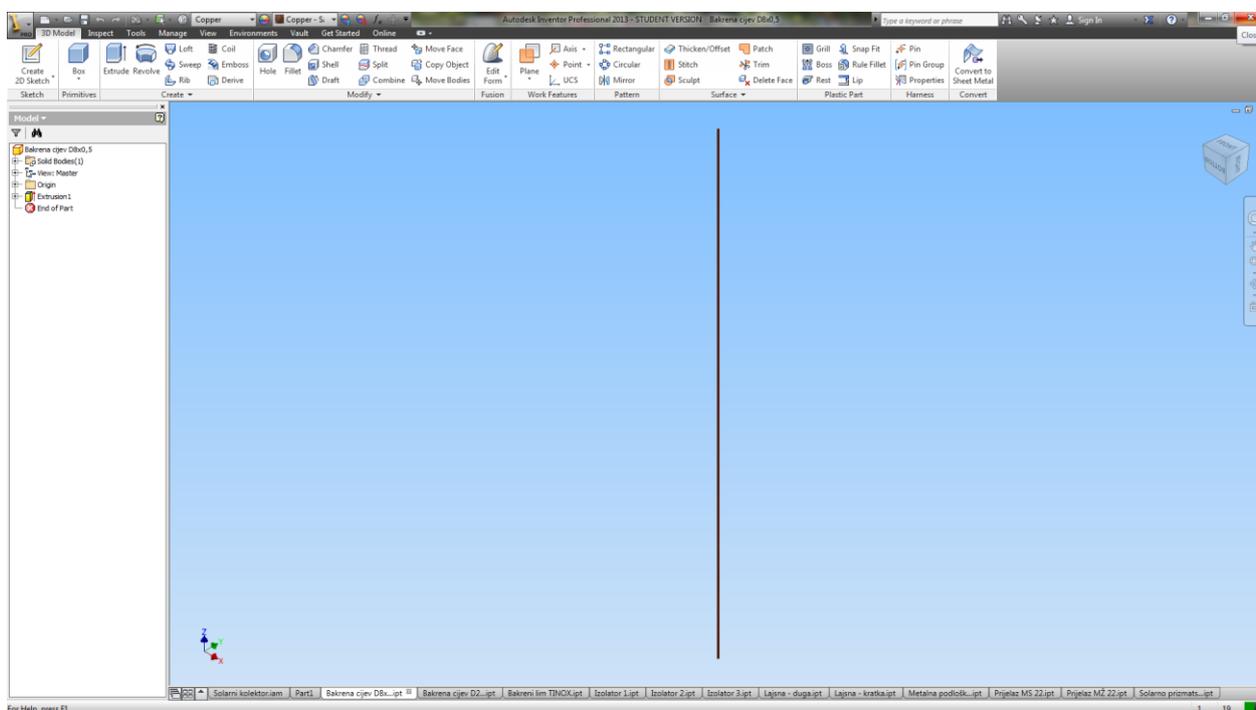
Pošto alatka za ekstrudiranje koristi elemente Booleve algebre, točnije primjenom naredbi spajanja, isijecanja i presjeka (*join*, *cut* i *intersect*) moguće je, odabirom odgovarajuće operacije, dobiti potreban izgled naredne faze modela do njegovog konačnog izgleda (Slika 5.13).



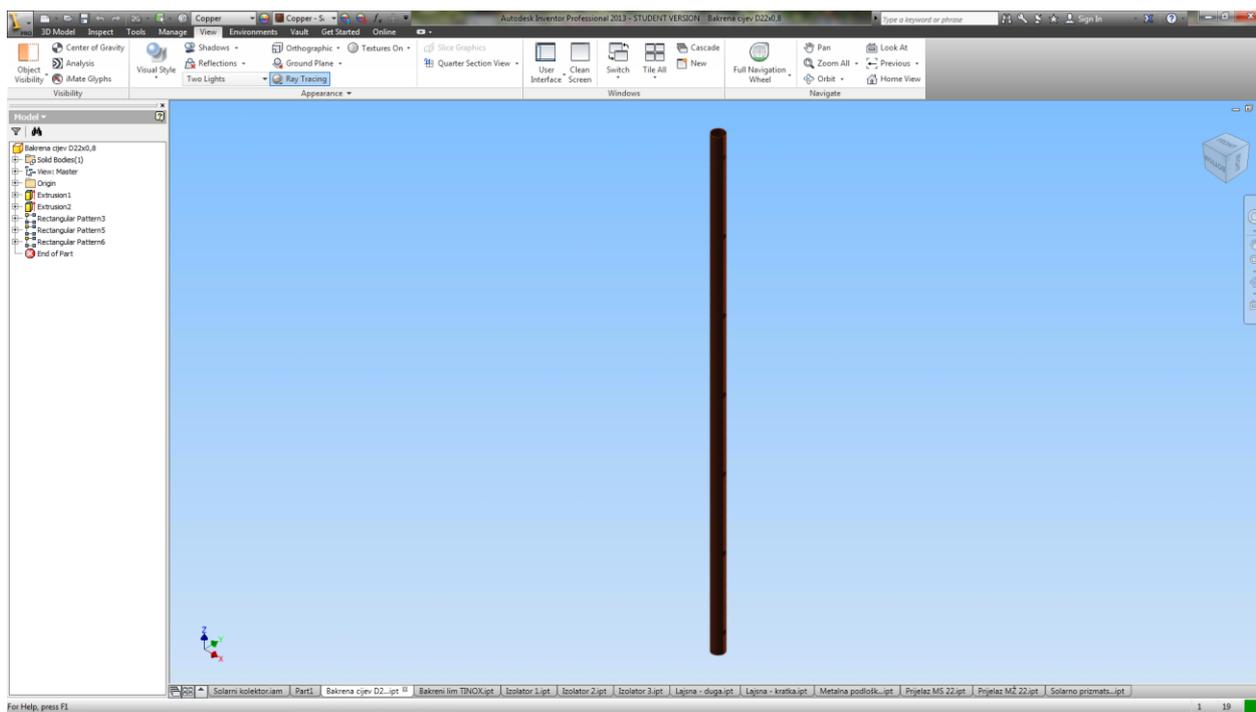
Slika 5.13 Dobivanje naredne faze modela do konačnog izgleda modela drvenog nosača

Na sličan način su izrađeni i većina ostalih dijelova sklopa solarnog kolektora i zbog toga će biti samo navedeni i prikazani na slikama. A to su:

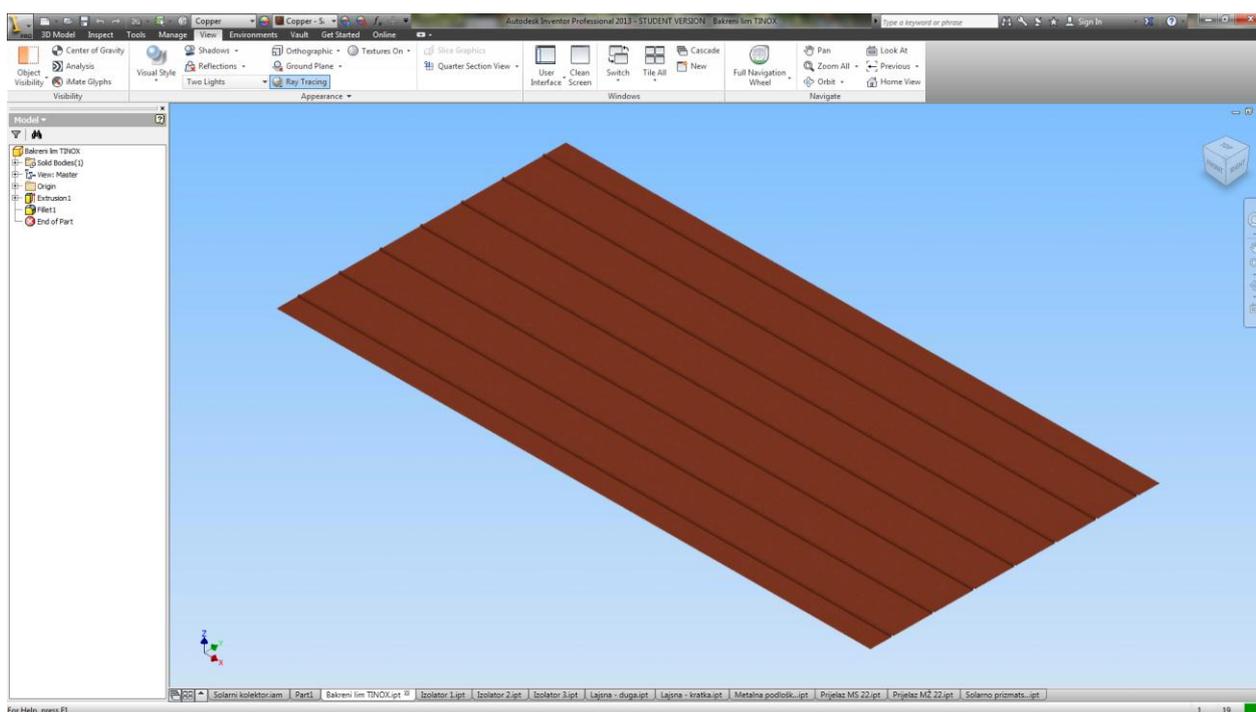
- Bakrena cijev D8x0,5 (Slika 5.14)
- Bakrena cijev D22x0,8 (Slika 5.15)
- Bakreni lim TINOX (Slika 5.16)
- Izolator 1 (Slika 5.17)
- Izolator 2 (Slika 5.18)
- Izolator 3 (Slika 5.19)
- Okvir-dugi dio (Slika 5.20)
- Okvir-kratki dio (Slika 5.21)
- Prijelaz MS 22 (Slika 5.22)
- Solarno prizmatično kaljeno staklo (Slika 5.23)



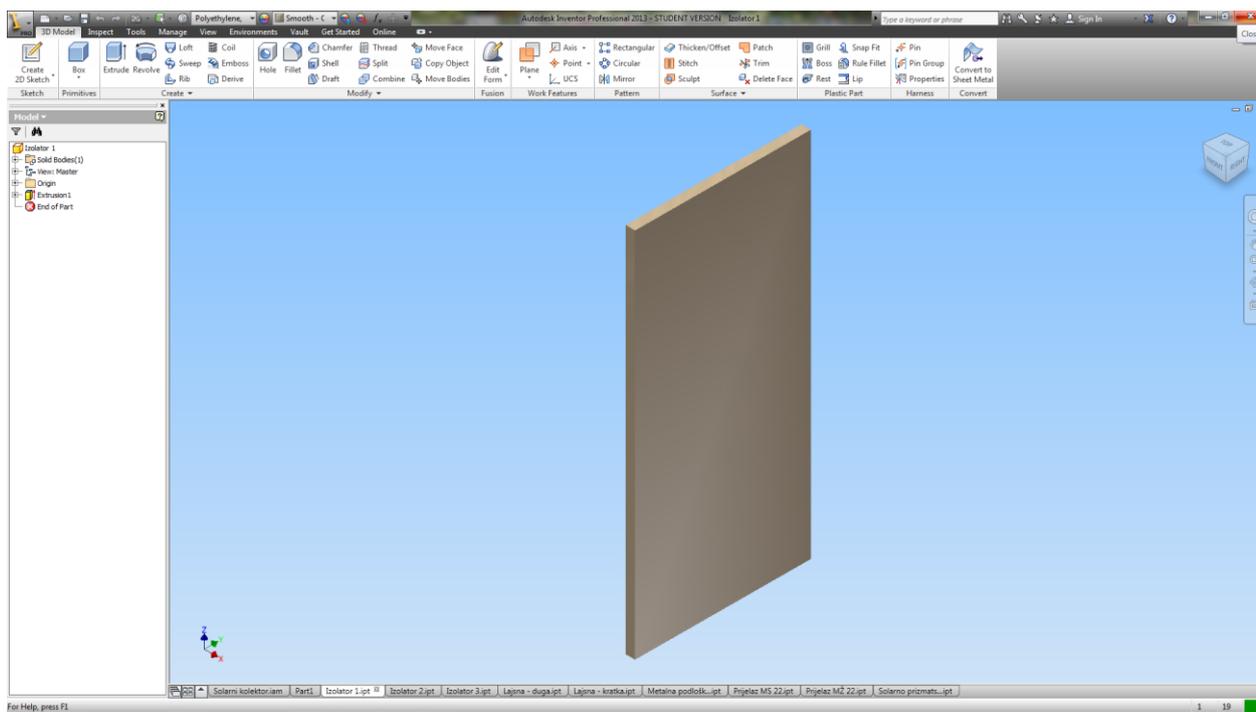
Slika 5.14 Bakrena cijev D8x0,5



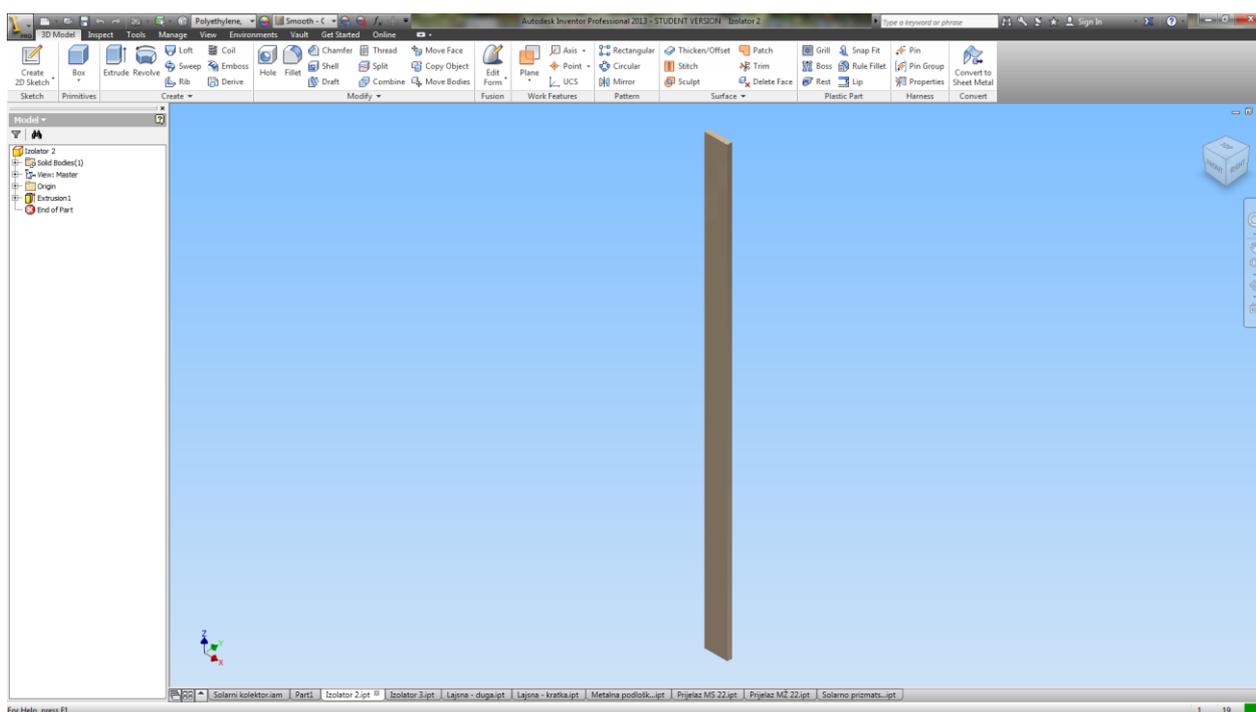
Slika 5.15 Bakrena cijev D22x0,8



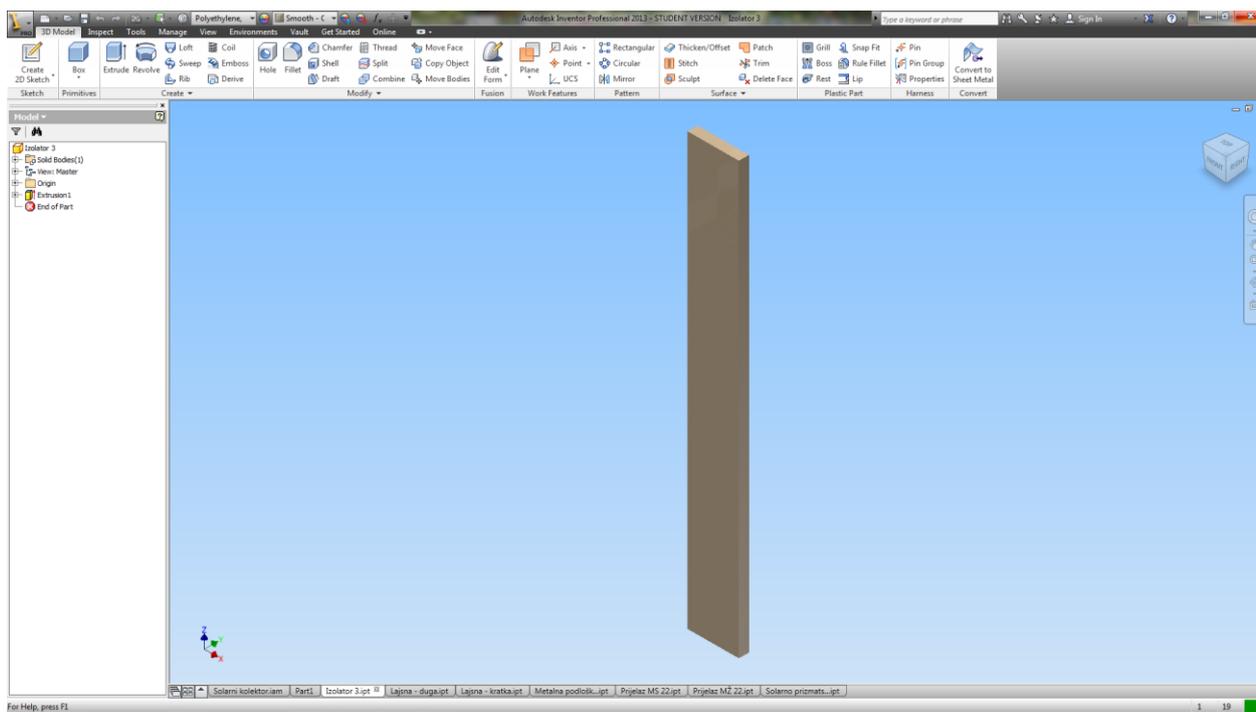
Slika 5.16 Bakreni lim TINOX



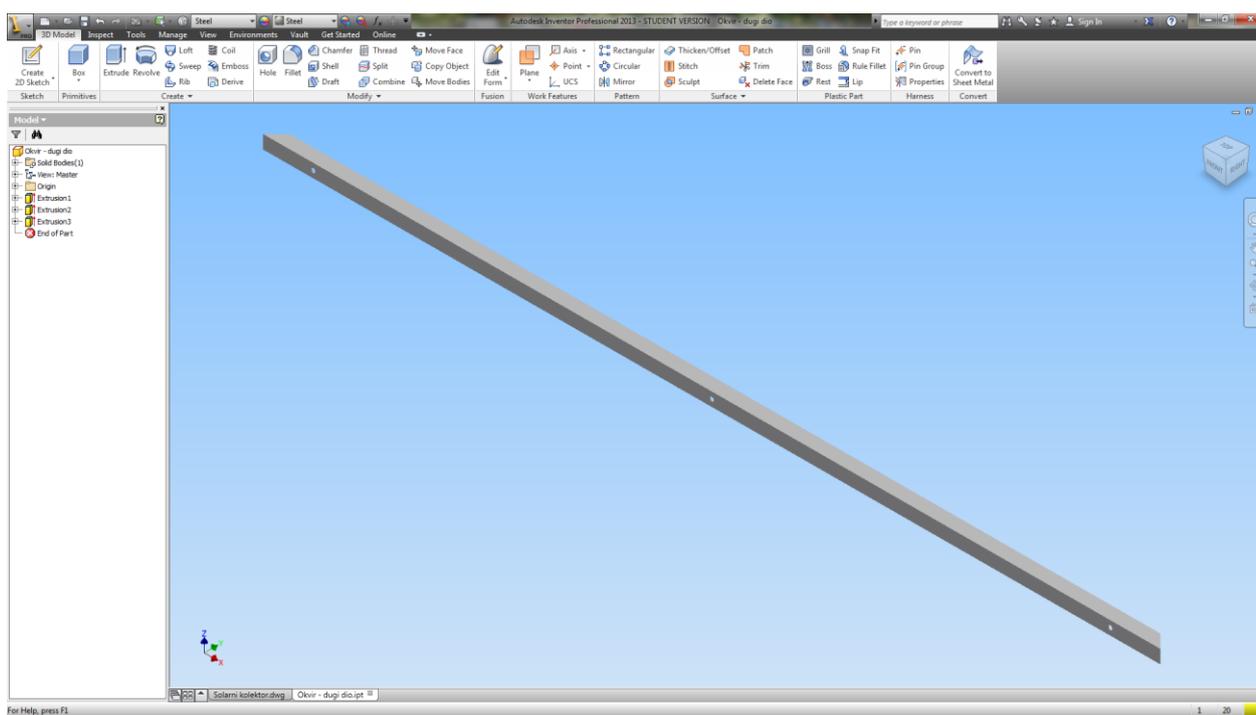
Slika 5.17 Izolator 1



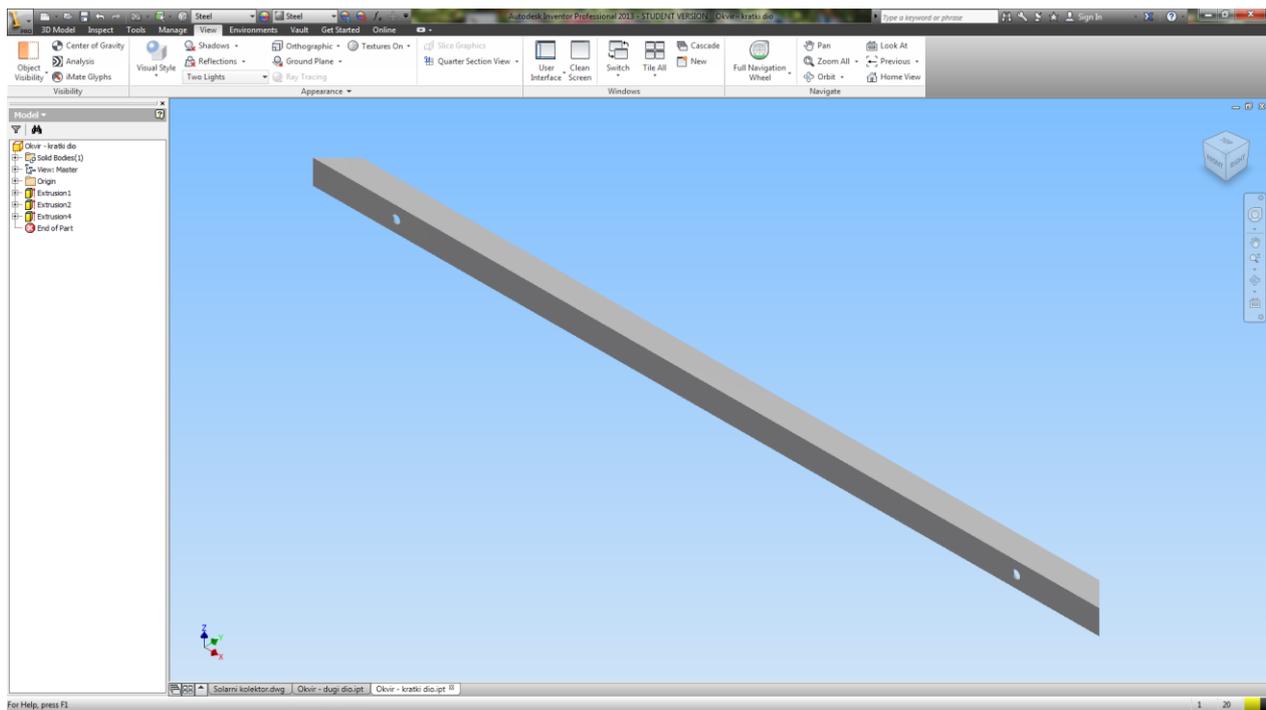
Slika 5.18 Izolator 2



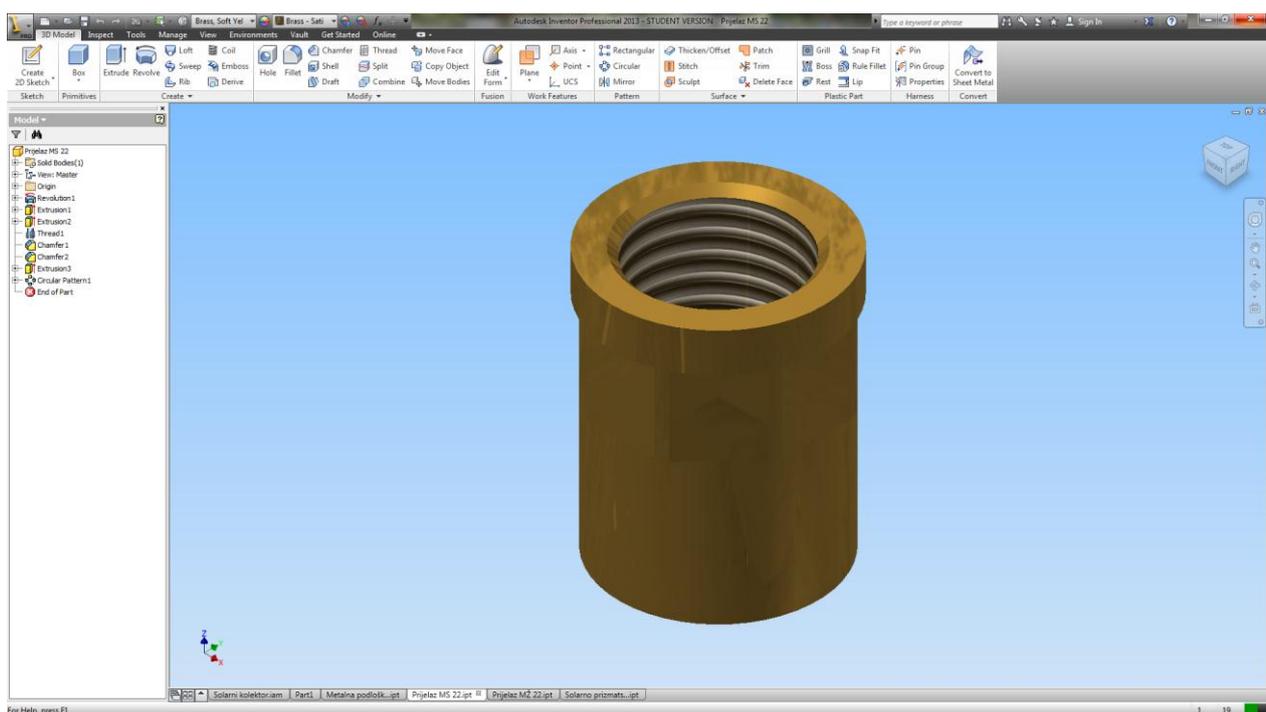
Slika 5.19 Izolator 3



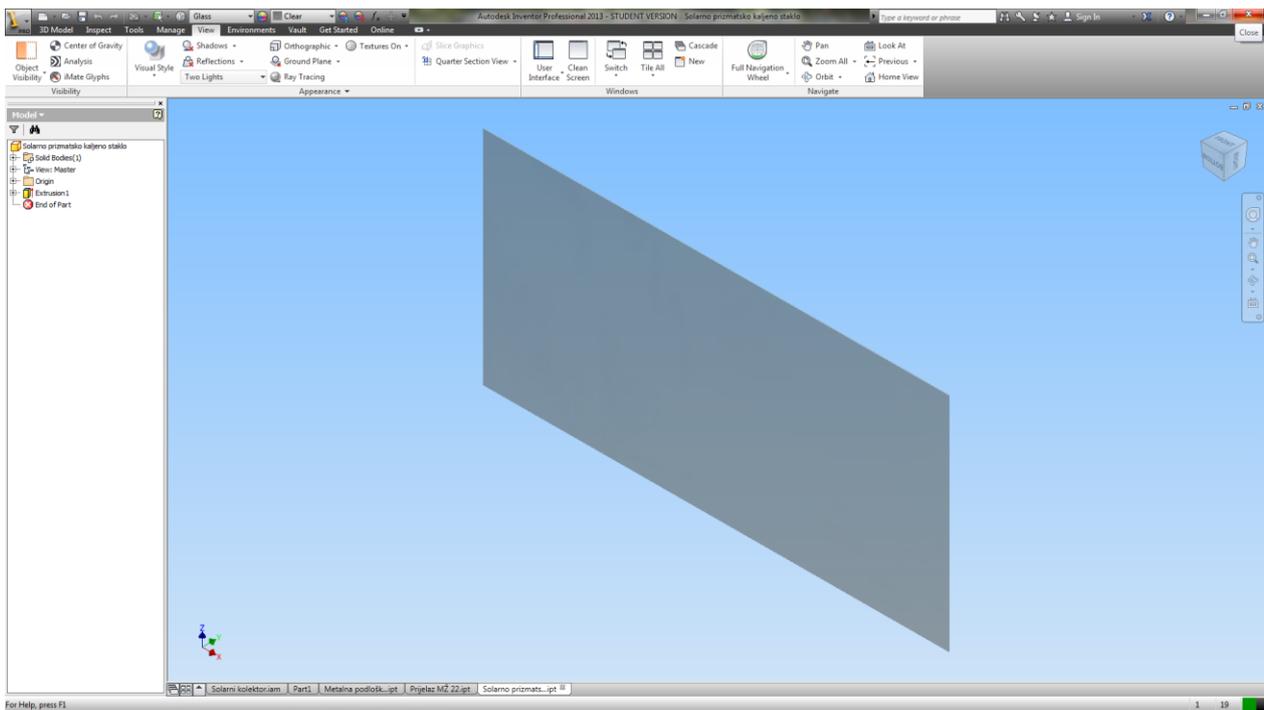
Slika 5.20 Okvir – dugi dio



Slika 5.21 Okvir – kratki dio



Slika 5.22 Prijelaz MS 22

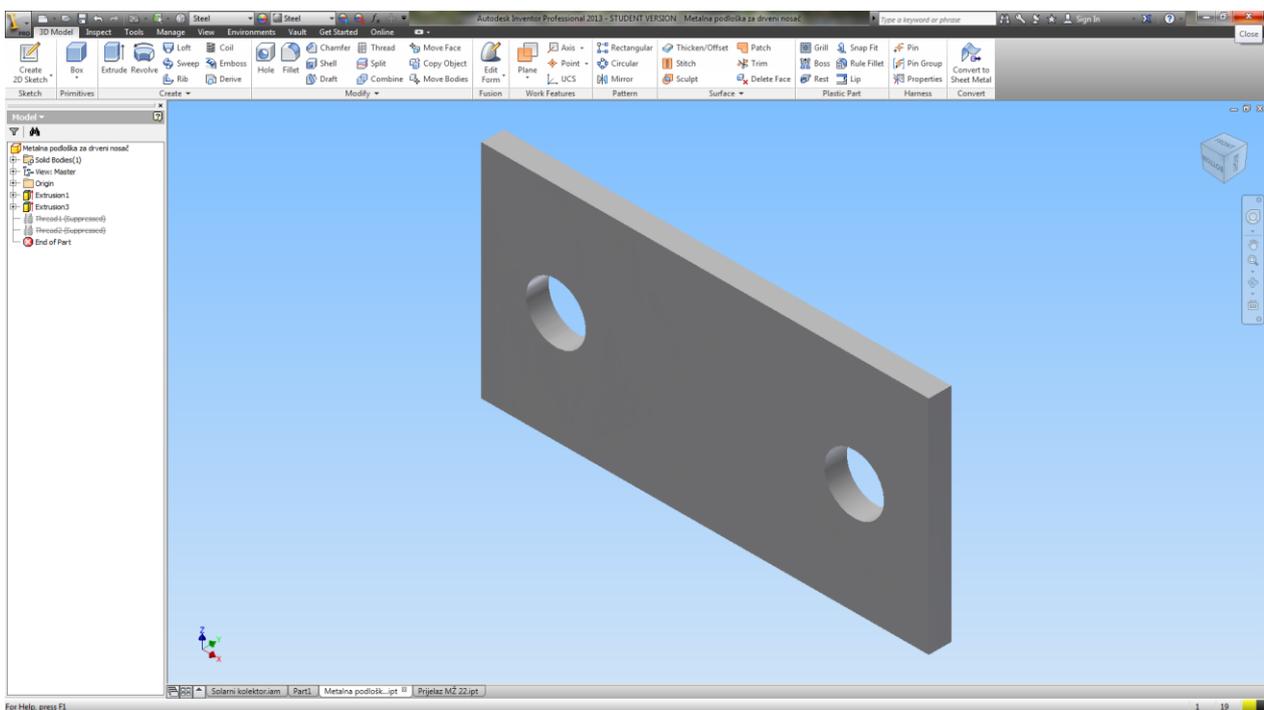


Slika 5.23 Solarno prizmatično kaljeno staklo

5.2.1 Oblikovanje navoja na objektu

Na dijelu *Metalna podloška za drveni nosač* biti će objašnjena funkcija modeliranja navoja na objektu.

Nakon dobivanja modela izradom skice i ekstrudiranjem (Slika 5.24), slijedi dodavanje navoja na već ucrtanu površinu.

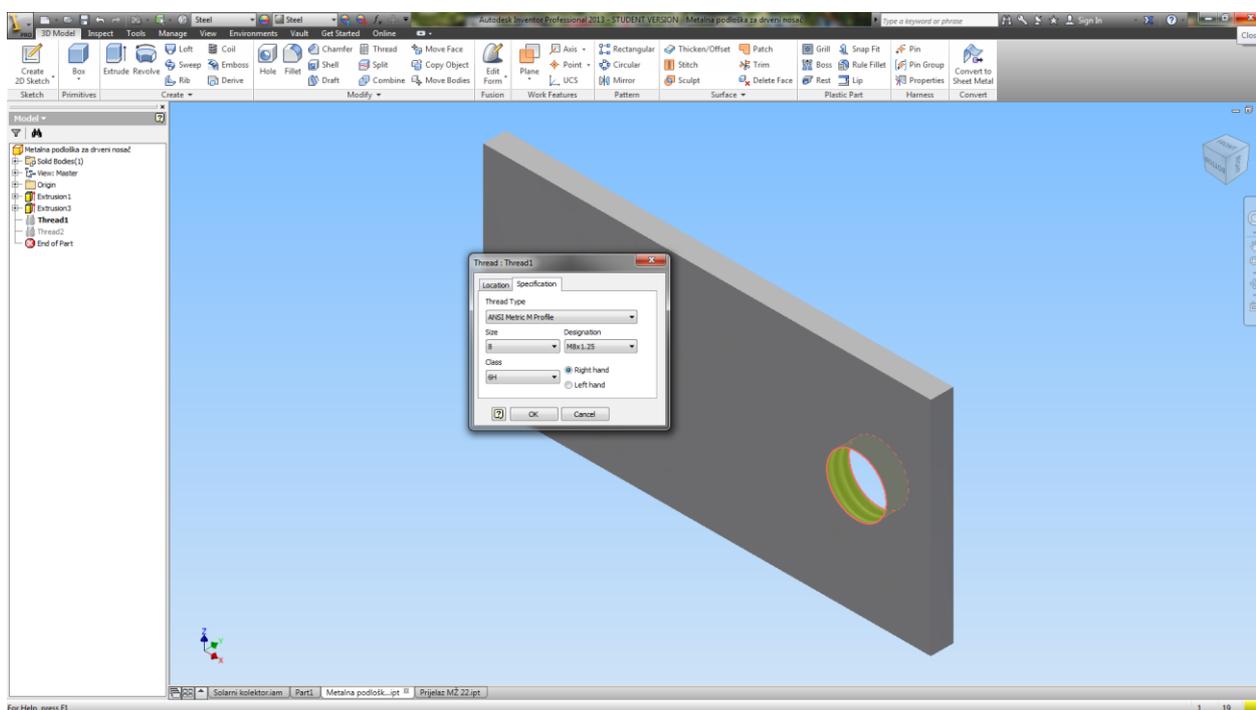


Slika 5.24 Izgled modela metalne podloške bez navoja

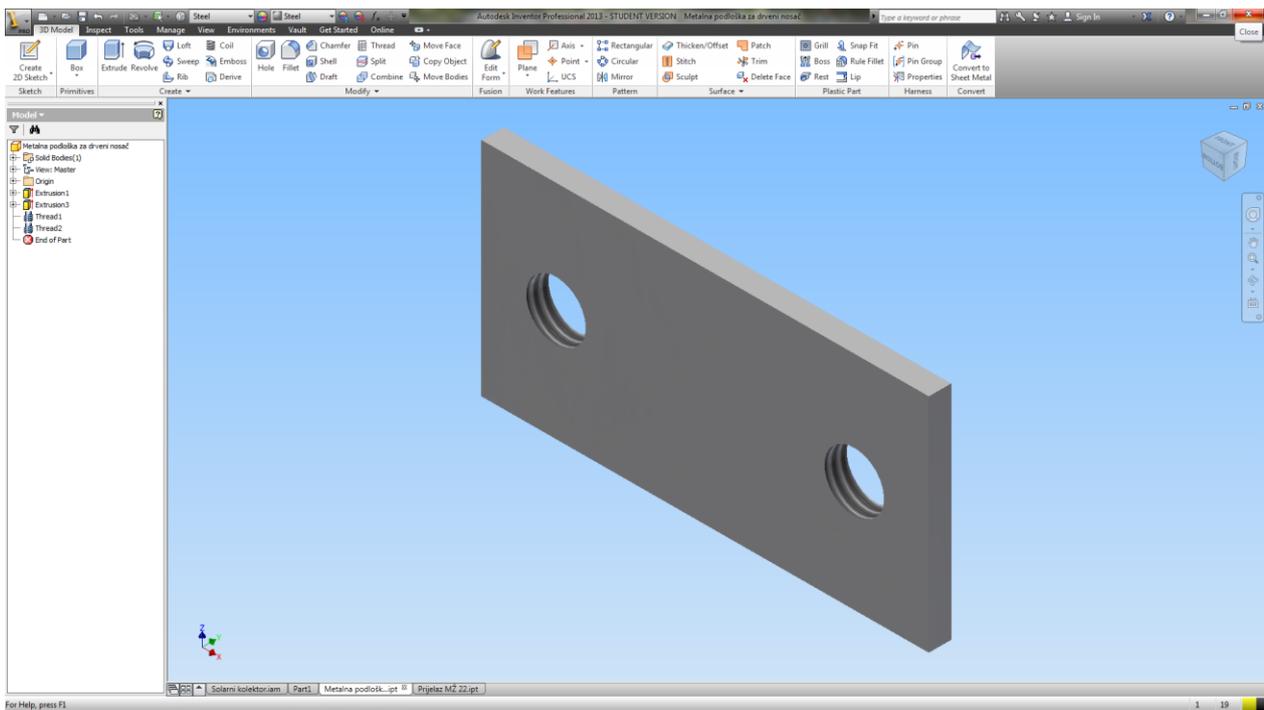
Navoj se dodaje naredbom *Thread* koja se nalazi na paleti 3D Model na kartici *Modify*. Odabirom naredbe *Thread* (Slika 5.25), mogu se unositi razni parametri, kao što su:

- odabir površine za navoj,
- dužina navoja,
- vrsta navoja,
- veličinu navoja,
- korak navoja,
- toleranciju,
- smjer navoja.

Slika 5.26 prikazuje konačni oblik pozicije metalne podloške.



Slika 5.25 Faza izrade navoja na odabranu površinu



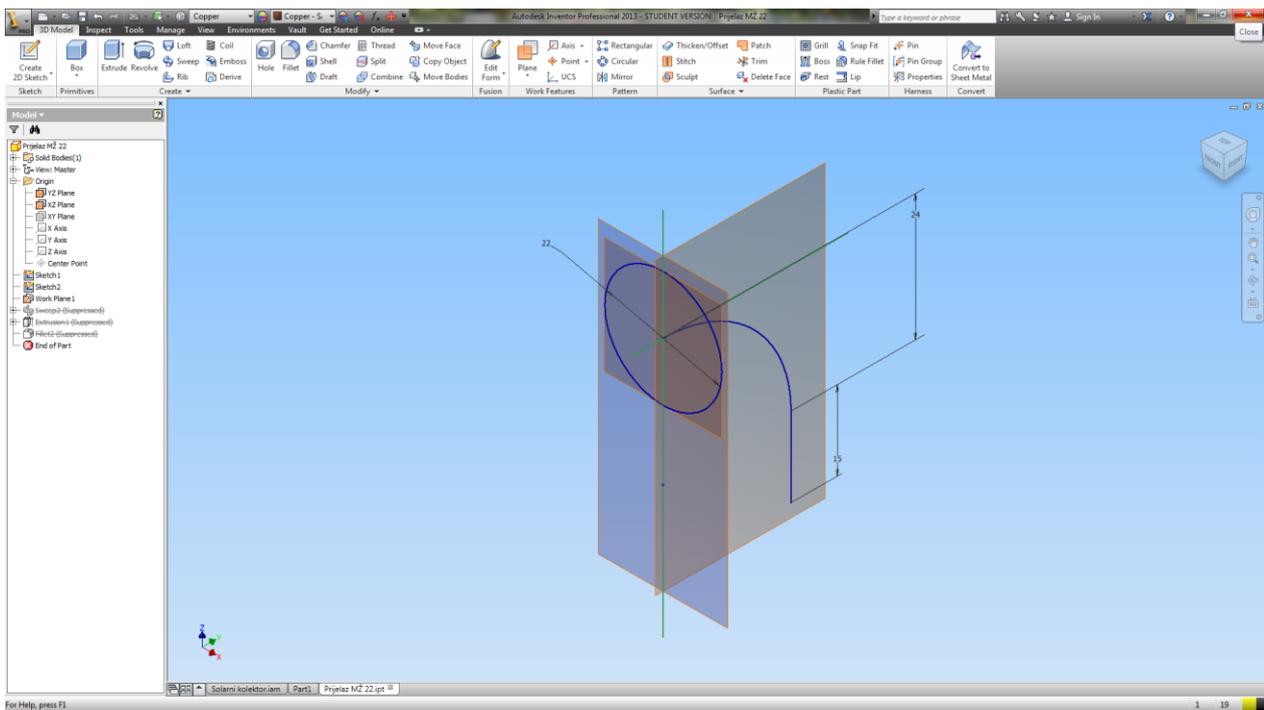
Slika 5.26 Metalna podloška za drveni nosač

5.2.2 Oblikovanje elemenata ekstrudiranjem po putanji – Sweep

Sweep funkcija je jedna od najvažnijih naprednih alatki za modeliranje. Ona se koristi za izvlačenje zatvorenog profila po duljini otvorene ili zatvorene putanje. To znači da za izradu elementa izvučenog po putanji potrebni su profil (engl. *Profile*) i putanja (engl. *Path*). Profil je presjek elementa, a putanja je put kojim se profil kreće tijekom izrade elementa. Profil mora biti skica, a putanja može biti skica, krivulja ili rub.

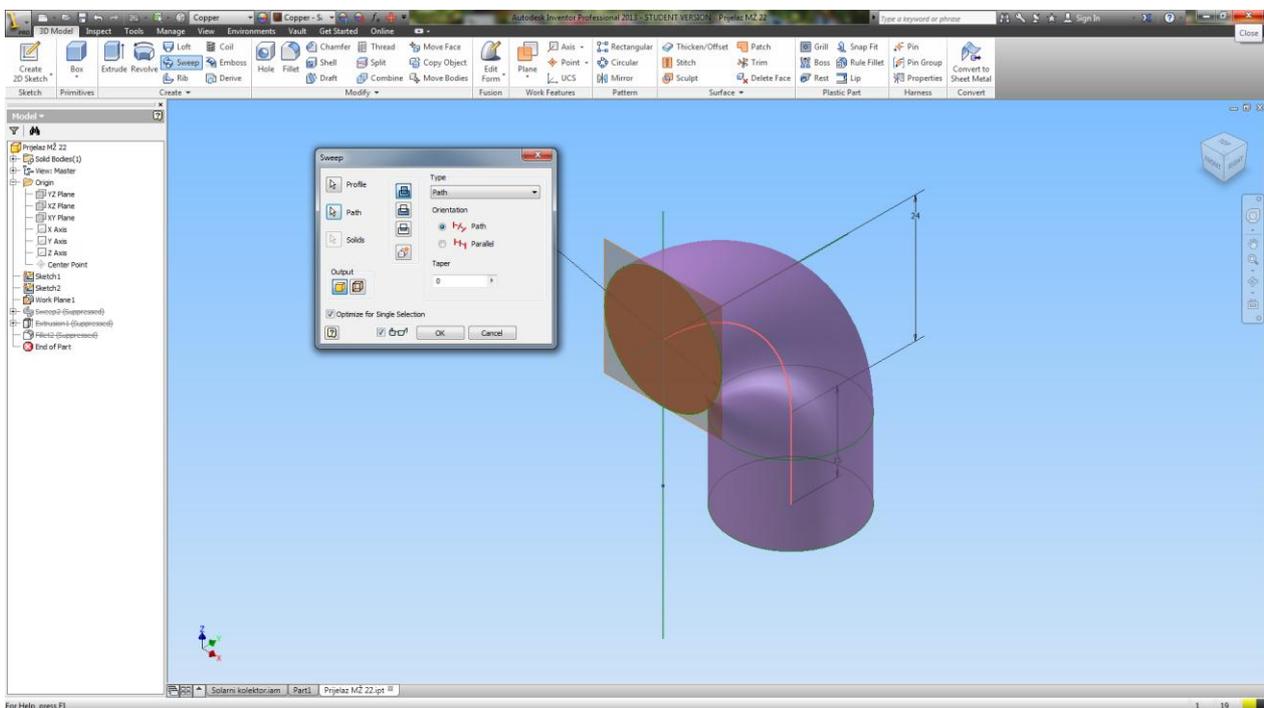
Funkcija oblikovanja elementa biti će objašnjena na dijelu *Prijelaz MŽ 22*.

Prije nego što se pokrene naredba *Sweep* potrebno je nacrtati u dvije različite ravnine profila i putanje (Slika 5.27).

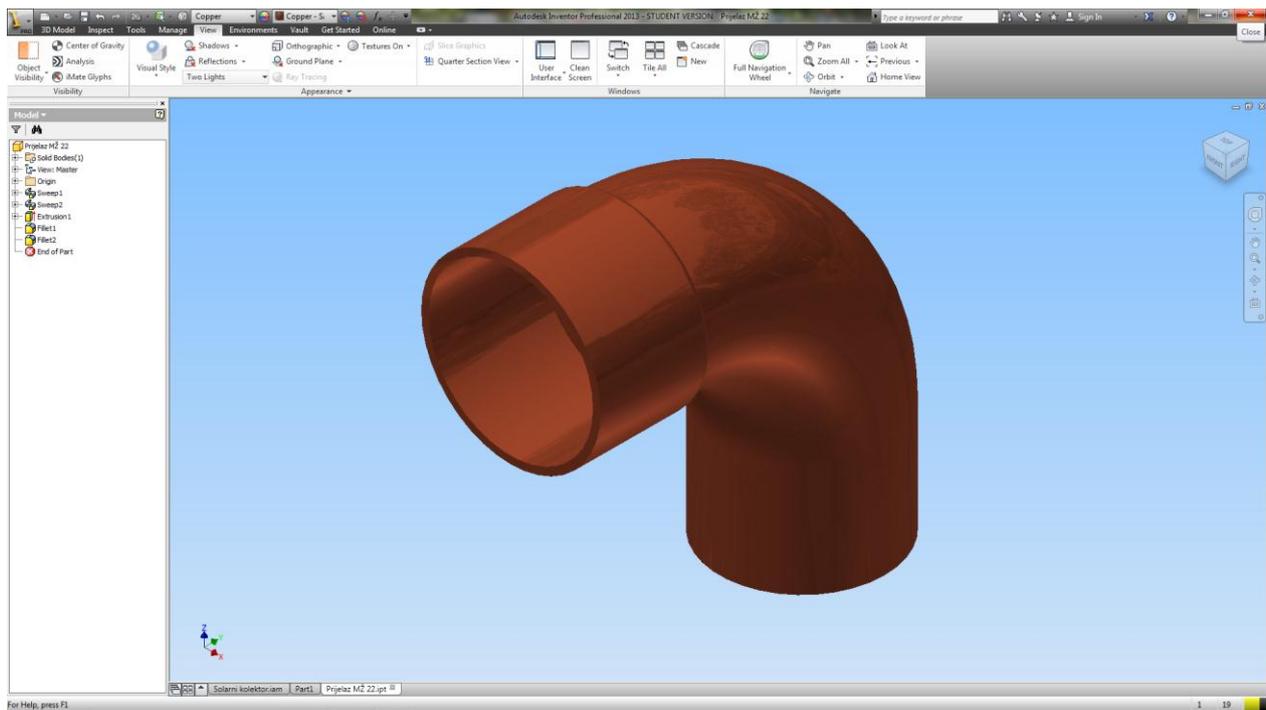


Slika 5.27 Profil i putanja za izradu elementa izvlačenjem po putanji

Kada se pokrene naredba *Sweep* u prozoru naredbe potrebno je prvo odabrati profil za izvlačenje. Odabere se skica u oblasti za crtanje i ona će biti istaknuta. Zatim je potrebno odabrati putanju po kojoj će skica biti izvučena. U oblasti za crtanje biti će prikazana privremena slika elementa dobivenog izvlačenjem po putanji (Slika 5.28). Potvrđivanjem izvlačenja pritiskom na *OK* dobiva se konačni element. Slika 5.29 prikazuje element dobiven izvlačenjem po putanji.



Slika 5.28 Privremeni izgled elementa dobivenog izvlačenjem po putanji



Slika 5.29 Konačni izgled elementa dobivenog funkcijom Sweep – Prijelaz MŽ 22

5.2.3 Izrada objekta od tankog lima – *Sheet Metal*

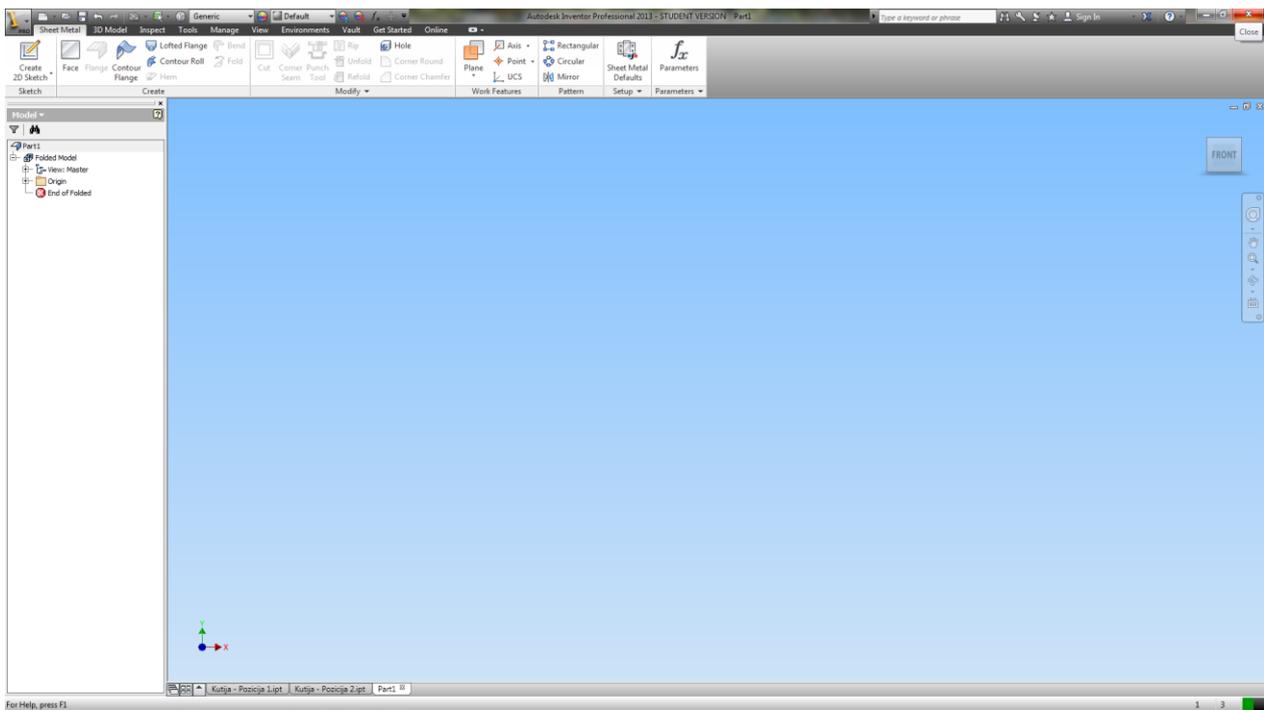
Inventor je projektiran, da u velikoj mjeri pojednostavi izradu često korištenih konstrukcija od tankih limova, tako što nudi precizne digitalne prototipove, koji u potpunosti reprezentiraju stvarne fizičke modele, uključujući i detalje kao što su obaranje rubova, vijke za tanke limove i uvjete savijanja proračunate kako iz linearnih funkcija, tako i iz empirijskih tabela savijanja.

Komponente od lima mogu se projektirati pomoću raznih namjenskih alatki iz modula *Sheet Metal*. Općenito govoreći, puni (solid) modeli limenih komponenti prave se zbog generiranja razvijenog omotača limene komponente, proučavanja dizajna kalupa i otvora za proučavanje proizvodnog plana za projektiranje alatki potrebnih za izradu limenih komponenti.

Na dijelu *Kutija – Pozicija 2* biti će objašnjena funkcija modeliranja objekta od tankog lima.

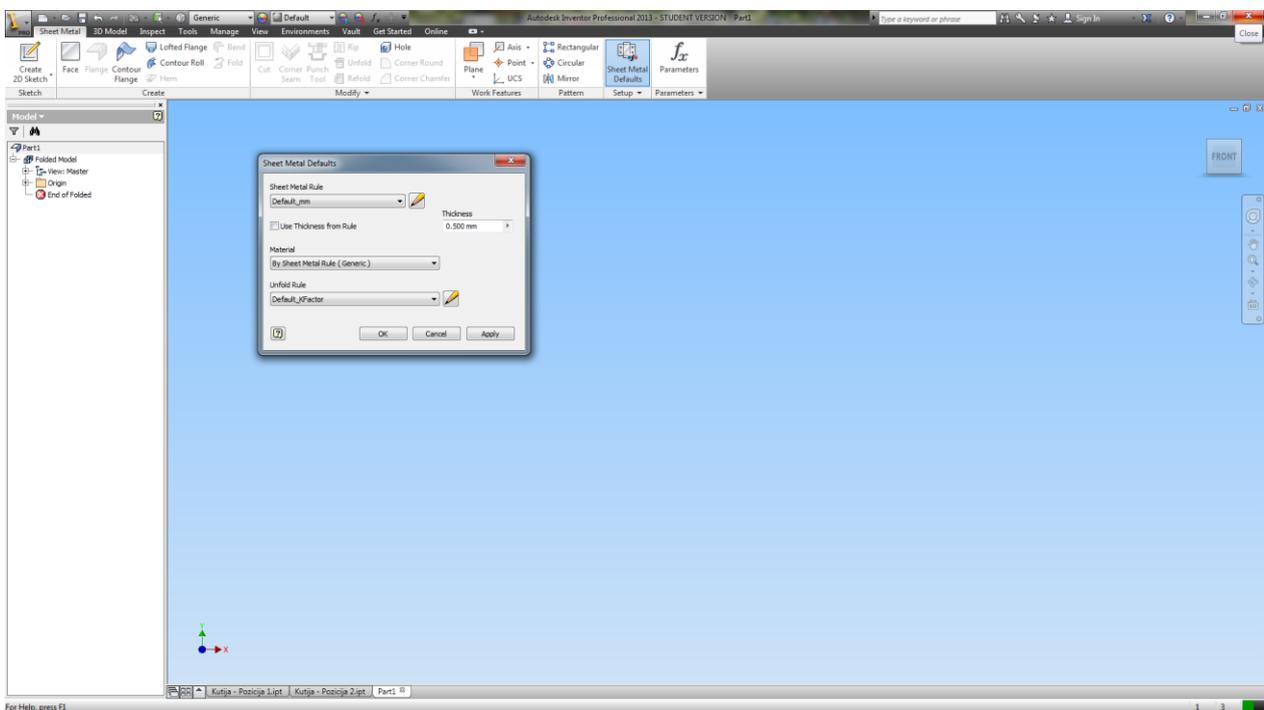
Najrasprostranjenija metoda izrade limenih komponenti je da se prvo napravi osnovna ploča, a zatim njoj dodaju limeni tipski oblici dok se ne dobije potrebna komponenta. U toj metodi, svi parametri vezani za lim, kao što su polumjer savijanja, dozvoljeno savijanje i kut rezanja, definirani su pri izradi osnovne ploče.

Za kreiranje limene komponente u *Autodesk Inventor*-u potrebno je u sučelju za kreiranje nove datoteke odabrati opciju *Sheet Metal (mm).ipt*. Po izboru ove opcije dobiva se osnovni prozor za skiciranje tankih limova (Slika 5.30).



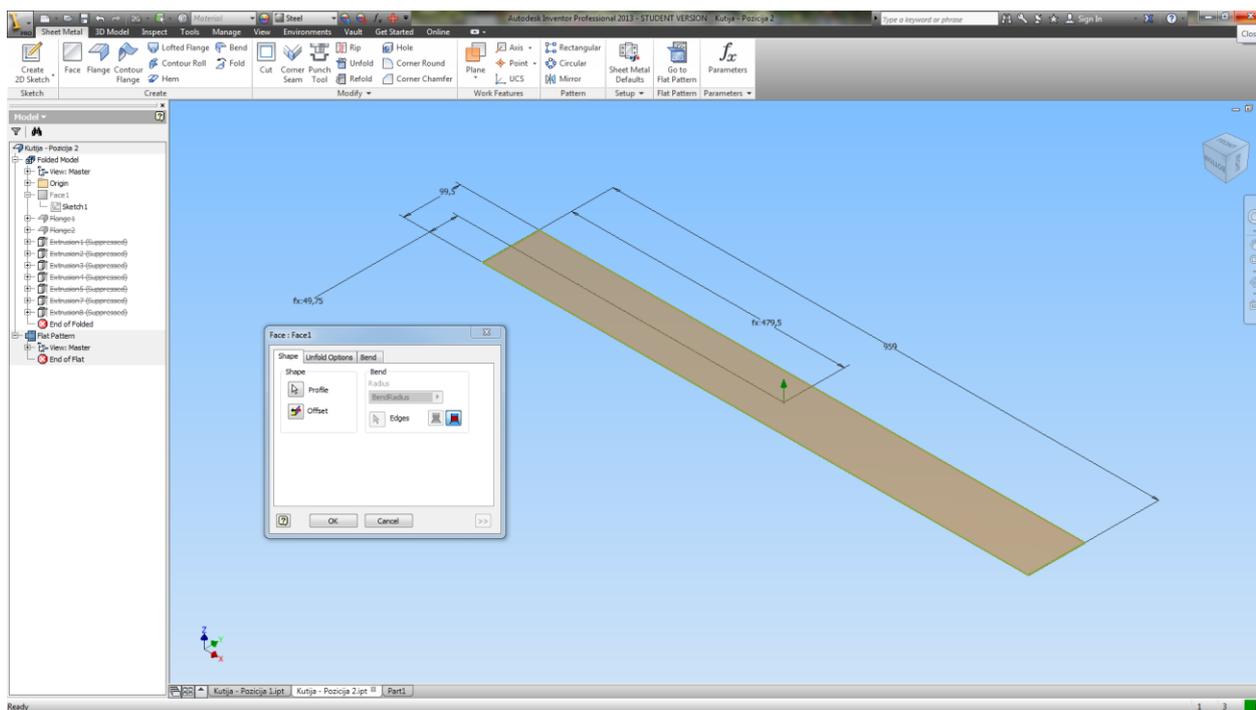
Slika 5.30 Grafičko sučelje modula Sheet Metal

Prvo što treba odraditi kod izrade dijela od tankog lima je podesiti debljinu tankog lima. Kod izrade ove pozicije kutije debljina lima je 0,5 mm. To se radi klikom na opciju *Sheet Metal Defaults*, gdje se dobiva sučelje za podešavanje (Slika 5.31) i unosi se debljina lima (*Thickness*).



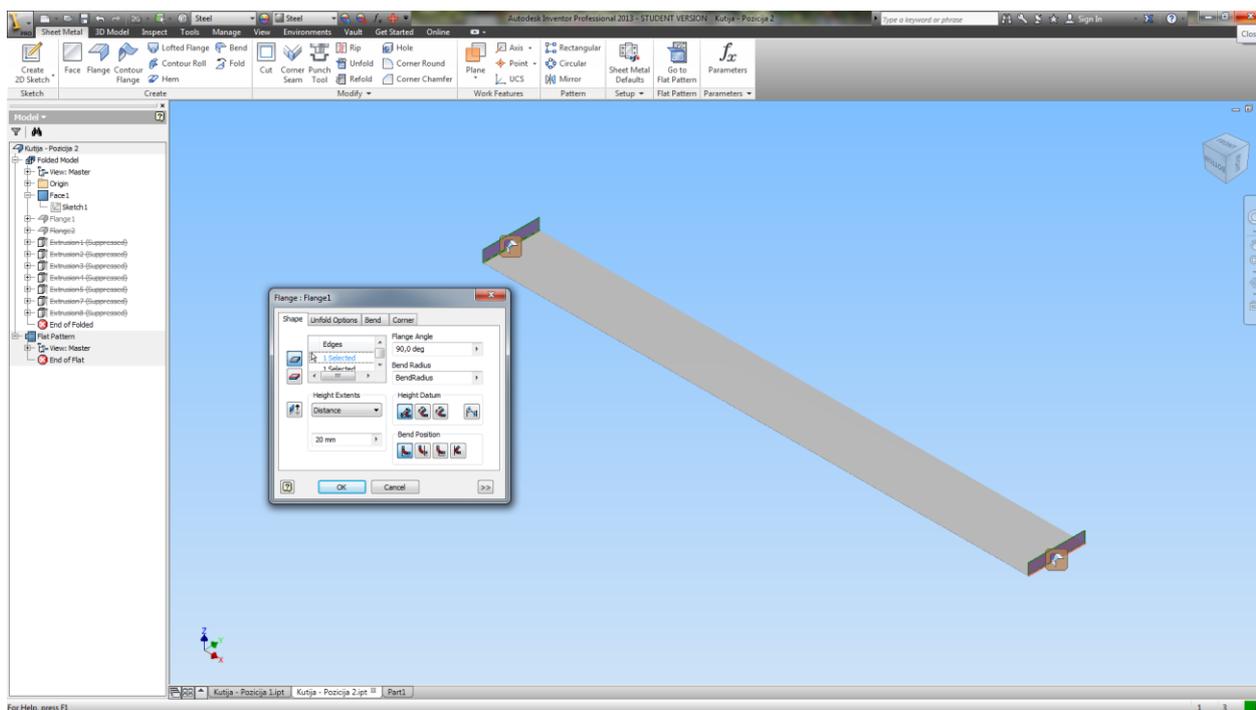
Slika 5.31 Sučelje za podešavanje debljine tankog lima

Sljedeći korak je izrada skice kao i pri izradi običnog 3D objekta. Nakon toga slijedi izrada osnovne ploča odabirom opcije *Face* (Slika 5.32).



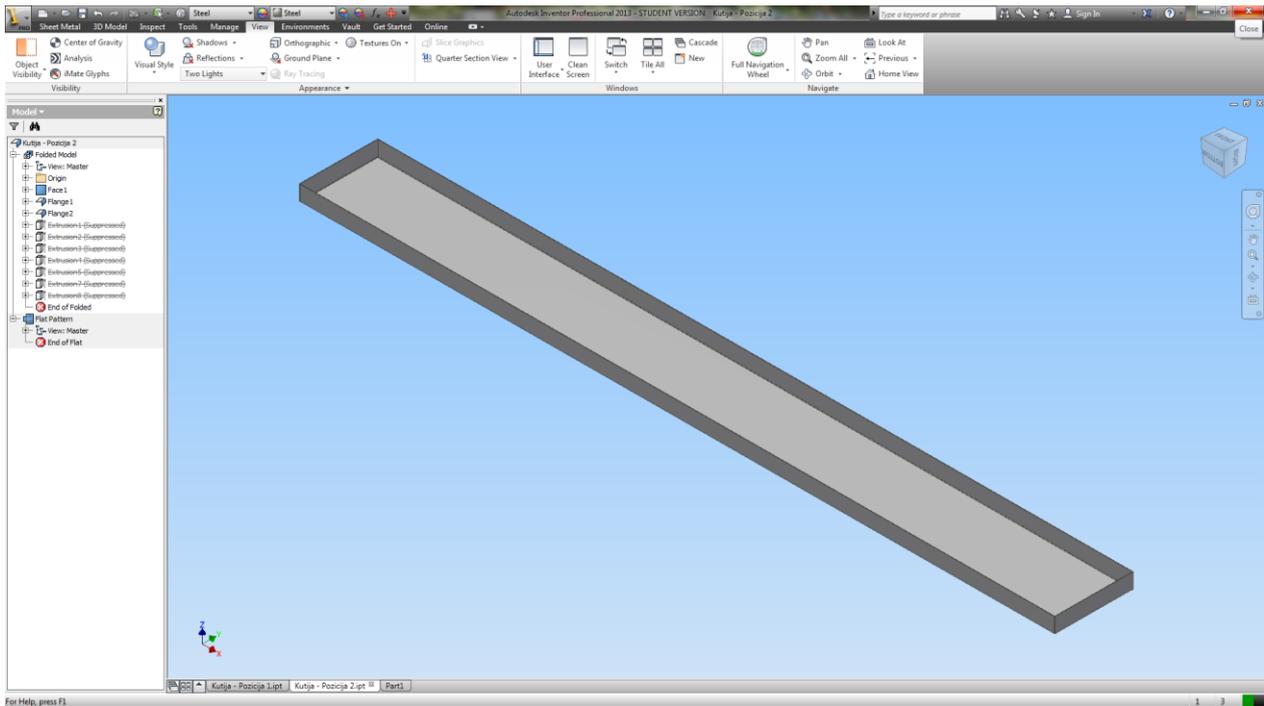
Slika 5.32 Sučelje za izradu osnovne ploče – Face

Na izraženu osnovnu ploču mogu se dodavati obodne stranice. Obodne stranice su savijeni limeni zidovi napravljeni pod nekim kutom na rubu postojeće osnovne ploče ili postojeće obodne stranice. Da bi se napravila obodna stranica potrebno je odabrati opciju *Flange* u *Sheet Metal* panelu. Odabirom opcije *Flange* dobiva se sučelje za izradu stranica (Slika 5.33), gdje je prvo potrebno odabrati linearni rub planarne stranice kako bi se napravila obodna stranica. Nakon odabira ruba, prikaz obodne stranice pojavit će se u oblasti za crtanje. Još je potrebno podesiti i ostale parametre, kao što su duljina stranice, kut savijanja, radijus savijanja, vanjski ili unutarnji kut savijanja itd.



Slika 5.33 Sučelje za izradu obodnih stranica – Flange

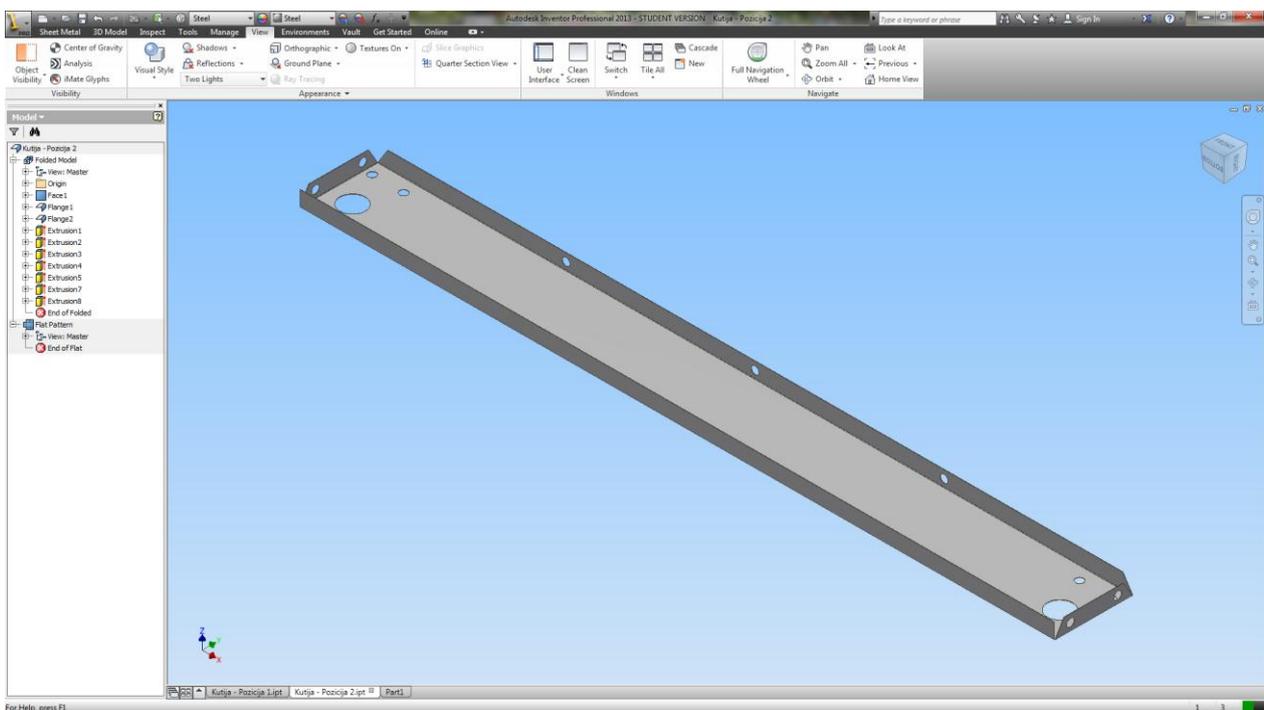
Slika 5.34 prikazuje izgled pozicije kutije nakon dodavanja svih dodatnih stranica.



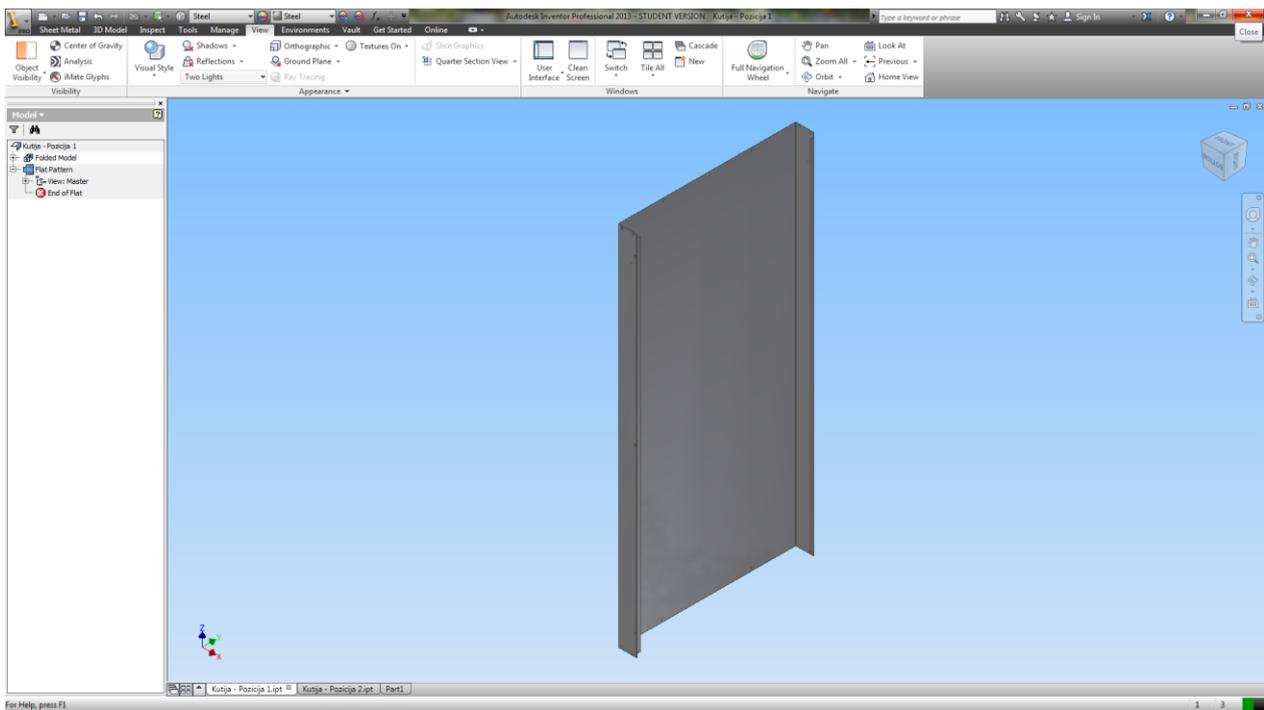
Slika 5.34 Izgled osnovne ploče sa dodatnim obodnim stranicama

Nakon što se oblikuje model od tankog lima, slijedi daljnja obrada u svrhu dobivanja konačnog izgleda modela. Daljnja obrada modela od tankog lima vrši se na istom principu kao i daljnja obrada standardnih dijelova u *Inventor*-u.

Slika 5.35 prikazuje konačni izgled dijela *Kutija – Pozicija 2*, a na isti način je izrađen i dio *Kutija – Pozicija 1* (Slika 5.36).

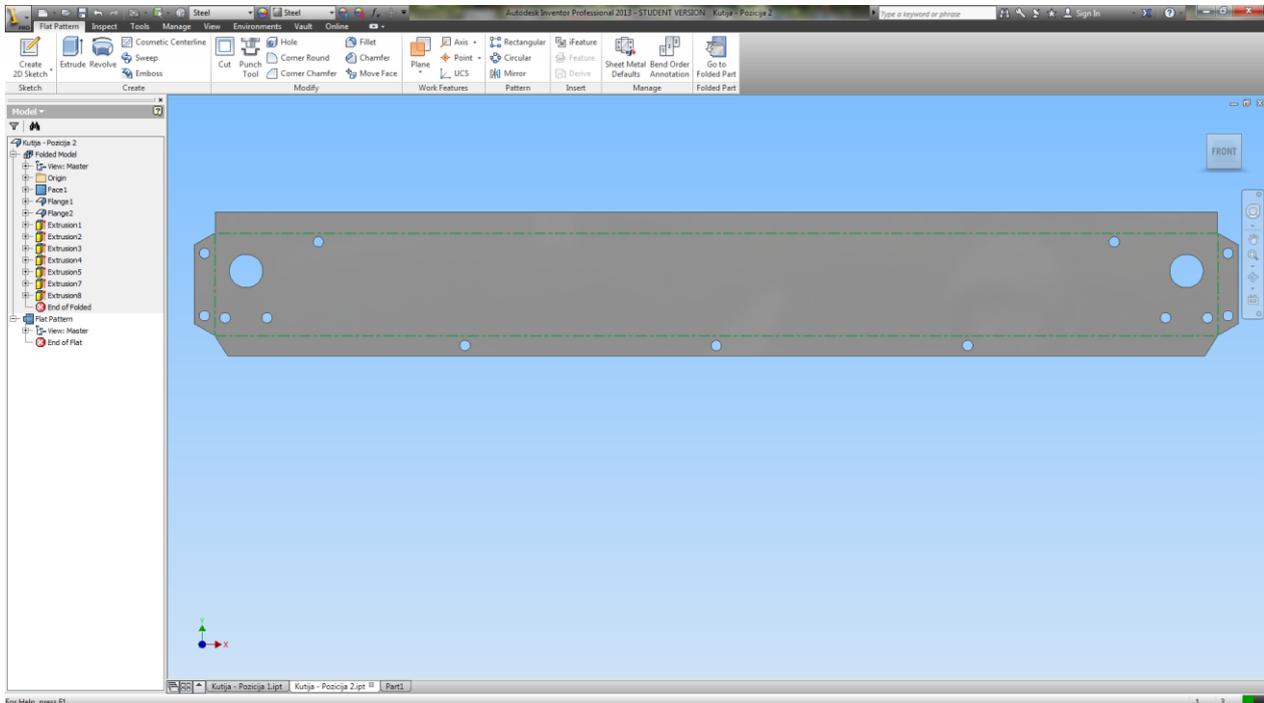


Slika 5.35 Konačni izgled elementa dobivenog od tankog lima – *Kutija–Pozicija 2*



Slika 5.36 Kutija – Pozicija 1

Vrlo bitna stvar kod modela od tankih limova je razvijeni oblik, na kojem su prikazane gabaritne mjere lima od kojeg se treba dobiti konačni oblik i linije savijanja tog lima, što se dobije odabirom opcije *Go to Flat Pattern*. Slika 5.37 prikazuje razvijeni oblik modela.



Slika 5.37 Razvijeni oblik kutije – Flat Pattern

5.3 Izrada sklopova solarnog kolektora

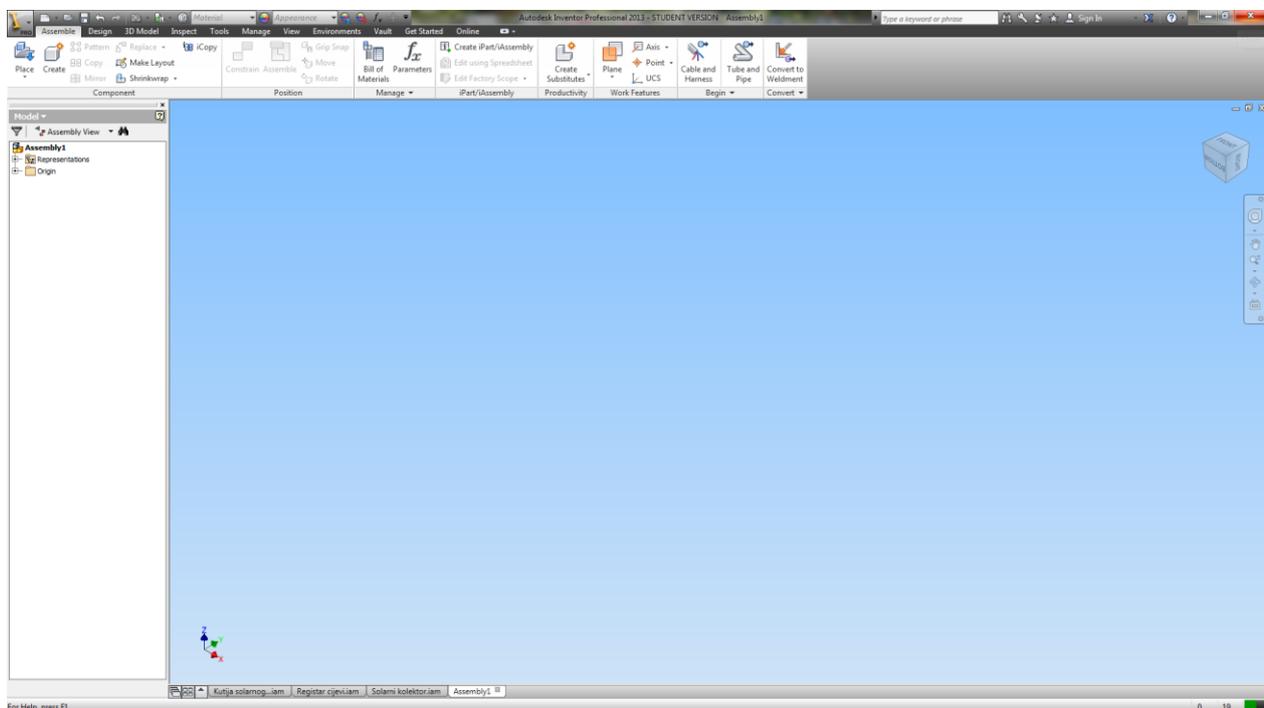
Da bi se napravio funkcionalan sklop ubacuje se dio po dio u radni prostor, a zatim određuju njihovi međusobni odnosi i rastojanja. Neke od najkorištenijih karakteristika za definiranje međusobnih odnosa dijelova su centričnost, paralelnost, kut između njih ili međusobna udaljenost površina. Na jednostavan način, elemente koji su konstruirani (modelirani) u *Part* modulu, u *Assembly* modulu ti dijelovi se povezuju.

Projekt sklopa sastoji se od više komponenti postavljenih na odgovarajuće radne pozicije pomoću parametarskih relacija. Taj postupak se naziva uklapanje, a uvjeti uklapanja omogućuju da se komponentama ograniči stupanj slobode na njihovim radnim pozicijama.

Postupak modeliranja sklopa biti će objašnjen na pod-sklopu *Kutija solarnog kolektora*.

Postoje dva načina projektiranja sklopova: od dna prema vrhu i od vrha prema dnu. U projektiranju solarnog kolektora korišten je način projektiranja od dna prema vrhu. Projektiranje od dna prema vrhu najčešće je korišten pristup u projektiranju sklopova. U njemu se sve komponente prave kao odvojeni dokumenti dijela, a u sklopu se postavljaju i referenciraju kao vanjske komponente. Pri ovakvom pristupu, komponente se prave u modulu rada sa dijelovima (*Part*) i snimaju se kao datoteke s nastavkom *.ipt*. Nakon što se naprave i snime sve komponente sklopa, otvara se novi dokument sklopa (*.iam*). i umeću se komponente pomoću alatki dostupnih u režimu *Assembly*. Zatim se komponente sastavljaju tako što se uklapaju. Glavna prednost ovakvog projektiranja sklopova je to što u tekućoj datoteci postoji samo jedan dio. Zahvaljujući tome, može se obratiti više pažnje na pojedinačne složene elemente. Ovaj se način prvenstveno primjenjuje kada se radi sa velikim sklopovima koji sadrže složene dijelove.

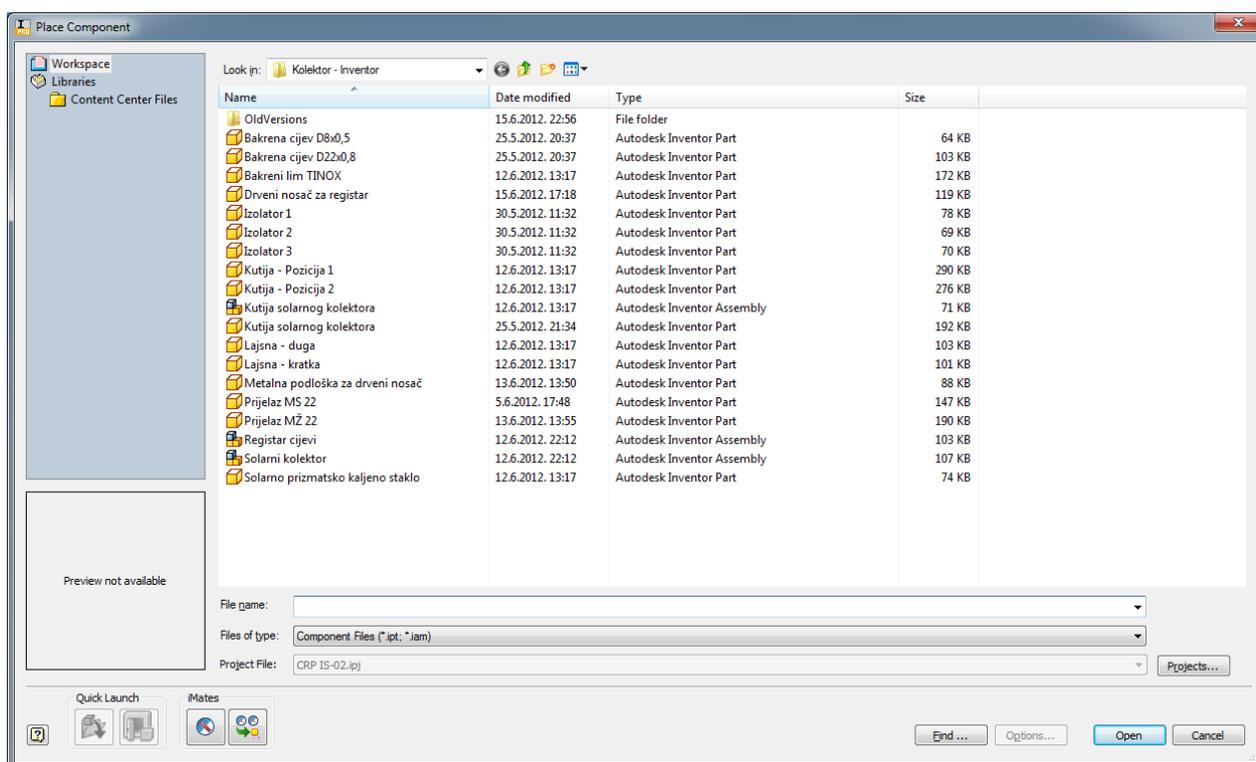
Da bi se prešlo u modul rada sa sklopovima (*Assembly*), potrebno je u sučelju za kreiranje nove datoteke (Slika 5.3), odabrati opciju *Standard (mm).iam*. Slika 5.38 prikazuje izgled sučelja modula za izradu sklopova.



Slika 5.38 Sučelje modula za izradu sklopova – *Assembly*

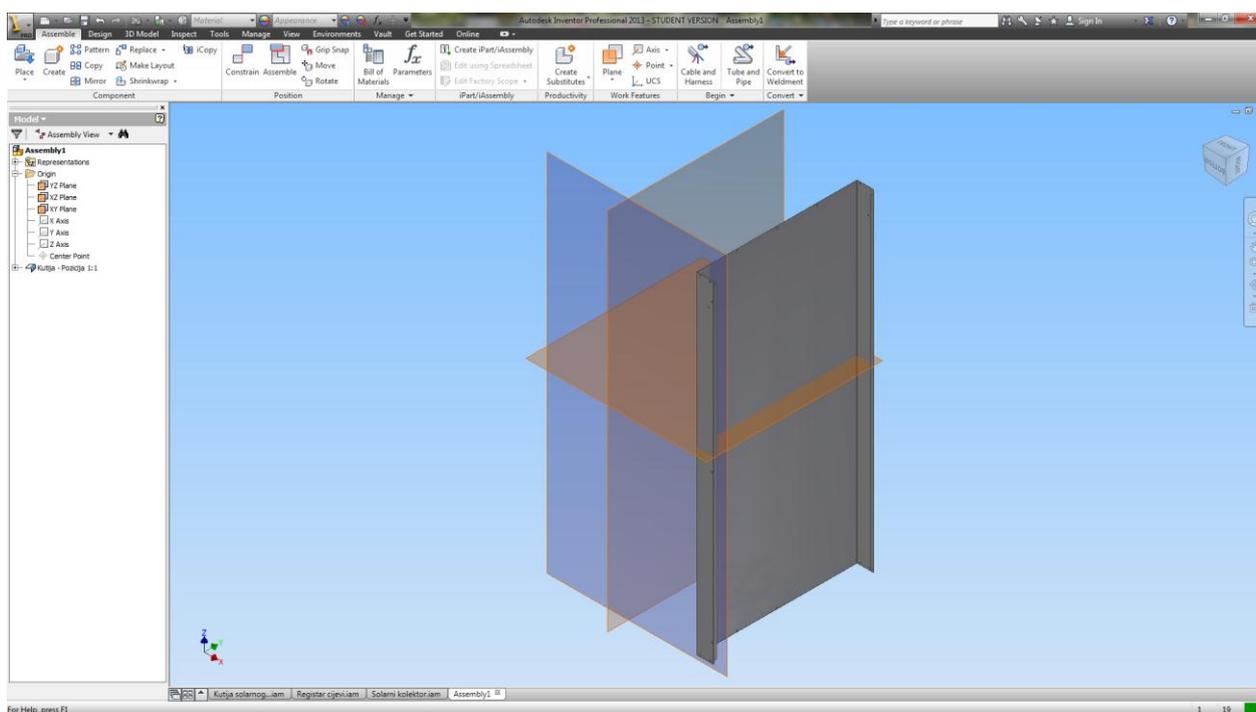
Kada se otvori novi dokument u modulu *Assembly* potrebno je odabrati opciju *Place* da bi se odabrao dio ili sklop koji će biti postavljen kao komponenta u grafičkoj oblasti. Odabirom opcije *Place* otvara se dijaloški okvir *Place Component* (Slika 5.39), u kojem je potrebno pronaći mapu u

kojoj je spremljena komponenta, odabrati komponentu i pritisnuti dugme *Open*. U sklopu kutije solarnog kolektora prva komponenta koja će biti odabrana je *Kutija – Pozicija 1*.



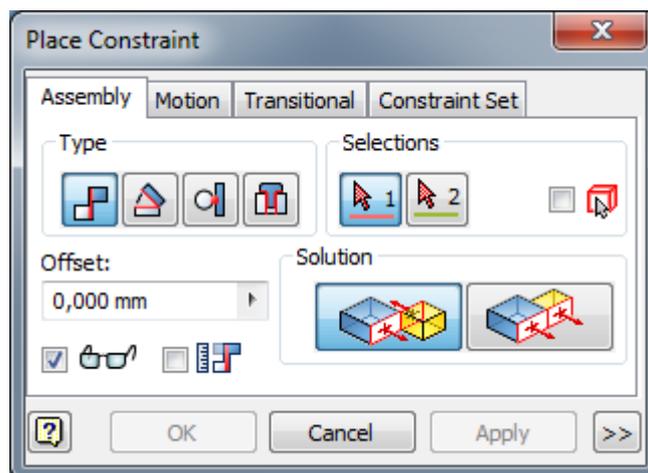
Slika 5.39 Dijaloški okvir za umetanje komponente u sklop – Place Component

Preporučuje se da koordinatni početak prve komponente bude podudaran s koordinatnim početkom sklopa. Ubacivanjem komponente u sklop nije definiran koordinatni početak komponente da se podudara s koordinatnim početkom sklopa (Slika 5.40).



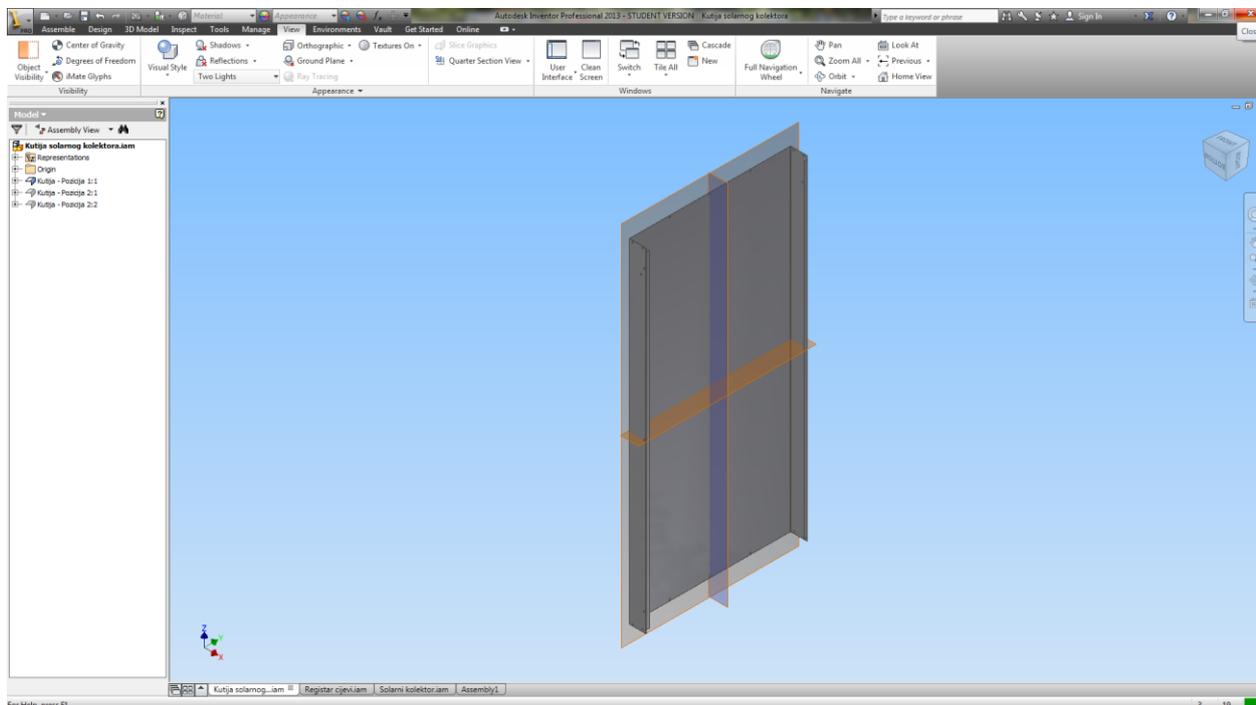
Slika 5.40 Sklop nakon ubacivanja prve komponente bez usklađivanja koordinatnih početaka

Da bi se uskladili koordinatni počeci komponente i sklopa potrebno je odabrati opciju za ograničenje *Constrain*. Odabirom te opcije otvara se dijaloški okvir *Place Constraint* (Slika 5.41).



Slika 5.41 Dijaloški okvir za ograničavanje komponenti – *Place Constraint*

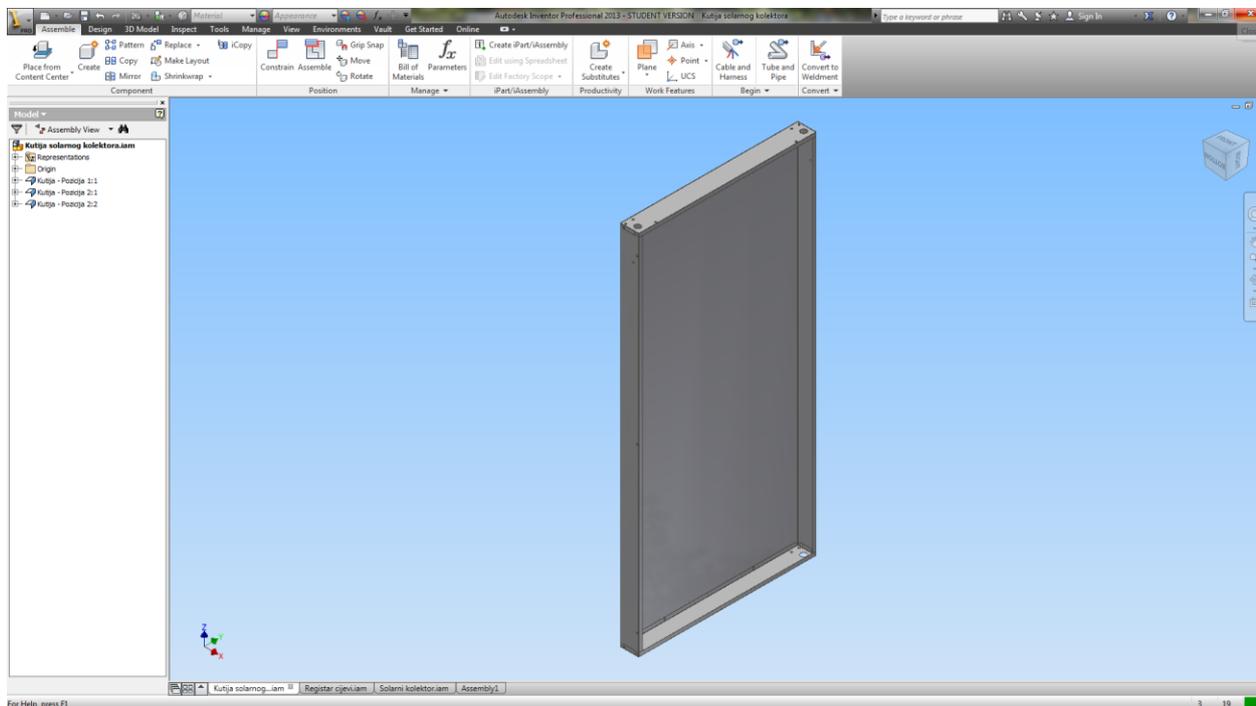
U ovom dijaloškom okviru moguće je odabrati vrstu (*Type*), udaljenost (*Offset*) i moguće rješenje ograničenja (*Solution*). Nakon toga potrebno je odabrati koordinatnu ravninu komponente, a zatim i koordinatnu ravninu sklopa i potvrditi odabir opcijom *OK*. U slučaju poravnavanja koordinatnih ravnina komponente i sklopa potrebno je u vrsti poravnavanja odabrati opciju *Mate* (upariti), a kod rješenja *Flush* (u istoj ravnini). Ovo naredba se ponavlja za sve tri moguće koordinatne ravnine u sklopu da bi se koordinatni početak komponente i sklopa podudario (Slika 5.42).



Slika 5.42 Sklop nakon ubacivanja prve komponente sa usklađenim koordinatnim počecima

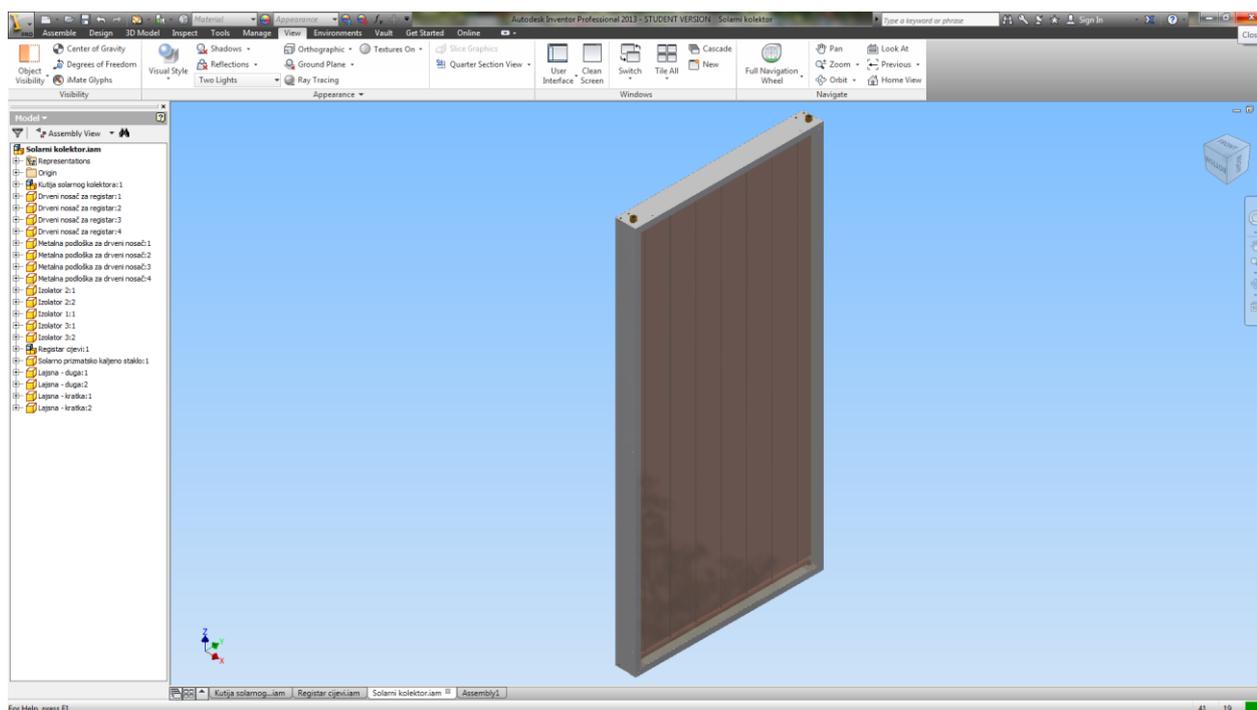
Na isti način kako je ubačena prva komponenta u sklop se ubacuju i ostale. Pomoću opcije *Constrain* se ograničavaju i te komponente. Osim što se odabiru koordinatne ravnine za ograničenja moguće je odabrati i stranice komponenti, osi ili točke.

Nakon ubacivanja i ograničavanje prve komponente u sklop kutije solarnog kolektora dodaju se i ostale komponente i ograničavaju. U ovom slučaju dodaje se još komponenta *Kutija – Pozicija 2* i to dva puta. Slika 5.43 prikazuje konačni izgled kutije solarnog kolektora.

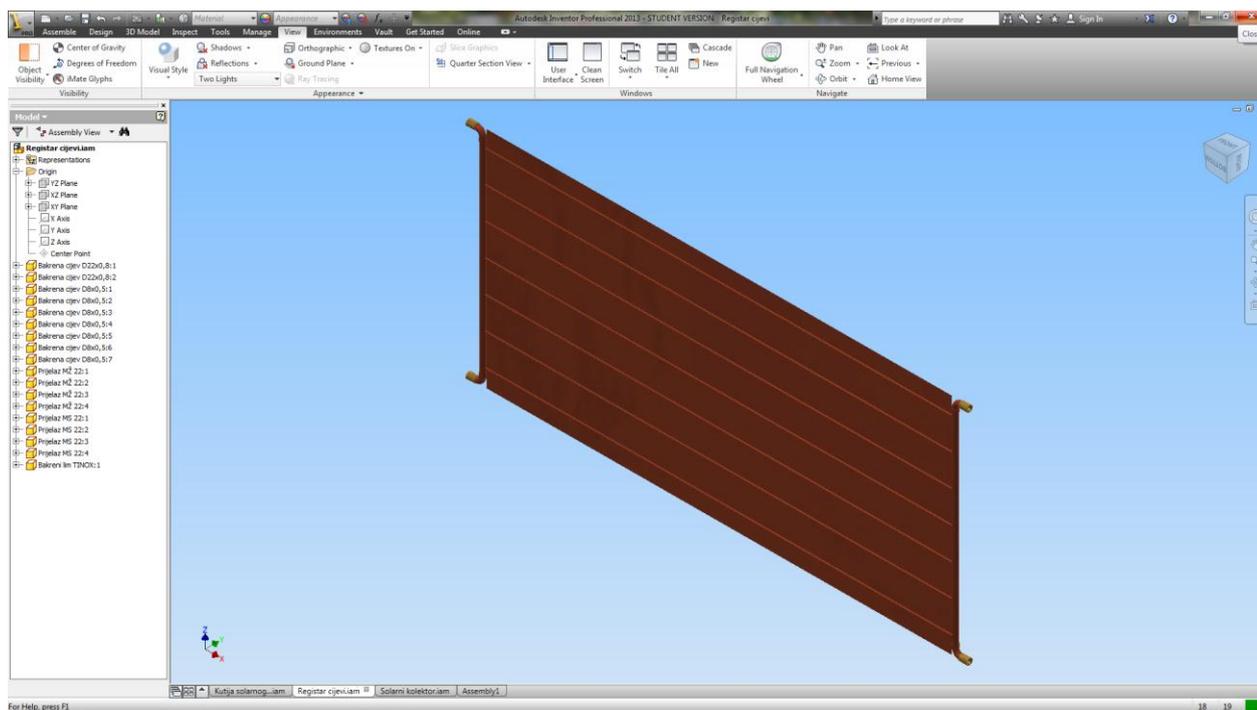


Slika 5.43 Konačni izgled sklopa – Kutija solarnog kolektora

Kutija solarnog kolektora ja pod-sklop sklopa solarnog kolektora. Osim pod-sklop kutije kolektora *Solarni kolektor* (Slika 5.44) sastoji se još i od pod-sklopa *Registar cijevi* (Slika 5.45).



Slika 5.44 Solarni kolektor



Slika 5.45 Registar cijevi

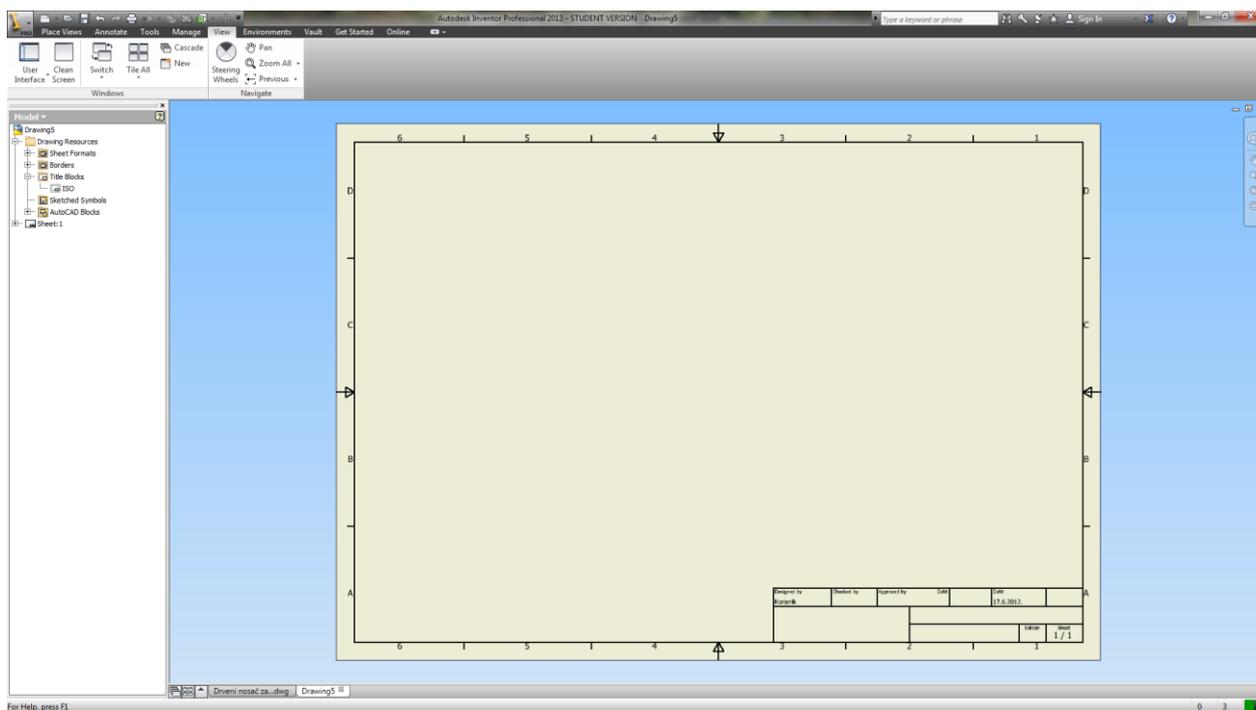
5.4 Izrada tehničkih crteža

Tehnički crtež jednoznačna je i potpuna informacija o nekom proizvodu. Na tehničkim crtežima proizvodi su prikazani sukladno određenim pravilima, odnosno normama važećim za tehničko crtanje. Izvedbeni crtež prikazuje strojni dio (nerastavljiv) sa svim potrebnim podacima za njegovu izradu [4].

Program *Inventor* sadrži skup alata za kreiranje 2D tehničkih crteža, koji se zasnivaju na dijelovima ili sklopovima. Mogu se kreirati pogledi koji sadrže dimenzije, napomene, simbole i sve ostale elemente neophodne da bi se definirali detalji vezani za tehnologiju izrade proizvoda. Modul za izradu tehničkih crteža omogućuje automatsko ažuriranje crteža, u ovisnosti od promjena na 3D modelima dijelova ili sklopova.

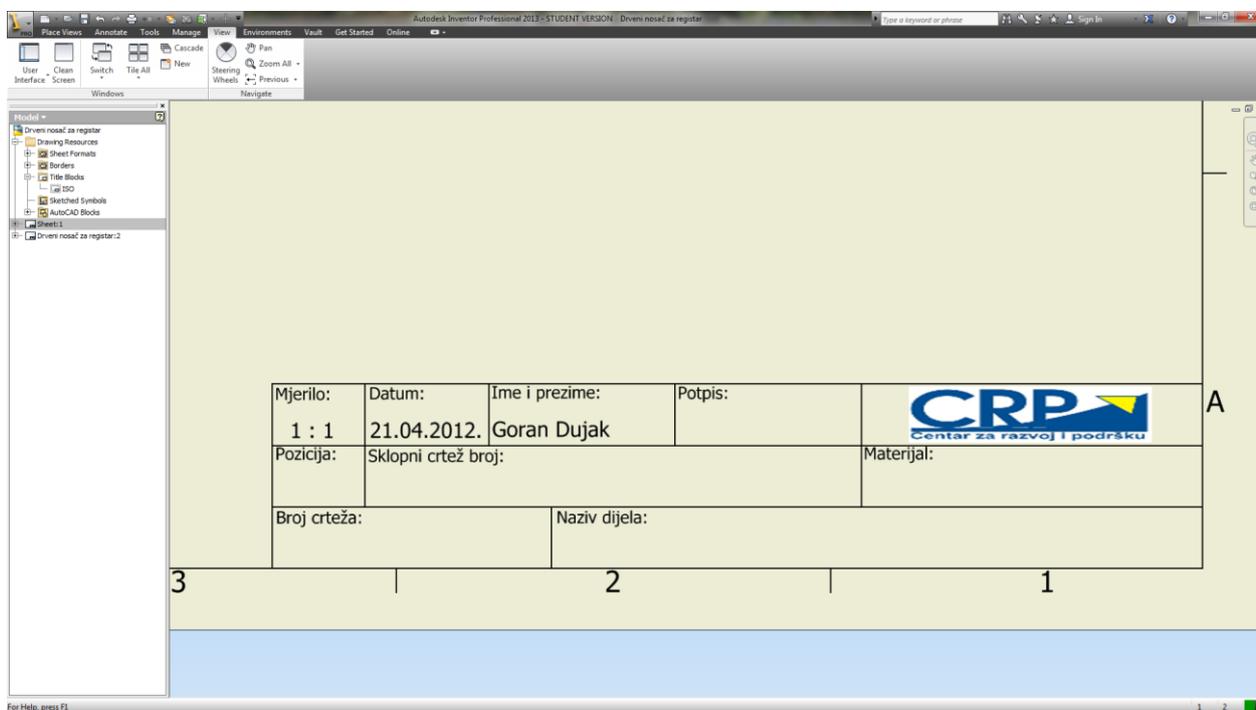
Postupak izrade tehničkog crteža biti će objašnjen na pod-sklopu *Drveni nosač za registar*.

Pokretanje modula za izradu crteža vrši se na istom principu kao i pokretanje ostalih modula, što znači da je potrebno u sučelju za kreiranje nove datoteke (Slika 5.3), odabrati jednu od *Drawing* datoteka. U ovom slučaju odabrana je datoteka *ISO.dwg*. Slika 5.46 prikazuje izgled sučelja modula za izradu tehničkog crteža *ISO.dwg*.



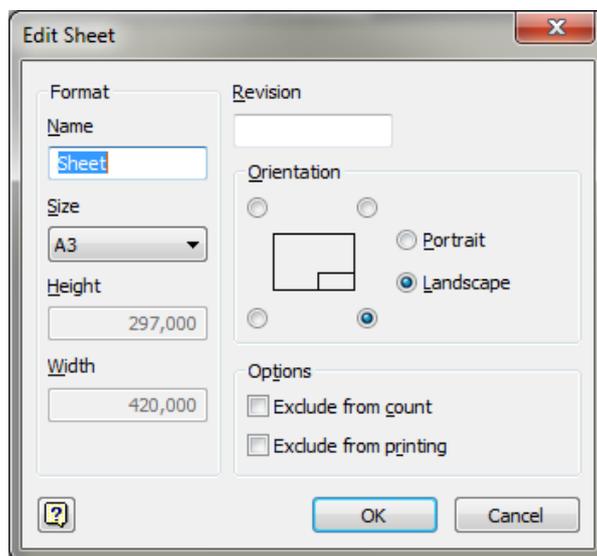
Slika 5.46 Sučelje modula za izradu tehničkih crteža ISO.dwg

Prvo što se treba odraditi u ovom modulu je promijeniti izgled sastavnice za radionički crtež. To se radi tako što se na *Browser Bar*-u odabere u mapi *Drawing Resources* podmapa *Title Blocks*, zatim na predložak *ISO* klikne desnom tipkom miša i u padajućem izborniku odabere opcija *Edit*. Slika 5.47 prikazuje sastavnicu koja se dobije nakon obrade.



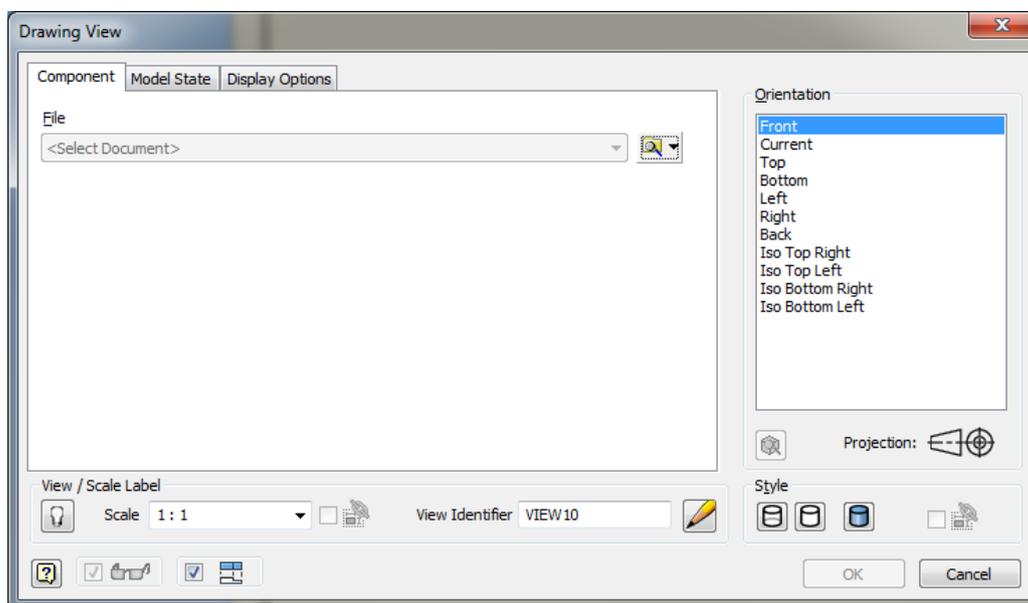
Slika 5.47 Izgled sastavnice za radionički crtež

Nakon toga je potrebno podesiti veličinu crteža, tako što se u *Browser Bar*-u klikne desnom tipkom miša na radni list (*Sheet*) i u padajućem izborniku odabere opcija *Edit Sheet*. Otvorit će se prozor (Slika 5.48), gdje se odabire format crteža koji je potreban. Također se može podesiti i pozicija sastavnice na crtežu, naziv crteža i usmjerenje lista.



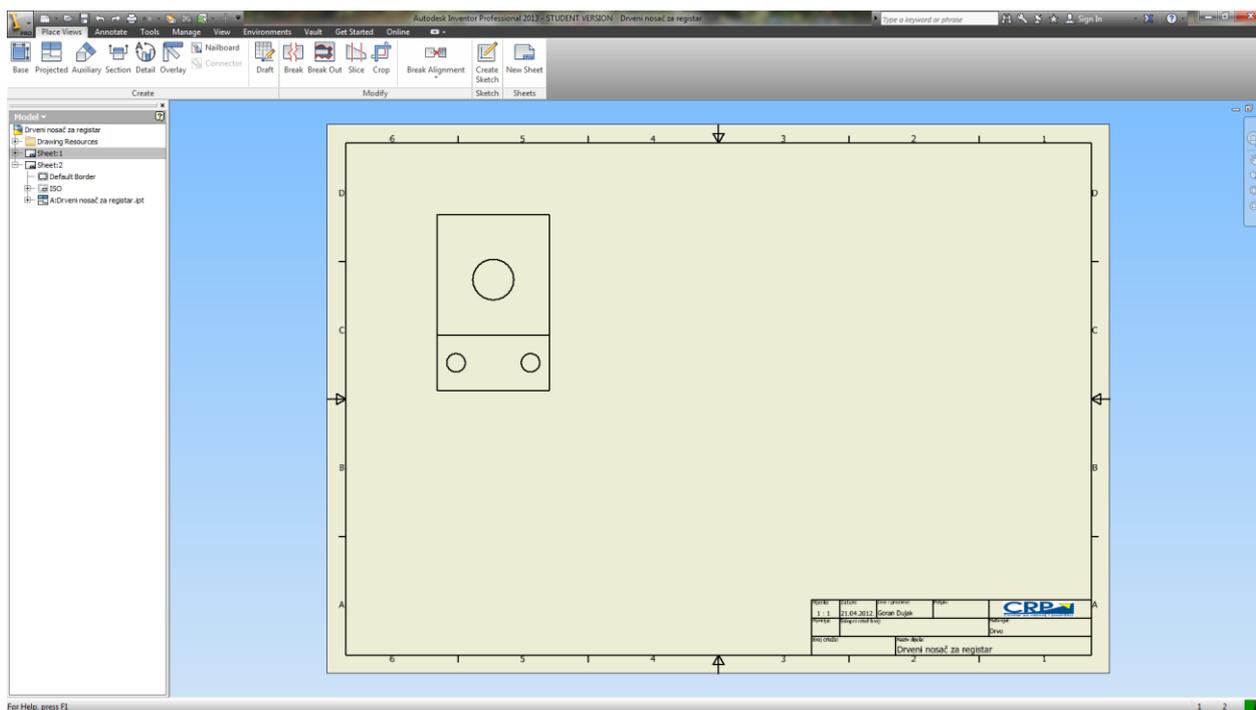
Slika 5.48 Sučelje za podešavanje formata tehničkog crteža

Kada se izvrše sva podešavanja vezano za format crteža i sastavnicu prelazi se na dodavanje pogleda dijela ili sklopa za koji se izrađuje tehnički crtež. Odabirom opcije *Base* na *Place Views* panelu otvara se prozor za odabir crteža *Drawing View* (Slika 5.49).



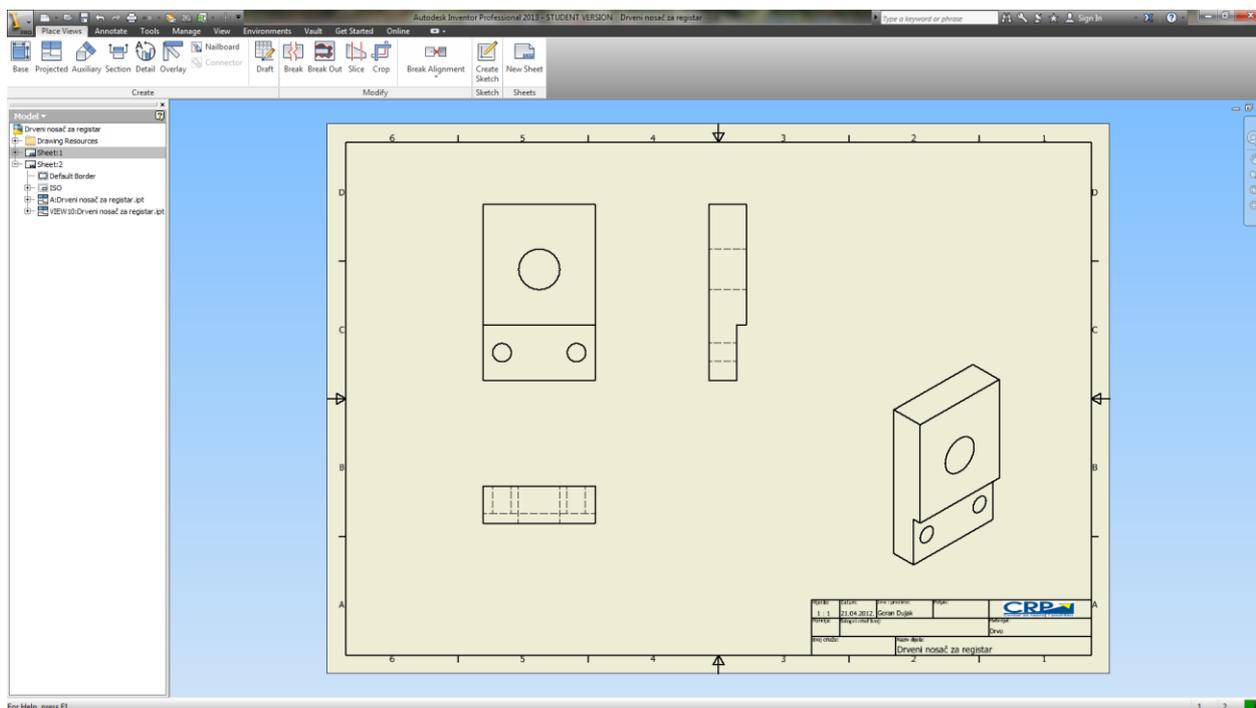
Slika 5.49 Izgled prozora za odabir pogleda crteža – *Drawing View*

Potrebno je odabrati dio ili sklop koji se želi prikazati na opciji *File*, zatim orijentaciju pogleda dijela ili sklopa (*Orientation*), mjerilo (*Scale*) i stil prikaza (*Style*). Nakon toga postavi se odabrani pogled klikom na željeno mjesto na radnom listu. Slika 5.50 prikazuje izgled crteža nakon postavljanja baznog pogleda, tj. nacрта.



Slika 5.50 Izgled baznog pogleda crteža

Sljedeći korak u izradi tehničkog crteža je generiranje projekcija, što znači kreiranje tlocrta i bokocrta i izometrijskog pogleda. Taj se postupak vrši odabirom opcije *Projected View*. Nakon odabira te opcije potrebno je odabrati bazni pogled te pomicanjem miša u bilo koju stranu moguće je izraditi nove projekcije tako što se nakon pozicioniranja projekcije klikne desna tipka miša i odabere opcija *kreiraj* (engl. *Create*). Slika 5.51 prikazuje izgled crteža nakon kreiranja i projekcijskih pogleda.



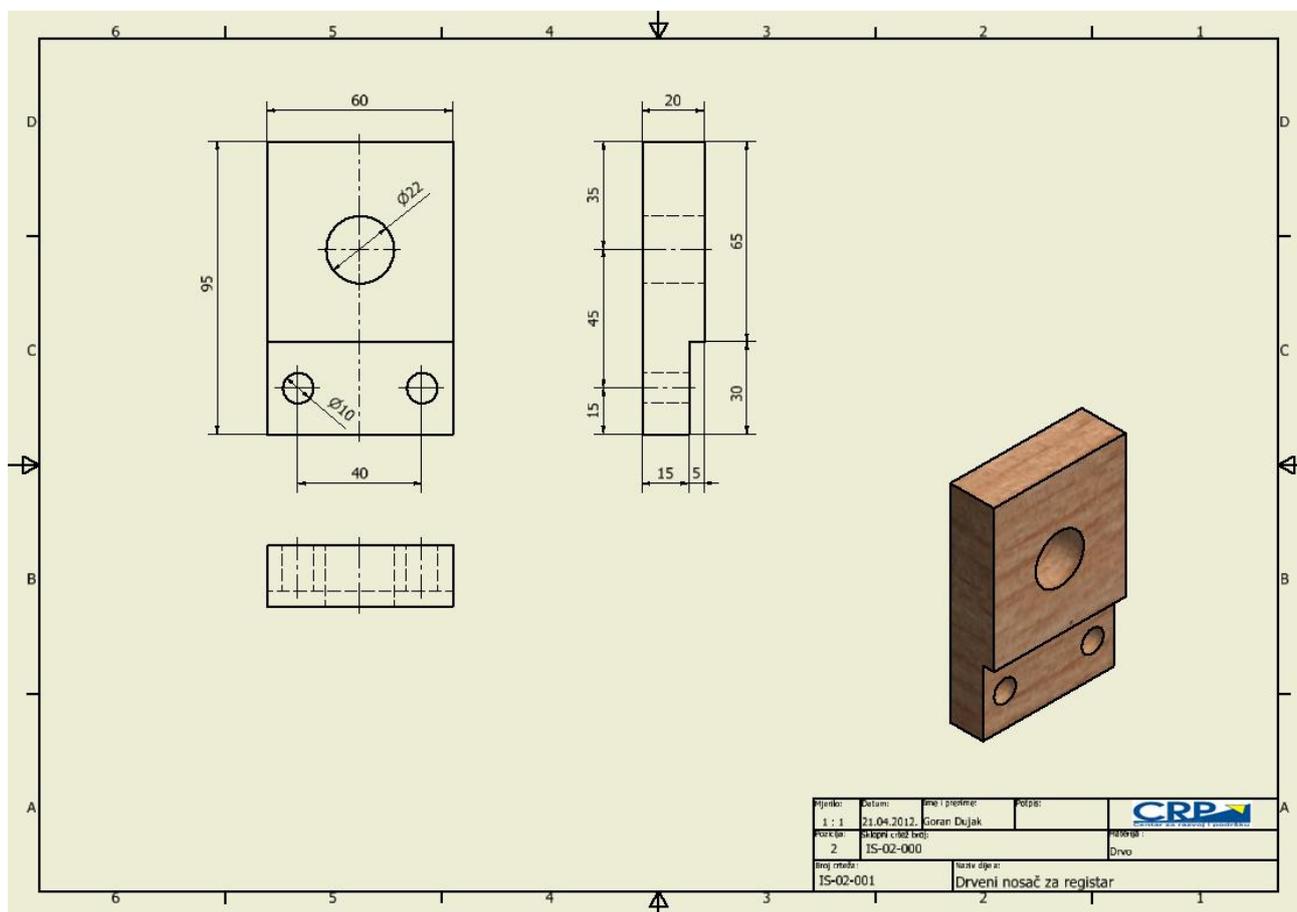
Slika 5.51 Izgled crteža nakon kreiranja projekcijskih pogleda.

Nakon što se izrade svi pogledi koji su potrebni pristupa se kotiranju crteža. Pod kotiranjem se podrazumijevaju sve aktivnosti vezane uz postavljanje numeričkih vrijednosti, simbola, znakovlja, simetrala i sl. na tehničkom crtežu.

Da bi se izvršilo kotiranje potrebno je da se pređe sa *Place Views* panela na *Annotate* panel (Slika 5.52). Izrada dimenzija na crtežu vrši se odabirom opcije *Dimension* te klikom na liniju kojoj je potrebno dati pripadajuću dimenziju i povlačenjem miša u smjeru u kojem se želi pozicionirati dimenzija. Na istom principu kao i dimenzije unose se i npr. simetrale, brojevi pozicija, simboli, oznake zavara i sl. Na isti način se izrađuju i tehnički crteži za sklopove. Slika 5.53 prikazuje konačni izgled tehničkog crteža drvenog nosača za registar.

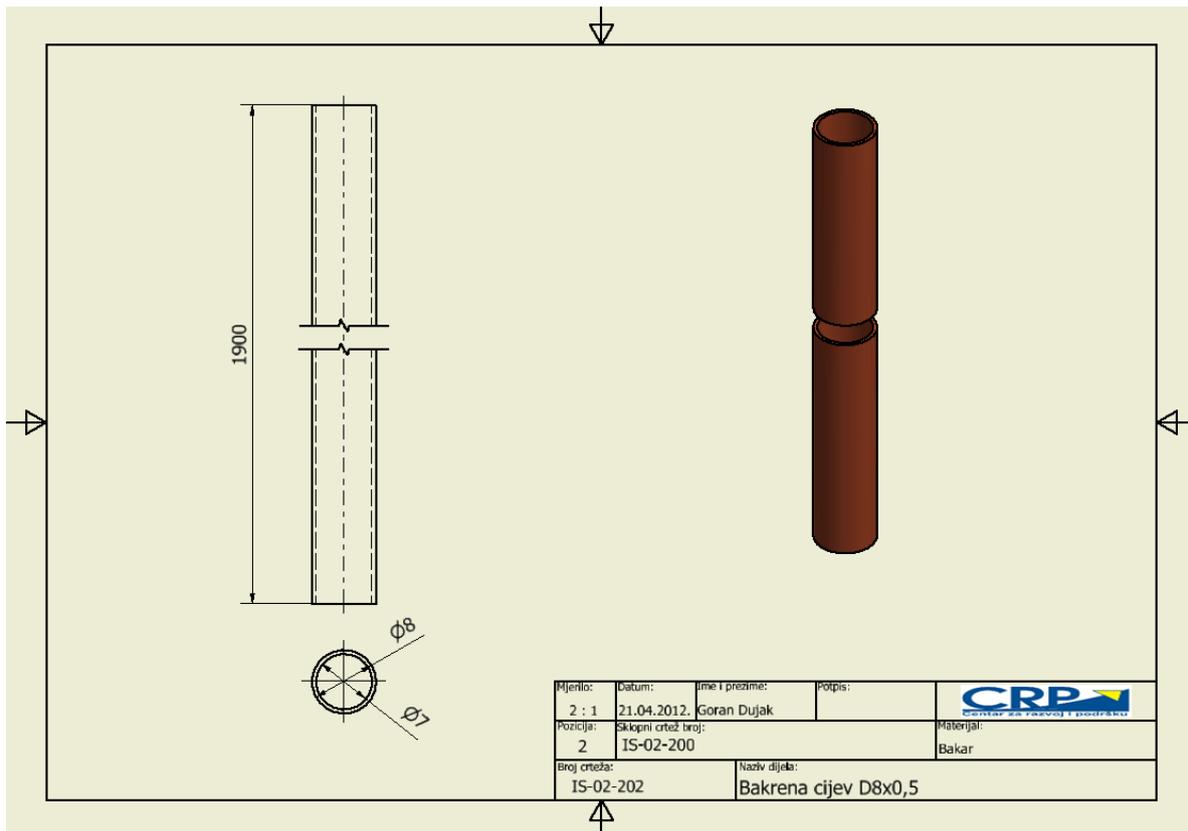


Slika 5.52 Annotate panel

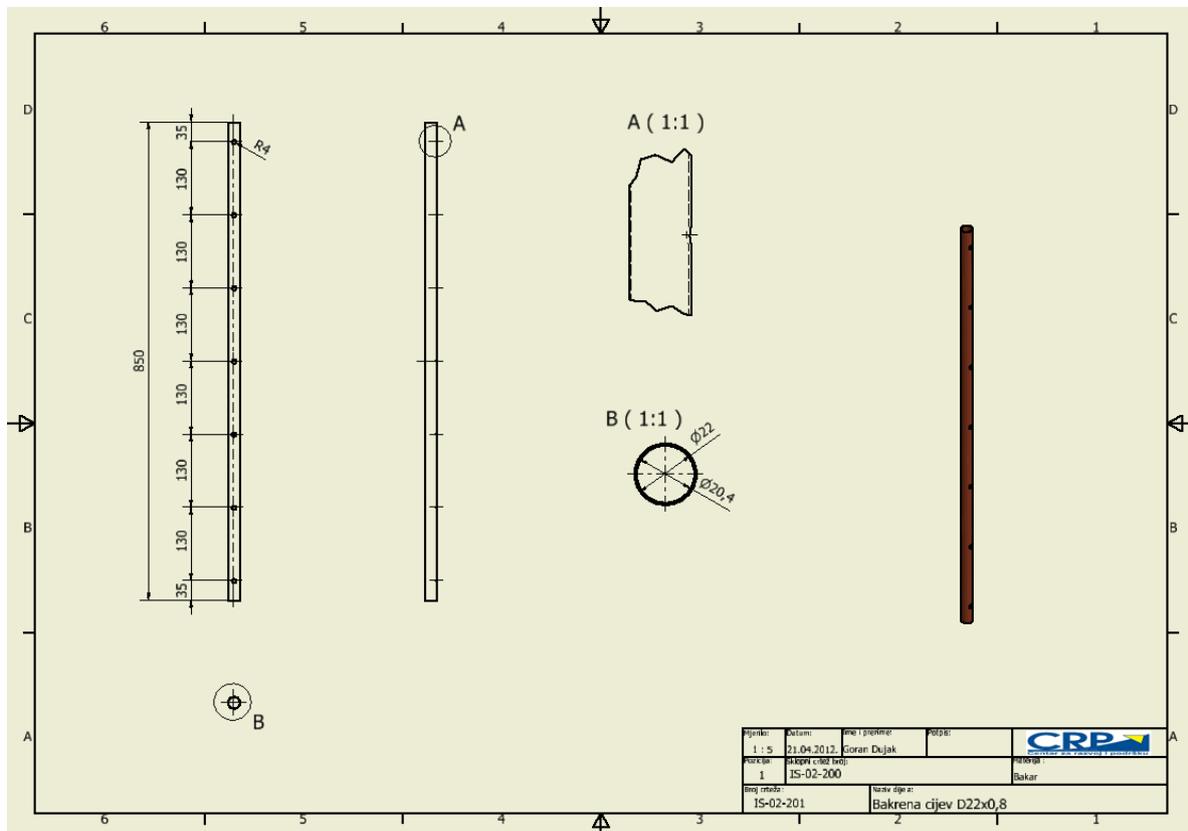


Slika 5.53 Izgled tehničkog crteža drvenog nosača nakon kotiranja

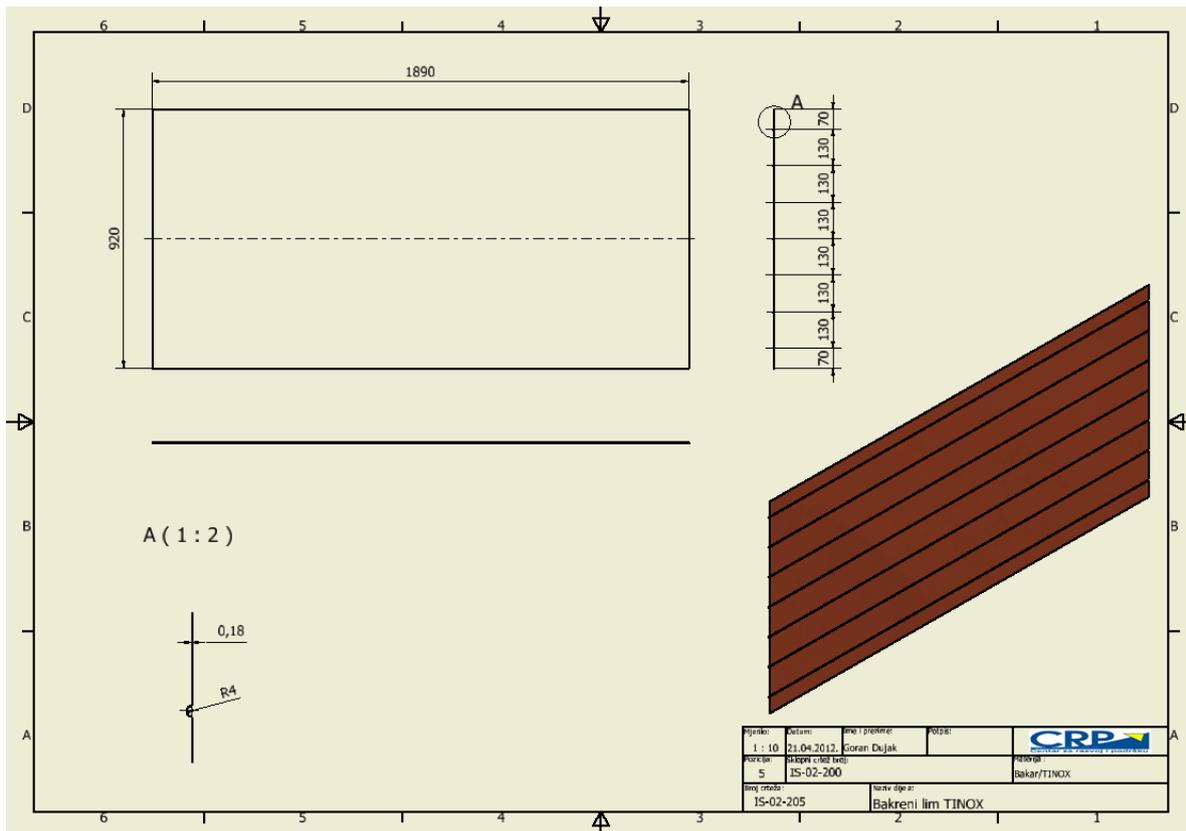
U nastavku će biti prikazani crteži ostalih dijelova potrebnih za izradu solarnog kolektora (Slika 5.54 - Slika 5.67), crteži pod-sklopova (Slika 5.68 - Slika 5.69) i crteži konačnog sklopa (Slika 5.70 - Slika 5.71). Također se u nastavku nalazi i jedan realističan prikaz solarnog kolektora (Slika 5.72).



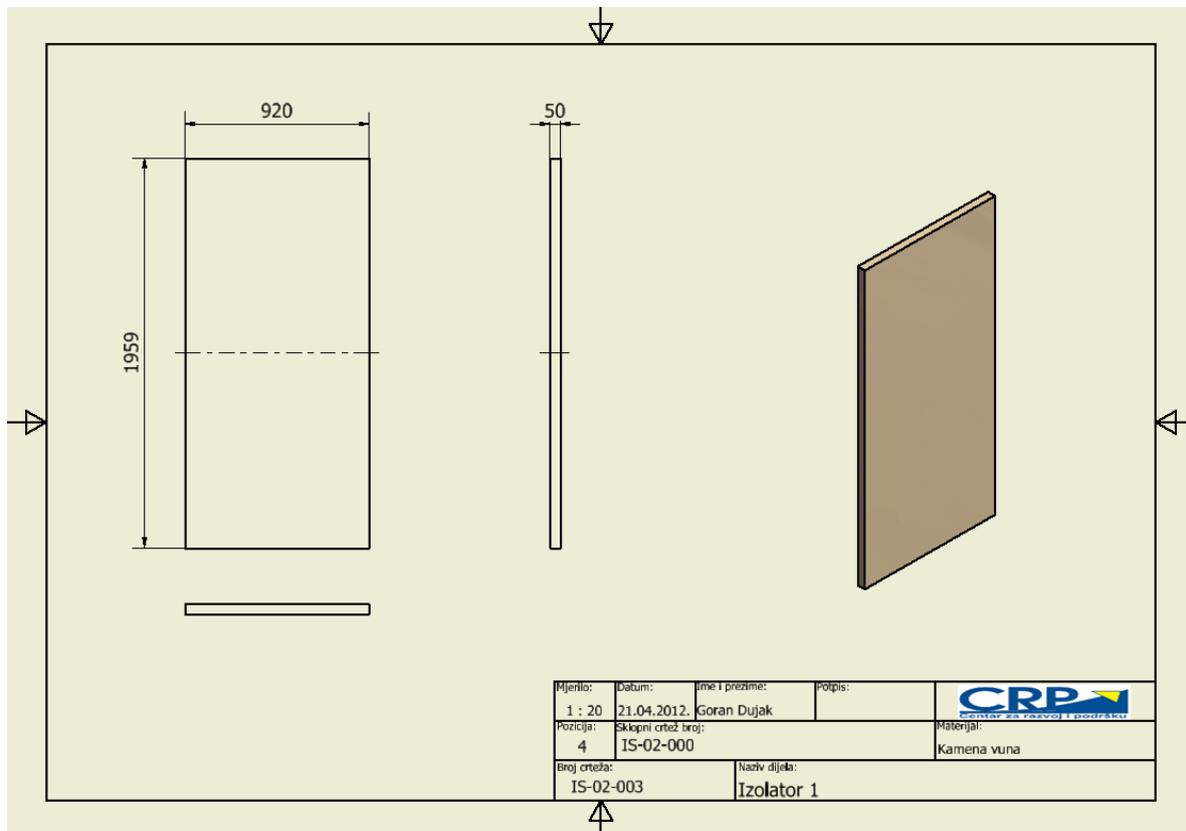
Slika 5.54 Crtež dijela Bakrena cijev D8x0,5



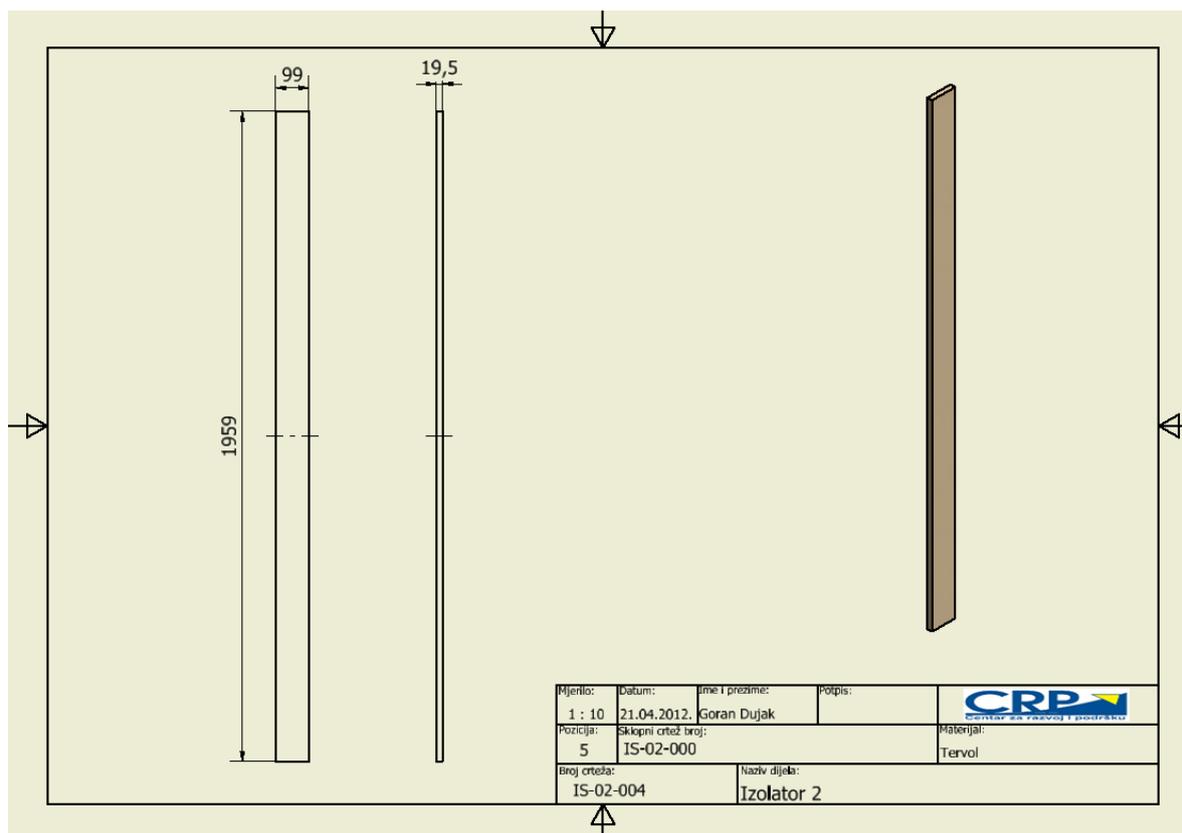
Slika 5.55 Crtež dijela Bakrena cijev D22x0,8



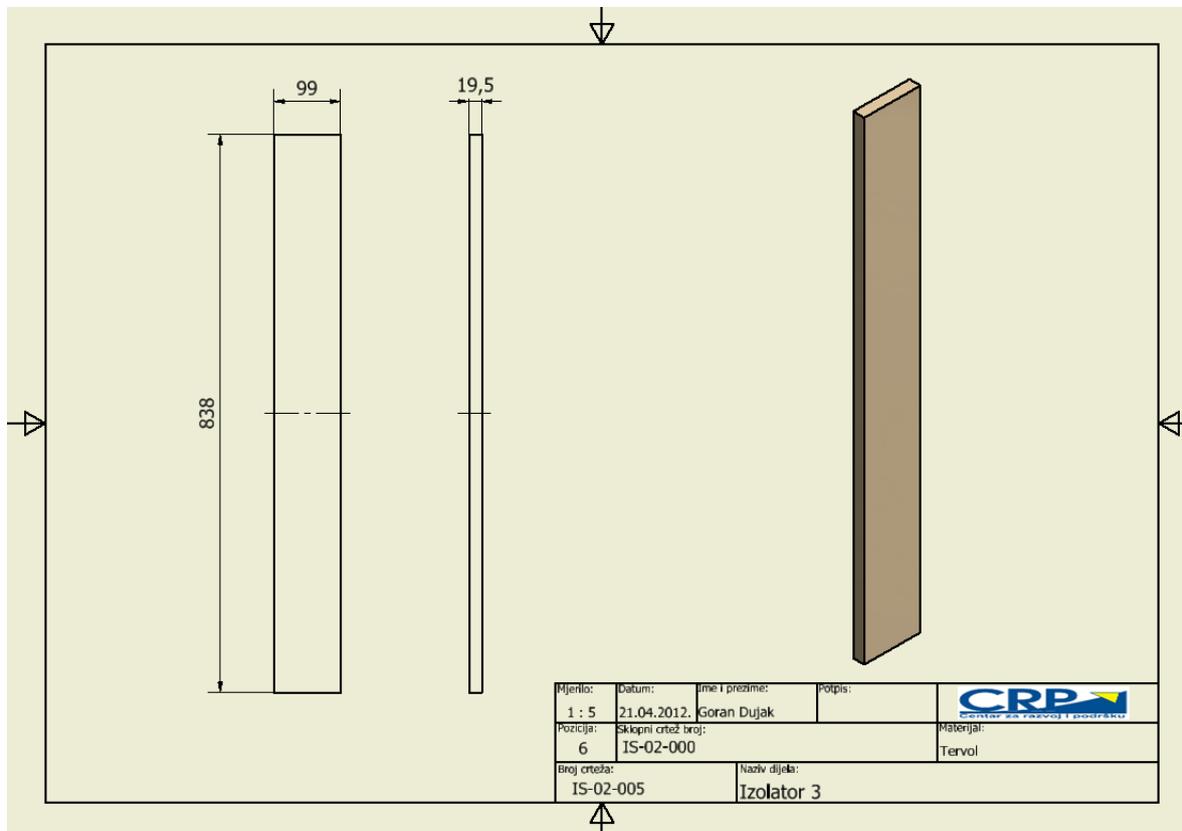
Slika 5.56 Crtež dijela Bakreni lim TINOX



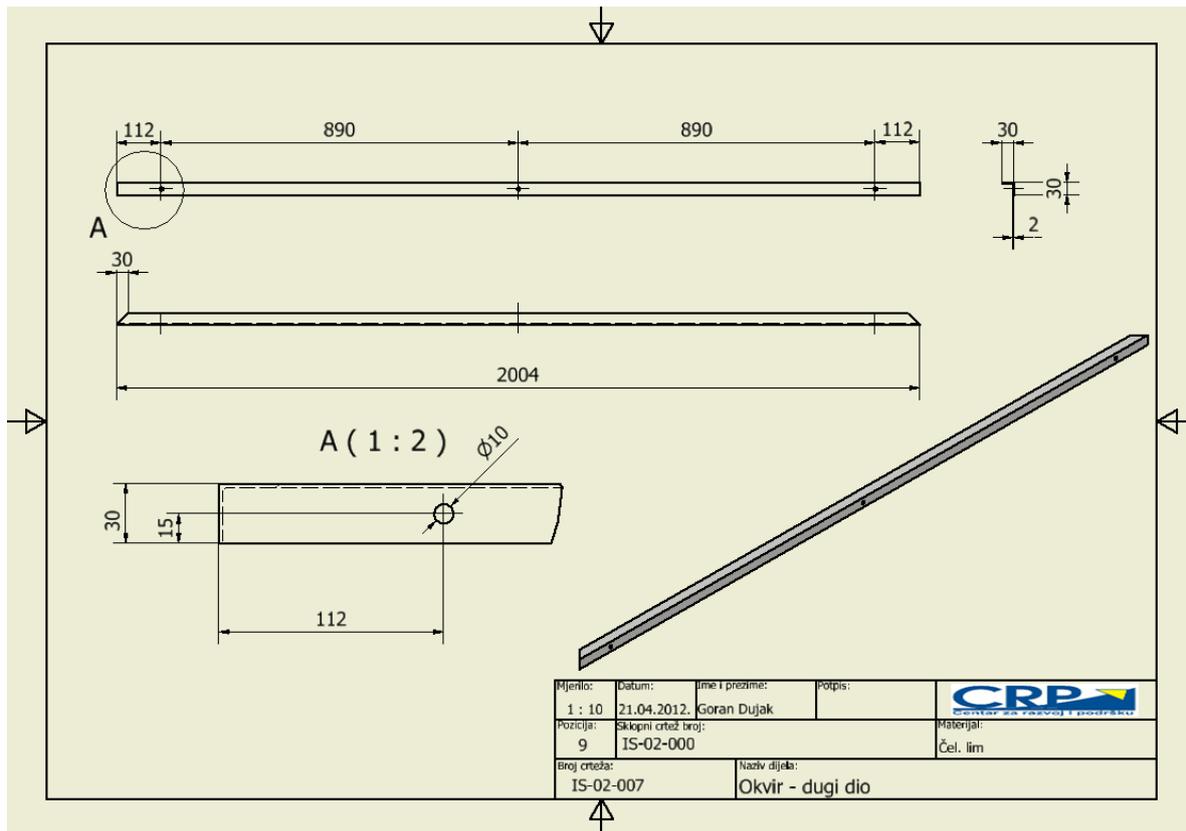
Slika 5.57 Crtež dijela Izolator 1



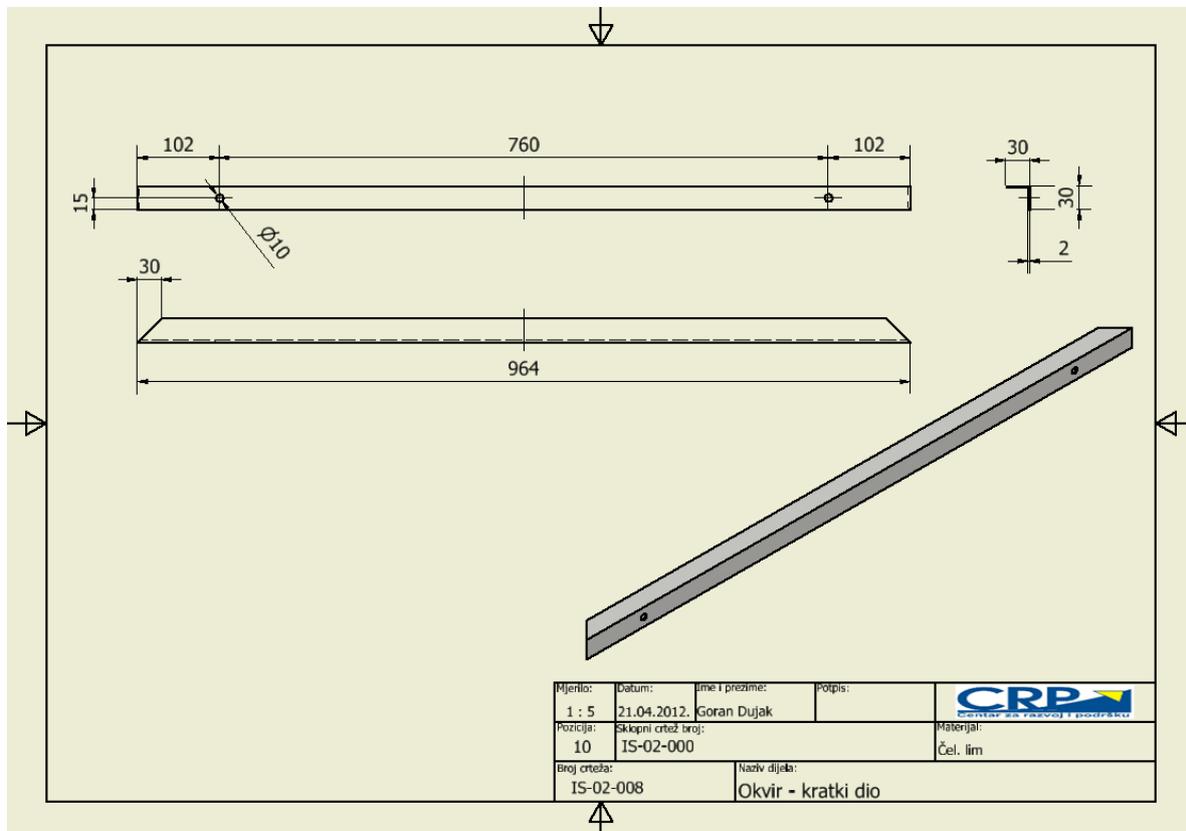
Slika 5.58 Crtež dijela Izolator 2



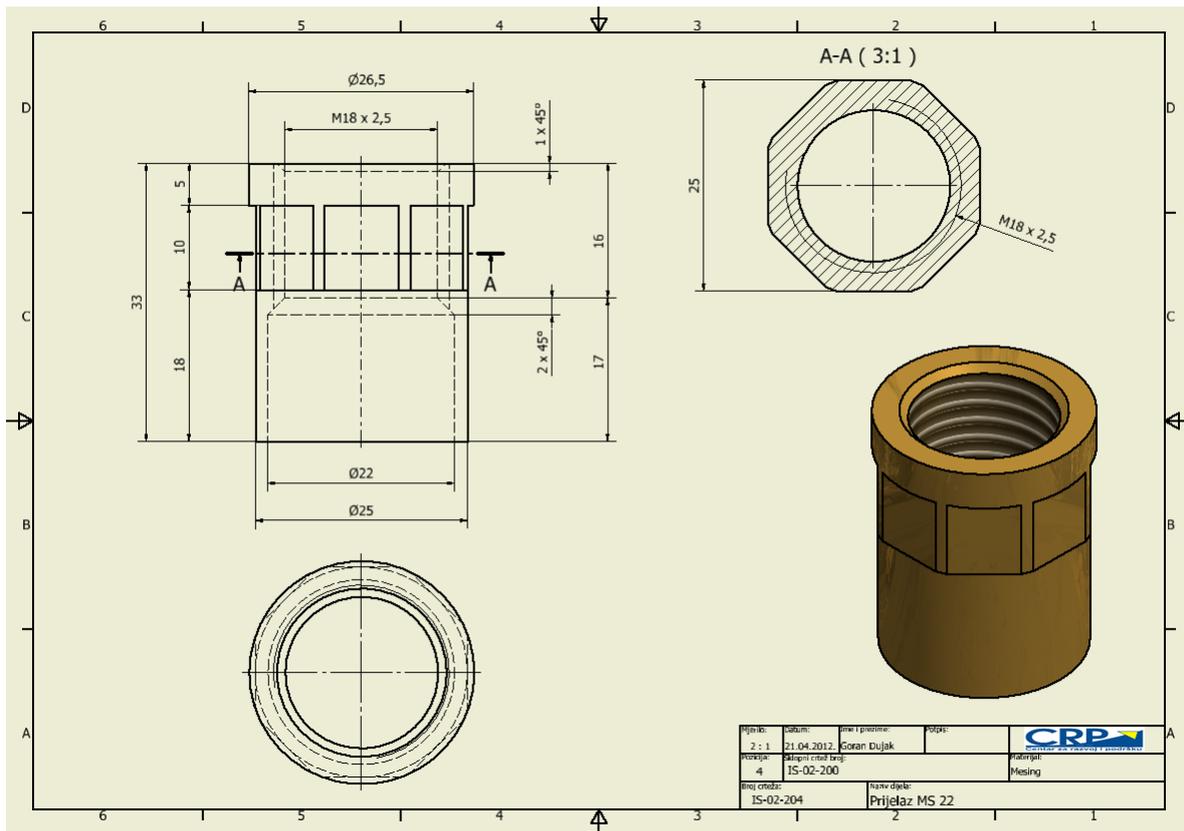
Slika 5.59 Crtež dijela Izolator 3



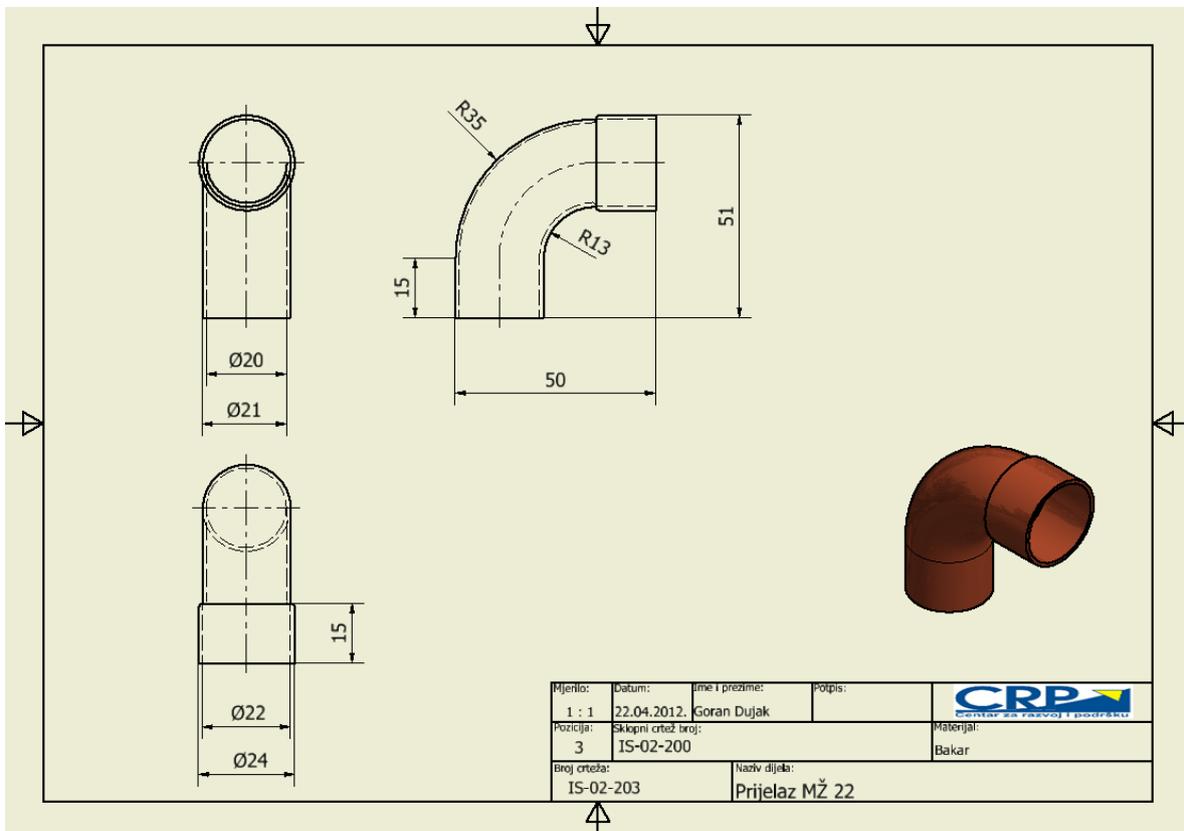
Slika 5.60 Crtež dijela Okvir - dugi dio



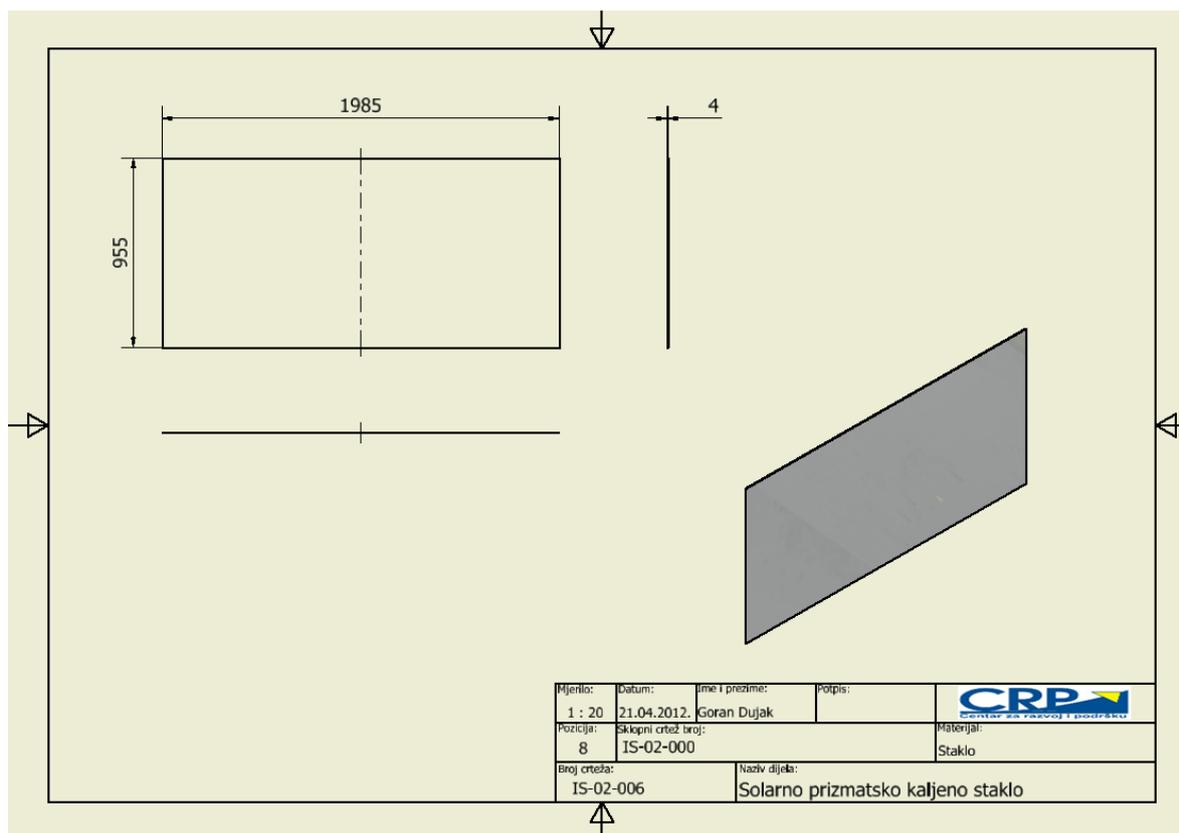
Slika 5.61 Crtež dijela Okvir - kratki dio



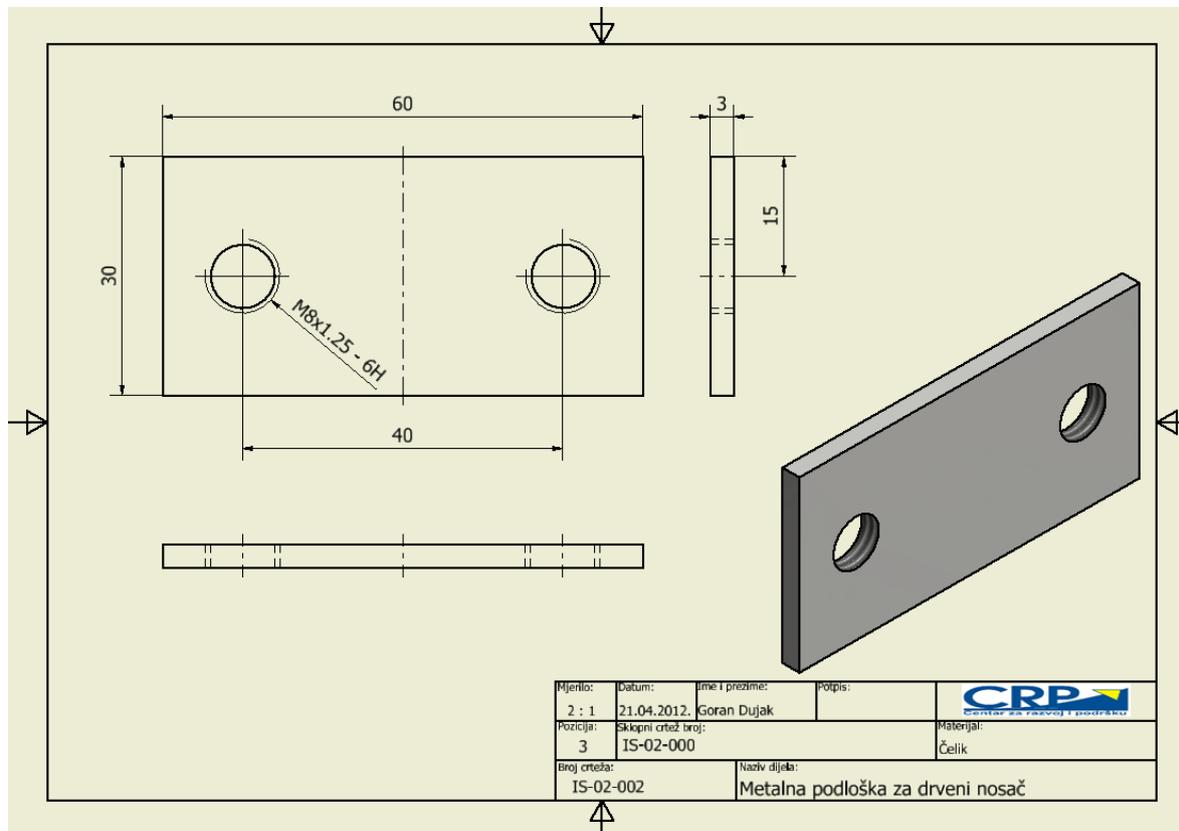
Slika 5.62 Crtež dijela Prijelaz MS 22



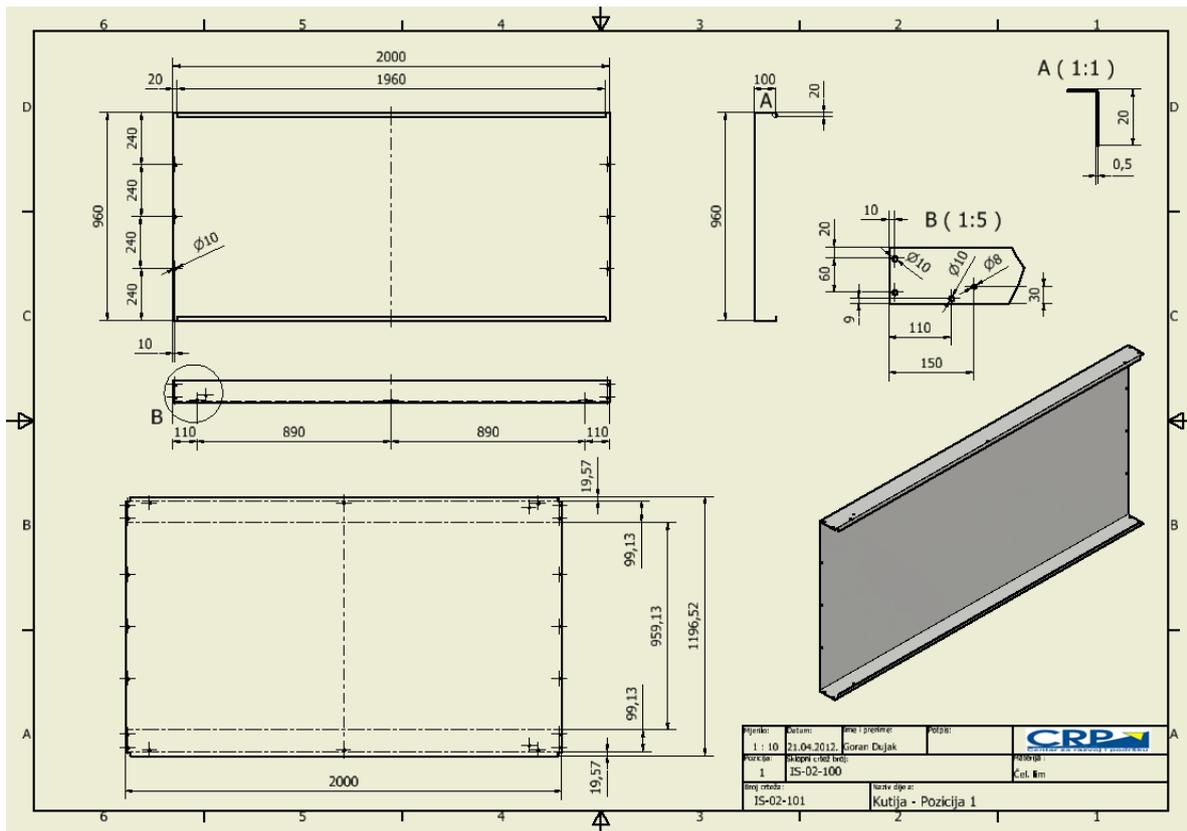
Slika 5.63 Crtež dijela Prijelaz MŽ 22



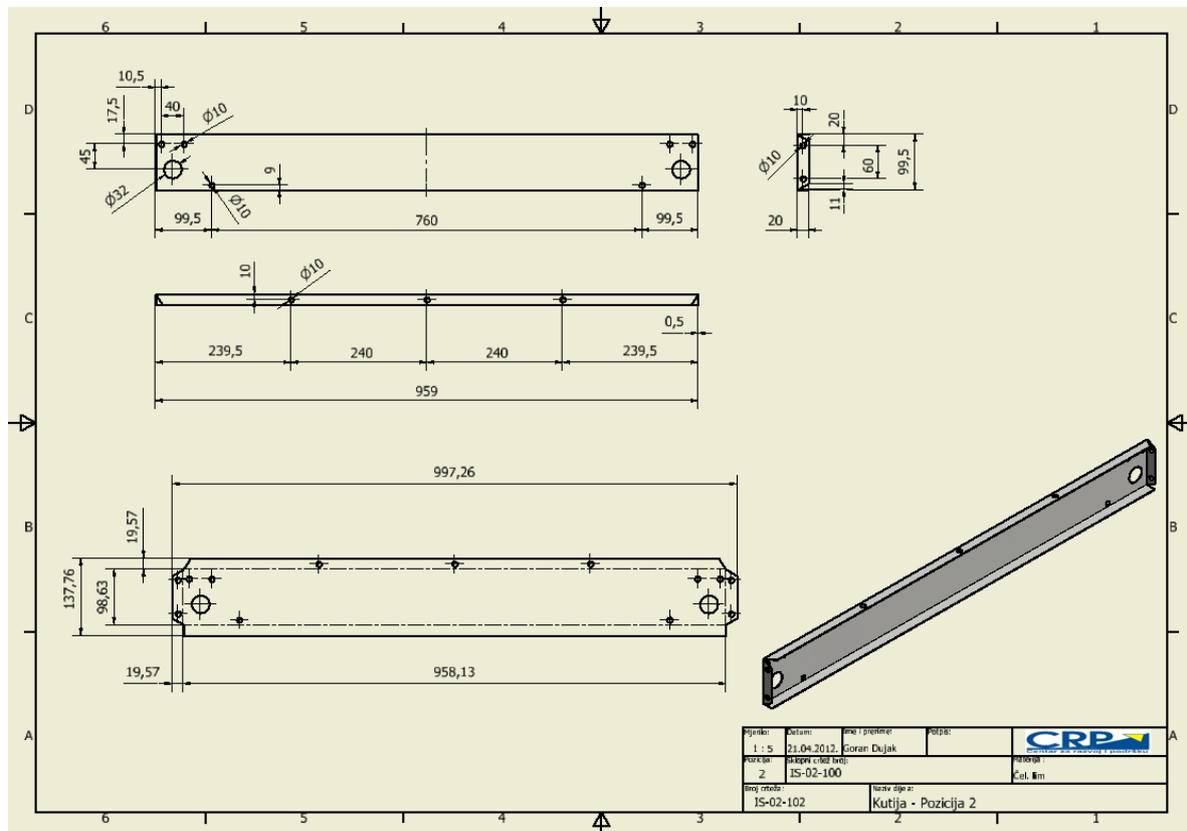
Slika 5.64 Crtež dijela Solarno prizmatično kaljeno staklo



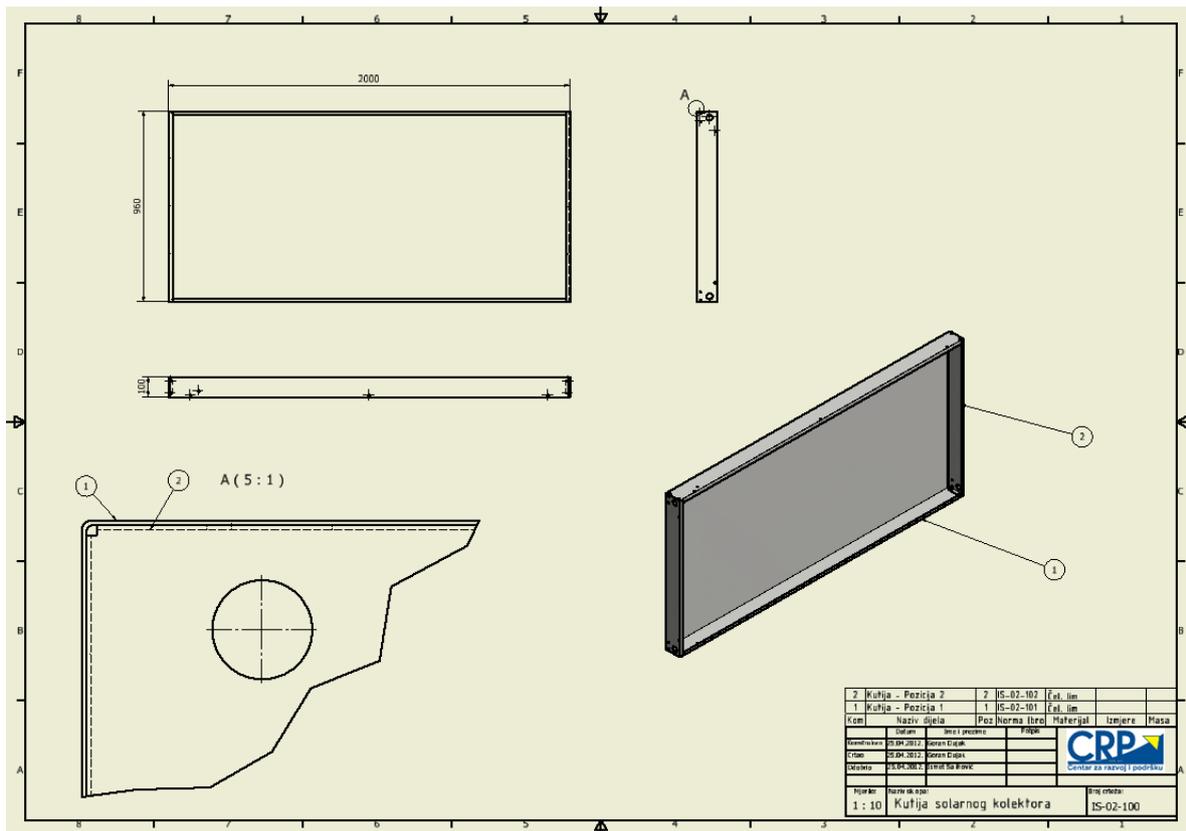
Slika 5.65 Crtež dijela Metalna podloška za drveni nosač



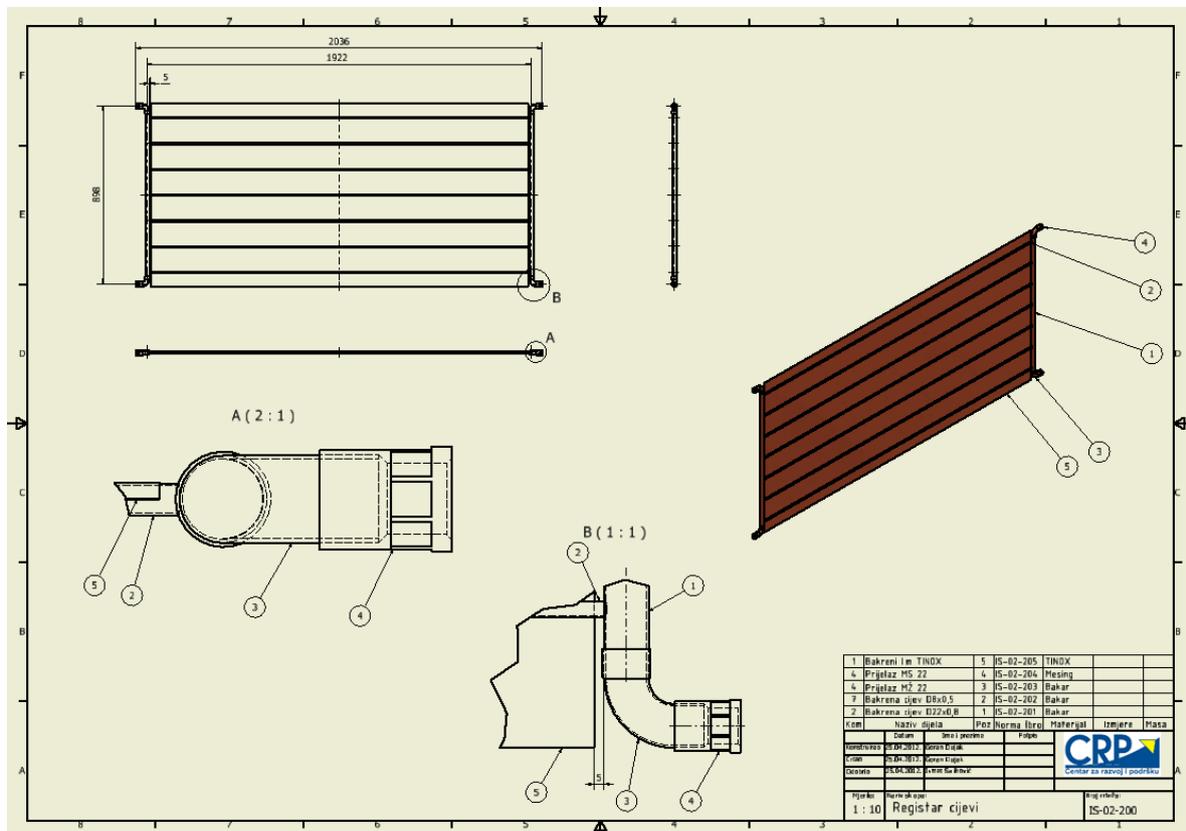
Slika 5.66 Crtež dijela Kutija - Pozicija 1



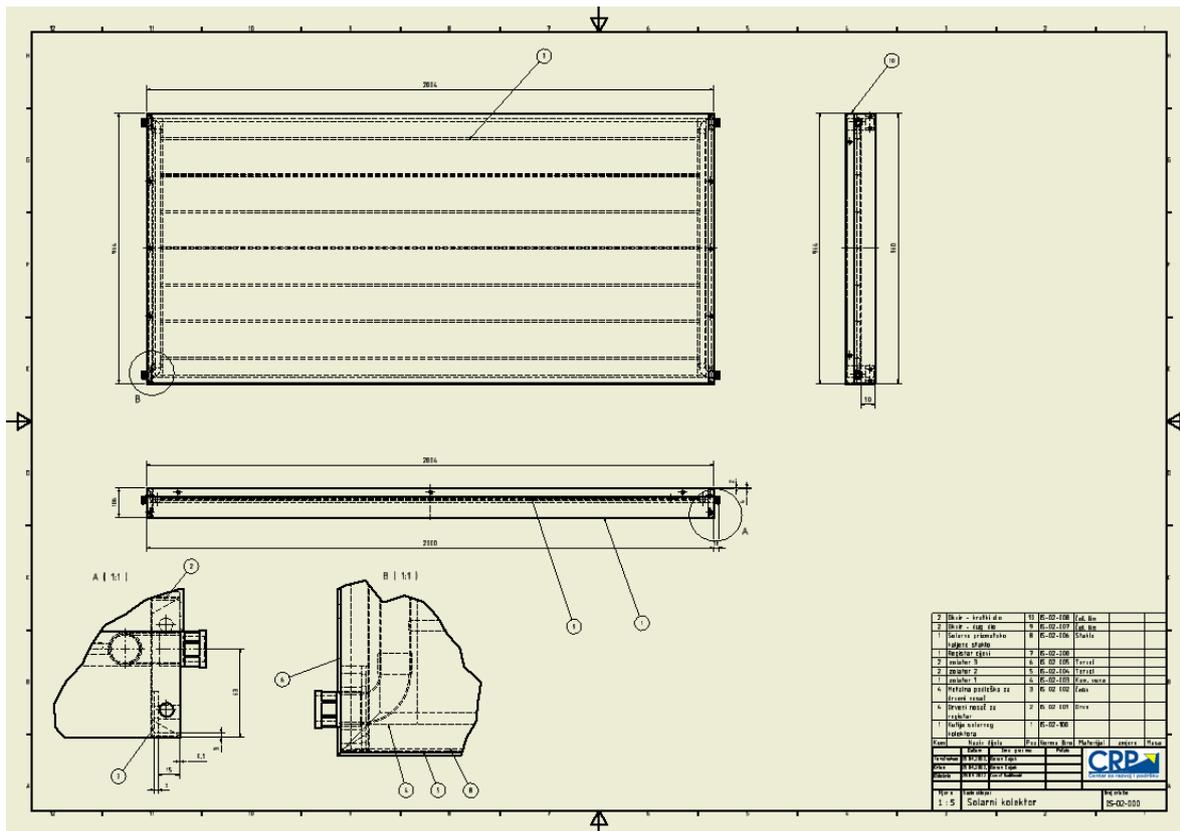
Slika 5.67 Crtež dijela Kutija - Pozicija 2



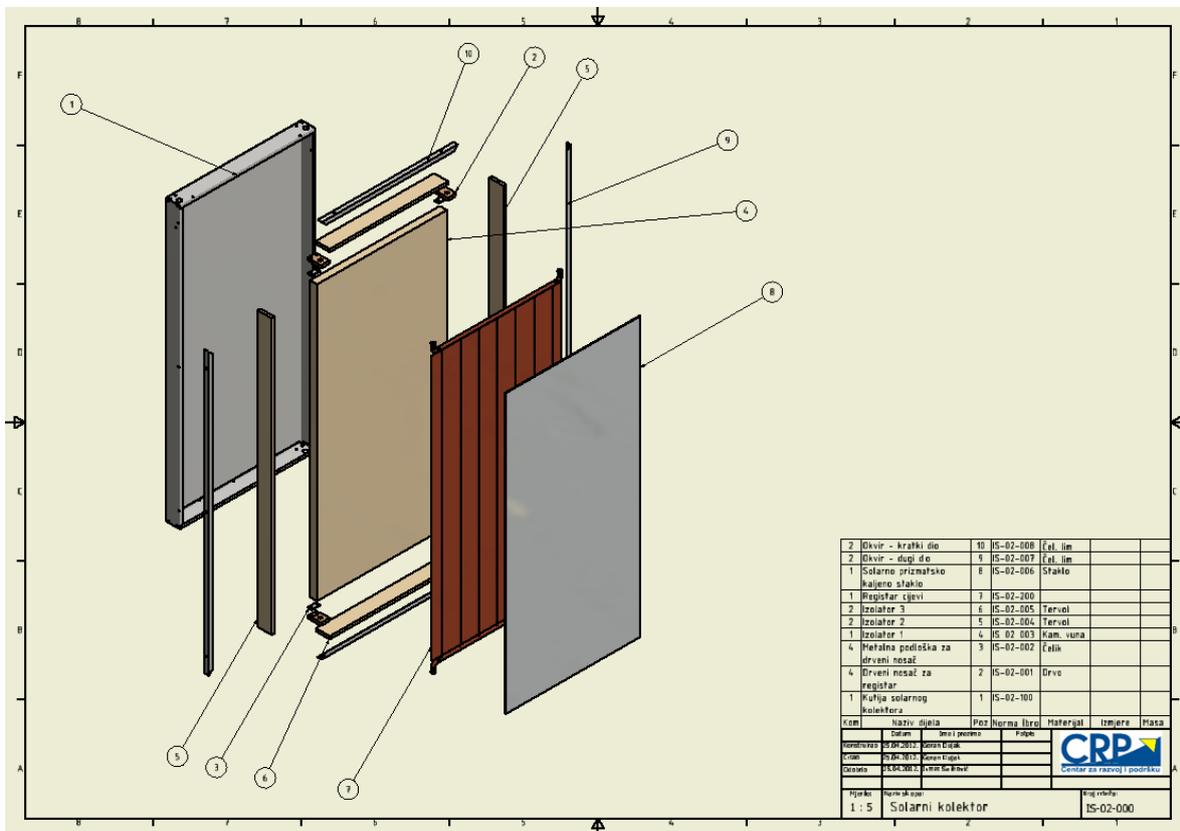
Slika 5.68 Crtež pod-sklopa Kutija solarnog kolektora



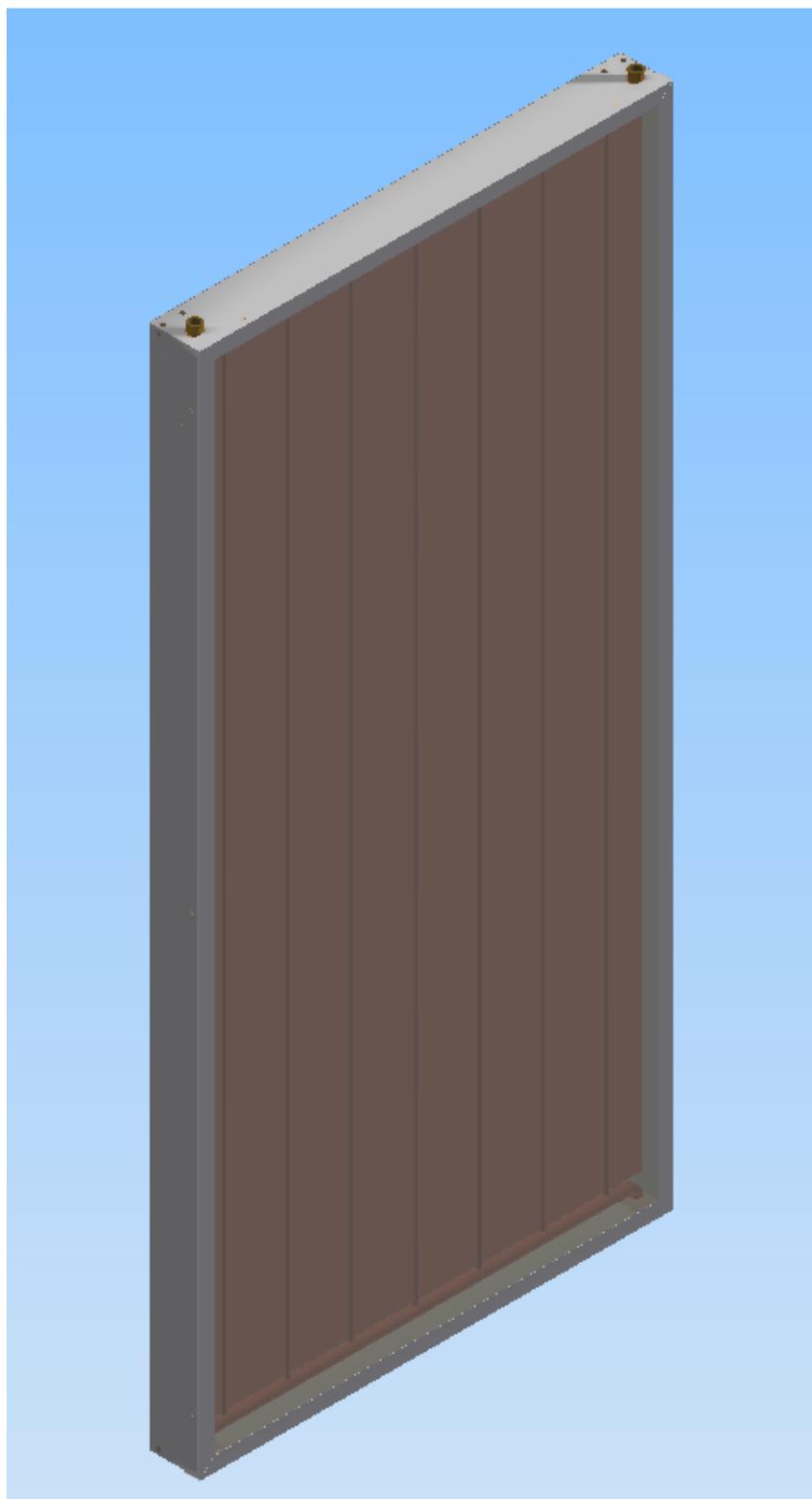
Slika 5.69 Crtež pod-sklopa Registar cijevi



Slika 5.70 Crtež sklopa Solarni kolektor



Slika 5.71 Crtež pozicija sklopa Solarni kolektor



Slika 5.72 Realističan prikaz solarnog kolektora izrađenog u Autodesk Inventor-u

6 ANALIZA I DISKUSIJA POSTUPKA

Praktični dio rada daje prikaz mogućnosti programa i rješenja koja program nudi u cilju rješavanja konstruktorskih problema. Kroz primjer koji je objašnjen u petom poglavlju, objašnjena je metoda modeliranja u *Autodesk Inventor*-u. Dat je prikaz osnovnih metoda modeliranja i objašnjen način dobivanja sklopova, kao i postupak izrade tehničke dokumentacije.

U okviru *Autodesk Inventor* softvera postoje i datoteke sa standardnim strojarskim elementima koje se mogu koristiti radi učinkovitijeg rada, tj. uštede vremena i troškova izrade. Ove datoteke se nalaze u okviru modula za konstruiranje sklopova. U okviru modula za konstruiranje dijelova, odnosno *Part Features* modulu, postoje osnovni oblici kao što su prizmatični, cilindrični, konusni i drugi kombinirani oblici, koji se mogu koristiti prilikom modeliranja.

Kod izrade pozicija bakrenih cijevi mogle su se koristiti cijevi iz baze podataka *Tube & Pipe*. Međutim, u fazi izrade modela solarnog kolektora nisu korišteni standardni elementi iz baze podataka *Autodesk Inventor*-a iz razloga toga što na računalu na kojem je rađen model nije bilo moguće povući podatke iz baze. U fazi modeliranja solarnog kolektora to nije predstavljalo veliki problem jer nije bilo potrebe povlačiti veliku količinu dijelova iz baze tako da se nije izgubilo mnogo vremena za izradu tih dijelova. Kod modeliranja većih sklopova, sa znatno većim brojem standardnih dijelova, ušteda vremena kao i troškova izrade korištenjem pozicija iz baze podataka bi bila već od značajnog faktora.

Pri izradi modela solarnog kolektora u *Autodesk Inventor*-u nisu postavljeni parametarski odnosi značajki, niti su povezani dijelovi u sklopu kroz zajedničke parametre. Zbog toga bi bilo dobro da se u sljedećoj fazi razrade dokumentacije kolektora izrade tablične varijante modela, tzv. obitelji kolektora.

Iz osobnog iskustva, mogu reći da sam zadovoljan programom *Autodesk Inventor* iz razloga toga što nije usporavao rad računala prilikom izrade prostornog modela. Do sada sam više iskustva imao u radu sa programom *SolidWorks* koji znatno više usporava rad računala, što znači da više opterećuje hardver računala.

Također želim pohvaliti *Autodesk Inventor* zbog mogućnosti definiranja projekta na kojem se radi (opcija *Projects*). Kod drugih programa, kao što je *SolidWorks* nije ponuđena takva opcija. Velika prednost ove opcije se ističe kod velikih i složenih projekata koji imaju više tisuća različitih datoteka. U *Inventor*-u se za svaki novi posao otvara novi projekt kako ne bi došlo do gubljenja datoteka, niti do problema kod otvaranja pojedinih modela i sklopova.

U većini ostalih modula *Autodesk Inventor* je jako sličan programu *SolidWorks*, kao što su i principi rada u ta dva programa jako slični. Osobno mi nije predstavljalo problem preći raditi sa jednog programa na drugi.

7 ZAKLJUČAK

U ovom radu je prikazan postupak izrade digitalne dokumentacije pločastog kolektora sunčevog zračenja CRP IS-02 u sustavu *Autodesk Inventor*. Detaljno je prikazan razvoj modela od dijela do konačnog sklopa, te je prikazan postupak izrade tehničkog crteža. Tijekom opisa razvoja modela prikazana je većina bitnih funkcija i mogućnosti koje se koriste pri radu u *Autodesk Inventor*-u.

Autodesk Inventor je moderan softver, koji konstruktorima i dizajnerima u oblasti industrijskog dizajna, omogućava veoma fleksibilan način rada, omogućavajući im da na veoma učinkovit način izraze svoje ideje i konstruktorska rješenja. Sustav je predstavljen kao softver koji sadrži više modula u kojima je moguće raditi, a gdje izbor modula u kome se radi ovisi o fazi projektiranja.

Primjenom parametarskog CAD sustava na primjeru izrađenog modela moguće je izvući slijedeće zaključke:

- izrada modela u CAD sustavu u 3D oduzima određeno vrijeme,
- iako izrada modela oduzima vrijeme, ipak je konstruiranje u CAD sustavu lakše i brže,
- ugrađeni moduli za izradu crteža, zbog automatskog generiranja nacrtu, znatno ubrzavaju izradu tehničke dokumentacije,
- omogućena je laka izmjena crteža i modela,
- moguća je ponovna upotreba dizajniranih komponenti,
- standardni dijelovi mogu se koristiti iz postojeće baze,
- zbog malog broja komada izrade solarnih kolektora i jedne verzije proizvoda upitna je stvarna potreba za CAD sustavom, što znači da investicija u sustav *Autodesk Inventor* ili bilo koji drugi CAD sustav u ovom slučaju ne bi bila opravdana.

8 LITERATURA

- [1] Majdandžić, Ljubomir: *Solarni sustavi*, Zagreb, Graphis d.o.o., 2010., br. str. 864
- [2] PRIOR inženjering d.o.o., Zagreb: *Autodesk Inventor*, 2012.,
URL: <http://www.prior.hr/programi/autodesk-inventor/>. (10.05.2012.).
- [3] Beder, Steve: *Autodesk Manufacturing & Digital Prototyping Solution*, 2012., (Slike)
URL: <http://autodeskmfg.typepad.com/blog/>. (10.05.2012.).
- [4] Milan, Opalić; Milan Kljajin, Slavko Sebastijanović: *Tehničko crtanje*, Čakovec/Slavonski Brod, Zrinski d.d., 2007., br. str. 425
- [5] Autodesk, Inc., San Rafael, USA: *Autodesk Inventor Products*, 2012.,
URL: <http://usa.autodesk.com/autodesk-inventor/>. (20.04.2012.).
- [6] Autodesk Inventor Professional 2013, Autodesk, Inc., San Rafael, USA: *Autodesk Education Community*, 2012., URL: students.autodesk.com/. (15.04.2012.).

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

Broj stranica: 1