

Факултет инжењерских наука Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Основне академске студије

Модул: Машинске конструкције и механизација

Предмет: Техничко цртање са компјутерском графиком

Број индекса: 92/2015

Ана Г. Милојевић

Израда конструкционе документације хефталице

завршни рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. Др Лозица Ивановић - ментор

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

Изјављујем да сам овај завршни рад урадила самостално, служећи се стеченим знањем и искуством као и наведеном литературом.

Ана Милојевић 92/2015

У оквиру овог завршног рада кандидат треба да:

- Опише основне карактеристике техничке документације
- Представи стандарде у техничком цртању
- Представи примену софтвера у моделирању склопа на примеру конкретног производа
- Уради конструкциону документацију склопа

Препоручена литература:

1. Ивановић Л., Ерић М.: Техничко цртање са компјутерском графиком – Практикум, ФИН, Крагујевац, 2011.
2. Милојевић З., Рацков М., Кузмановић С., Кнежевић И., Навалушић С., Ивановић Л., Вереш М., Марковић Б.: Израда конструкционе документације, ФТН, Нови Сад, 2015.

Крагујевац, октобар 2018.

Ментор:

Др Лозица Ивановић, ред. проф.

Садржај

1. Увод.....	1
2. Историја техничких цртежа	3
3. Стандарди у техничком цртању	6
3.1 Врсте папира	6
3.2 Формати папира, заглавље и саставница, размера.....	7
3.3 Заглавље цртежа.....	9
3.4 Саставница	11
3.5 Прибор за цртање	12
3.6 Врсте линија и њихова примена	13
4. SolidWorks	14
4.1 Режим <i>Part</i>	16
4.2 Режим <i>Assembly</i>	17
4.3 Режим <i>Drawing</i>	17
5. Моделирање хефталице.....	18
5.1 Улога боје код CAD модела	21
6. Закључак	23
7. Литература.....	24

Резиме:

У овом завршном раду описан је процес конструисања са акцентом на техничко цртање. Представљен је развој техничког цртежа кроз историју, стандарди у техничком цртању, израда техничког цртежа уз помоћ рачунара и CAD софтвера и дат је опис карактеристичних корака у процесу израде 3D модела хефталице у *SolidWorks*-у. Приказана је и улога боје код CAD модела.

Кључне речи:

техничка документација, стандард, CAD софтвери, *SolidWorks*, 3D модел

Abstract:

In this final paper, the construction process is described. The development of technical drawings through history, standards in technical drawing, drawing of technical drawings with the help of computer and CAD software has been presented and a description of the characteristic steps in the process of creating a 3D model of the stapler in SolidWorks has been presented. The role of color in the CAD model is also shown.

Key words:

Technical documentation, standard, CAD software, 3D model

1. Увод

Стручна комуникација међу људима одвија се преко цртежа, једначина, графикана, табела итд. И стога цртежи треба да су прецизни, јасни и једнозначни. Свака конструктивна замисао и идеја, пре реализације, приказује се и појашњава цртежима, или тачније техничким цртежима. Под техничким цртежом се подразумева прецизно израђен цртеж неког предмета са свим његовим техничким карактеристикама. [1]

Технички цртежи не представљају предмет (машински део) у облику слике, тачније, они не показују објекат на исти начин као што га види око посматрача. Они служе да преносе идеје конструктора на једноставан начин и због тога се у изради техничког цртежа користи метод познат као пројекција. Многи технички цртежи необученом посматрачу не дају праву представу о објекту, то је из разлога што су поједини начини представљања машинских делова усвојени и помоћу њих се цртежи могу урадити много брже. [2]

Технички цртеж се може израдити слободном руком, тада се назива скица, затим прибором за цртање и, што је данас најчешћи случај, рачунаром. Цртеж може бити нацртан оловком, хемијском оловком и фломастером, или прибором за туширање, тј. рапидографом, а може бити и одштампан на штампачу. Цртежи могу бити нацртани на обичном папиру или на паус папиру (када се ти цртежи називају оригиналима), мада се могу израдити и као копије цртежа, на обичном папиру, озолид папиру (папир за копирање са паус папира) и, данас веома ретко, транспарент паусу (паусу за копирање са паус папира који служи за израду нових оригиналних цртежа). [2]

При изради цртежа, треба имати у виду да цртежи могу приказивати изглед предмета у равни, тј. у две димензије ($2D$), или у простору, у три димензије ($3D$). До појаве рачунара цртежи су обично цртани у $2D$, а само изузетно у $3D$ јер је израда таквих цртежа прилично сложена. [2]

Сваки технички цртеж мора да садржи јасну представу о геометријском облику предмета, пресеке, димензије предмета, дозвољена одступања мера, положаја и облика, квалитет обрађених површина, материјал, податке о термичкој обради као и друге податке потребне за израду и контролу. Сваки технички цртеж мора бити јасан, уредан и тачан. [2]

Технички цртежи се цртају по унапред дефинисаним правилима која се зову норме техничког цртања или стандарди. Применом стандарда постижу се следећи циљеви:

- Побољшање квалитета производа
- Погодан избор разних параметара и других карактеристика индустријских производа
- Повећање економичности
- Олакшана разменљивост машинских делова и склопова увођењем типизације и унификације

Према врсти технички цртежи се деле на:

- **Радионички цртеж** представља цртеж једног предмета, на основу ког ће се предмет направити у радионици
- **Склопни цртеж** представља цртеж више делова који належу једни на друге и имају заједничку функцију у машини. Задатак склопног цртежа је да прикаже положај и место сваког дела у склопу.

Елементи радионичког цртежа су:

- Потребан број пројекција, пресека и детаља
- Коте
- Ознаке за квалитет храпавости површина
- Толеранције мера
- Толеранције облика и положаја
- Подаци за термичку обраду или друге поступке обраде
- Заглавље
- Напомена

Елементи склопног цртежа су:

- Довољан број пројекција
- Позициони бројеви
- Заглавље
- Габаритне димензије

Техничко цртање, као научна и образовна дисциплина, има задатак да развија и неке професионалне особине инжењера техничких струка, као што су: упорност, доследност, систематичност, стрпљивост, тачност, уредност, марљивост и остале неопходне особине за сложене задатке цртања и коришћења техничке документације.

Знање техничког цртања неопходно је и за успешно праћење и проучавање осталих апликативних техничких и стручних предмета и дисциплина. [1]

2. Историја техничких цртежа

Развој цртања од најдавнијих времена повезан је с развојем опште културе. Цртање је као и између осталог служило као средство међусобног споразумевања као језик и као једна врста писма. У првом периоду слике приказиваних предмета и живих бића цртане су у једној равнини, дакле дводимензионално.

Прошли су векови док је човек научио приказивати посматране предмете на једној равни у три димензије. У 15. веку на основу искустава великих мајстора ренесансе (Леонарда да Вичија), сликара, архитекта и инжењера, према садашњем схватању, цртање је добило теријску основу јер се појавила перспектива.

Базиран на перспективи појављује се и облик паралелне, косе и ортогоналне пројекције. Примена паралелних пројекција и перспективе омогућава једноставно и прегледно приказивање предмета али није погодно за предочавање захтевнијих предмета и приказивање њихових мера (котирање).

Тек захваљујући примени нацртне геометрије као научне методе, а нарочито пројигирања развило се цртање које је нашло примену у свим гранама технике и од тада се зове **техничко цртање**.



Први велики допринос развоју техничког цртања дао је, и то несвесно, Леонардо да Винчи (слика 2.1). Био је изразито талентован за сликарство и имао је савршен дар за цртање простора. На основу анализе његових уметничких слика, много година касније после њега, створена су правила која данас користимо за цртање централне пројекције (перспективе). [3]

Слика 2.1 Леонардо да Винчи
(1452-1519. год.)[3]



Слика 2.2 Гаспар Монж
(1746-1818. год.) [3]

Оснивач Нацртне геометрије, као науке је француз Гаспар Монж (слика 2.2). Његова је идеја да се предмети цртају ортогоналним пројекцијама, што је унело потпуну револуцију у техничком цртању и изradi техничке конструкционе документације из свих области: машинства, архитектуре, грађевинарства, саобраћаја, пејзажне архитектуре, мелиорација итд. [3]

Њему у част Нацртну геометрију називамо и МОНГометрија. Под истим називом МОНГометрија у Србији се сваке друге године одржава међународни научни скуп који се бави развојем Нацртне геометрије. [3]

Гаспар Монж је 1798. године у Паризу објавио књигу под називом “*Geometrie descriptive*” и тиме постао оснивач нацртне геометрије. Он је први увео истовремено посматрање више пројекција на једном цртежу. Монж је повезао две ортогоналне пројекције једног предмета добијене пројицирањем на две међусобно управне равни. Овакво повезивање пројекција омогућава графичко решавање просторних проблема на цртежу у равни. [4]

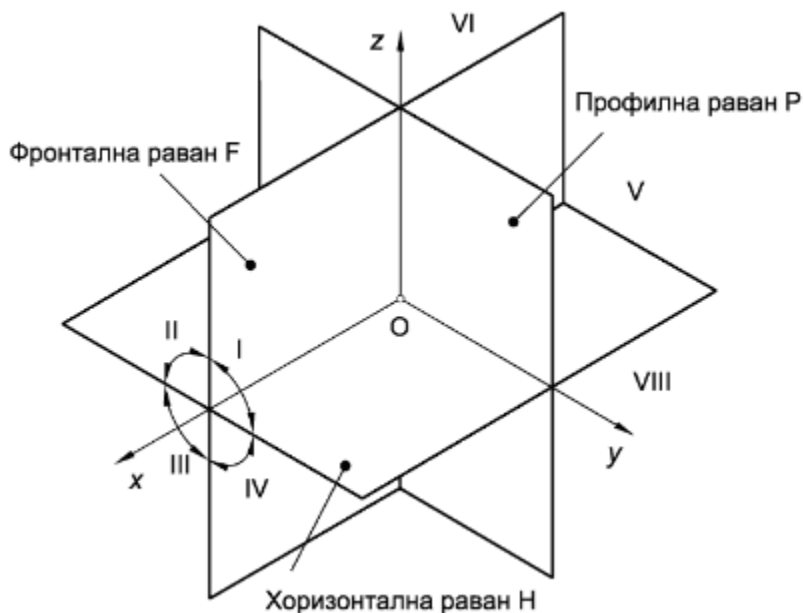
Задатак нацртне геометрије је да својим поступцима омогући лакше и једноставније, како приказивање неког тродимензионалног објекта на равни цртежа, тако и просторно схватање нацртаног објекта. Основни поступак нацртне геометрије који омогућује да се тродимензионални објекти прикажу на дводимензионалној равни цртежа је пројицирање. Раван на коју се објекат пројицира је раван цртежа или пројекцијска раван. Тачка из које се врши пројицирање је средиште пројицирања. Праве које спајају средиште пројицирања и темена објекта су пројекцијски зраци, чији продори кроз пројекцијску раван одређују пројекцију, односно дводимензионалну слику или цртеж објекта.

У зависности од тога где се у простору налази средиште пројицирања постоје две основне врсте пројицирања: централно пројицирање (перспектива), ако је центар пројицирања тачка у коначности и паралелно пројицирање, ако је средиште пројицирања у бесконачности. Паралелно пројицирање може бити косо, када су пројекцијски зраци коси у односу на пројекцијску раван или ортогонално, када су зраци управни на пројекцијску раван. Због деформација које настају приликом централног пројицирања, у техничкој пракси се углавном користи паралелно, и то ортогонално пројицирање.

У циљу одређивања положаја тачке, праве, равни или осталих геометријских облика у простору уводе се три међусобно нормалне равни референтног Декартовог координатног система, и то: хоризонтална раван Н или раван 1, вертикална фронтална раван Ф или раван 2 и вертикална профилна раван Р или раван 3. Међусобним пресеком равни добијају се

координатне осе, и то: у пресеку 1 и 2 – оса x , у пресеку 1 и 3 – оса y и у пресеку 2 и 3 – оса z . Све три осе x, y и z секу се међусобно у тачки O , која се назива координатни почетак. У тако уређеном простору положај сваке тачке је одређен њеним растојањима од координатних равни. То су координатне тачке, и то: растојање тачке од основе 1 – координата z , од основе 2 – координата y и од основе 3 – координата x . Три координате потпуно одређују положај тачке у простору. Продори пројекцијских зрака, паралелних са координатним осама x, y и z , кроз равни 1, 2 и 3, представљају ортогоналне пројекције тачке.

Три узајамно нормалне равни деле простор на осам делова који се зову октанти. Ради лакшег сагледавања геометријских елемената у тродимензионалном простору, октанти се нумеришу римским бројевима, као што је приказано на слици 2.1. [4]



Слика 2.1 Октанти Декартовог координатног система [4]

Појава рачунара и њихова доступност широком кругу корисника утиче на брз развој метода и поступака за техничко цртање предмета. На основу Булове алгебре и поступка трансформације пројекцијских равни развила се рачунарска инжењерска графика. Применом рачунара и рачунарских софтвера убрзан је процес израде техничких цртежа и пројектне документације. [3]

Рачунар као прибор за цртање представља савремену опрему, која ће се у будућности углавном користити. Осим рачунара, за цртање техничке документације потребни су: плотер, штампач, дигитајзер, светлећа оловка, табла, миш, скенер итд. Рачунар са хардверском опремом нема нарочитог смисла да се користи само за техничко цртање. Рачунарска опрема користи се за: пројектовање, конструисање, прорачуне, израду техничке документације и техничких цртежа, разраду технологије израде предмета на нумерички управљаним машинама и контролу квалитета израде. Читав овај поступак, од идеје до израде и контроле готовог производа најчешће се, у стручној литератури, назива CAD (*Computer Aided Desing*). За ово су потребни одговарајући програми – алати (софтвер), који се веома брзо развијају (*AutoCad, Catia, SolidWorks, Inventor itd.*). [3]

3. Стандарди у техничком цртању

У техничком цртању, традиционалном и помоћу рачунара, примењују се одређени стандарди који дефинишу изглед и димензије простора за цртање (формат цртежа), одговарајућу размеру, заглавље, саставницу итд. [2]

3.1 Врсте папира

Данас се за израду цртежа, углавном, користе три врсте папира:

- Обичан бели 80г папир, познат под називом **банкпост папир**, који је непрозиран и веома погодан за ручно цртање (обичном оловком, хемијском оловком и фломастером), затим за штампање и фотокопирање цртежа. Није погодан за израду цртежа тушем, јер се он на њему разлива, и са њега се не може уклонити, ако се начини нека грешка.
- **Паус папир**, је прозиран и веома погодан за израду цртежа туширањем и штампањем, мада се на њему може цртати и обичном оловком. Цртежи израђени на паусу називају се оригиналним цртежима (тзв. оригинали) и служе да се са њих копирају цртежи, тј. израђују копије. Основна одлика овог папира је да се, у случају потребе, тј. настанка неке грешке, са њега може брисати туш (специјалном гумицом) или стругати жилетом (твз. радирати).
- **Озолид папир** је фотоосетљив папир који се, пре развијања, чува у непрозирним фолијама, а служи за израду копија. Наиме, оригинални цртежи се, у специјалном уређају за копирање, постављају на озолид папир и осветљавају, са стране оригиналних цртежа, извесно време вештачком светлошћу, након чега се озолид папир развија у парама амонијака. Површина папира која је била осветљена, након развијања, постаје, условно речено, бела док површине које су биле прекривене тушем (на месту линија и слова) остају обојене, најчешће розе црвеном бојом, или плавом, или, ређе, црном бојом. [2]

Много ређе се користи:

- **Милиметарски папир**, који представља обичан бели папир на којем је одштампана милиметарска подела, обично, жутом или зеленом бојом. Овај папир је био погодан при ручној изради цртежа оловком, јер се на њему, без посебног мерења, лако може одредити димензија (величина) дела који се црта.
- **Хамер папир**, представља нешто дебљи бели папир, на којем се може лако цртати оловком и, ако је нешто погрешно нацртано, може се лако и више пута брисати. На хамеру се може цртати и у тушу, па чак и брисати, ако је нешто погрешно нацртано, али мало теже.
- **Транспарент паус** је фотоосетљив паус и пре развијања се чува у непрозирној футроли. Служи за израду оригиналних цртежа. Наиме, у специјалном уређају за копирање, поставља се оригинални цртеж на транспарент паус и осветљава са стране оригиналног цртежа, извесно време, вештачком светлошћу, а затим развија у парама амонијака. Површина транспарент пауса, која је била осветљена, након развијања

постаје, условно речено, бела док површине које су биле прекривене тушем (на месту линија и слова) остају црне. Тај траг остаје на полеђини транспарент пауса. Оно што није потребно брише се са полеђине цртежа, а оно што је потребно доцртати, црта се са предње стране цртежа. На овај начин се некада знатно убрзавала израда оригиналних цртежа који су се цртали (туширали) ручно. Данас, применом рачунара, употреба овог папира је практично престала јер се цртеж у електронској форми ископира, избрише се оно што је непотребно на њему и доцрта ново и затим, лако и једноставно, поново исцрта (испринта) тај, сада нови, цртеж. [2]

3.2 Формати папира, заглавље и саставница, размера

Да би се направио одређени ред, тј. да се не би дозволило да свако израђује цртеже на произвољним димензијама папира, стандард је прописао дужину и ширину папира (табела 1.) и такве прописане величине папира називају се формати. Стандард SRPS EN ISO 5457 прописује величине формата папира за цртање. Стандард је прописао да сви формати имају одређен однос између страница $\sqrt{2}$, тј. $a\sqrt{2}$, сходно слици 2. Цртеж се, по правилу, црта на тзв. неопсеченом формату, који има нешто веће димензије од стандардног формата, а након израде цртежа врши се опсецање папира на стандардне димензије формата. Димензије неопсеченог формата су интересантне само за штампаре који штампају оквир и заглавље цртежа, што је данас ређи случај. [2]

Цртање на стандардним форматима омогућава рационално коришћење папира, лакшу дистрибуцију, смештање и једнообразно превијање цртежа.

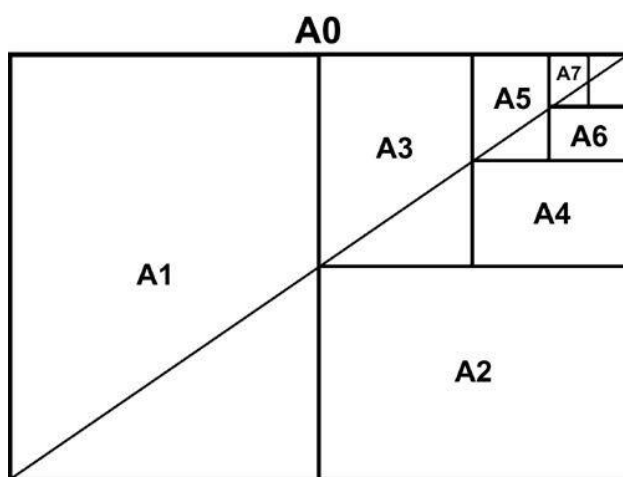
Основни формат је означен са А0. Мањи формати се добијају половљењем већег формата по дужој страници, а њихове ознаке су А1, А2, А3 и А4.

Код свих формата, осим код формата А4, дужа страница је хоризонтална. Простор за цртање на сваком формату је ограничен оквиром цртежа. Када је потребно копије цртежа одлагати у регистраторе и слично, онда се дуж леве ивице оквира цртежа оставља поље за бушење и одлагање.

Треба имати у виду да постоје три реда формата папира (А, Б и Ц). У машинству и, у опште, техници користи се ред А (табела 3.1) чија је површина основног формата 1m^2 . Мањи формати се добијају половљењем већег формата (слика 3.1) [2]

Табела 3.1. Преглед најчешће коришћених стандардних формата папира реда A [2]

Ознака	Димензије у mm		Површина у m ²
	Опсечени формат	Неопсечени формат	
A0	841x1189	880x1230	1
A1	594x841	625x880	1/2
A2	420x594	450x625	1/4
A3	297x420	330x450	1/8
A4	210x297	240x330	1/16
A5	148x210	165x240	1/32



Слика 3.1 Формати папира реда A [2]

Применом стандардних формата омогућава се веома једноставно манипулисање, комплетирање, повезивање и чување цртежа што свакако представља њихову велику предност. [2]

У случају да је потребно нацртати уске а дугачке предмете онда се могу користити и већи, тзв. продужени формати, који се добијају спајањем стандардних формата, нпр. A4x6 итд. или продужавањем стандардног формата до неке стандардне дужине. Продужене формате треба избегавати. [2]

Према важећем стандарду (SRPS EN ISO 5457:2012), на свим форматима папира се обавезно мора приказати:

- Обавезан простор за цртање
- Заглавље
- Ознаке за центрирање
- Ознаке за обрезивање

Док се, према потреби, на форматима могу приказати и:

- Ознаке за оријентацију
- Референтна метричка скала и
- Систем референтне мреже [2]

3.3 Заглавље цртежа

Заглавље цртежа (слика 3.2) представља једну табелу, која се обавезно црта на свим цртежима, а служи за уписивање свих података који су потребни за идентификацију, класификацију и коришћење цртежа, саставница и других докумената. Облик заглавља прописује стандард EN ISO 7200:2004 али се његов изглед може незнатно мењати у зависности од потреба корисника. Стандардна ширина заглавља је 180mm. Стандард прописује две врсте заглавља ниско (слика 3.2) и високо. Оба садрже исте рубрике с тим што је код вишег већи простор за уписивање података о власнику документа. С обзиром на то да је проширењем оквира за опсецање смањена корисна површина цртежа, упутно је користити ниже заглавље. [2]

Одговорно одељење	Пројектовао	Врста документа	Статус документа			
(Власник документа)	Конструисао	Назив	(ознака документа)			
	Одобрио		Рев	Датум издавања	Јез	Стр

Слика 3.2 Изглед заглавља цртежа [2]

Стандард прописује које се информације морају налазити у заглављу, а пошто предложеним заглављем није дефинисан простор за упис толеранција слободних мера, врсте материјала, његове масе, нити размере у којој је нацртан цртеж, препоручује се примена допуњеног заглавља чији је облик приказан на слици 3.3.

Толеранције слоб. мера	Маса	Материјал	Размера			
Одговорно одељење	Пројектовао	Врста документа	Статус документа			
(Власник документа)	Конструисао	Назив	(ознака документа)			
	Одобрио		Рев	Датум издавања	Јез	Стр

Слика 3.3 Изглед препорученог заглавља цртежа [2]

У заглавље се уносе следећи подаци:

Власник документа	Назив власника документа или предузећа.
Ознака документа	Ознака документа власника или ознака документа произвођача.
Назив	Назив (према облику, а не према функцији), ознака типа, облика и величине.
Одговорно одељење	Назив одељења у оквиру предузећа које је одговорно за издавање документа.
Врста документа	Уписује се о ком документу је реч (склопни цртеж, цртеж подскопа, радионички цртеж, монтажни цртеж итд.)
Статус документа	Прототип, нулта серија, пробна серија, главна серија итд.
Пројектовао	Уписује се име пројектанта или одговорног лица за исправност техничког решења.
Конструисао	Уписује се име конструктора или одговорног лица за израду цртежа и уношење података у заглавље и саставницу.
Одобрио	Уписује се име одговорног лица за тачност документа.
Ревизија	Уписује се ознака (степен) ревизије документа, на пример: А, Б, итд.
Датум издавања	Уписује се датум када је израђен документ.
Језик	Уписује се језик на којем је исписан текст на документу, на пример СРБ.
Страна	Уписује се редни број листа документа, коса црта, и укупан број листова докумената. Укупан број докумената сачињавају сви цртежи, саставнице и други конструкциони документи дотичног производа.
Толеранције слободних мера	Ознака стандарда који прописује дозвољено одступање (толеранције) слободних мера, на пример: ИСО 2768-м.
Маса	Нето маса приказаног дела на цртежу.
Материјал	Ознака материјала према прописаном систему означавања. За одливке, откивке, и отпреске уписује се припадајућа ознака модела или цртежа.
Размера	Главна размера приказаног дела и приказ симбола за начин цртања пројекција.

3.4 Саставница

Саставница је најчешће посебан документ (са својим заглављем), мада се она може нацртати и изнад заглавља склопног цртежа у облику табеле (слика 3.4)

Поз.	Озн. Дела	Назив – Облик и величина	Стандард Ознака цртежа	Материјал	Комада	Напомена
------	-----------	--------------------------	---------------------------	-----------	--------	----------

Слика 3.4 Изглед основе саставнице [2]

Саставница је за конструкциону документацију основни документ којим се повезују сви остали документи потребни за технолошку припрему производње. Саставница мора да буде усаглашена са ознакама на цртежима припадајућег склопа и да обухвата све делове који се цртају, као и оне делове који се не цртају већ се купују као готова роба (стандардне делове), њихове ознаке, ознаке материјала, потребан број комада и евентуалне промене. [2]

У саставницу се уносе следећи подаци:

Поз.	Уписује се редни број позиције уграђеног дела на дотичном склопном цртежу. Позиције се уписују по растућем редоследу одоздо на горе, уколико је саставница нацртана у склопу склопног цртежа.
Ознака дела	Класификациона ознака дела дотичне позиције. Ова ознака се одређује у складу са интерним прописом за означавање.
Назив – Облик и величина	Уписује се назив из заглавља одговарајућег цртежа. За стандардне делове уписује се назив, облик и величина
Стандард – Ознака цртежа	За стандардне делове уписује се ознака и број стандарда, а за остале уписује се број цртежа на којем је приказан тај део
Материјал – Примедбе	Ознака материјала или број (модела) полупроизвода (одливка, откивка, отпреска) или каталошка ознака и назив добављача, за делове који се набављају на тржишту
Ком.	Количина (у комадима) који припада једном склопу
Напом.	Допунска ознака, која се уписује само у случају потребе и представља допунско објашњење. На пример, ако се количина у пољу <Ком> исказује у метрима, онда се у овој рубрици уписује <м>, или ако се жели нагласити произвођач од којег се жели купити готов производ онда се у овој рубрици наводи његов назив, на пример, СКФ.

У случају да је саставница саставни део склопног цртежа попуњава се одоздо на горе. У случају да је саставница посебан документ, садржи заглавље и табелу и обично се попуњава одозго на доле.

3.5 Прибор за цртање

Прибор за цртање се разликује у зависности од начина цртања (израде) цртежа. Разликује се ручно и машинско цртање (посредством рачунара).

Прибор за ручно цртање састоји се од:

- **Оловака** различите тврдоће (врло меке, јако црне, оловка за цртање и скицирање, ознаке 8Б до 3Б, мека црна, за цртање и писање, ознаке 2Б, Б, ХБ и Ф, тврде и врло тврде за техничко цртање ознаке Х до 6Х и тврде за литографско цртање ознаке 7Х до 9Х);
- **Туша** црне боје, који је намењен за израду цртежа предвиђених за класичне поступке умножавања. Иначе, туш се производи у 18 различитих тонова и он се користи код цртања разних инструктивних цртежа и промотивног материјала;
- **Фломастери у боји**, која се користи за израду разних шема и промотивног материјала;
- **Рапидографи**, који се користе за цртање и писање у тушу. Израђују се различите дебљине од (0,1) 0,18 до 2mm;
- **Прибор за брисање**, углавном, обична гумица, данас најчешће од пластичне масе, затим специјална гумица за брисање туша и жилети, за брисање туша са пауса (за тзв. радирање);
- **Лепљива трака** (селотејп) користи се за лепљење цртежа за таблу;
- **Гарнитуре шестара**, данас се изузетно ретко користе за цртање кругова;
- **Гарнитуре кривуљара**, данас се изузетно ретко користе за цртање кривих линија;
- **Гарнитуре ружа**, данас се изузетно ретко користе за цртање кривих линија;
- **Гарнитура шаблона за техничко писмо**, данас се изузетно ретко користе за исписивање текста;
- **Троуглови и лењери**, данас се изузетно ретко користе за цртање правих линија;
- **Табла за цртање**, данас се изузетно ретко користи за цртање цртежа.

Прибор за механизовано цртање састоји се од:

- **Рачунара и одговарајућег софтвера за цртање,**
- **Принтера**, за цртање (израду) мањих цртежа,
- **Плотера**, за цртање већих цртежа.

Прибор за копирање састоји се од:

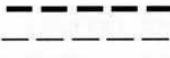
- **Фотокопир апарата,**
- **Апарата за копирање на озолид папиру.** [2]

3.6 Врсте линија и њихова примена

За израду цртежа у машинству користе се две врсте линија дебеле и танке, при чему су дебеле бар два пута дебље од танких. Врсте линија су дефинисане стандардом SRPS ISO 128-20, 21. Што се тиче врста линија разликује се десет врста линија које се означавају посебним словима према слици 3.5.

Стандардом ISO 128-24 су предвиђене следеће дебљине линија: (0,18); 0,25; 0,35; 0,5; 0,7; 1; 1,4 и 2mm с тим што дебљину 0,18mm треба избегавати због могућих проблема при неким методама репродукције цртежа.

Дебљина линије се бира у зависности од величине формата и његове сложености. Обично се за формате А5 и А6 препоручују дебљине 0,35 и 0,18; за формате А2, А3 и А4 дебљине 0,5 и 0,25 а за формате А0 и А1 дебљина 0,7 и 0,35mm. Група линија мора бити иста на свим пројекцијама једног предмета који је нацртан у истој размери. Стандардом је дато упуство за примену појединих врста линија. [2]

Oznaka	Izgled linije	Opis	Debljina linije grupe 0,5
A		Puna debela	0,5
B		Puna tanka	0,25
C D ¹		Puna tanka izvučena slobodnom rukom Puna tanka sa cik-cakom	0,25 0,25
E ² F		Isprekidana, debela Isprekidana, tanka	0,5 0,25
G		Crta-tačka-crta, tanka	0,25
H		Crta-tačka-crta, tanka, zadebljana na krajevima i mestima promene pravca	0,25/0,5
J		Crta-tačka-crta, debela	0,5
K		Crta-dve tačke-crta, tanka	0,25

Слика 3.5 Врсте линија [2]

4. SolidWorks

SolidWorks, софтвер који је произвела компанија *SolidWorks Corporation*, један је од најпопуларнијих програма за моделирање пуних тела. То је параметарска алатка за моделирање заснована на елементима која не само да обједињују тродимензионална (3D) параметарска својства с дводимензионалним (2D) алаткама, већ обухвата и све процесе у циклусу од пројектовања до производње. Овај алат за моделирање пуних тела прилагођен је кориснику и омогућава да се оствари висока продуктивност рада. 2D прикази цртежа компонената лако се генеришу у режиму за цртање (*Drawing*). На располагању су детаљни, изометријски, ортографски и помоћни прикази, прикази пресека итд. За добијање различитих приказа цртежа могу да се користе било који стандардни документи са цртежом. Из приказа цртежа могу да се виде мере модела, приказима се могу додавати референтне мере и друге ознаке, параметарску саставницу и облачиће са објашњењима. [5]

Ако се компонента склопа замени, уклони, или се склопу дода нова компонента, измена ће се одмах одразити и на саставницу смештену у документу цртежа.

Због двосмерне повезаности овог софтвера, свака промена модела аутоматски се одражава на приказе цртежа, а свака промена мера на приказу цртежа аутоматски се преноси на модел.

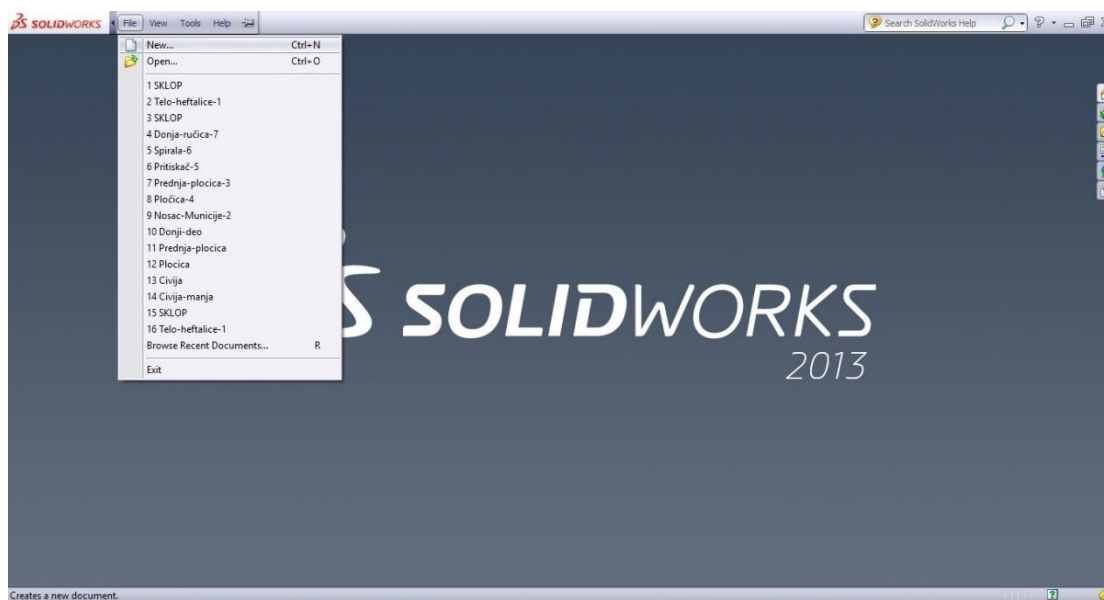
Програм *SolidWorks* америчке компаније *SolidWorks Corporation*, служи за машинско пројектовање и аутоматизацију процеса који су засновани на параметарском моделирању пуних тела. *SolidWorks* је стандард у области 3D пројектовања и први CAD пакет који користи графичко окружење *Microsoft*-овог *Windows*-а.

Windows-ово графичко корисничко окружење омогућава да машински инжењери разрађују своје нове идеје и реализују их у облику виртуалних прототипова или модела пуних тела, великих склопова, подсклопова, детаља и цртежа.

SolidWorks је само један од производа компаније *SolidWorks Corporation*, који је део групације *Dassault Systemes*, који служи и као платформски софтвер за бројне програме. То значи да унутар прозора програма *SolidWorks* могу да се користе и други компатибилни програми.

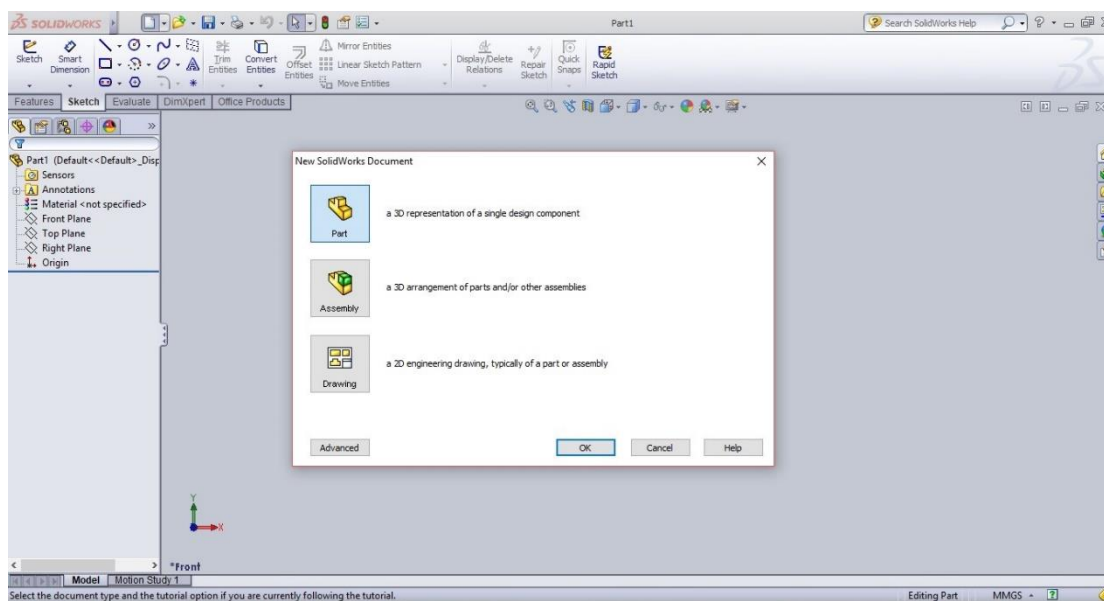
SolidWorks Corporation производи многе програме који се могу користити као додатни модули за *SolidWorks*. [5]

Позивањем програма *SolidWorks* отвара се његово радно окружење у коме треба активирати иконицу *File* а затим *New (Create new document)*, (слика 4.1.). [6]



Слика 4.1 Радно окружење програма *SolidWorks*

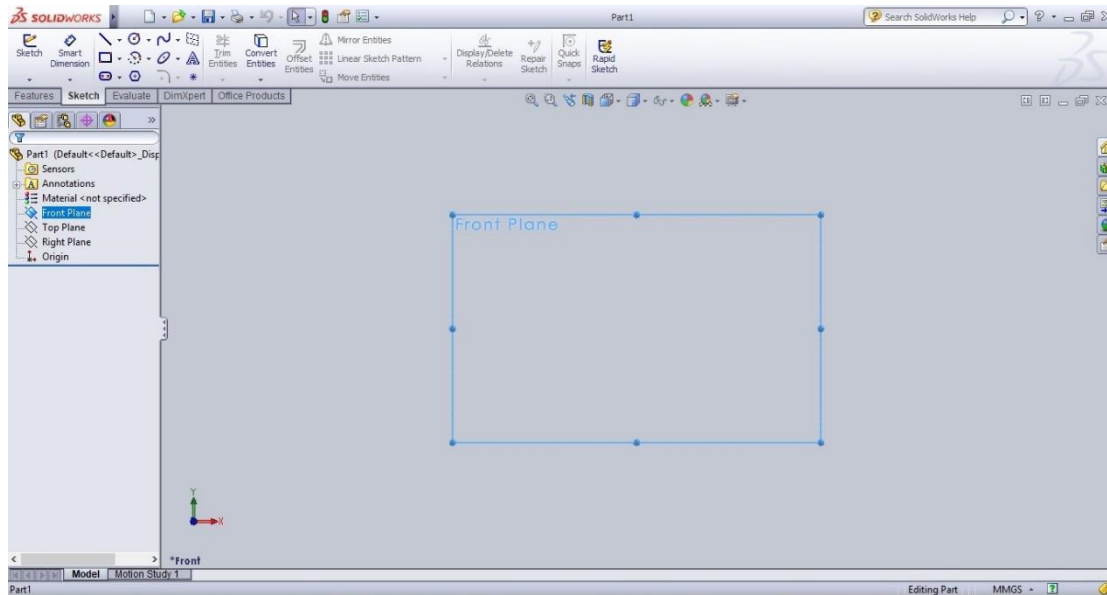
Активирањем опције *New* отвара се прозор са могућношћу одабира једне од три врсте моделирања: *Part*, *Assembly* или *Drawing* (слика 4.2).



Слика 4.2 Основни режими програма *SolidWorks*

4.1 Режим *Part*

Режим *Part* је параметарско окружење засновано на елементима, у коме могу да се праве модели пуних тела. На располагању су подразумеване равни означене са *Front Plane* (предња раван), *Top Plane* (горња раван) и *Right Plane* (десна раван). Прво се бира раван на којој се црта скица основног елемента (слика 4.3). Када се изабере раван, прелази се у окружење за скицирање у коме се алаткама цртају скице модела (*Sketch*). [6]



Слика 4.3 Предња раван (*Top Plane*)

Након цртања, скице могу да се у истом окружењу котирају и да се на њима примене потребне релације (логичке операције).

У режиму *Part*, на располагању је стандардна библиотека отвора – позната под именом чаробњак за отворе (*Hole Wizard*), која омогућава да се праве обични отвори, отвори са навојем (*Tapped Holes*), равно упуштени отвори (*Counterbore Holes*), конично упуштени отвори (*Countersink Holes*) итд.

Отвори могу да одговарају било ком стандарду, у овом режиму може да користи површинско моделирање да би се направиле сложене површине. Ознаке као што су симболи заваривања, толеранције, датуми и симболи завршне обраде површина могу да се додају моделу у режиму *Part*.

Стандардни елементи који се често користе могу да се сачувају као елементи библиотеке одакле се учитавају по потреби. *SolidWorks* нуди и библиотеку елемената која садржи одређен број стандардних машинских делова и елемената.

Употребом одговарајућих алатки, у режиму *Part* могу се направити и компоненте од лима. Може се анализирати отпорност модела дела на различита напрезања која ће се на модел примењивати у стварном физичком окружењу. То помаже да се смање трошкови и скрати

поступак испитивања пројекта у реалним условима испитивања (деструктивна испитивања).

Компонента се може анализирати током моделирања у прозору *SolidWorks*-а.

Осим тога, режим *Part* омогућава да се моделирају варови тако што се направе челичне конструкције и додају заварени спојеви. На располагању су све стандардне врсте варова и услова заваривања. Може се издвојити језгро и шупљина помоћу алатки за пројектовање калупа. [5]

4.2 Режим Assembly

У режиму *Assembly* састављају се компоненте склопа, претходно моделиране у режиму *Part* помоћу одговарајућих алатки. Може се почети од готових компонената и затим направити остале компоненте потребне за склоп. Дозвољено је позивање на елементе неких компонената склопа да би се извеле мере за друге компоненте.

Опција *Smart Mates* омогућава да се све компоненте склопе помоћу једног дугмета. Док се склапају компоненте, може се анимирати склоп тако што ће се повлачити мишем. Осим тога, може се проверити функционалност склопа, и открити интерференце (преклапања) између појединих елемената склопа.

Реалистично кретање склопа види се захваљујући томе што се за динамичко приказивање користи физичка симулација при којој се узима у обзир дејство мотора, опруга и земљине теже на склопове. [5]

4.3 Режим Drawing

Режим *Drawing* користи се за техничку документацију раније направљених делова или склопова, тако што се генеришу или праве технички цртежи различитих пројекција и детаља.

У *SolidWorks*-у постоје два начина цртања:

- Генеративно цртање
- Интерактивно цртање

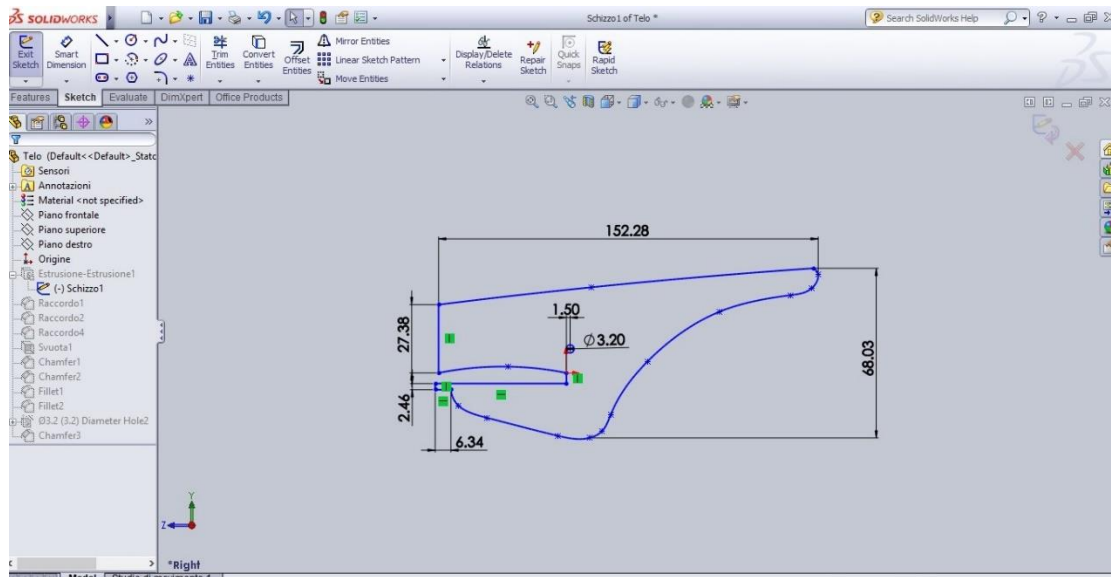
Генеративно цртање је процес генерисања техничких цртежа раније направљеног дела или склопа.

Параметарске мере и ознаке које су додате компонентама у режиму *Part*, могу се генерисати на техничким цртежима. Генеративно цртање по природи омогућава двосмерну повезаност на тај начин ако се додају толеранције облика и положаја на радионичком цртежу дела то ће се аутоматски одразити на модел који је креиран у режиму *Part*.

При интерактивном цртању, технички цртежи се цртају помоћу уобичајених алатки за скицирање, а затим се додају мере. [5]

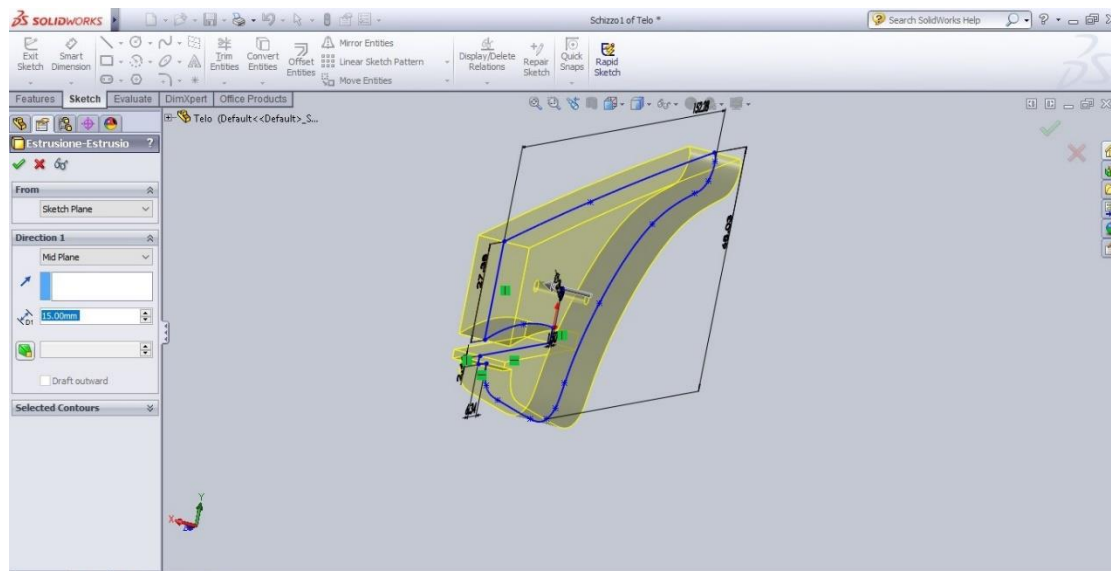
5. Моделирање хефталице

Након позивања програма *SolidWorks*, отварања режима *Part* и бирања равни у којој ће се цртати модел, користи се команда за цртање скице (*Sketch*). Помоћу алатки које су на располагању црта се скица дела, након чега се котирају димензије позивањем команде *Smart Dimension* (слика 5.1). [6]



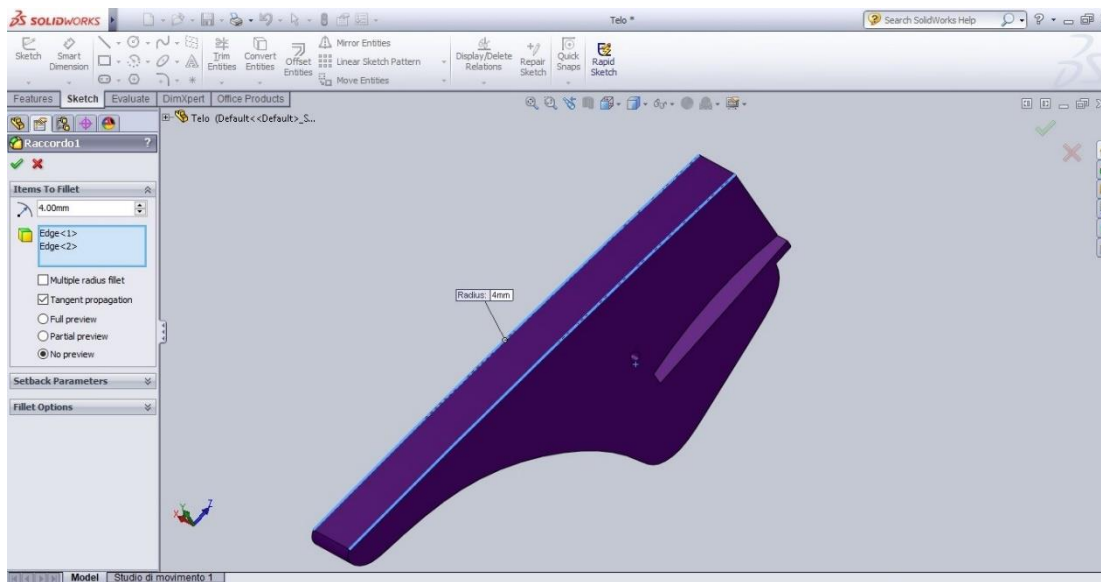
Слика 5.1 Почетна скица тела хефталице

За екструдирање позива се команда *Extrude Boss/Base* и уноси дебљина тела хефталице. Као референца бира се *Mid Plane* да би се модел равномерно екструдирао у оба правца у односу на раван цртежа (слика 5.2).



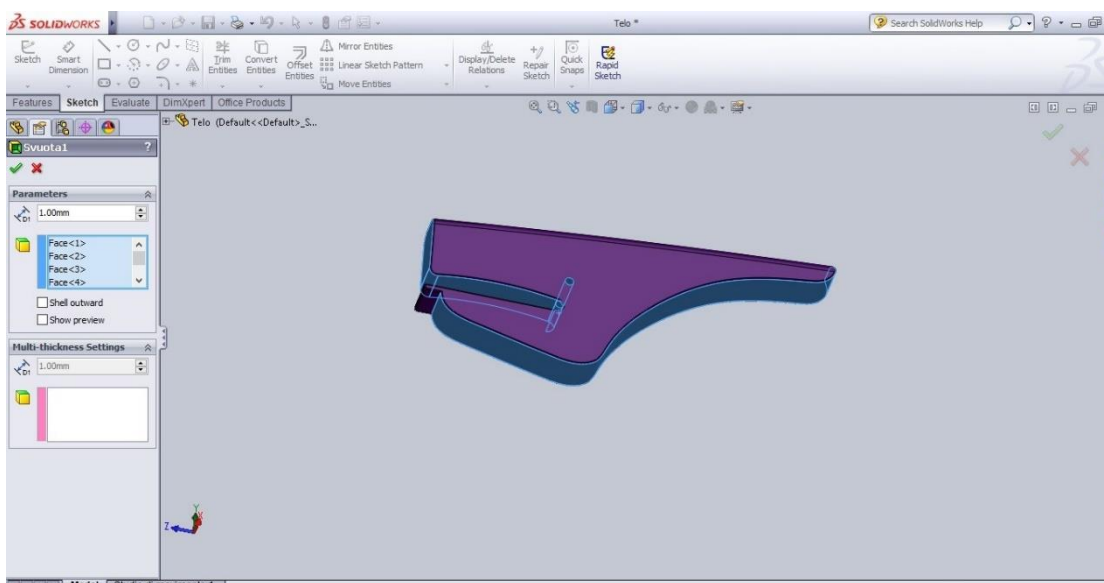
Слика 5.2 Екструдирање почетне скице

За заобљење ивица користи се команда *Fillet*. Након позивања команде, селекују се ивице. (слика 5.3)



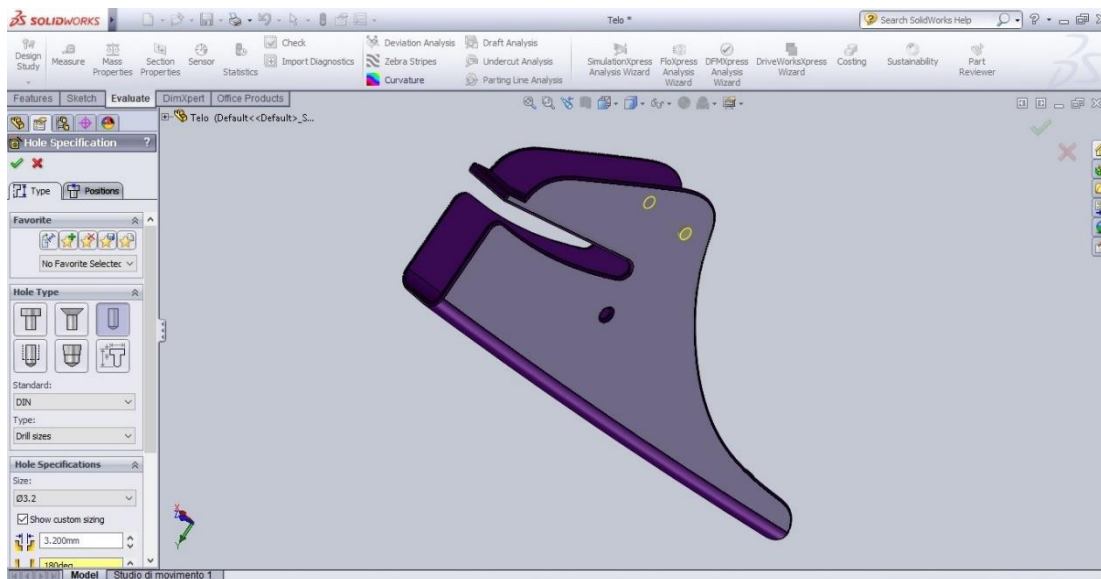
Слика 5.3 Заобљење ивица командом *Fillet*

Следећи корак је израда кутијастог облика позивањем команде *Shell*. Треба уписати жељену дебелину зида и селекувати површине које треба уклонити (слика 5.4).



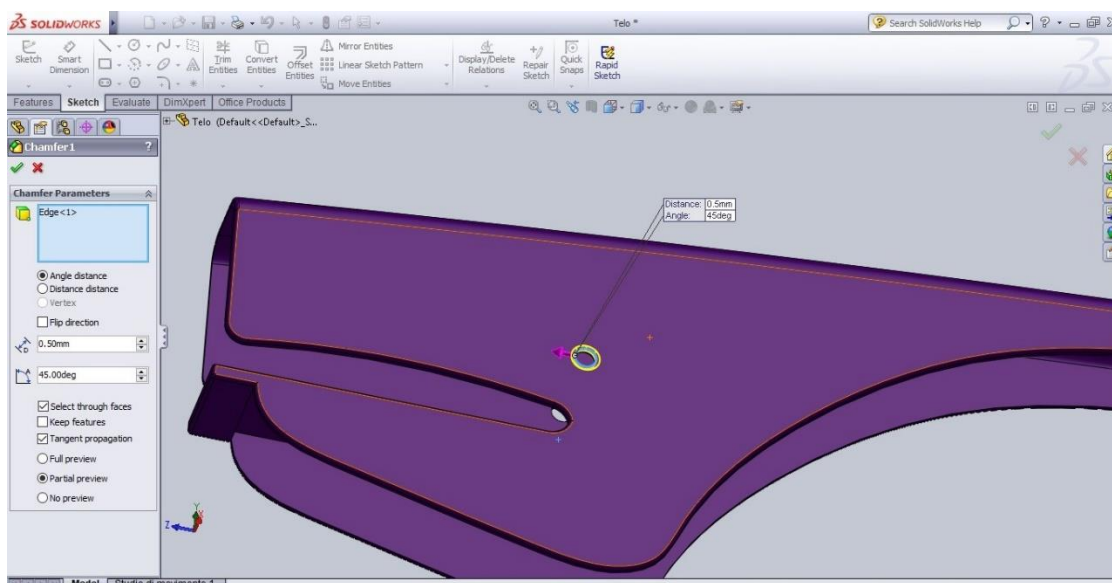
Слика 5.4 Израда кутијастог облика командом *Shell*

Затим се буши отвор командом *Hole Wizard*. Означи се жељени облик отвора, пречник, дубина и место где отвор треба да буде постављен (слика 5.5).



Слика 5.5 Израда отвора командом *Hole Wizard*

Да би модел био комплетан обарају се ивице отвора за чивију, позивањем команде *Chamfer* и селектовањем унутрашње површине отвора (слика 5.6)



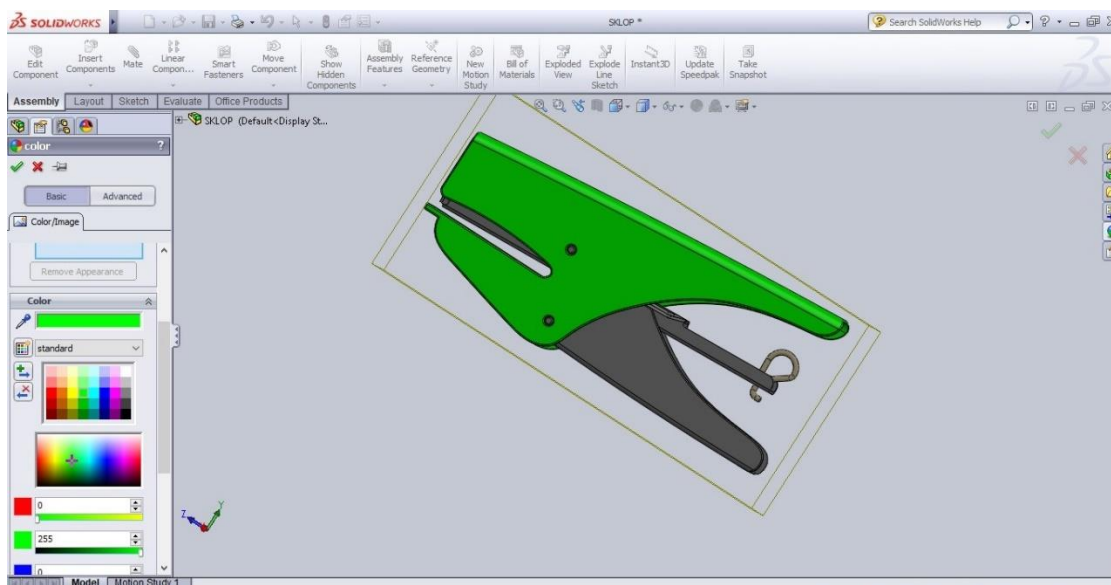
Слика 5.6 Обарање ивице отвора за чивију

5.1 Улога боје код CAD модела

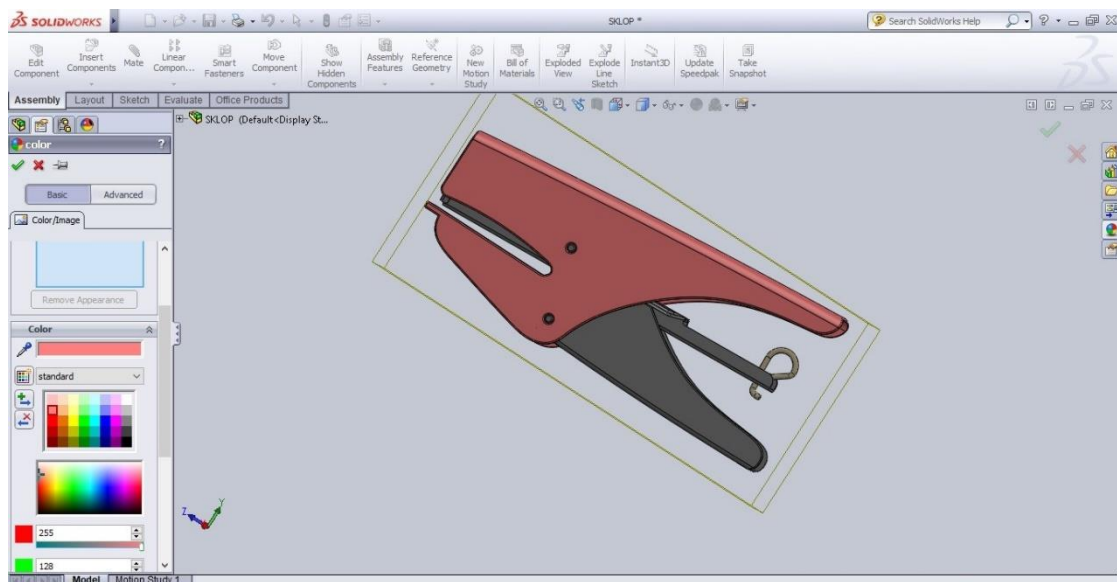
Чињеница је да је човек стално окружен бојама и да је научен да аутоматски сваку боју повеже са неком карактеристиком, појмом и сл. Боја човеку служи као један од најмоћнијих алата за креирање визуелне презентације. Ефективна визуелна комуникација може побољшати интеракцију и допринети задовољству потреба корисника. Употребом одређених боја, односно њихових комбинација могуће је постићи различите циљеве. [7]

Боја може побољшати естетски изглед производа, привући пажњу на одређени елемент целокупне слике, итд.

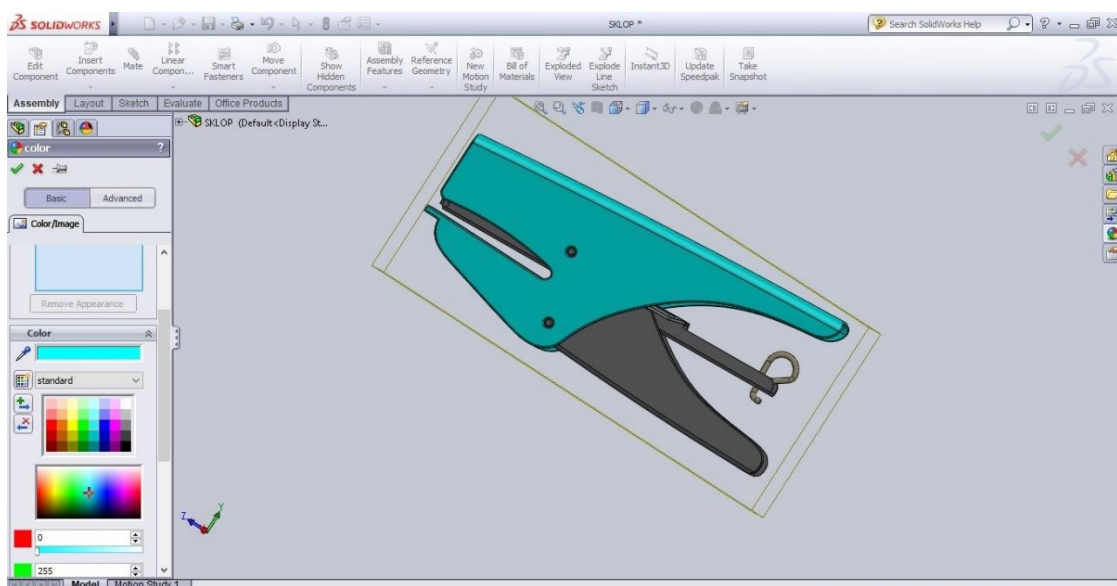
На следећим сликама (слика 5.7, слика 5.8, слика 5.9) приказан је CAD модел хефталнице различитих боја.



Слика 5.7



Слика 5.8



Слика 5.9

6. Закључак

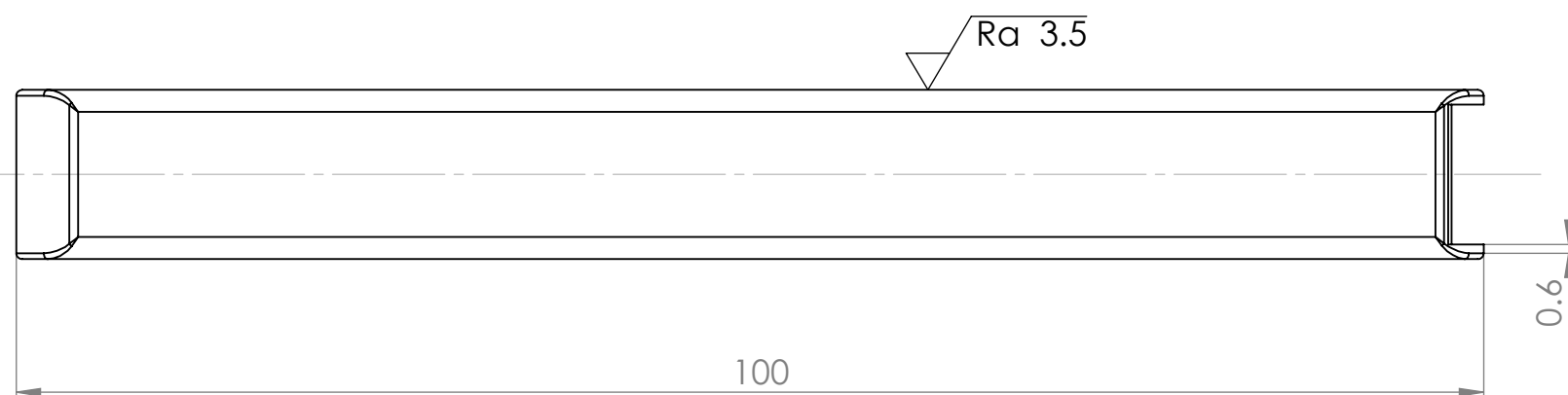
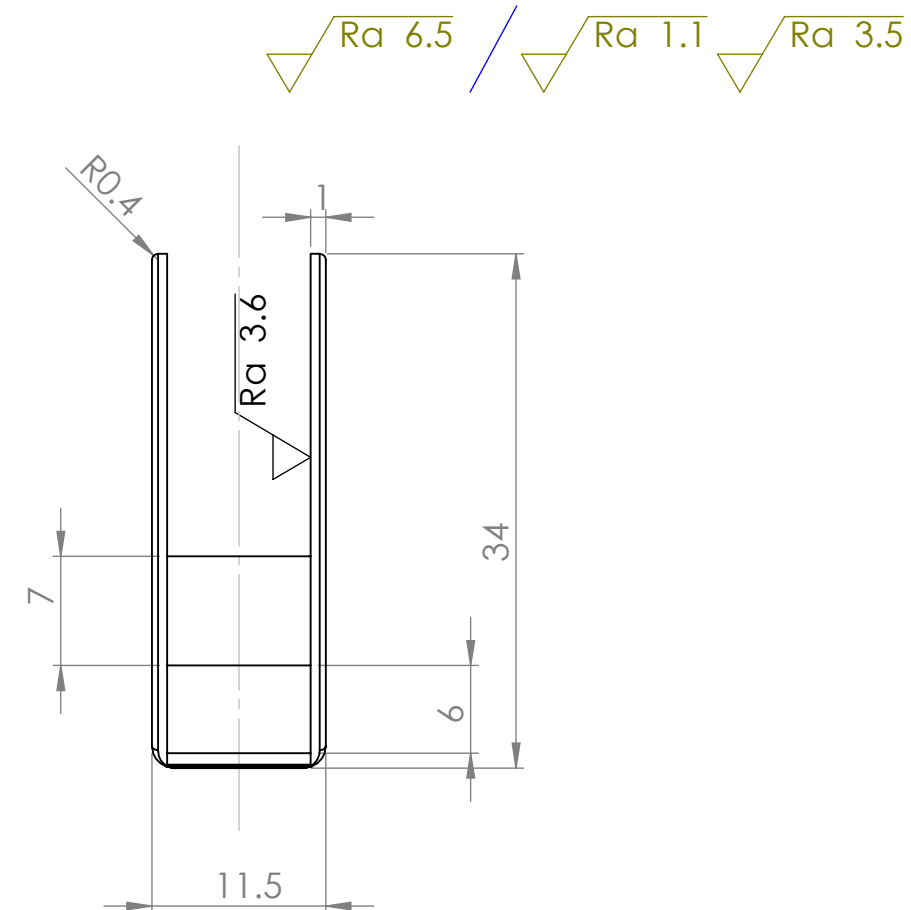
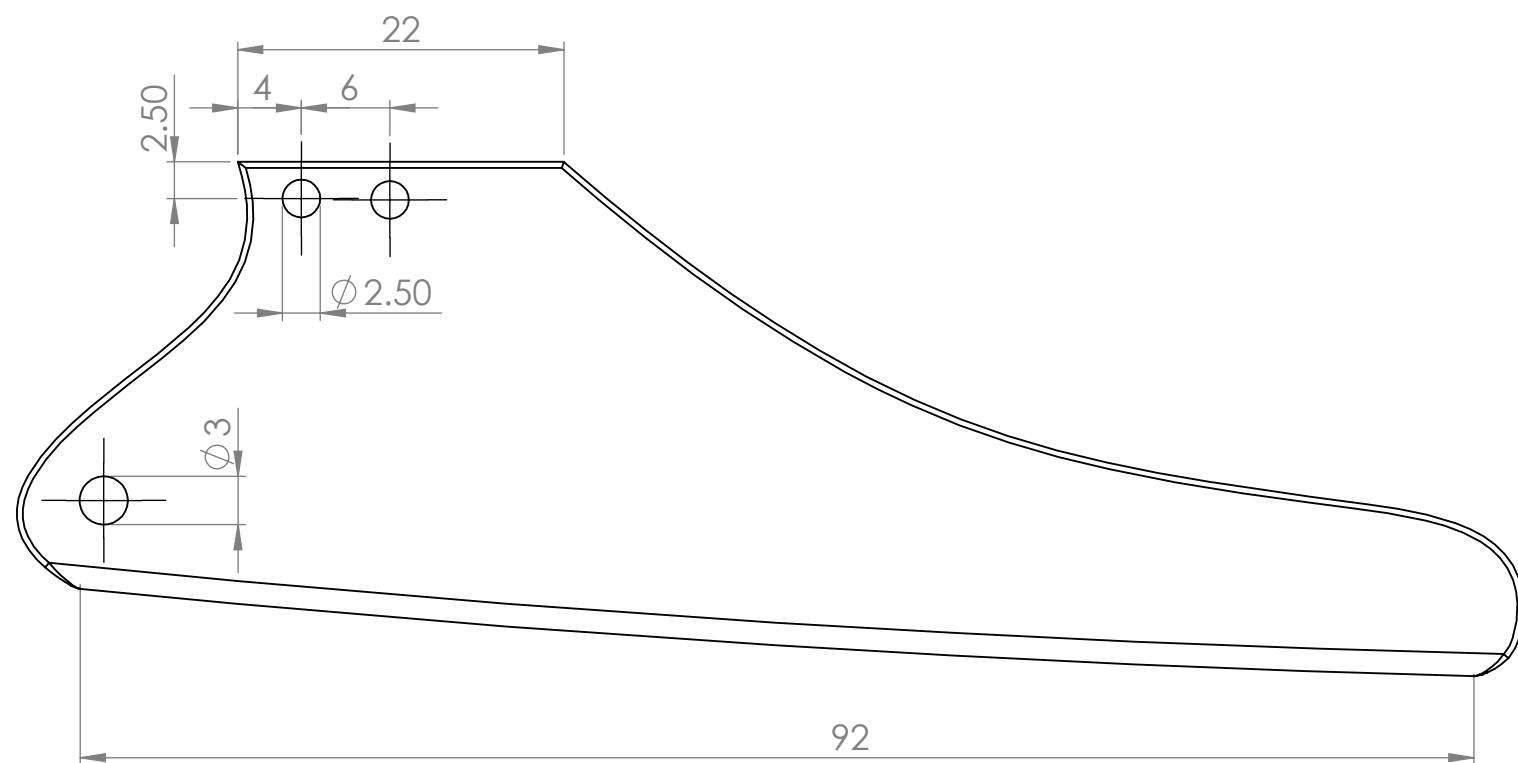
Техничко цртање је научна инжењерска дисциплина која се бави методама приказивања предмета (делова машина), склопова, машина и постројења на цртежу.

Техничко цртање представља међународни технички језик споразумевања, пошто су правила уз мале разлике, заједничка и интернационална. Захваљујући њему могу се ширити властита научна и техничка достигнућа научника из целог света. У техничком цртању се користе принципи нацртне геометрије.

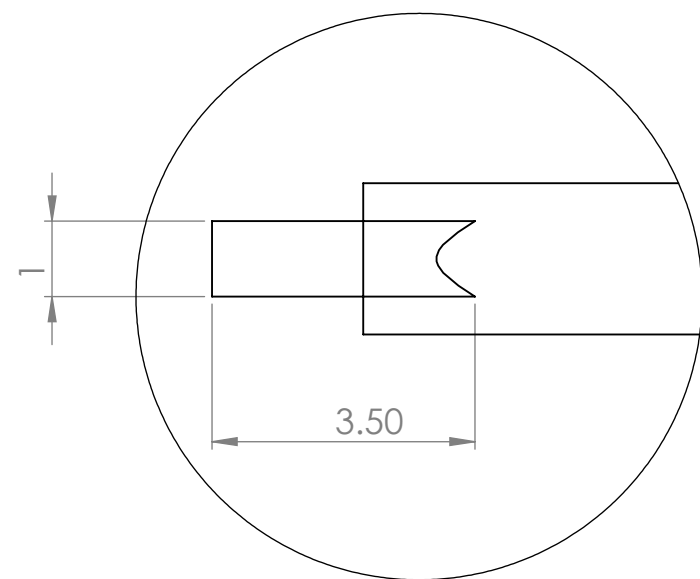
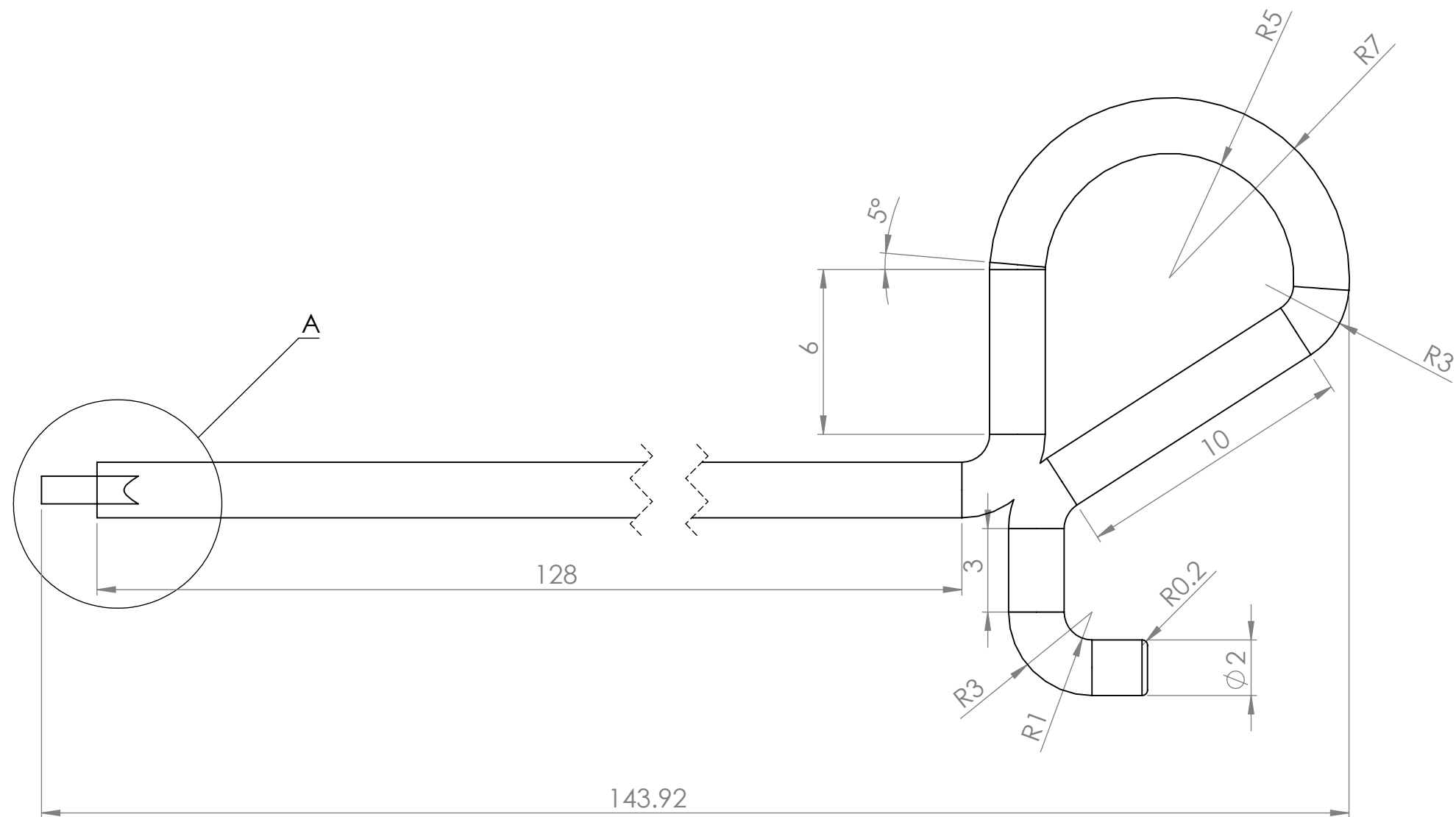
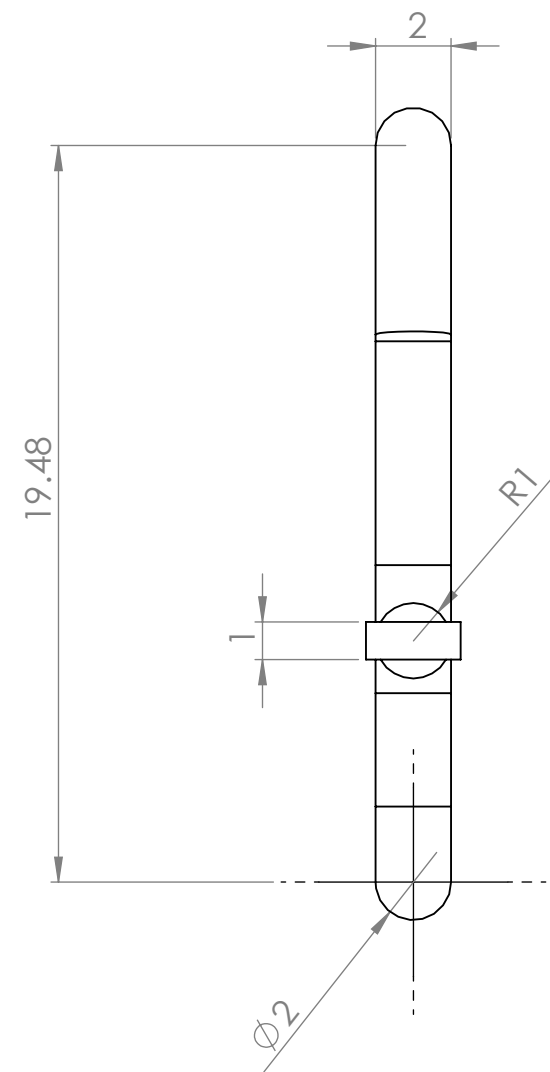
Техничко цртање је израз савремене техничке мисли и потреба савремене индустрије. Без техничког цртања данас није могуће организовати масовну производњу на којој се савремена индустрија заснива. Масовна производња је могућа само уз примену правилне и добро припремљене техничке документације. Техничку документацију сачињавају пре свега елементи тачно припремљеног цртежа неког производа, алата, направа, контролних мерила и других елемената потребних за вођење такве масовне производње.

7. Литература

- [1] Радојка Глигорић, Инжењерске комуникације, Нови Сад, 2015.
- [2] Милојевић З., Рацков М., Кузмановић С., Кнежевић И., Навалушић С., Ивановић Л., Вереш М., Марковић Б., Израда конструкционе документације, ФТН, Нови Сад, 2015.
- [3] Радојка Глигорић, Нацртна геометрија, Нови Сад, 2015.
- [4] Ивановић Л., Ерић М., Техничко цртање са компјутерском графиком – Практикум, ФИН, Крагујевац, 2011.
- [5] Sham Tickoo, Purdue University Calumet, USA, CAD/CIM Technologies
- [6] Ненад Марјановић, Основе 3D моделирања у CAD софтверима, Крагујевац, 2014.
- [7] <http://poincare.matf.bg.ac.rs/~vesnap/grafika/rg.pdf> , приступљено: 21.10.2018.

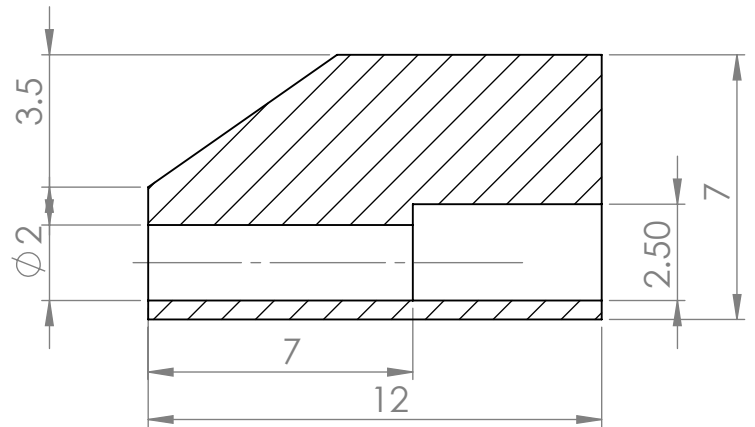


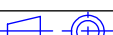
				Č.2136		Masa		Razmera 5:1			
				Datum	Naziv: DONJA RUČICA						
				Obrad.						Ana Milojevic	
										92/2015	
				Stand.							
				Odobr.			Oznaka: H.A3.07				
				FIN Kragujevac							
St.i.	Izmene	Datum	Ime	Izv. pod. H.A3.00		Zamena za:					
				List: 8/8							
				L							



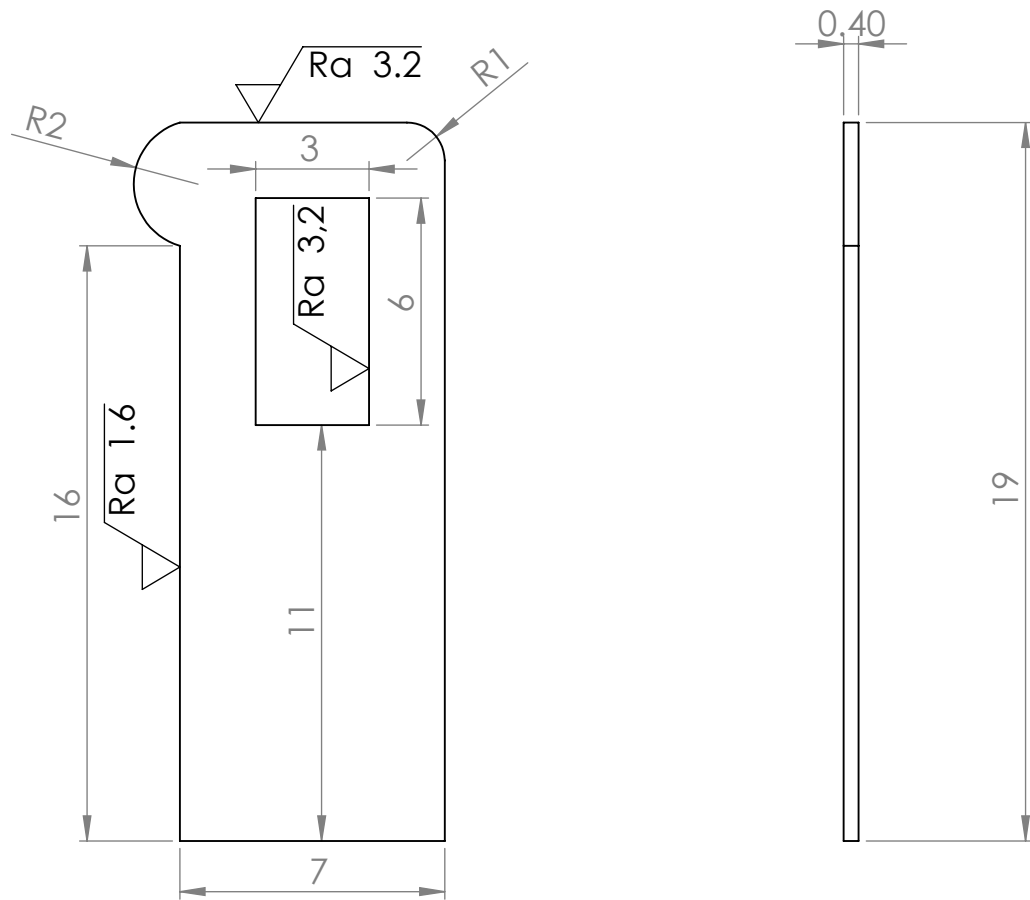
Detalj A
Razmera : (10 : 1)

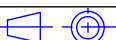
 				Č.2136		Masa		Razmera 5:1	
				Datum		Naziv: SPIRALA			
				Obrad.	Ana Milojevic				
					92/2015				
				Stand.					
				Odobr.		Oznaka: H.A3.06			
				FIN Kragujevac		List:		7/8	
						L			
St.i.	Izmene		Datum	Ime	Izv. pod. H.A3.00		Zamena za:		

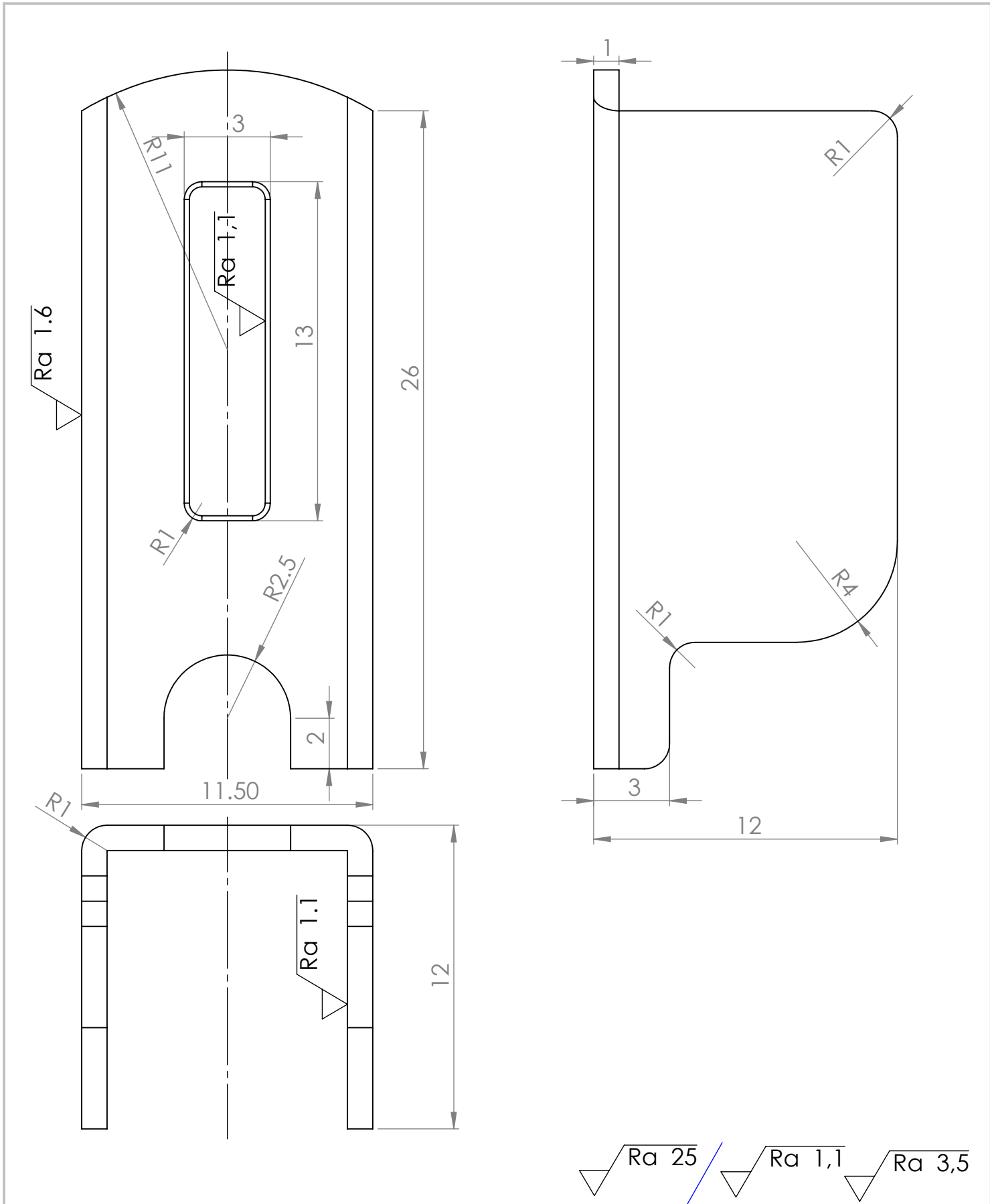


		Č 0245				Masa:		Razmera : 5:1			
				Datum		Naziv: Pritiskač					
				Obrad.							Ana Milojevic
											92/2015
				Stand.							
				Odobr.							
				FIN Kragujevac			Oznaka: H.A4.05		List: 6/8		
										L	
St.i	Izmene	Datum	Ime				Izv.pod. H.A3.00			Zamena za:	

 Ra 25 /
  Ra 1.6
  Ra 3.2

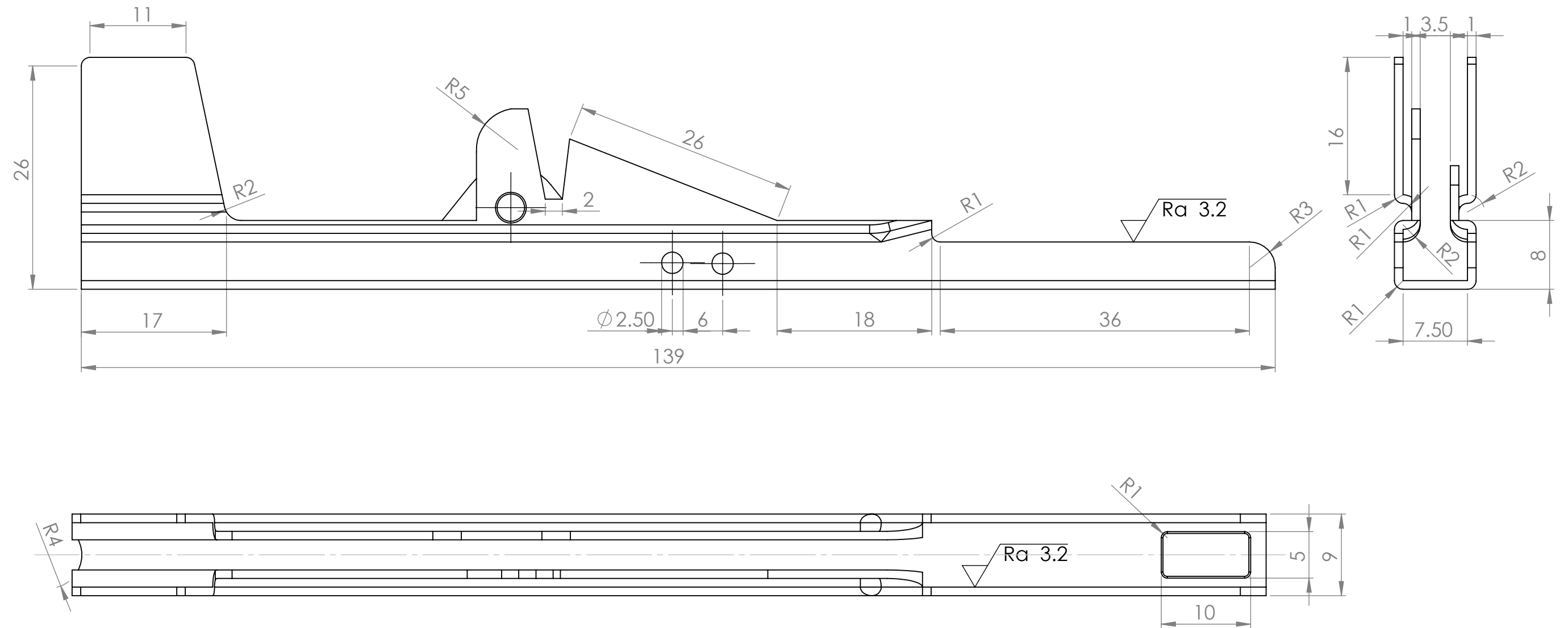


		Č 0245					Masa:		Razmera : 5:1		
				Datum			Naziv: Pločica				
				Obrad.		Ana Milojevic					
						92/2015					
				Stand.							
				Odobr.			Oznaka: H.A4.04				
				FIN Kragujevac							
St.i	Izmene	Datum	Ime				Izv.pod. H.A3.00		Zamena za:		
									List: 5/8		
									L		

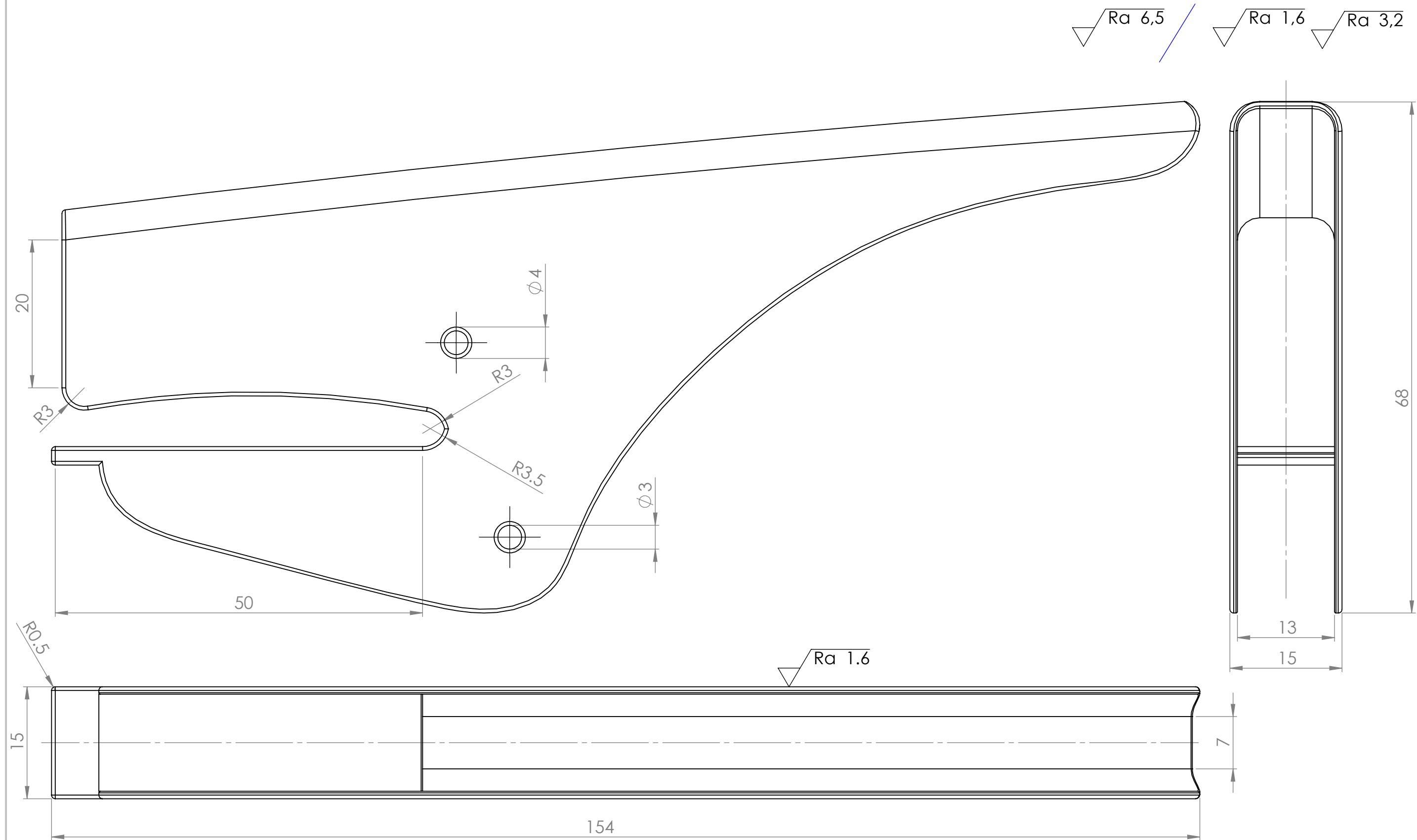


$\sqrt{Ra\ 25}$ / $\sqrt{Ra\ 1,1}$ $\sqrt{Ra\ 3,5}$

							Masa:	Razmera : 5:1
				Datum			Naziv: Prednja ploča	
				Obrad.		Ana Milojevic 92/2015		
				Stand.				
				Odobr.			Oznaka: H.A4.03	
				FIN Kragujevac			List: 4/8	
							L	
St.i	Izmene	Datum	Ime				Izv.pod. H.A3.00	Zamena za:



						Masa		Razmera 2:1			
				Datum	Naziv: Nosac municije						
				Obrad.						Ana Milojevic	
										92/2015	
				Stand.							
				Odobr.							
				FIN Kragujevac		Oznaka: H.A3.02			List: 3/8		
									L		
St.i.	Izmene	Datum	Ime			Izv. pod. H.A3.00			Zamena za:		



Napomena:
Sve ivice su zaobljene za $R = 0,2 \text{ mm}$

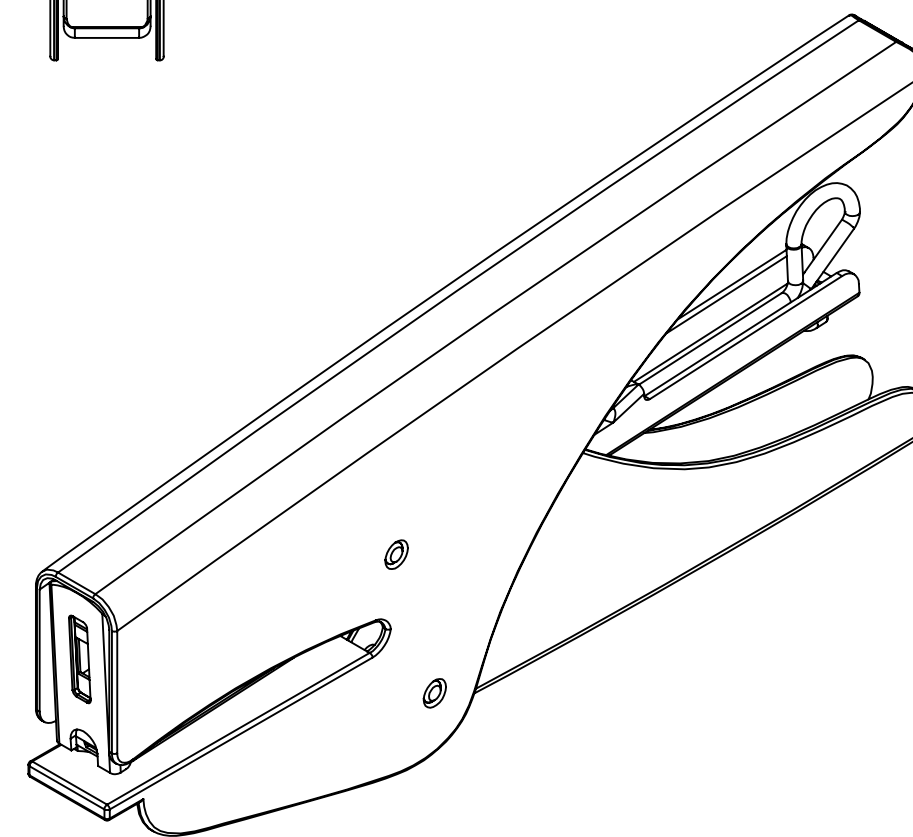
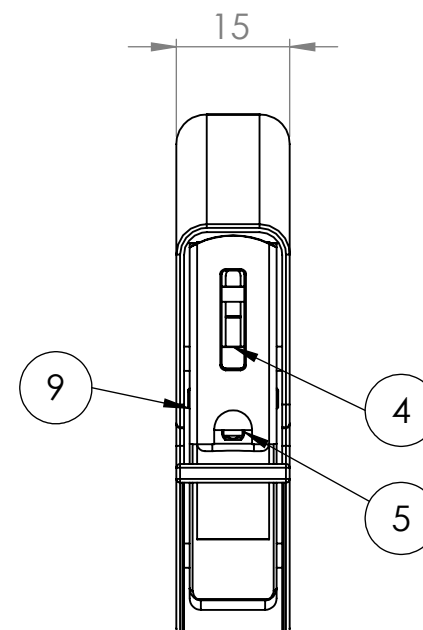
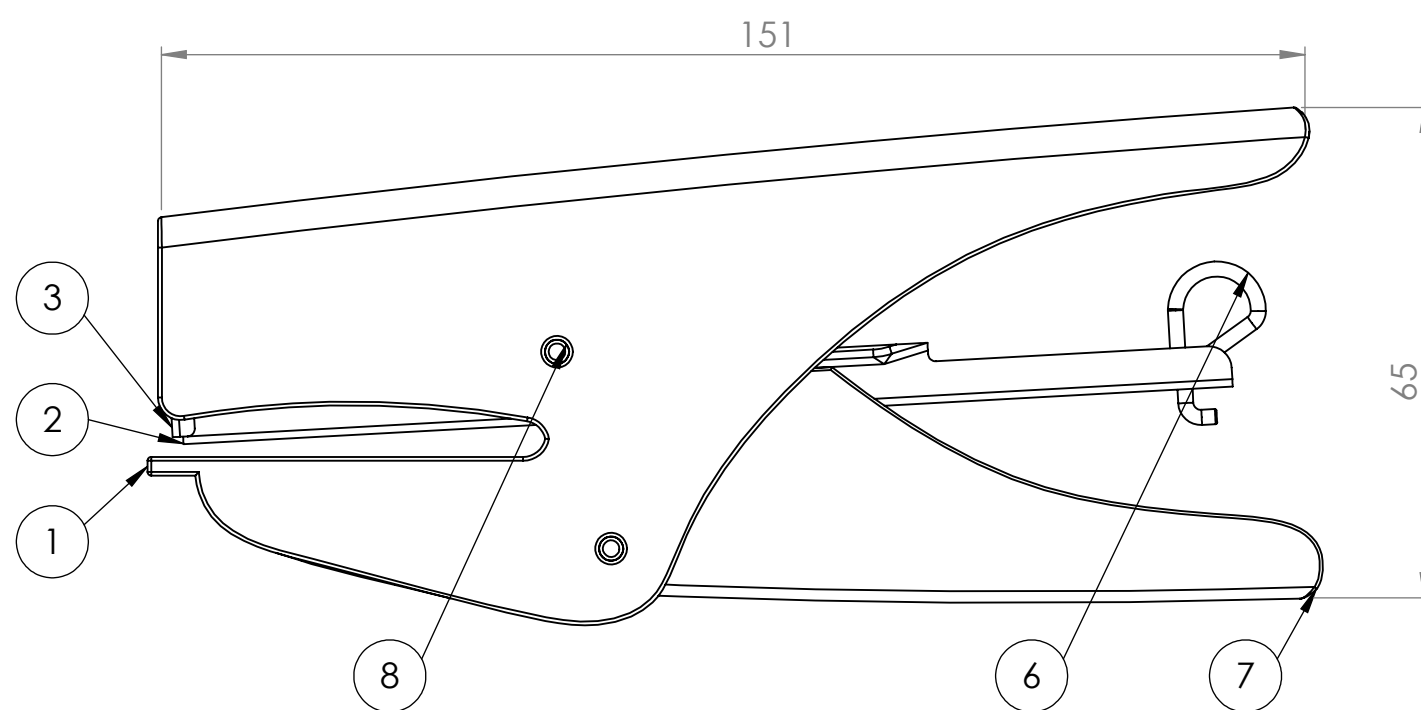
				Č 2136				Masa		Razmera 2:1			
					Datum	Naziv: Telo heftalice							
					Obrad.							Ana Milojevic	
												92/2015	
					Stand.								
					Odobr.								
					FIN Kragujevac				Oznaka:		List:		
									H.A3.01		2/8		
											L		
St.i.	Izmene		Datum	Ime	Izv. pod. H.A3.00				Zamena za:				

St.i. Izmene Datum Ime

FIN
Kragujevac

Izv. pod. H.A3.00

Zamena za:



9	4	Čivija manja	SRPS M.C2.203
8	2	Čivija	SRPS M.C2.203
7	1	Donja ručica	H.A3.07
6	1	Spirala	H.A3.06
5	1	Pritiskač	H.A4.05
4	1	Pločica	H.A4.04
3	1	Prednja pločica	H.A4.03
2	1	Nosač municije	H.A3.02
1	1	Telo heftalice	H.A3.01
Poz.	Kol.	Naziv	Standard - izabrane karakteristike

Poz.	Kol.	Naziv	Standard - izabrane karakteristike	
			Masa	Razmera 2:1
			Naziv: HEFTALICA	
FIN Kragujevac			Oznaka:	H.A3.00 List: 1/8
			Izv. pod.	Zamena za:
St.i.	Izmene	Datum	Ime	