

MEĐIMURSKO VELEUČILIŠTE U ČAKOVCU



**KONSTRUKCIJSKE METODE
RAČUNALNOG 3D MODELIRANJA**

dr.sc. Sarajko Baksa, prof. v.š.

ČAKOVEC, 2018.

Podaci za bibliografsku karticu

ISBN:	978-953-8095-12-2
Ključne riječi:	3D modeliranje, oblikovanje pomoću računala, konstrukcijsko crtanje
Znanstveno područje:	TEHNIČKE ZNANOSTI
Znanstveno polje:	Strojarstvo
Institucija u kojoj je rad izrađen:	Međimursko veleučilište u Čakovcu, Prilaz Bana J. Jelačića 22a, 40000 Čakovec, Hrvatska
Naslov rada:	Konstrukcijske metode računalnog 3D modeliranja
Autor:	dr.sc. Sarajko Baksa, prof. v. š.
Čimbenik rada:	Nastavni materijal (Skripta) za studente studija tehničkih područja i znanosti
Broj stranica:	110
Broj slika:	278
Jezik teksta:	hrvatski
Godina izdavanja:	2018.
Recenzenti rada:	red. prof. dr.sc. Budimir Mijović red. prof. dr.sc. Željko Šomodi dr.sc. Nikola Trbojević, prof. v.š.
Lektor:	Ana Đorđić, prof.
Institucija u kojoj je rad pohranjen:	Međimursko veleučilište u Čakovcu, Prilaz Bana J. Jelačića 22a, 40000 Čakovec, Hrvatska
Nakladnik:	Međimursko veleučilište u Čakovcu, Prilaz Bana J. Jelačića 22a
Za nakladnika:	doc. dr.sc. Nevenka Breslauer, prof. v.š.
Copyright ©	Međimursko veleučilište u Čakovcu
Inačica Izdanja:	(07.1.) 07.12.2018.

Skripta, Konstrukcijske metode računalnog 3D modeliranja u funkciji nastavnog materijala, nastala je kao rezultat dugogodišnjeg rada sa studentima tehničkih i srodnih studija unutar područja trodimenzionalnog računalnog konstruiranja.

Materijalna građa korištena u izradi ove Skripte, realizirana je uporabom programa i opreme, te stručnim i znanstvenim radom u; znanstveno istraživačkom laboratoriju, Laboratory for Digital Art and Science – SABA**Lab**, Zagreb, vodećoj tvrtci za obuku i tehnološku podršku u segmentu metalske industrije - Strojotehnika d.o.o., Zagreb i organizaciji za izvođenje stručnih studija, sastavnici visokog obrazovanja - Međimurskog veleučilišta u Čakovcu, Čakovec.

*Čovjek vidi onoliko koliko zna,
što više znate, to više vidite.*

Sarajko Baksa

*Ovu Skriptu posvećujem
svim ljudima otvorena umu,
koji žele uči u 3D svijet
tehničkih struka*

Iskreno zahvaljujem znanstveno istraživačkom laboratoriju, Laboratory for Digital Art and Science – SABA Lab, na ustupljenoj tehničkoj i računalnoj opremi.

Srdačno se zahvaljujem vodećoj tvrtci za obuku i tehnološku podršku u segmentu metalske industrije - Strojotehnika d.o.o., na iznimno korisnim savjetima.

Najtoplje zahvaljujem svim kolegicama i kolegama, profesoricama i profesorima, studenticama i studentima Međimurskog veleučilišta u Čakovcu, na povjerenju, poticaju i uloženom trudu, te svima koji su mi na bilo koji način izašli u susret i pomogli tijekom izrade ove Skripte.

SADRŽAJ

	Str.
POPIS SLIKA	IX
PREDGOVOR	XXII
1. UVODNA RAZMATRANJA - RAČUNALNO 3D MODELIRANJE	25
1. KONSTRUKCIJSKE METODE TEHNIČKOG CRTEŽA	25
2. CAD – KONSTRUIRANJE POMOĆU RAČUNALA	29
3. POVIJEST KONCEPCIJE CAD KONSTRUIRANJA	30
4. KOORDINATNI RAVNINSKI I PROSTORNI SUSTAVI	33
4.1. Polarni koordinatni sustav	33
4.2. Cilindrični koordinatni sustav	34
4.3. Sferni koordinatni sustav	34
5. KONSTRUKCIJSKA DIMENZIONALNOST MODELA	35
6. RAVNINSKE I PROSTORNE KRIVULJE CAD MODELIRANJA	35
6.1. Kubične krivulje CAD modeliranja	37
6.2. Hermitove krivulje CAD modeliranja	37
6.3. Bézierove krivulje CAD modeliranja	38
6.4. B – spline krivulje CAD modeliranja	39
6.5. NURBS krivulje CAD modeliranja	40
6.6. Površinske prostorne krivulje unutar CAD-a	41

2. PRIMJERI - RAČUNALNOG 3D MODELIRANJA	42
2.1. Računalno 3D modeliranje - Primjer I	42
2.1.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa	42
2.1.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer I	43
2.1.3. Računalna izrada tehničkog nacrtu – Primjer I	48
2.1.4. Tehnički nacrt: Model – Primjer I	50
2.2. Računalno 3D modeliranje - Primjer II	51
2.2.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa	51
2.2.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer II	52
2.2.3. Računalna izrada tehničkog nacrtu – Primjer II	59
2.2.4. Tehnički nacrt: Model – Primjer II	61
2.3. Računalno 3D modeliranje - Primjer III	62
2.3.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa	62
2.3.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer III	63
2.3.3. Računalna izrada tehničkog nacrtu – Primjer III	68
2.3.4. Tehnički nacrt: Model – Primjer III	70
2.4. Računalno 3D modeliranje - Primjer IV	71
2.4.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa	71
2.4.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer IV	72
2.4.3. Računalna izrada tehničkog nacrtu – Primjer IV	77
2.4.4. Tehnički nacrt: Model – Primjer IV	79
2.5. Računalno 3D modeliranje - Primjer V	80

2.5.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa	80
2.5.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer V	81
2.5.3. Računalna izrada tehničkog nacrta – Primjer V	88
2.5.4. Tehnički nacrt: Model – Primjer V	90
 2.6. Računalno 3D modeliranje - Primjer VI	91
2.6.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa	91
2.6.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer VI	92
2.6.3. Računalna izrada tehničkog nacrta – Primjer VI	97
2.6.4. Tehnički nacrt: Model – Primjer VI	99
 2.7. Računalno 3D modeliranje - Primjer VII	100
2.7.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa	100
2.7.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer VII	100
2.7.3. Računalna izrada tehničkog nacrta – Primjer VII	106
2.7.4. Tehnički nacrt: Model – Primjer VII	108
 8. BIBLIOGRAFIJA	109

POPIS SLIKA

Str.

1. UVODNA RAZMATRANJA - RAČUNALNO 3D MODELIRANJE

1. KONSTRUKCIJSKE METODE TEHNIČKOG CRTEŽA

Slika 1.	<i>Lokalitet i povijesni crtež grandioznog hrama Eninu</i>	25
Slika 2.	<i>Povijesna pozicija grada države Lagasha</i>	25
Slika 3.	<i>Kip Gudea, kralja Lagasha</i>	26
Slika 4.	<i>Povijesni informacijski cilindar kralja Gudea</i>	26
Slika 5.	<i>Prikaz tradicijske izrade tehničkih nacrta prije korištenja CAD programa</i>	28

2. CAD – KONSTRUIRANJE POMOĆU RAČUNALA

3. POVIJEST KONCEPCIJE CAD KONSTRUIRANJA

Slika 6.	<i>SAGE sustav</i>	30
Slika 7.	<i>Sketchpad sustav na konzoli TX-2 u MIT-u (1963 god.)</i>	31
Slika 8.	<i>DAC-1 sustav u GM-istraživačkim laboratorijima (1965 god.)</i>	31
Slika 9.	<i>Francuski borbeni zrakoplov –Mirage</i>	32
Slika 10.	<i>Mirage – CAD konstrukcija</i>	32

4. KOORDINATNI RAVNINSKI I PROSTORNI SUSTAVI

Slika 11.	<i>Kartezijev koordinatni sustav</i>	33
Slika 12.	<i>Polarni koordinatni sustav</i>	33

4.2. Cilindrični koordinatni sustav

Slika 13.	<i>Cilindrični koordinatni sustav</i>	34
------------------	---	----

4.3. Sferni koordinatni sustav

Slika 14.	<i>Sferni koordinatni sustav</i>	34
------------------	--	----

5. KONSTRUKCIJSKA DIMENZIONALNOST MODELA

Slika 15.	<i>Konstrukcijska dimenzionalnost modela</i>	35
------------------	--	----

6. RAVNINSKE I PROSTORNE KRIVULJE CAD MODELIRANJA

Slika 16.	<i>CAD krivulja aproksimacijskog modeliranja</i>	36
------------------	--	----

Slika 17.	<i>CAD krivulja interpolacijskog modeliranja</i>	36
------------------	--	----

Slika 18.	<i>CAD krivulje linearne interpolacije</i>	36
------------------	--	----

6.1. Kubične krivulje CAD modeliranja

Slika 19.	<i>Primjer kubične krivulje CAD modeliranja</i>	37
------------------	---	----

6.2. Hermitove krivulje CAD modeliranja

Slika 20.	<i>Primjer Hermitovih krivulja CAD modeliranja</i>	37
------------------	--	----

6.3. Bézierove krivulje CAD modeliranja

Slika 21.	<i>Bézierova krivulja</i>	38
------------------	---------------------------------	----

6.4. B – spline krivulje CAD modeliranja

Slika 22.	<i>B-spline krivulja CAD modeliranja</i>	39
------------------	--	----

6.5. NURBS krivulje CAD modeliranja

Slika 23.	<i>NURBS krivulja CAD modeliranja</i>	40
------------------	---	----

6.6. Površinske prostorne krivulje unutar CAD-a

Slika 24.	<i>Primjeri površina u CAD modeliranju</i>	41
------------------	--	----

2. PRIMJERI - RAČUNALNOG 3D MODELIRANJA

2.1. Računalno 3D modeliranje – Primjer I

Slika 1.	<i>Perspektivni žičani 3D model primjera I</i>	42
Slika 2.	<i>Perspektivni puni 3D model primjera I</i>	42
Slika 3.	<i>Pokretanje SolidWorks programa</i>	42
Slika 4.	<i>Početna podloga nakon pokretanja</i>	42
Slika 5.	<i>Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta</i>	43
Slika 6.	<i>Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje</i>	43
Slika 7.	<i>Provđba ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch</i>	43
Slika 8.	<i>3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spreman za računalno modeliranje</i>	43
Slika 9.	<i>Front Plane</i>	44
Slika 10.	<i>Prostor za računalno modeliranje</i>	44
Slika 11.	<i>Provđba 2D konstrukcijske naredbe Corner Rectangle</i>	44
Slika 12.	<i>Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje stranica metamodela</i>	44
Slika 13.	<i>Prozor za upis željene dimenzije</i>	45
Slika 14.	<i>Dimenzioniranje druge stranice</i>	45
Slika 15.	<i>Provđba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	45
Slika 16.	<i>Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije</i>	45
Slika 17.	<i>Vrijednost treće prostorno konstrukcijske dimenzije (Depth)</i>	46
Slika 18.	<i>Konstrukcijski 3D izgled djelatnog metamodela</i>	46
Slika 19.	<i>Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela</i>	46
Slika 20.	<i>Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela</i>	46
Slika 21.	<i>Konstruiranje djelatnog pravokutnika</i>	47
Slika 22.	<i>Dimenzioniranje djelatnog pravokutnika</i>	47
Slika 23.	<i>Provđba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	47
Slika 24.	<i>Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije</i>	47

Slika 25.	<i>Vrijednost prostorne dimenzije (Depth)</i>	47
Slika 26.	<i>Željeni prostorni 3D konstrukcijski izgled</i>	47
Slika 27.	<i>Opcija Save As</i>	48
Slika 28.	<i>Spremanje Modela Primjera I</i>	48
Slika 29.	<i>Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly</i>	48
Slika 30.	<i>Sheet Format/Size → A4 (ISO)</i>	48
Slika 31.	<i>Odabir modela za stvaranje dvodimenzionalnog 2D tehničkog crteža</i>	49
Slika 32.	<i>Dvodimenzionalni tehnički radni ISO standardizirani 2D crtež Modela primjera I</i>	49
Slika 33.	<i>Dimenzije Modela primjera I</i>	49
Slika 34.	<i>Opcija Save As</i>	49
Slika 35.	<i>Spremanje tehničkog 2D crteža Modela</i>	49
Slika 36.	<i>Tehnički nacrt Modela – Primjer I</i>	50

2.2. Računalno 3D modeliranje – Primjer II

Slika 1.	<i>Perspektivni žičani 3D model primjera II</i>	51
Slika 2.	<i>Perspektivni puni 3D model primjera II</i>	51
Slika 3.	<i>Pokretanje SolidWorks računalnog programa</i>	51
Slika 4.	<i>Početna podloga nakon pokretanja SolidWorks računalnog programa</i>	51
Slika 5.	<i>Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta</i>	52
Slika 6.	<i>Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje</i>	52
Slika 7.	<i>Provđenja ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch</i>	52
Slika 8.	<i>3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spreman za modeliranje</i>	52
Slika 9.	<i>Front Plane</i>	53
Slika 10.	<i>Prostor za računalno modeliranje</i>	53
Slika 11.	<i>Provđenje 2D konstrukcijske naredbe Corner Rectangle</i>	53
Slika 12.	<i>Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje stranica metamodela</i>	53

Slika 13.	<i>Prozor za upis željene dimenzije</i>	54
Slika 14.	<i>Dimenzioniranje druge stranice</i>	54
Slika 15.	<i>Provđba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	54
Slika 16.	<i>Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije</i>	54
Slika 17.	<i>Vrijednost treće prostorno konstrukcijske dimenzije (Depth)</i>	55
Slika 18.	<i>Konstrukcijski 3D izgled djelatnog metamodela</i>	55
Slika 19.	<i>Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela</i>	55
Slika 20.	<i>Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela</i>	55
Slika 21.	<i>Crtanje djelatnog konstrukcijskog 2D kvadrata</i>	56
Slika 22.	<i>Dimenzioniranje djelatnog konstrukcijskog 2D kvadrata</i>	56
Slika 23.	<i>Provđba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	56
Slika 24.	<i>Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije</i>	56
Slika 25.	<i>Vrijednost treće prostorno konstrukcijske dimenzije (Depth)</i>	57
Slika 26.	<i>Željeni izgled razvojnog 3D konstrukcijskog modela</i>	57
Slika 27.	<i>Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela</i>	57
Slika 28.	<i>Označavanje 2D radne površine djelatnog metamodela</i>	57
Slika 29.	<i>Konstruiranje 2D djelatnog metatrokuta</i>	58
Slika 30.	<i>Provđba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	58
Slika 31.	<i>Provđba prostorne 3D značajke, naredbom Extruded Cut</i>	58
Slika 32.	<i>Željeni prostorni 3D konstrukcijski izgled Modela – primjer II</i>	58
Slika 33.	<i>Opcija Save As</i>	58
Slika 34.	<i>Spremanje Modela – Primjer II</i>	58
Slika 35.	<i>Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly</i>	59
Slika 36.	<i>Sheet Format/Size → A4 (ISO)</i>	59
Slika 37.	<i>Odabir modela</i>	59
Slika 38.	<i>Dvodimenzionalni tehnički ISO crtež</i>	59

Slika 39.	<i>Dimenzije Modela primjera II</i>	60
Slika 40.	<i>Opcija Save As</i>	60
Slika 41.	<i>Spremanje tehničkog 2D crteža Modela</i>	60
Slika 42.	<i>Tehnički nacrt Modela – Primjer II</i>	61

2.3. Računalno 3D modeliranje – Primjer III

Slika 1.	<i>Perspektivni žičani 3D model primjera III</i>	62
Slika 2.	<i>Perspektivni puni 3D model primjera III</i>	62
Slika 3.	<i>Pokretanje SolidWorks računalnog programa</i>	62
Slika 4.	<i>Početna podloga nakon pokretanja SolidWorks računalnog programa</i>	62
Slika 5.	<i>Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta</i>	63
Slika 6.	<i>Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje</i>	63
Slika 7.	<i>Provjedba ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch</i>	63
Slika 8.	<i>3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spreman za računalno modeliranje</i>	63
Slika 9.	<i>Front Plane</i>	64
Slika 10.	<i>Prostor za računalno modeliranje</i>	64
Slika 11.	<i>Provjedba 2D konstrukcijske naredbe Corner Rectangle</i>	64
Slika 12.	<i>Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje stranica metamodela</i>	64
Slika 13.	<i>Prozor za upis željene dimenzije</i>	65
Slika 14.	<i>Dimenzioniranje druge stranice</i>	65
Slika 15.	<i>Provjedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	65
Slika 16.	<i>Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije</i>	65
Slika 17.	<i>Vrijednost konstrukcijske dimenzije (Depth)</i>	65
Slika 18.	<i>Konstrukcijski 3D izgled metamodela</i>	65
Slika 19.	<i>Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela</i>	66

Slika 20.	<i>Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela</i>	66
Slika 21.	<i>Konstruiranje 2D djelatnog kvadrata</i>	66
Slika 22.	<i>Provjedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	66
Slika 23.	<i>Provjedba prostorne 3D značajke, naredbom Extruded Cut</i>	67
Slika 24.	<i>Željeni prostorni 3D konstrukcijski izgled Modela Primjera III</i>	67
Slika 25.	<i>Opcija Save As</i>	67
Slika 26.	<i>Spremanje Modela Primjera III</i>	67
Slika 27.	<i>Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly</i>	68
Slika 28.	<i>Sheet Format/Size → A4 (ISO)</i>	68
Slika 29.	<i>Odabir modela za stvaranje dvodimenzionalnog 2D tehničkog crteža</i>	68
Slika 30.	<i>Dvodimenzionalni tehnički radni ISO standardizirani 2D crtež Modela primjera III</i> ...	68
Slika 31.	<i>Dimenzije Modela primjera III</i>	69
Slika 32.	<i>Opcija Save As</i>	69
Slika 33.	<i>Spremanje tehničkog 2D crteža Modela primjera III</i>	69
Slika 34.	<i>Tehnički nacrt Modela – Primjer III</i>	70

2.4. Računalno 3D modeliranje – Primjer IV

Slika 1.	<i>Perspektivni žičani 3D model primjera IV</i>	71
Slika 2.	<i>Perspektivni puni 3D model primjera IV</i>	71
Slika 3.	<i>Pokretanje SolidWorks računalnog programa</i>	71
Slika 4.	<i>Početna podloga nakon pokretanja SolidWorks računalnog programa</i>	71
Slika 5.	<i>Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta</i>	72
Slika 6.	<i>Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje</i>	72
Slika 7.	<i>Provjedba ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch</i>	72
Slika 8.	<i>3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spreman za računalno modeliranje</i>	72

Slika 9.	<i>Front Plane</i>	73
Slika 10.	<i>Prostor za računalno modeliranje</i>	73
Slika 11.	<i>Provđba 2D konstrukcijske naredbe Corner Rectangle</i>	73
Slika 12.	<i>Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje stranica metamodela</i>	73
Slika 13.	<i>Prozor za upis željene dimenzije</i>	74
Slika 14.	<i>Dimenzioniranje druge stranice</i>	74
Slika 15.	<i>Provđba prostorne 3D značajke</i>	74
Slika 16.	<i>Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije</i>	74
Slika 17.	<i>Vrijednost konstrukcijske dimenzije (Depth)</i>	74
Slika 18.	<i>Konstrukcijski 3D izgled metamodela</i>	74
Slika 19.	<i>Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela</i>	75
Slika 20.	<i>Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela</i>	75
Slika 21.	<i>Konstruiranje geometrijskog lika</i>	75
Slika 22.	<i>Dimenzije 2D geometrijskog lika</i>	75
Slika 23.	<i>Provđba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	76
Slika 24.	<i>Provđba prostorne 3D značajke, naredbom Extruded Cut</i>	76
Slika 25.	<i>Opcija Save As</i>	76
Slika 26.	<i>Spremanje Modela Primjera IV</i>	76
Slika 27.	<i>Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly</i>	77
Slika 28.	<i>Sheet Format/Size → A4 (ISO)</i>	77
Slika 29.	<i>Odabir modela za stvaranje dvodimenzionalnog 2D tehničkog crteža</i>	77
Slika 30.	<i>Dvodimenzionalni tehnički radni ISO standardizirani 2D crtež Modela primjera IV</i>	77
Slika 31.	<i>Dimenzije Modela primjera IV</i>	78
Slika 32.	<i>Opcija Save As</i>	78
Slika 33.	<i>Spremanje tehničkog 2D crteža Modela primjera IV</i>	78
Slika 34.	<i>Tehnički nacrt Modela – Primjer IV</i>	79

2.5. Računalno 3D modeliranje – Primjer V

Slika 1.	<i>Perspektivni žičani 3D model primjera V</i>	80
Slika 2.	<i>Perspektivni puni 3D model primjera V</i>	80
Slika 3.	<i>Pokretanje SolidWorks računalnog programa</i>	80
Slika 4.	<i>Početna podloga nakon pokretanja SolidWorks računalnog programa</i>	80
Slika 5.	<i>Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta</i>	81
Slika 6.	<i>Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje</i>	81
Slika 7.	<i>Provđba ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch</i>	81
Slika 8.	<i>3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spreman za računalno modeliranje</i>	81
Slika 9.	<i>Front Plane</i>	82
Slika 10.	<i>Prostor za računalno modeliranje</i>	82
Slika 11.	<i>Provđba 2D konstrukcijske naredbe Corner Rectangle</i>	82
Slika 12.	<i>Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje stranica metamodela</i>	82
Slika 13.	<i>Prozor za upis željene dimenzije</i>	83
Slika 14.	<i>Dimenzioniranje druge stranice</i>	83
Slika 15.	<i>Provđba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	83
Slika 16.	<i>Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije</i>	83
Slika 17.	<i>Vrijednost treće prostorno konstrukcijske dimenzije (Depth)</i>	84
Slika 18.	<i>Konstrukcijski 3D izgled djelatnog metamodela</i>	84
Slika 19.	<i>Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela</i>	84
Slika 20.	<i>Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela</i>	84
Slika 21.	<i>Konstruiranje djelatnog metapravokutnika</i>	85
Slika 22.	<i>Konstrukcijsko dimenzioniranje djelatnog metapravokutnika</i>	85
Slika 23.	<i>Provđba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	85

Slika 24.	<i>Provjedba prostorne 3D značajke, naredbom Extruded Cut</i>	85
Slika 25.	<i>Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela</i>	86
Slika 26.	<i>Označavanje djelatne 2D površine metamodela</i>	86
Slika 27.	<i>Konstruiranje djelatnog 2D metatrokuta</i>	86
Slika 28.	<i>Provjedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	86
Slika 29.	<i>Provjedba prostorne 3D značajke, naredbom Extruded Cut</i>	87
Slika 30.	<i>Željeni prostorni 3D konstrukcijski izgled Modela - Primjer V</i>	87
Slika 31.	<i>Opcija Save As</i>	87
Slika 32.	<i>Spremanje Modela Primjera V</i>	87
Slika 33.	<i>Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly</i>	88
Slika 34.	<i>Sheet Format/Size → A4 (ISO)</i>	88
Slika 35.	<i>Odabir modela za stvaranje dvodimenzionalnog 2D tehničkog crteža</i>	88
Slika 36.	<i>Dvodimenzionalni tehnički radni ISO standardizirani 2D crtež Modela - Primjera V ...</i>	88
Slika 37.	<i>Dimenzije Modela primjera V</i>	89
Slika 38.	<i>Opcija Save As</i>	89
Slika 39.	<i>Spremanje tehničkog 2D crteža Modela primjera V</i>	89
Slika 40.	<i>Tehnički nacrt modela – Primjer V</i>	90

2.6. Računalno 3D modeliranje – Primjer VI

Slika 1.	<i>Perspektivni žičani 3D model primjera VI</i>	91
Slika 2.	<i>Perspektivni puni 3D model primjera VI</i>	91
Slika 3.	<i>Pokretanje SolidWorks računalnog programa</i>	91
Slika 4.	<i>Početna podloga nakon pokretanja SolidWorks računalnog programa</i>	91
Slika 5.	<i>Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta</i>	92
Slika 6.	<i>Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje</i>	92
Slika 7.	<i>Provjedba ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch</i>	92

Slika 8.	<i>3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spreman za računalno modeliranje</i>	92
Slika 9.	<i>Front Plane</i>	93
Slika 10.	<i>Prostor za računalno modeliranje</i>	93
Slika 11.	<i>Provjeda 2D konstrukcijske naredbe Corner Rectangle</i>	93
Slika 12.	<i>Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje stranica metamodela</i>	93
Slika 13.	<i>Prozor za upis željene dimenzije</i>	94
Slika 14.	<i>Dimenzioniranje druge stranice</i>	94
Slika 15.	<i>Provjeda prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	94
Slika 16.	<i>Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije</i>	94
Slika 17.	<i>Vrijednost konstrukcijske dimenzije (Depth)</i>	94
Slika 18.	<i>Konstrukcijski 3D izgled metamodela</i>	94
Slika 19.	<i>Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela</i>	95
Slika 20.	<i>Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela</i>	95
Slika 21.	<i>Raspored i crtanje pravokutnika</i>	95
Slika 22.	<i>Dimenzioniranje djelatnih pravokutnika</i>	95
Slika 23.	<i>Provjeda prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	96
Slika 24.	<i>Provjeda prostorne 3D značajke, naredbom Extruded Cut</i>	96
Slika 25.	<i>Željeni izgled modela Primjera VI</i>	96
Slika 26.	<i>Željeni izgled modela Primjer VI</i>	96
Slika 27.	<i>Opcija Save As</i>	97
Slika 28.	<i>Spremanje Modela Primjera VI</i>	97
Slika 29.	<i>Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly</i>	97
Slika 30.	<i>Sheet Format/Size → A4 (ISO)</i>	97
Slika 31.	<i>Odabir modela</i>	98
Slika 32.	<i>Tehnički radni ISO crtež</i>	98

Slika 33.	<i>Dimenzije Modela primjera VI</i>	98
Slika 34.	<i>Opcija Save As</i>	98
Slika 35.	<i>Spremanje tehničkog 2D crteža Modela VI</i>	98
Slika 36.	<i>Tehnički nacrt modela – Primjer VI</i>	99

2.7. Računalno 3D modeliranje – Primjer VII

Slika 1.	<i>Perspektivni žičani 3D model primjera VII</i>	100
Slika 2.	<i>Perspektivni puni 3D model primjera VII</i>	100
Slika 3.	<i>Pokretanje SolidWorks računalnog programa</i>	100
Slika 4.	<i>Početna podloga nakon pokretanja SolidWorks računalnog programa</i>	100
Slika 5.	<i>Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta</i>	101
Slika 6.	<i>Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje</i>	101
Slika 7.	<i>Provjedba ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch</i>	101
Slika 8.	<i>3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spreman za računalno modeliranje</i>	101
Slika 9.	<i>Front Plane</i>	102
Slika 10.	<i>Prostor za računalno modeliranje</i>	102
Slika 11.	<i>Provjedba 2D konstrukcijske naredbe Line (L)</i>	102
Slika 12.	<i>Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje stranica metamodela</i>	102
Slika 13.	<i>Provjedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	103
Slika 14.	<i>Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije</i>	103
Slika 15.	<i>Vrijednost treće prostorno konstrukcijske dimenzije (Depth)</i>	103
Slika 16.	<i>Konstrukcijski 3D metamodel stepenica</i>	103
Slika 17.	<i>Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela</i>	104
Slika 18.	<i>Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela</i>	104
Slika 19.	<i>Provjedba ravninske 2D značajke, naredbom Line (L)</i>	104

Slika 20.	<i>Provjedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features</i>	104
Slika 21.	<i>Provjedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Extruded Boss/Base</i>	105
Slika 22.	<i>Željeni izgled modela Primjer VII u punom prostornom 3D prikazu</i>	105
Slika 23.	<i>Opcija Save As</i>	105
Slika 24.	<i>Spremanje Modela Primjera VII</i>	105
Slika 25.	<i>Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly</i>	106
Slika 26.	<i>Sheet Format/Size → A4 (ISO)</i>	106
Slika 27.	<i>Odabir modela za stvaranje dvodimenzionalnog 2D tehničkog crteža</i>	106
Slika 28.	<i>Dvodimenzionalni tehnički radni ISO standardizirani 2D crtež Modela - primjera VII</i>	106
Slika 29.	<i>Dimenzije Modela primjera VII</i>	107
Slika 30.	<i>Opcija Save As</i>	107
Slika 31.	<i>Spremanje tehničkog 2D crteža Modela primjera VII</i>	107
Slika 32.	<i>Tehnički nacrt Modela – Primjer VII</i>	107

PREDGOVOR

Ova Skripta dio je višegodišnjeg iskustva, rada i istraživanja unutar područja unapređenja primjene suvremenih načina i metoda korištenja računala i računalnih programa; niže, srednje i više opsežnosti, unutar CAD / CAM okruženja, kao temeljnog načina tehničke komunikacije. Iskustvo iz prakse pokazuje da su tehnički programi prostorne konstrukcije više opsežnosti, u svakodnevnoj primjeni, brži u radu, jednostavniji za uporabu, prihvatljiviji za učenje, lakši za korištenje.

Niz detaljno pojašnjenih primjera konstrukcijskih metoda računalnog 3D tehničkog modeliranja, jednostavnih i srednje složenih prostornih modela, omogućit će korisnicima brzo usvajanje znanja i vještina, potrebnih u svakodnevnom radu sa 3D računalnim programima unutar tehničkih struka.

Obzirom na iznimnu prihvatljivu početničku krivulju učenja radom unutar SolidWorks računalnog 3D programa, a u odnosu na konkurente, isti je unutar ovog djela odabran kao konstrukcijski alat prostornog 3D tehničkog modeliranja.

Skripta je oblikovana za preuzimanje s Interneta, svako umnožavanje, distribucija i prodaja predstavlja povredu autorskih prava. Studenti Međimurskog veleučilišta u Čakovcu imaju pravo preuzimanja i ispisa unutar kolegija; Konstrukcijsko crtanje, Tehnološki softver, Oblikovanje pomoću računala i Računalne vizualizacije.

Glede značajke digitalne dostupnosti, koja omoguće razmjerno brze ispravke i poboljšanja, od studenata se očekuje da koriste posljednje determinirano Internet izdanje skripte.

Unutar skripte koristi se tehnički normni niz; hrvatske norme (HRN), u sukladnosti s DIN, ISO i Euro standardima.

Obzirom da se radi o prvom izdanju skripte, autor unaprijed svima zahvaljuje na ukazanim propustima i konstruktivnim savjetima budućih poboljšanja.

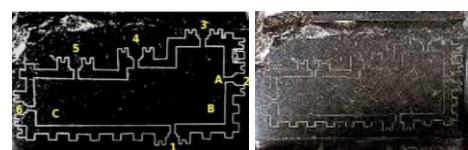
UVODNA RAZMATRANJA - RAČUNALNO 3D MODELIRANJE

1. KONSTRUKCIJSKE METODE TEHNIČKOG CRTEŽA

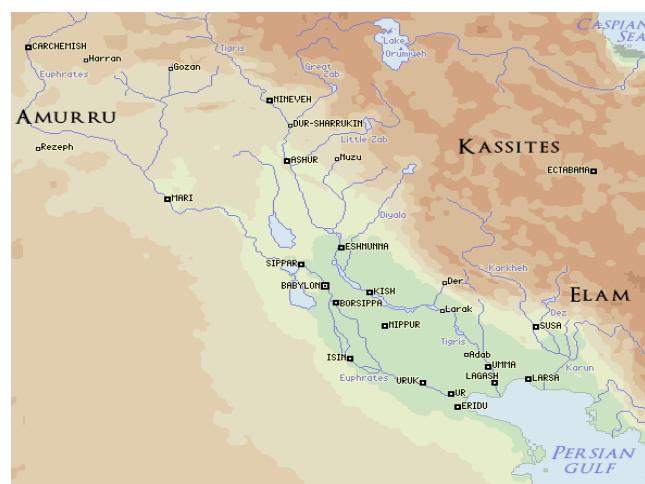
Tehničke znanosti tijekom povijesti, razvijaju se od renesansnog doba, tehnički crteži kroz to vrijeme postajali su sve složeniji u svom konstrukcijskom pogledu. Tehnički crtež, odnosno tehnički nacrt, grafički je prikaz nekog modela, poluproizvoda ili gotovog proizvoda, a služi u svrhu kako bi se budući ili postojeći izradak predložio investitoru, kupcu, korisniku ili kolegi inženjeru, kao i tehnologima, izvođačima i brojnom nizu djelatnika koji ga oblikuju i grade tijekom proizvodnog procesa izrade. Tehnički crteži izrađuju se temeljnim konstrukcijskim metodama deskriptivne ili nacrtnе geometrije, gdje se predmetni objekt projicira na ravninu kao ravninski, odnosno dvodimenzionalni crtež (tlocrt, nacrt, bokocrt), ili se projicira na prostorni odnosno trodimenzionalni crtež (aksonometrija, perspektiva).

Oblik konstruiranog modela prikazuje se linijama, a dodatni se podaci, primjerice, vrsta materijala i namjena, kao i zornost prikaza postižu različitim teksturama ploha, kao i različitom debljinom i vrstom crta. Izmjere modela uobičajeno se označavaju brojkama (kotiraju) uz takozvane kotne crte, a u većini struka za prikaz tipskih dijelova postoje i standardizirani dogovoreni simboli označavanja.

Prvi poznati tehnički crtež, slika 1. potječe iz grada države *Lagasha*, koji je prostorno smješten u južnoj Mezopotamiji, slika 2 a približna mu je starost oko 4.150 godina. Crtež prikazuje tlocrt vanjskih zidova grandioznog hrama *Eninnu*. Nacrt je urezan na kamenoj ploči koja je sastavni dio kipa kralja *Gudea*, slika 3. Ovdje je *Gudea* prikazan u ulozi konstruktora hrama. Pronađeno je 11 kipova kralja *Gudea*, dva informacijska cilindra od terakote, slika 4. i oko 30.000 glinenih pločica s dragocjenim podacima iz tog doba kad je u *Lagashu* bilo razmjerno mirno razdoblje i intenzivna inženjerska aktivnost. *Gudea* u povjesnim spisima opisuje da je viziju i nalog o gradnji hrama dobio u tri sna u komunikaciji s bogovima. Tlocrt hrama je kako navodi *Gudea* božansko djelo nastalo za vrijeme sna ispisano božanskom olovkom na poludragom kamenu Lapis lazuli, koje je nakon buđenja materializirano na ploči. Većina kipova, uključujući i ovaj s tlocrtom hrama, te informacijskim povijesnim cilindrima pohranjena je u Pariškom muzeju, u *Luvru*.



Slika 1. Lokalitet i crtež hrama Eninnu



Slika 2. Povijesna pozicija grada države Lagasha



Slika 3. Kip Gudea, kralja Lagasha



Slika 4. Povijesni informacijski cilindar kralja Gudea

Velike piramide u Egiptu starije su, otprilike oko 400 godina od hrama *Eninnu* u južnoj Mezopotamiji, a realno je pretpostaviti da su za izgradnju zasigurno načinjeni i konstrukcijski crteži na papirusu. Video simulacije gradnje piramida, koje su dostupne na Internetu sugeriraju postojanje takvih tehničkih nacrta, a također upućuju i na zasigurno korištenje naprednog pribora za tehničko crtanje.

Tehničke tvorevine izrađuju se na osnovu tehničke dokumentacije. Najvažniji njezin dio su tehnički crteži koji precizno određuju izgled, dimenzije i svojstva budućeg proizvoda.

Tehnički crteži (nacrti) moraju biti jasni, pregledni i nadasve razumni, kako za obrazovane tehnologe i inženjere, tako i za sve zainteresirane entitete, a to im omogućuju međunarodna dogovorenata pravila i usvojeni standardi određeni za crtanje i izvedbu tehničkih nacrta. Nadalje, tehnički nacrti ovisno o potrebama projekta, fazi projektiranja ili razine prikaza detalja mogu biti; nacrti postojećeg stanja, idejnog stanja, patentni nacrti, montažni i drugi.

Tehnički crtež na razumljiv način prikazuje tehničke tvorevine (tijela, modele, predmete, izratke i sustave). Nastaje primjenom nacrtnе geometrije, normi i pravila tehničkog crtanja. Važnije norme i pravila su formati papira, vrste crta, kotiranje, pravokutno projiciranje, mjerila i simboli.

Tehničke crteže razlikujemo prema načinu izrade, načinu prikazivanja i namjeni. Prema načinu izrade tehničke crteže dijelimo na skicu, original, kopiju i shemu.

Skica je crtež koji se izvodi prvi, a nastaje metodama prostoručnog crtanja. Skiciranje je vještina koja se usvaja vježbanjem, a zahtjeva znanje o prostornome i pravokutnom projiciranju, kotiranju i normama

tehničkog crtanja. Prilikom skiciranja važno je zadovoljiti oblik i omjer prirodnih dimenzija modela (proporcionalnost).

Original je tehnički crtež koji može biti izrađen ručnim crtanjem ili tehničkim crtanjem na računalu. Ručno crtanje radi se na papiru, a crta se olovkom uz pomoć pribora za tehničko crtanje. Kopija (preslik originalnog tehničkog crteža) nastaje uporabom stroja za preslikavanje ili fotokopiranje, dok se tradicijski nacrt precrtao na prozirnom papiru (paus-papir) s tuš-perima (rapidografi).

Tehnička shema je pojednostavljeni konstrukcijski crtež pomoću kojeg se primjenom normiranih simbola i oznaka jasno prikazuju složeni tehnički sustavi. Najčešće se rabe elektronske, električne, hidraulične, plinske i vodovodne sheme. Shemom se nadalje može prikazati plan grada, plan podzemne željeznice, plan evakuacije i sl.

Prema načinu prikazivanja razlikujemo prostornu projekciju i pravokutne projekcije (nacrt, tlocrt i bokocrt).

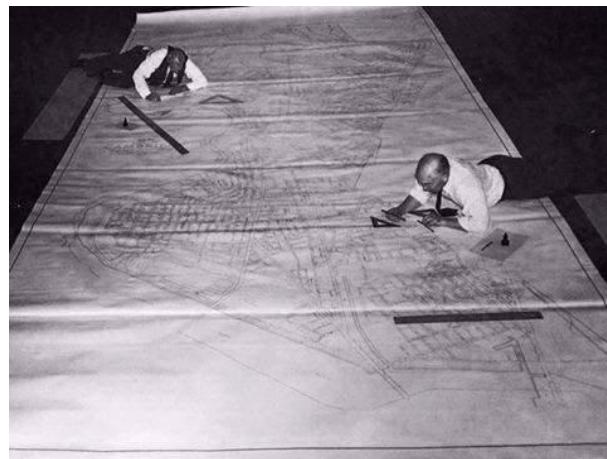
Tehnički crtež mora biti jasan i usklađen prema međunarodnim normama, a prema namjeni tehničke crteže dijelimo na; Sastavni (montažni, sklopni), Radionički (izvedbeni, detaljni), Ponudbeni i Situacijski.

Sastavni crtež, u prostornoj projekciji, prikazuje cijeli model, proizvod ili pojedine sklopove, način sastavljanja složenog proizvoda ili položaj modela u nekom prostoru. Tehničkim crtanjem pomoću računala, primjerice korištenjem recentnih računalnih programa poput; SolidWorks, Catia, Inventor, omogućuje da se nakon nacrtanog sastavnog crteža u prostornoj projekciji automatski generiraju završne geometrijske kotne dimenzije i konačni kotirani radionički crtež, u najprikladnijem mjerilu, koji prikazuje dijelove složenog proizvoda (pozicije) u dovoljnom broju pravokutnih projekcija (nacrt, tlocrt i bokocrt). Ako je moguće crta se u mjerilu 1:1, na njemu je precizno prikazan i kotiran svaki zasebni dio budućeg proizvoda (pozicija), a s obzirom na to da se temeljem radioničkog crteža izrađuje predmet ili izradak. Na dnu crteža smještena je sastavnica. Sastavnica u obliku tablice daje informacije o materijalima pozicija, mjerilu, autoru i tvrtki. Recentna značajka kvalitete primijenjenog računalnog programa omogućuje i provjeru da li opterećenje prelazi dopušteno, kao i virtualizaciju tehničkog modela u računalnom simulacijskom pogonu.

Postupak izrade tehničkog crteža nazivamo tehničkim crtanjem. Izvode ga inženjeri, konstruktori i projektanti u skladu s pravilima tehničkog crtanja. Pravila su međunarodno usklađena i nazivamo ih normama. Norme propisuju veličinu formata papira, vrste crta, mjerila, označavanja mjera na crtežu, tehničko pismo, itd.

Kod grafičkog prikazivanja djelatnog metamodela, poluproizvoda ili gotovog proizvoda od iznimnog je značaja i vrlo znakovito kako složeni model ili proizvod prikazati na način da on bude razumljiv svim sferama korisnika. Ukoliko je riječ o modelu koji se sastoji od više elemenata potrebno je isti konstrukcijski smjestiti na površinu nacrta, odnosno nacrtnog papira koji ima samo dvije konstrukcijsko djelatne dimenzije, odnosno potrebno je model smjestiti u ravninu. Kako bi to bilo moguće, model je potrebno projicirati ortogonalno, što omogućuje šest prostornih pogleda. Nadalje, kako bi grafički prikaz bio razumljiviji dodaju se i izmjere u brojkama, odnosno, kote. Također je potrebno konstruirati u zadanom mjerilu, kako bi nešto, što je u stvarnosti primjerice, iznimno veliko u svojoj projekciji fizički stalo na radnu površinu lista papira. M (mjerilo) 1:1 prikazuje omjer duljina modela ili proizvoda u prirodnoj veličini i na tehničkom nacrtu u istom odnosnom omjeru. M 1:100 je najčešće korišteno mjerilo u konstruiranju tehničkih nacrta većih modela, odnosno entiteta i proizvoda, što znači da je, primjerice jedan metar

izvedenog modela sto puta manji u konstrukcijskom nacrtu, odnosno iznosi deset milimetara. Nekadašnje tradicijske manualne metode inženjerskog konstruiranja na papiru, slika 5., zamijenila su suvremena računala i recentni računalni, početno 2D, a kasnijim razvojem i iznimno kvalitetni 3D programi koji umnogome olakšavaju izradu projekta.



Slika 5. Prikaz tradicijske izrade tehničkih nacrta prije korištenja CAD programa

Konstrukcijsko dobro razrađeni tehnički plan za izgradnju modela ili proizvodnju nekog proizvoda neminovno mora sadržavati niz skica, crteža i proračuna, vertikalni i horizontalni presjek, te prostorni crtež, odnosno trodimenzionalni (3D) model kojem je prethodio dvodimenzijski (2D) tehnički nacrt.

2. CAD – KONSTRUIRANJE POMOĆU RAČUNALA

Oblikovanje pomoću računala, CAD (*eng. Computer Aided Design*) je korištenje računalnih programa za izradu, izmjenu, analizu i dokumentiranje dvodimenzionalnih (2D) ili trodimenzionalnih (3D) grafičkih prikaza fizičkih modela kao alternativu tradicionalnim ručnim nacrtima i prototipovima proizvoda.

CAD se može prevesti i kao "*Computer Assisted Design*" potpomognuto računalom, a akronimi koji su još u uporabi su CADD (*eng. Computer Aided Design and Drafting*), računalom podržano konstruiranje (modeliranje) i crtanje, CAID (*eng. Computer Aided Industrial Design*), CAAD (*eng. Computer Aided Architectural Design*), CAPP (*eng. Computer Aided Project Planing*), CAE (*eng. Computer Aided Engineering*), CAM (*eng. Computer Aided Manufacturing*), CIM (*eng. Computer Integrated Manufacturing*), i neke nove tehnologije kao što su RPT (*eng. Rapid Prototyping*), brza izrada prototipova i VRT (*eng. Virtual Prototyping*), izrada virtualnih prototipova.

Svi navedeni termini su u osnovi sinonimi, ali postoje razlike u značenju i primjeni. CAD se kao i dio dizajnerskih programskih aplikacija (3dsmax, Maya, Softimage, Blender) koristi u računalnim animacijama i medijskim specijalnim efektima kao i u proizvodnji i industrijskom dizajnu. Nadalje, CAD je sastavni dio upravljanja životnim ciklusom proizvoda, i koristi se u cijelom inženjerskom procesu, od konceptualnog dizajna proizvoda i izgleda, kroz analizu montaže do definicije tehnologije i metode proizvodnje.

CAD konstrukcijska programska rješenja omogućuje inženjerima da interaktivno testiraju varijante dizajna s minimalnim fizičkim prototipovima kako bi se postigli:

- niži troškovi razvoja proizvoda,
- veća brzina,
- povećana produktivnost,
- osiguranje kvalitete i
- ubrzano vrijeme izlaska na tržište.

Crtanje pomoću računala CAD (*eng. Computer Aided Design*) danas je postalo normni standard u tehniči. U dvodimenzijском (2D) konstruiranju rabe se uglavnom programi niže razine opsežnosti (npr. *AutoCad*), a u prostornom (3D) konstruiranju primjenjuju se programi više razine opsežnosti (npr. *SolidWorks*, *Catia*, *Inventor*). Računalni programi posjeduju bazu simbola, mogu samostalno predložiti optimizirana povezivanja simbola i rasporede za primjerice izrezivanje pozicija pomoću primjene lasera, vodenog mlaza ili plazme. Prostorni (3D) računalni programi automatski izlistavaju ravninske (2D) crteže pozicija, a mogu se provjeriti naprezanja i simulacije tehničkog modela sklopa u virtualnom radu. Učitavanjem tehničke dokumentacije izrađene u naprednim računalnim programima unutar memorije CNC alatnih strojeva vrši se priprema za automatsku proizvodnju, CAM (*eng. Computer Aided Manufacturing*).

Tehnički konstrukcijski nacrti se pohranjuju u memoriji unutar računala ili digitalnih medija, a mogu se dostavljati i putem elektroničke pošte. Prije ispisa odabire se prikladno mjerilo i ispisuje na pisaču.

3. POVIJEST KONCEPCIJE CAD KONSTRUIRANJA

Kroz povijest se na računalo gledalo većinom kao na alat za raznovrsne vrste proračuna. Tek kasnije je uočeno da se računalo može upotrijebiti i u druge svrhe – tu se prvenstveno misli na konstrukcijsku uporabu CAD tehnologija. Grafičku primjenu računala CG (*eng. Computer Graphics*) pokrenula je američka vojska oko 1950. godine kada je napravljen prvi grafički sustav imenom SAGE (*eng. Semi Automatic Ground Environment*), sustav protuzračne obrane, slika 6.



Slika 6. SAGE sustav

Nakon toga je i službeno započeo razvoj računalne grafike koji se 1960-ih godina polako uvodi i u zrakoplovnu i automobilsku industriju gdje je korištena u području 3D konstrukcije vanjskih površina i NC (*eng. Numeric Control*) programiranja, što je, obzirom na tadašnji status vojne tajne, dugo vremena bio skriven podatak, upravo kao i povjesna metoda projiciranja na dvije međusobno okomite ravnine, poznata kao *Mongeovo projiciranje*.

Prekretnicom u razvoju CAD konstruiranja se smatra sustav SKETCHPAD, razvijen na MIT-u (*eng. Massachusetts Institute of Technology*) 1963. godine, koji omogućuje grafičku interakciju s računalom. Taj program je omogućavao konstrukciju jednostavnih oblika na zaslonu monitora pomicanjem posebno razvijene "elektronske olovke" s ugrađenom fotoelektričnom čelijom.

Program je radio na način da je ta fotoelektrična čelija svaki put kad bi se stavila ispred ekrana emitirala električni puls, a elektronski zaslonski snop je usmjeravao elektrone direktno prema tom električnom pulsu. Tehnološki je samo trebalo uskladiti "elektronsku olovku" i elektronski snop, na način da elektronski snop sinhronizirano usmjerava roj elektrona na zaslon monitora sukladno pomicanju "elektronske olovke", na poziciji gdje je bila "elektronska olovka" digitalizirao bi se grafički marker. Taj program smatra se pretkom suvremenih programa za računalom podržano crtanje (*eng. Computer Aided Design*) kao i za glavni prodror razvitka računalne grafike. Korijeni Sketchpad-a, slika 7., vidljivi su i u današnjim programima za konstruiranje u temeljnog načinu dvodimenzionskog crtanja. Na primjer, ako se želi konstruirati kvadrat na zaslonu monitora računala, nije potrebno konstruirati četiri savršeno ravne linije, već je samo potrebno računalu definirati da se želi konstruirati kvadrat i zadati početnu poziciju i veličinu kvadrata.



Slika 7. Sketchpad sustav na konzoli TX-2 u MIT-u (1963 god.)

Prve komercijalne CAD aplikacije korištene su u velikim automobilskim i zrakoplovnim tvrtkama, kao i u elektronici upravo glede toga što su si samo velike korporacije mogle priuštiti računala sposobna da izvršavaju tako kompleksne grafičke kalkulacije.

Značajne projekte te vrste provodile su korporacije General Motors i IBM razvivši sustav DAC-1 (*eng. Design Augmented by Computer*), 1959. Godine, slika 8, kao i Renault koji je razvio UNISURF 1971. godine.



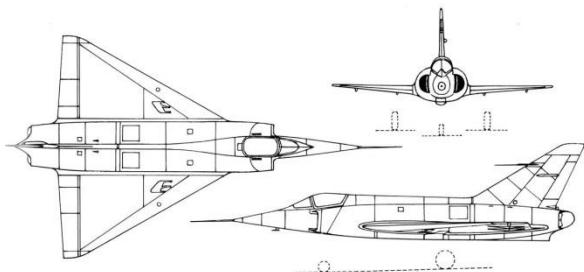
Slika 8. DAC-1 sustav u GM-istraživačkim laboratorijima (1965 god.)

Kako su računala postajala sve dostupnija, i područja primjene ovih aplikacija su se ubrzano širila. Krajem 1960-tih godina je francuski proizvođač letjelica Avions Marcel Dassault (danas Dassault Aviation) počeо s programiranjem grafičkog programa za izradu tehničkih crteža. Iz toga je nastao program CATIA, a Francuski borbeni zrakoplov Mirage, slika 9., je bio prvi zrakoplov koji je razvijen pomoću tog programa, slika 10. Tada je za takav grafičko konstrukcijski program još bilo potrebno super - računalo. Od tada se primjena i razvoj CAD alata ubrzano razvija. U početku je ona bila ograničena na ravninske 2D crteže slične ručno izrađenim

nacrtima. Napredak programiranja i računalnog hardvera omogućio je svestrane računalne aplikacije vezane uz aktivnosti konstrukcije i dizajniranja.



Slika 9. Francuski borbeni zrakoplov -Mirage



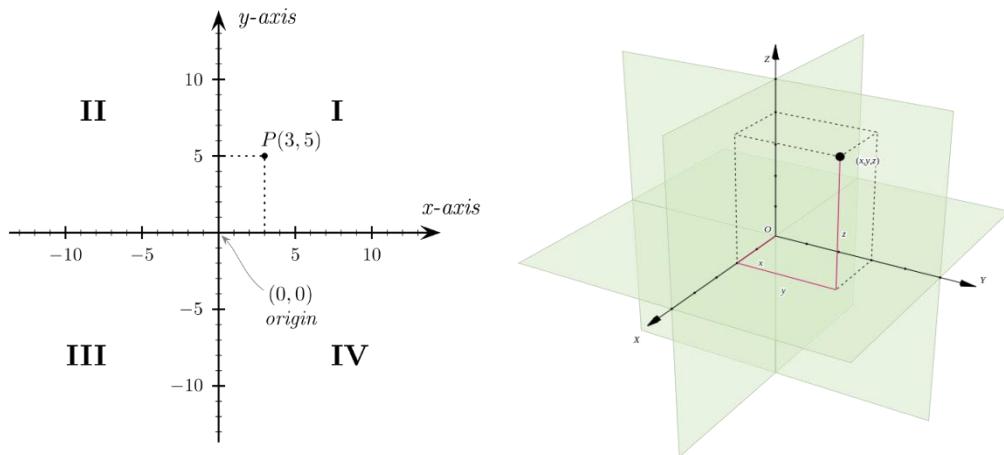
Slika 10. Mirage – CAD konstrukcija

Kasnih 1980-tih godina razvojem vrlo dostupnih CAD programa primjenljivih u radu unutar osobnih računala započinje trend masovnog smanjivanja odjela za izradu tehničkih nacrta u mnogim malim i srednjim poduzećima, a mnogi inženjeri počinju osnivati svoje vlastite tvrtke za izradu nacrta, eliminirajući tako potrebu za tradicionalnim glomaznim sustavima i odjelima za izradu nacrta.

Današnji CAD alati nisu ograničeni samo na crtanje i prikazivanje, već omogućuju i mnoge druge primjene čime se korištenje CAD-a proširuje na mnoge aktivnosti i organizacije širom svijeta (simulacije, virtualizacije, animacije ...).

4. KOORDINATNI RAVNINSKI I PROSTORNI SUSTAVI

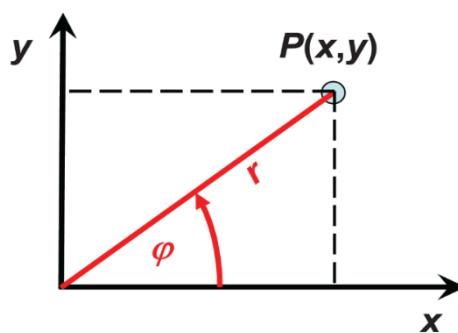
Koordinatni ravninski i prostorni entiteti su sustavi u kojima se položaj (neke točke) određuje pomoću koordinata na specifičan i determiniran način. Na slici 11. prikazani su najjednostavniji primjeri koordinatnih sustava – kartezijev (Renatus Cartesius), pravokutni sustav, koji se sastoje od koordinatnih osi koje su međusobno okomite, a ravninski položaj se određuje pomoću dvije koordinate x i y (2D) ili prostorno s tri koordinate x, y, z (3D).



Slika 11. Kartezijev koordinatni sustav

4.1. Polarni koordinatni sustav

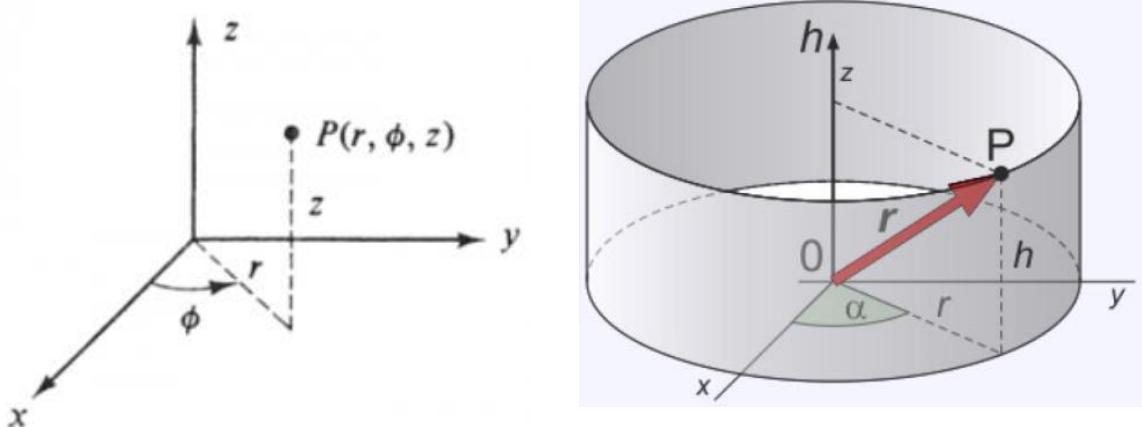
Polarni koordinatni sustav, slika 12. je sustav gdje su koordinate udaljenost od ishodišta do mjerene točke (radius r) i kut između pozitivne x-osi i linije od ishodišta do mjerene točke.



Slika 12. Polarni koordinatni sustav

4.2. Cilindrični koordinatni sustav

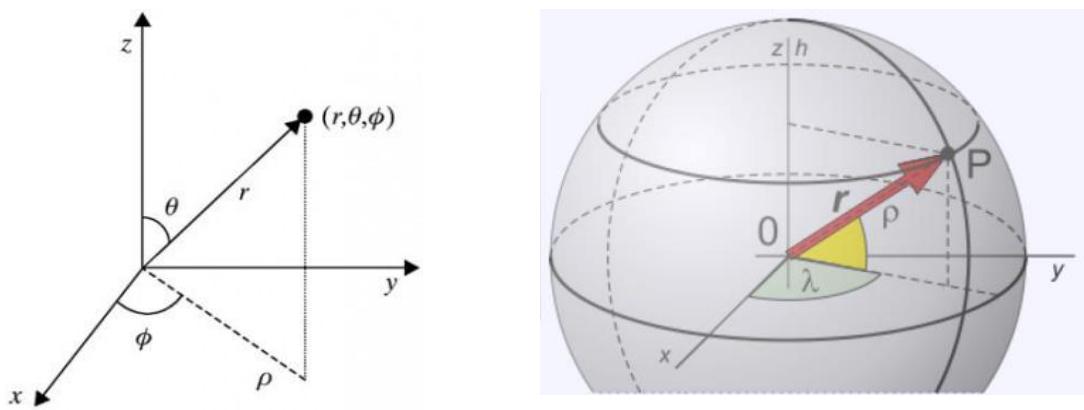
Cilindrični koordinatni sustav, slika 13. sastoji se od koordinata koje su prostorna udaljenost od ishodišta do mjerene točke (radijus r), kut između pozitivne x -osi i linije od ishodišta do mjerene točke, te udaljenost mjerene točke od xy ravnine (visina h).



Slika 13. Cilindrični koordinatni sustav

4.3. Sferni koordinatni sustav

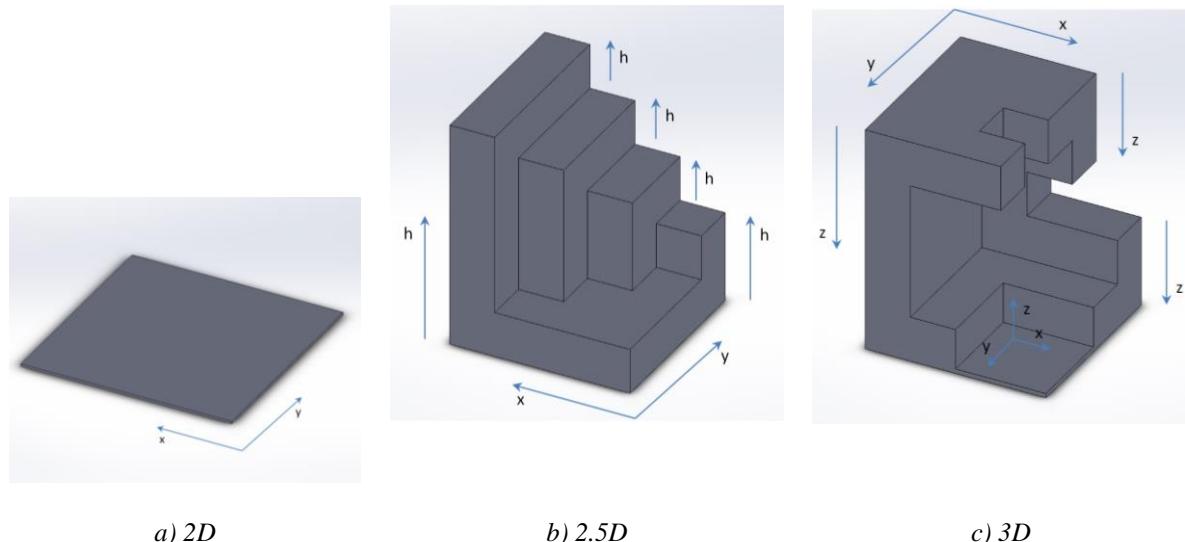
Kod sfernog koordinatnog sustava, slika 14. prostorne koordinate su udaljenost od ishodišta do mjerene točke (radijus r), kut između z -osi i linije od ishodišta do mjerene točke, te kut između pozitivne z -osi i linije od ishodišta do mjerene točke projicirane u xy ravninu.



Slika 14. Sferni koordinatni sustav

5. KONSTRUKCIJSKA DIMENZIONALNOST MODELA

2D geometrijski modeli opisuju se pomoću dvije koordinate (x,y) slika 15 a), 2.5D geometrijski objekti opisuju se pomoću dvije koordinate i pomoću dodatnog atributa koji opisuje visinu za svaku točku ($x,y+h$), pri čemu se 2.5D geometrijski modeli mogu konvertirati u 2D objekte eliminiranjem visinske vrijednosti, slika 12 b). 3D geometrijski modeli opisuju se pomoću tri koordinate (x,y,z), kako je vidljivo sa slike 15 c).

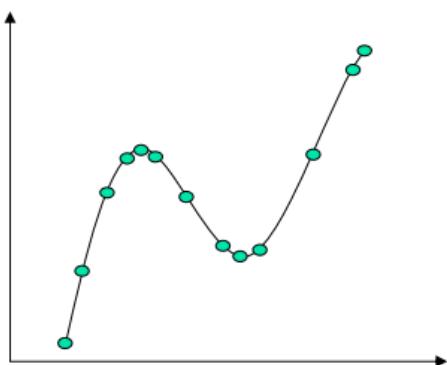


Slika 15. Konstrukcijska dimenzionalnost modela

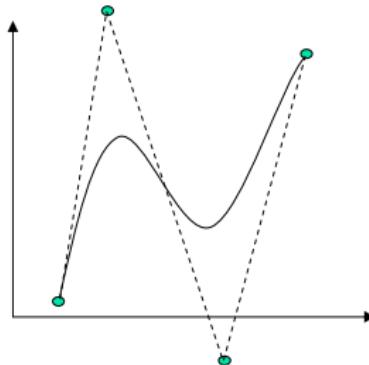
6. RAVNINSKE I PROSTORNE KRIVULJE CAD MODELIRANJA

Najveće se razlike među komercijalnim sustavima računalnih programskih aplikacija uočavaju u vrstama krivulja i površina koje one podržavaju, načinima njihova definiranja i mogućnostima manipulacije istima (izrezivanje, spajanje, modificiranje itd.).

Jedan od načina generiranja površinskog modela jest definiranjem površina na žičanom modelu. Na slici 16. i 17. prikazane su krivulje u CAD sustavima modeliranja koje impliciraju primjenu dviju temeljnih metoda: interpolacije - krivulja prolazi kroz zadane točke i aproksimacije – krivulja aproksimira zamišljenu krivulju određenu točkama (ne mora prolaziti kroz točke).

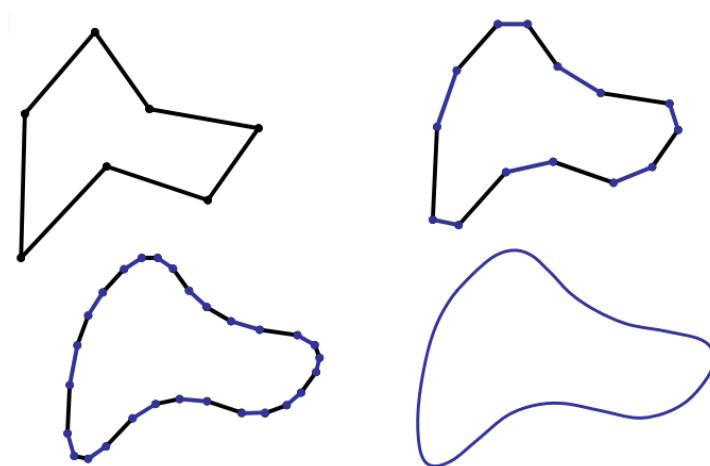


Slika 16. CAD krivulja aproksimacijskog modeliranja



Slika 17. CAD krivulja interpolacijskog modeliranja

Najjednostavniji pristup modeliranju krivulje je linearna interpolacija, slika 18. Krivulja se interpolira višestrukim crtama, odnosno nizu povezanih ravnih crta ili mnogokutima. Točnost interpolacije određena je brojem linearnih segmenata kojima se aproksimira pojedini dio krivulje. Za visoku razinu podudarnosti linearног aproksimacijskog modela i željene krivulje potreban je razmjerno velik broj linearnih segmentalnih dijelova.



Slika 18. CAD krivulje linearne interpolacije

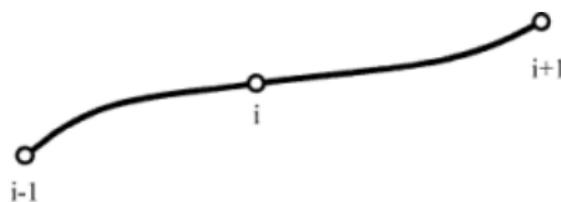
Veća razina podudarnosti, odnosno rezultirajuća bolja interpolacija uz manji broj pojedinačnih segmenata može se ostvariti uporabom krivulja višeg reda. Na taj način smanjuje se potrebna količina memorije računala i olakšava interaktivni rad prilikom konstrukcijskog modeliranja.

Najčešće se koriste polinomi trećeg reda, glede toga jer polinomi nižeg reda nisu dovoljno fleksibilni za oblikovanje različitih krivulja, a polinomi višeg reda su računski zahtjevniji i složeniji za primjenu. Problem je u tome što se kroz zadane točke teoretski može provući bilo koji polinom n -tog reda, no takve krivulje su nestabilne odnosno previše su sklone osciliranju.

6.1. Kubične krivulje CAD modeliranja

Kubična krivulja je najjednostavnija krivulja, slika 19. Zadaje se pomoću n točaka koje čine n-1 intervala. Za svaki interval se definira kubični polinom tj. polinom trećeg reda. Polinom trećeg reda je dvostruko derivabilan odnosno prva i druga derivacija su kontinuirane. Glede čega se polinomi definirani nad susjednim intervalima mogu spajati u krivulju, a da pritom krivulja na granici intervala bude glatkog prijelaznog spoja.

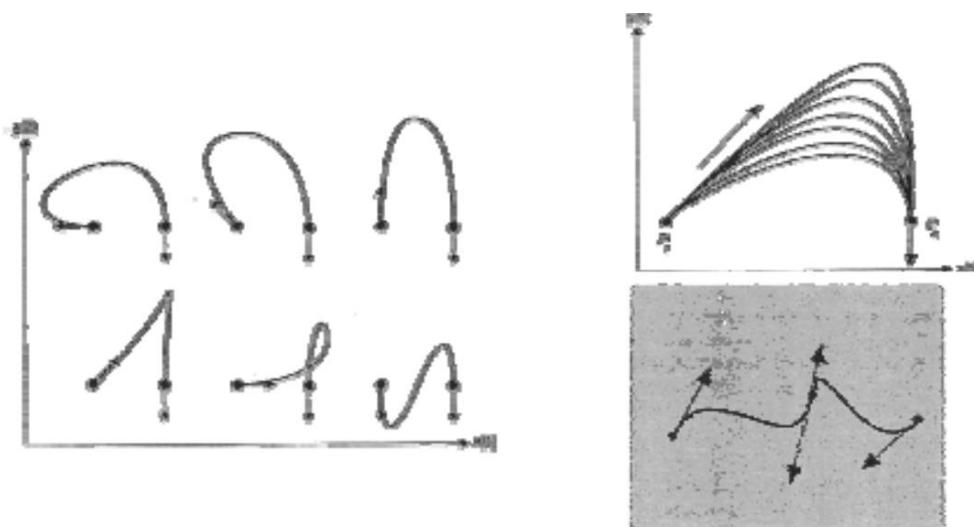
Kako bi se ispunio uvjet glatkoće krivulje, potrebno je da susjedni intervali završavaju u istoj konstrukcijskoj točki (čvoru) i moraju im se poklapati prva i druga derivacija u zajedničkoj točki koju dijele. Karakteristično za kubičnu krivulju CAD modeliranja jest da je krivulja linearna glede kontinuiranih prvih dviju derivacija.



Slika 19. Primjer kubične krivulje CAD modeliranja

6.2. Hermitove krivulje CAD modeliranja

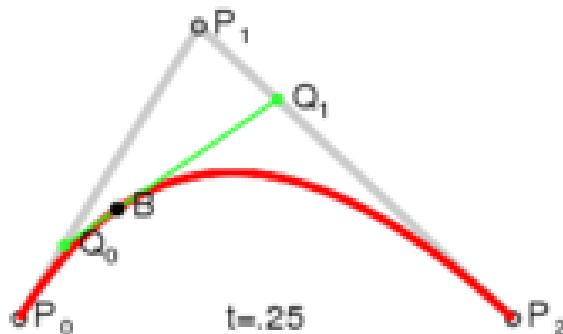
Za razliku od kubične krivulje, Hermitove krivulje definiraju četiri podatka: početnu i krajnju točku intervala, kao i vektore tangente (pravac i veličinu vektora) u tim točkama, kako je vidljivo sa slike 20. Kako bi se ostvarilo da spoj između dva susjedna intervala bude linearan vektori tangente u tom čvoru moraju imati jednak pravac.



Slika 20. Primjer Hermitovih krivulja CAD modeliranja

6.3. Bézierove krivulje CAD modeliranja

Razvijene su početkom 1970-tih godina. Pierre Bézier, razvio je ovu metodu opisa krivulja za potrebe tvrtke Renault. Bézierova krivulja u suštini je graf parametarski zadano polinoma, slika 21. Za razliku od prijašnjih Kubične i Hermitove krivulje, ove krivulje CAD modeliranja prolaze kroz početnu i krajnju točku (interpoliraju ih) dok su ostale točke kontrolne, tj. krivulja ne prolazi kroz njih, ona ih aproksimira. Bézierove krivulje zadane su nizom točaka, od kojih dvije predstavljaju početnu i krajnju točku intervala i dio su krivulje, dok su ostale točke u funkciji kontrolnih točaka.



Slika 21. Bézierova krivulja

Kvalitativne značajke Bézierovih konstrukcijskih krivulja su:

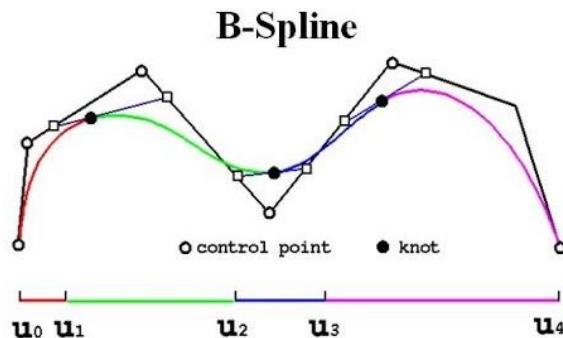
- Oblik krivulje aproksimira oblik kontrolnog poligona kojeg zatvaraju zadane točke. Krivulja prolazi kroz krajnje točke i tangentna je na prvu i zadnju stranicu poligona.
- Micanjem jedne kontrolne točke mijenja se i izgled cijele krivulje (tzv. elastično ponašanje) što je pogodno za interaktivnu manipulaciju krivuljom. Bézierova krivulja može se formirati i bez rješavanja sustava linearnih jednadžbi.
- Krivulja je uvijek upisana u svoj kontrolni poligon što dodatno olakšava proračun u slučaju eventualnog presijecanja dviju krivulja kada se jednostavno provjerava da li se preklapaju kontrolni poligoni tih krivulja.
- Mogućnost formiranja oštrih kuteva, na način da se tri slijedne točke definiraju identično.

Nedostatak Bézierovih krivulja:

- Zadavanje kontrolnih točaka koje ne pokazuju direktnu vezu s oblikom krivulje.
- Interpolacijske točke ne mogu se direktno zadavati.
- Stožasti oblici posebice kružnice se ne mogu egzaktно prikazati.

6.4. B – spline krivulje CAD modeliranja

B-spline (*eng. Basic spline*) je zajednički naziv za grupu kontinuiranih, parametarski zadanih polinoma koji su segmentalno zadani, slika 22., odnosno B-spline krivulje CAD modeliranja se sastoje od segmenata čiji polinomni koeficijenti ovise o samo nekoliko obližnjih kontrolnih točaka.



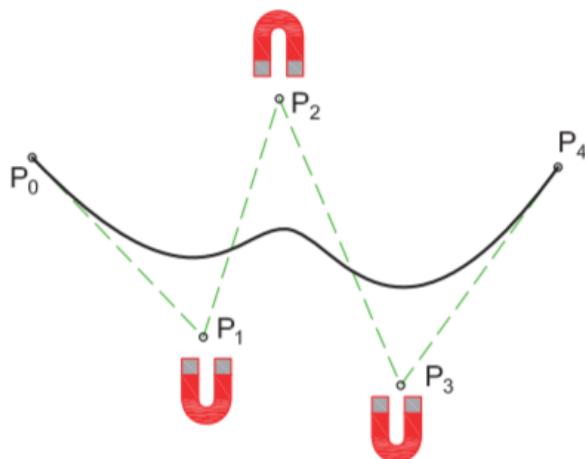
Slika 22. B-spline krivulja CAD modeliranja

Kvalitativne značajke B-spline konstrukcijskih krivulja su:

- Oblik svakog dijela krivulje određen je s k sukcesivnih čvorova, odnosno, jedan čvor ne utječe na više od k intervala, što omogućava lokalnu deformabilnost.
- Svaki interval krivulje B-spline reda k leži unutar konveksnog poligona njegovih pridruženih čvorova.
- Diskontinuitet u čvorovima, kao što su lomovi ili skok krivulje postižu se korištenjem višestrukih unutarnjih čvorova. Čvor višestrukosti p reducira derivabilnost krivulje u tom čvoru, bez čvorova B-spline krivulja prelazi u Bézier-ovu krivulju.

6.5. NURBS krivulje CAD modeliranja

NURBS (*eng. Non Uniform Rational B-Spline*) je parametarski definirana krivulja, najčešće kvadratna ili kubna, slika 23. NURBS krivulja je zadana kontrolnim točkama, od kojih svaka ima koordinate i "težinu". Uopšeno, konstrukcijska krivulja se ponaša kao elastična nit, pri čemu kontrolne točke predstavljaju "magnete" čiji intenzitet ovisi o težini kontrolne točke.



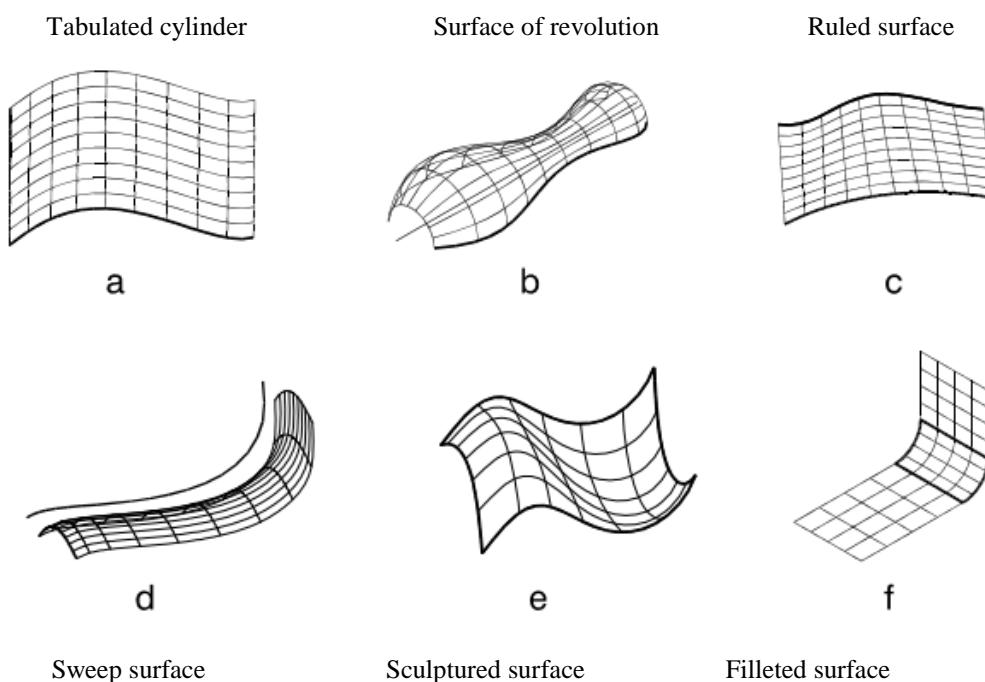
Slika 23. NURBS krivulja CAD modeliranja

Kvalitativne značajke NURBS konstrukcijskih krivulja su:

- Minimalni broj kontrolnih točaka jednak je redu konstrukcijske krivulje,
- Konstrukcijska krivulja prolazi kroz prvu i zadnju kontrolnu točku,
- Tangenta u prvoj točki prolazi drugom kontrolnom točkom,
- Tangenta u posljednjoj točki prolazi preposljednjom kontrolnom točkom i
- Više kontrolnih točaka s istim koordinatama smanjuje glatkoću krivulje.

6.6. Površinske prostorne krivulje unutar CAD-a

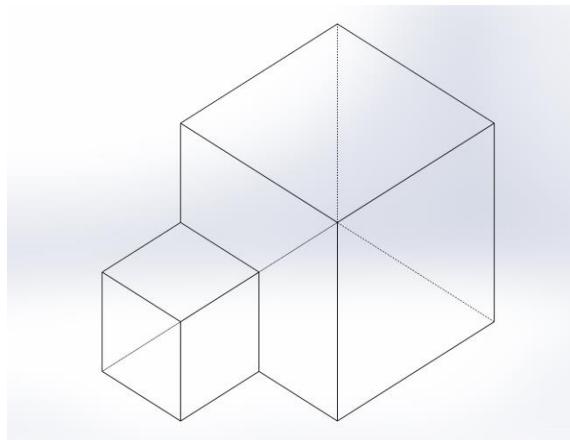
Najjednostavnije površinske prostorne krivulje su ravninske plohe. Složenije površine konstruiraju se projekcijom skupa krivulja po pravcu (*eng. Tabulated cylinder*) ili njihovom rotacijom oko središnje osi (*eng. Surface of revolution*). Složenije prostorne površine oblikuju se linearnom interpolacijom između dvije krivulje (*eng. Ruled surface*) ili gibanjem jedne krivulje po drugoj (*eng. Sweep surface*). Oblikovane površine generiraju se mrežom krivulja (*eng. Sculptured surface*). Krivulje su kubične i prostorne ne analitičke krivulje, spline krivulje i NURBS krivulje. Takve površine prikazane su mrežom segmenata, prostornih ploha, omeđenih krivuljama. Kvalitetniji računalni programski sustavi imaju mogućnost kreiranja spojnih površina između dviju prostorno bliskih površina (*eng. Fillet surface*), s određivanjem uvjeta tangentnosti i zakrivljenosti. Na slici 24. prikazani su neki od primjera površina u CAD modeliranju.



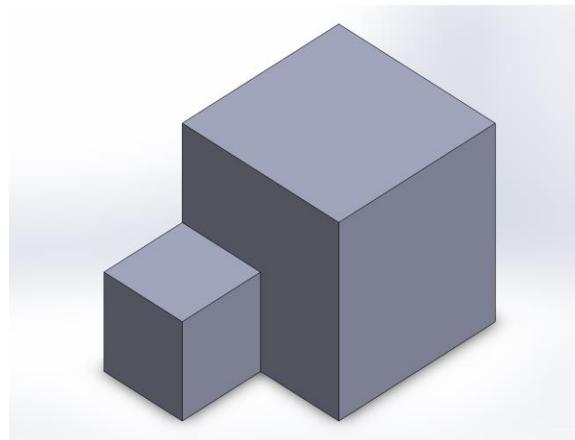
Slika 224. Primjeri površina u CAD modeliranju

2.1. Računalno 3D modeliranje – Primjer I

Model primjera - I, izvedbe i postupka računalnog 3D modeliranja, prikazan je perspektivno u svom prostornom žičanom modelu (*eng. wire frame*), na slici 1 i u punom (*eng. solid*) modelu, na slici 2.



Slika 1. Perspektivni žičani 3D model primjera I



Slika 2. Perspektivni puni 3D model primjera I

2.1.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa

1. Za pokretanje SolidWorks računalnog programa na radnoj površini potrebno je dva put lijevom tipkom miša kliknuti na ikonu: **SolidWorks 2018**.
2. Nakon otvaranja programa, slika 3., pojavit će se početna podloga SolidWorks-a, kao što je prikazano na slici 4.
3. Prije početka konstruiranja računalnim metodama 2D i 3D modeliranja potrebno je odabrati radnu površinu klikom na ikonu: **New (Ctrl+N)**.
4. Nakon toga pojavit će se izbornik programa kao što je prikazano na slici 5.



Slika 3. Pokretanje SolidWorks programa

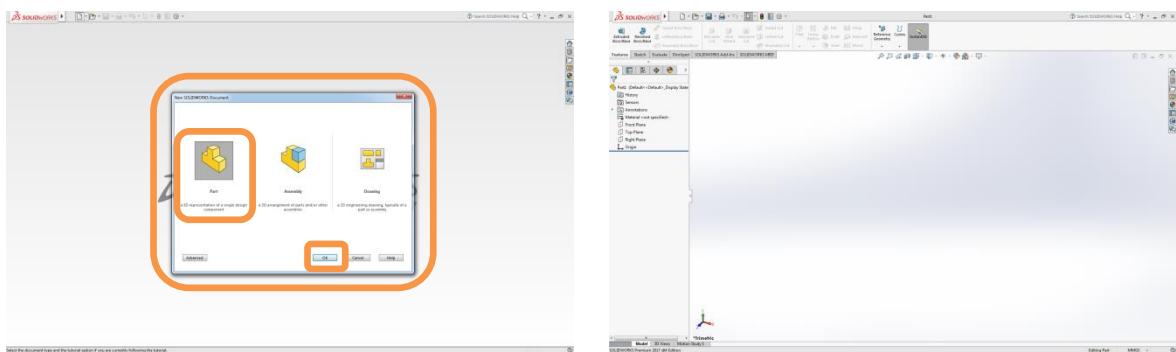


Slika 4. Početna podloga nakon pokretanja

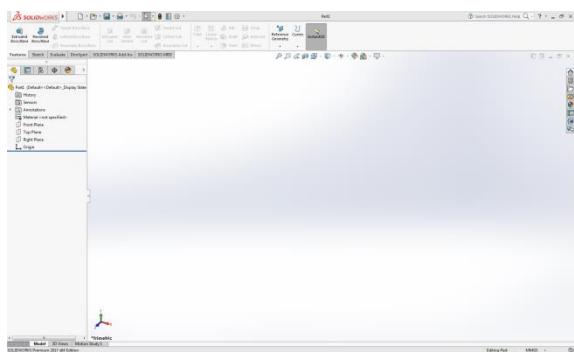
5. Kod odabira novog SolidWorks dokumenta odabrat će se sljedeće: **Part a 3D representation of a single design component**.



6. Kad je to odabранo klikne se na **OK** i nakon toga otvorit će se nova podloga za računalno modeliranje, spremna za rad, kao što je i prikazano na slici 6.



Slika 5. Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta



Slika 6. Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje

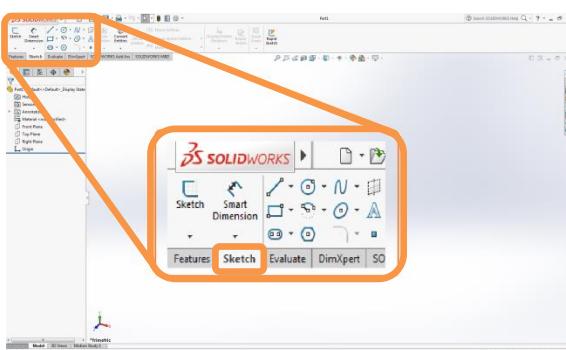
2.1.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer I

1. Odabere se set 2D konstrukcijskih značajki **Sketch**, vidljivo na slici 7.

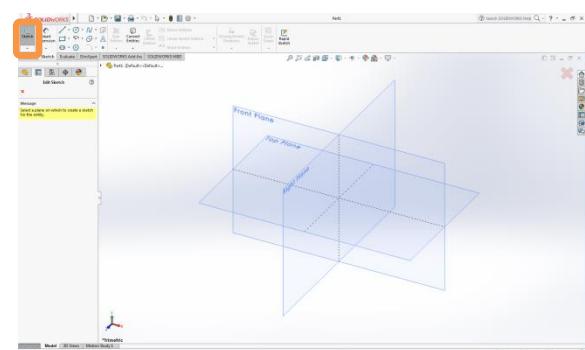


2. Nakon toga klikne se na 2D konstrukcijsku ikonu: **Sketch**.

3. Nakon čega se pojavljuje koordinatni 3D izborni sustav, kao što prikazuje slika 8.



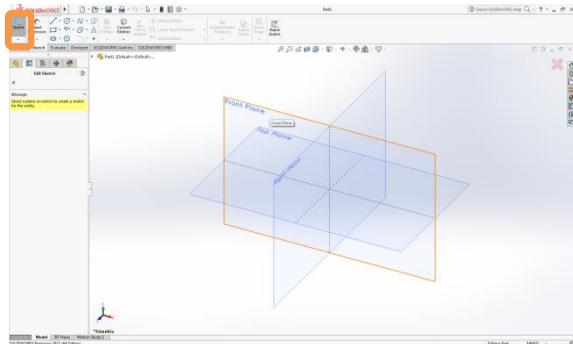
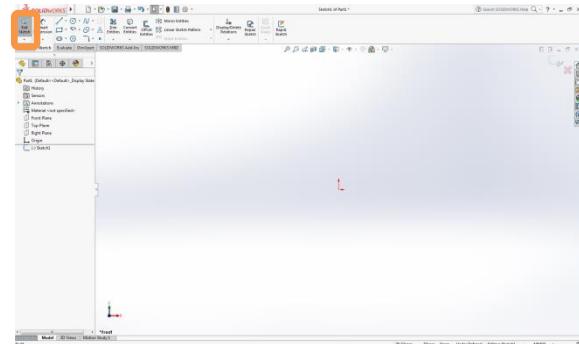
Slika 7. Provjedba ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch



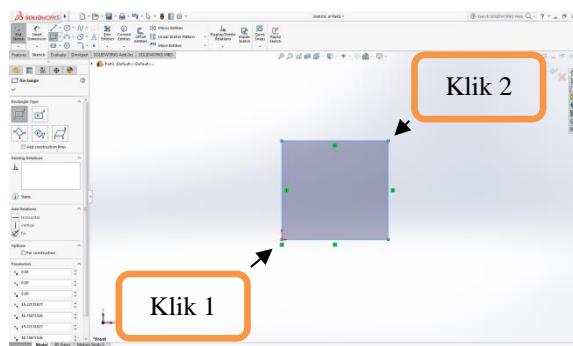
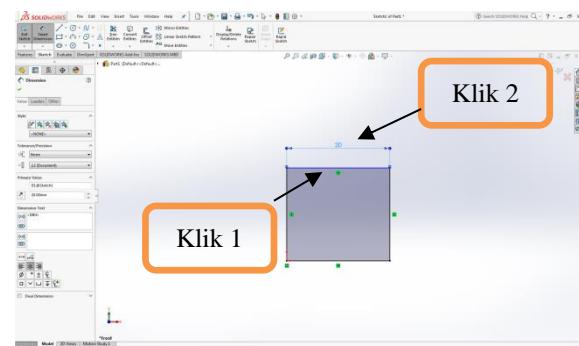
Slika 8. 3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spremen za računalno modeliranje

4. Mišem se dolazi do 3D koordinatnog izbornog sustava na kojem piše **Front Plane**. Kad se taj dio koordinatnog sustava označi i uokviri narančastom bojom (vidljivo na slici 9.), klikom lijeve tipke miša odabire se **Front Plane**.

5. Kad je odabran **Front Plane** pojavit će se prostor za računalno modeliranje kao na slici 10.

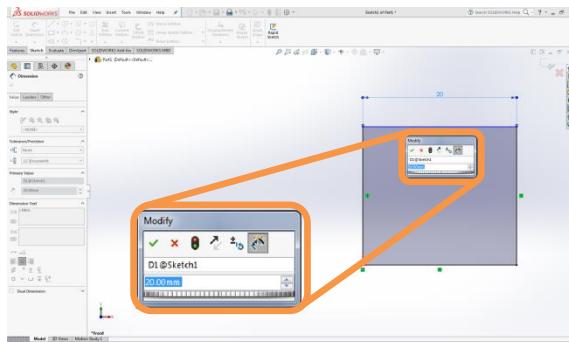
Slika 9. *Front Plane*Slika 10. *Prostor za računalno modeliranje*

6. Lijevom tipkom miša odabire se 2D konstrukcijska naredba: **Corner Rectangle** 
7. Nakon što je odabrana **Corner Rectangle** naredba, mišem se pozicionira središte na prostoru za modeliranje koje je označeno na način  . Prvo se klikne u središte, a nakon toga povlači desno gore kao što je prikazano na slici 11.
8. Kad je to izvršeno, potrebno je odrediti dimenzije stranica odabirom naredbe: **Smart Dimension** 
9. Dimenzioniranje stranica se vrši na način da se lijevom tipkom miša klikne na stranicu kojoj se želi odrediti dimenzija, povuče mišem prema gore i opet lijevom tipkom miša izvrši klik, postupak je prikazan slikom 12.

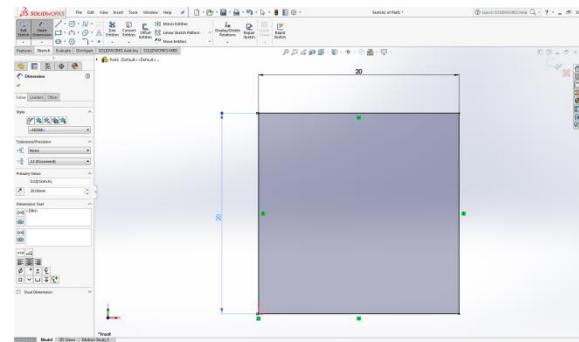
Slika 11. *Provjeda 2D konstrukcijske naredbe
Corner Rectangle*Slika 12. *Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje
stranica metamodela*

10. Nakon toga dvaput se lijevom tipkom miša klikne na brojčanu vrijednost trenutne dimenzije kako bi se ista izmijenila. Tada se pojavljuje izbornik u koji se upisuje željena dimenzija, u ovom primjeru 20 mm. Slika 13 prikazuje izbornik u koji se upisuje željena dimenzija.
11. Kad se upiše dimenzija stranice, potvrđi se sljedećom naredbom unutar tog izbornika:  . Na taj način se izmijeni dimenzija.

12. Potrebno je izmijeniti i drugu stranicu. To se vrši na identičan način kao i kod prve stranice, a dimenzija druge stranice u ovom primjeru također iznosi 20 mm. Dimenzioniranje druge stranice prikazano je slikom 14.

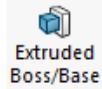


Slika 13. Prozor za upis željene dimenzije

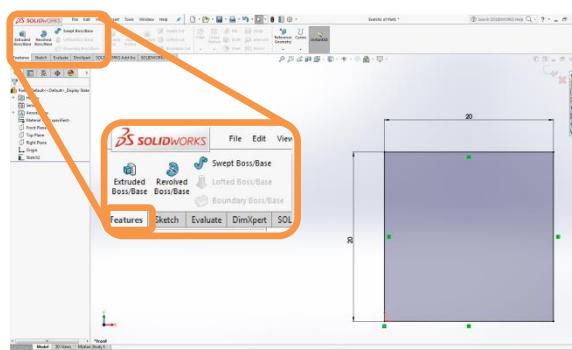


Slika 14. Dimenzioniranje druge stranice

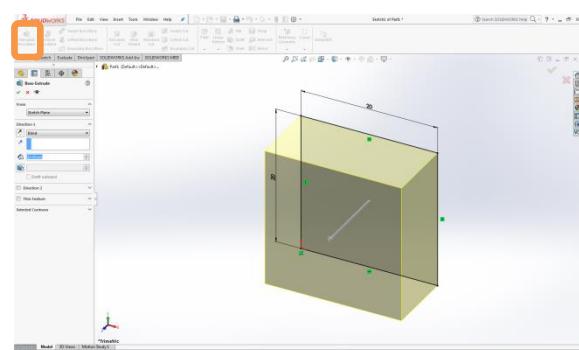
13. Nakon dimenzioniranja bira se naredba **Features**, kao što je prikazano na slici 15.



14. Sada se bira naredba **Extruded Boss/Base**. Nakon čega se pojavljuje treća prostorno konstrukcijska dimenzija kao što prikazuje slika 16.

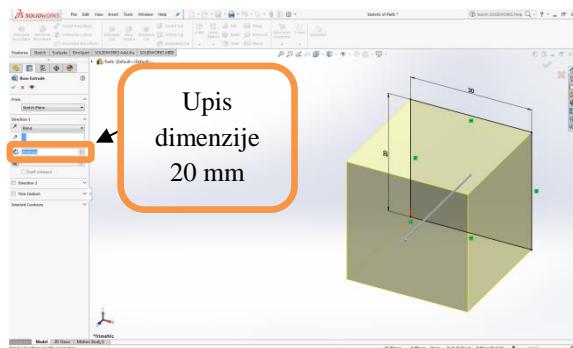


Slika 15. Provjeda prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

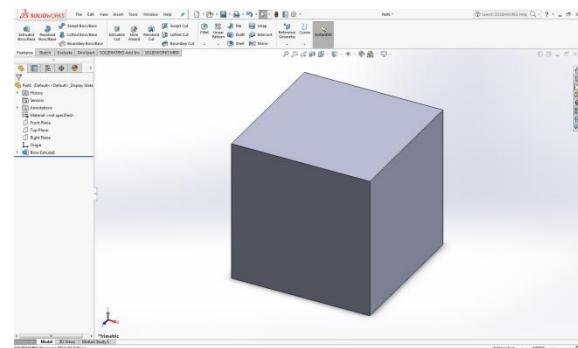


Slika 16. Pojavljivanje treće prostorne konstrukcijske dimenzije

15. Nakon toga potrebno je odrediti brojčanu vrijednost treće prostorno konstrukcijske dimenzije. U prostor **Depth** upisuje se brojčana vrijednost, u našem slučaju 20 mm. Postupak je prikazan slikom 17.
16. Nakon što je unutar panela unosa upisana željena dimenzija 20 mm, istu potvrdimo naredbom, lijevom tipkom miša na **OK ✓** u gornjem lijevom kutu zaslona.
17. Time smo konstruirali radni metamodel kocke sljedećih dimenzija; dužina 20 mm, širina 20 mm i visina 20 mm, kao što prikazuje slika 18.



Slika 17. Vrijednost treće prostorno konstrukcijske dimenzije (Depth)

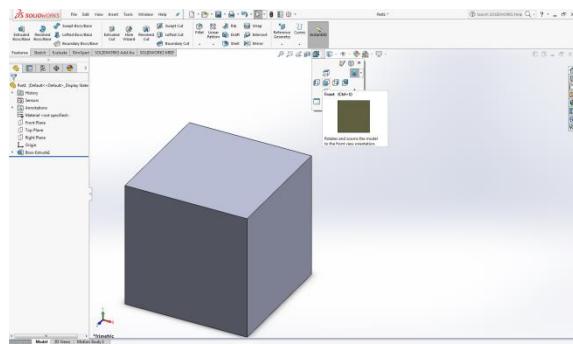


Slika 18. Konstrukcijski 3D izgled djelatnog metamodela

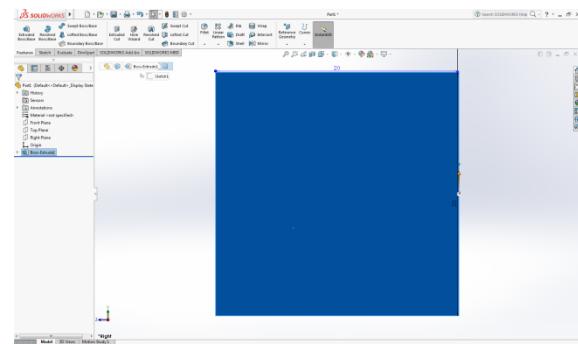
18. Okrenemo tijelo klikom na naredbu **View Orientation** . Nakon čega se pojavljuje prozor u kojem se bira **Front (Ctrl+1)** . Nakon tih naredbi djelatni metamodel će se zaokrenuti kao što je prikazano na slici 19.
19. Stranica modela se označi, klikom miša tako da poprimi plavu boju kao što je prikazano slikom 20. Tada



se ponovno klikne na **Sketch** .

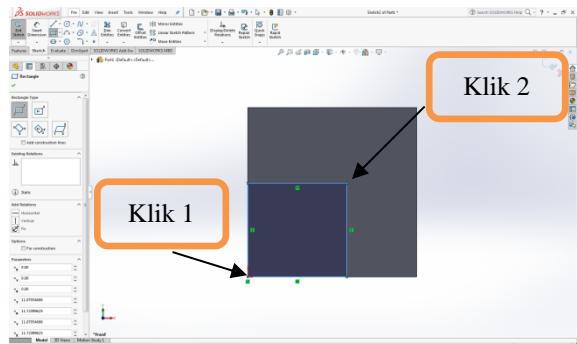


Slika 19. Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela

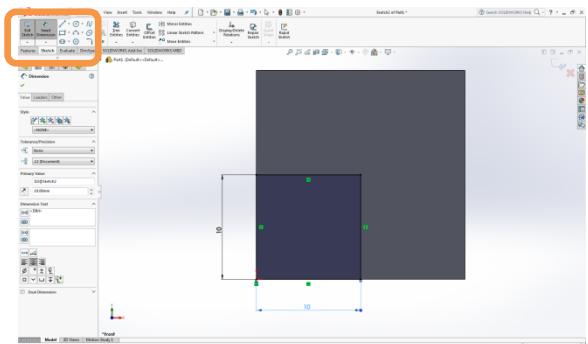


Slika 20. Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela

20. Lijevom tipkom miša odabire se sljedeća konstrukcijska 2D naredba: **Corner Rectangle** .
21. Pokazivačem miša se pozicionira u donji lijevi kut plohe koja gleda prema nama i pritisne se lijeva tipka miša, zatim se načini pokret mišem udesno gore i pritisne lijeva tipka miša. Na taj način dobiva se djelatni konstrukcijski 2D kvadrat kao što prikazuje slika 21.
22. Kad je to učinjeno, potrebno je odrediti dimenzije stranica odabirom naredbe: **Smart Dimension** .
23. Dimenzije manjeg kvadrata su; širina 10 mm i visina 10 mm, vidljivo na slici 22.

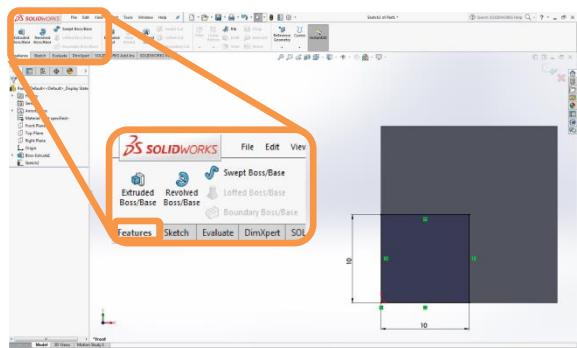


Slika 21. Konstruiranje djelatnog pravokutnika

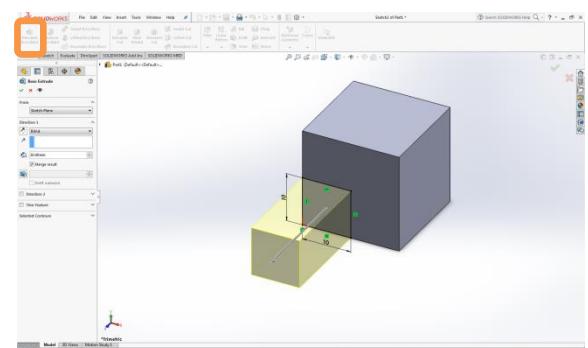


Slika 22. Dimenzioniranje djelatnog pravokutnika

24. Nakon dimenzioniranja bira se prostorna 3D naredba **Features**, kao što je prikazano na slici 23.
25. Sada se bira naredba **Extruded Boss/Base**. Nakon čega se pojavljuje treća prostorna dimenzija, kao što prikazuje slika 24.

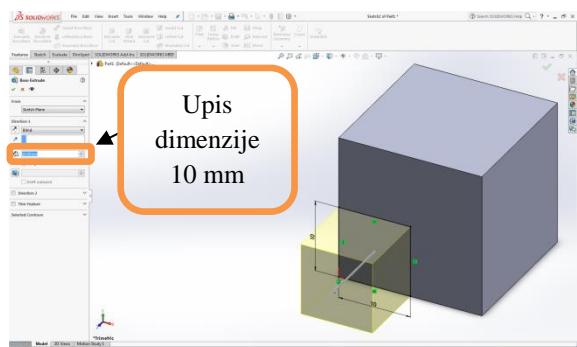


Slika 23. Provedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

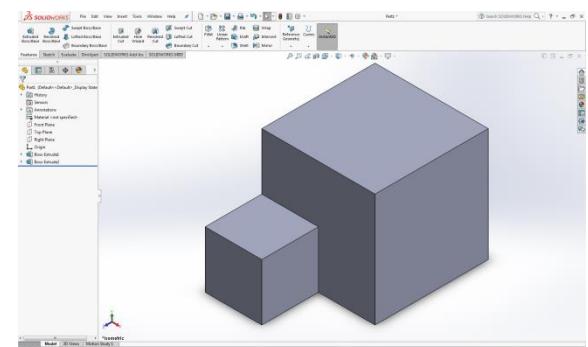


Slika 24. Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije

26. Nadalje potrebno je odrediti brojčanu vrijednost nove, treće prostorne dimenzije. U prostor **Depth** upisuje se brojčana vrijednost, u ovom primjeru 10 mm. Postupak je prikazan slikom 25.
27. Nakon što je unutar panela unosa, upisana željena dimenzija, 10 mm, ista se potvrđuje naredbu lijevom tipkom miša na **OK** ✓ u gornjem lijevom kutu.
28. Time je dobivena manja kocka sljedećih dimenzija; dužina 10 mm, širina 10 mm i visina 10 mm, a ujedno i sveukupni željeni konstrukcijski izgled Modela primjera I. Vidljivo sa slike 26.

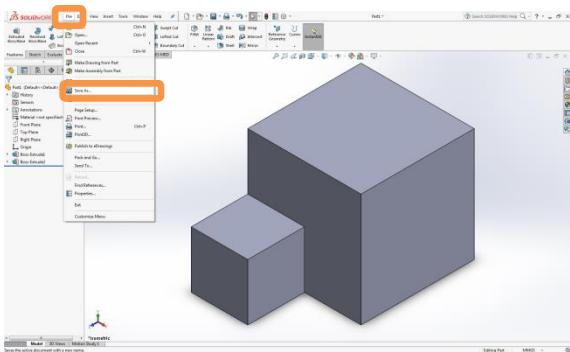


Slika 25. Vrijednost prostorne dimenzije (Depth)

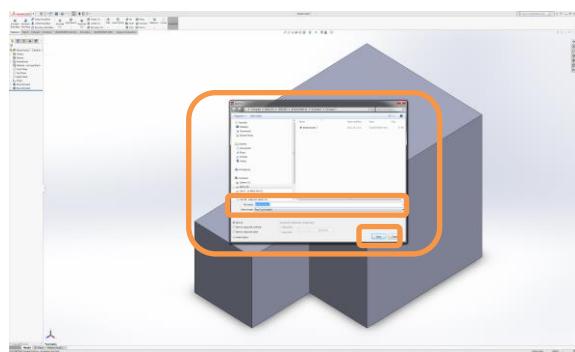


Slika 26. Željeni prostorni 3D konstrukcijski izgled

29. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, vidi sliku 27.
30. Nakon čega se otvara prozor gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upisuje se "**Model primjera I**" i na kraju odabire **Spremi**. Slikom 28. prikazan je postupak spremanja Modela primjera I.



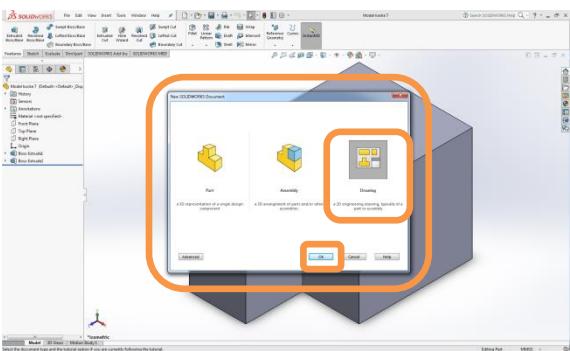
Slika 27. Opcija Save As



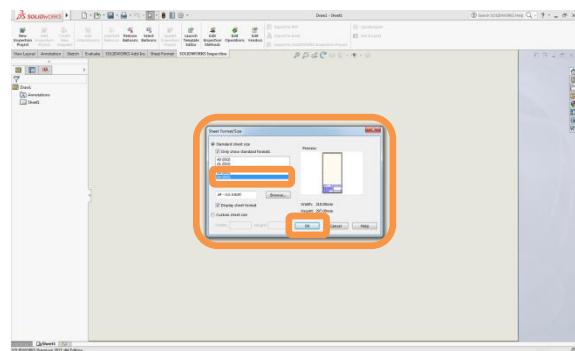
Slika 28. Spremanje Modela Primjera I

2.1.3. Računalna izrada tehničkog nacrta – Model primjer I

1. Nakon spremanja Modela primjera I bira se opcija **File**, kad se spusti prozor izbornika bira se opcija **New (Ctrl+N)** **New...**
2. Nakon toga otvara se novi izbornik **New SolidWorks Document**, gdje se odabire **Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidi sliku 29.
3. Pojavljuje se izbornik **Sheet Format/Size**, u kojem se bira **A4 (ISO)** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidljivo sa slike 30.

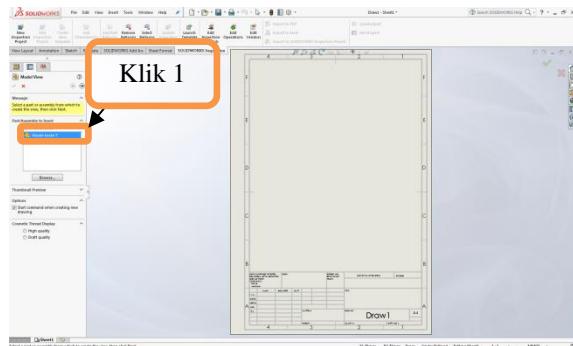


Slika 29. Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly

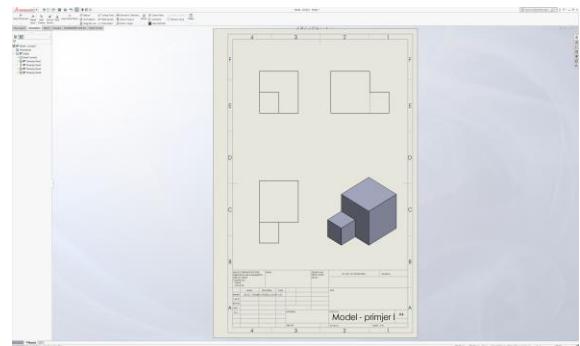


Slika 30. Sheet Format/Size → A4 (ISO)

4. Sada se u lijevom izborničkom prozoru **Part/Assembly to Insert** dva put klikne na dokument "**Model primjera I**", kao što je prikazano na slici 31.
5. Sada se model raspoređuje po A4 nacrtnom formatu i na taj način stvara se tehnički nacrt Modela primjera I. Lijevom tipkom miša i pokretima miša lijevo, desno, gore i dolje stvara se ispravan ISO tehnički crtež kao na slici 32.

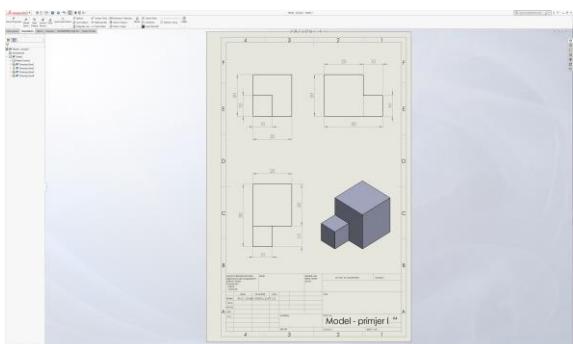


Slika 31. Odabir modela za stvaranje dvodimenzionalnog 2D tehničkog crteža

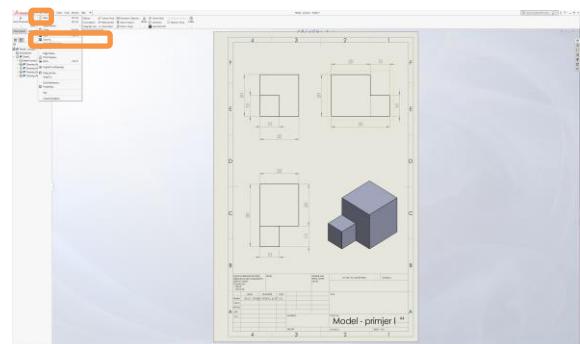


Slika 32. Dvodimenzionalni tehnički radni ISO standardizirani 2D crtež Modela primjera I

6. Nakon toga odabire se naredba: **Smart Dimension**.
7. Sada se iz nacrta virtualiziraju tehničke dimenzije tako da se klikne na odabranu dužinu i program nakon toga sam prikazuje dimenziju tražene dužine. Na taj način definiraju se i vizualiziraju sve dimenzije koje su potrebne za izradu Modela primjera I. Slika 33. prikazuje dimenzije Modela primjera I.
8. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, vidi sliku 34.

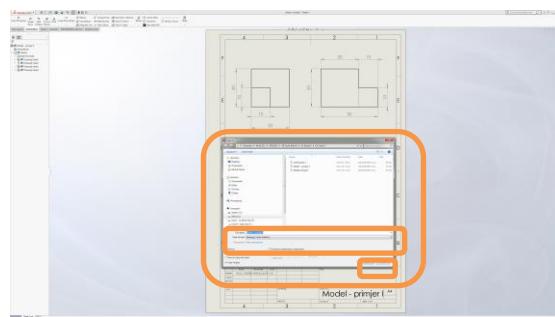


Slika 33. Dimenzije Modela primjera I



Slika 34. Opcija Save As

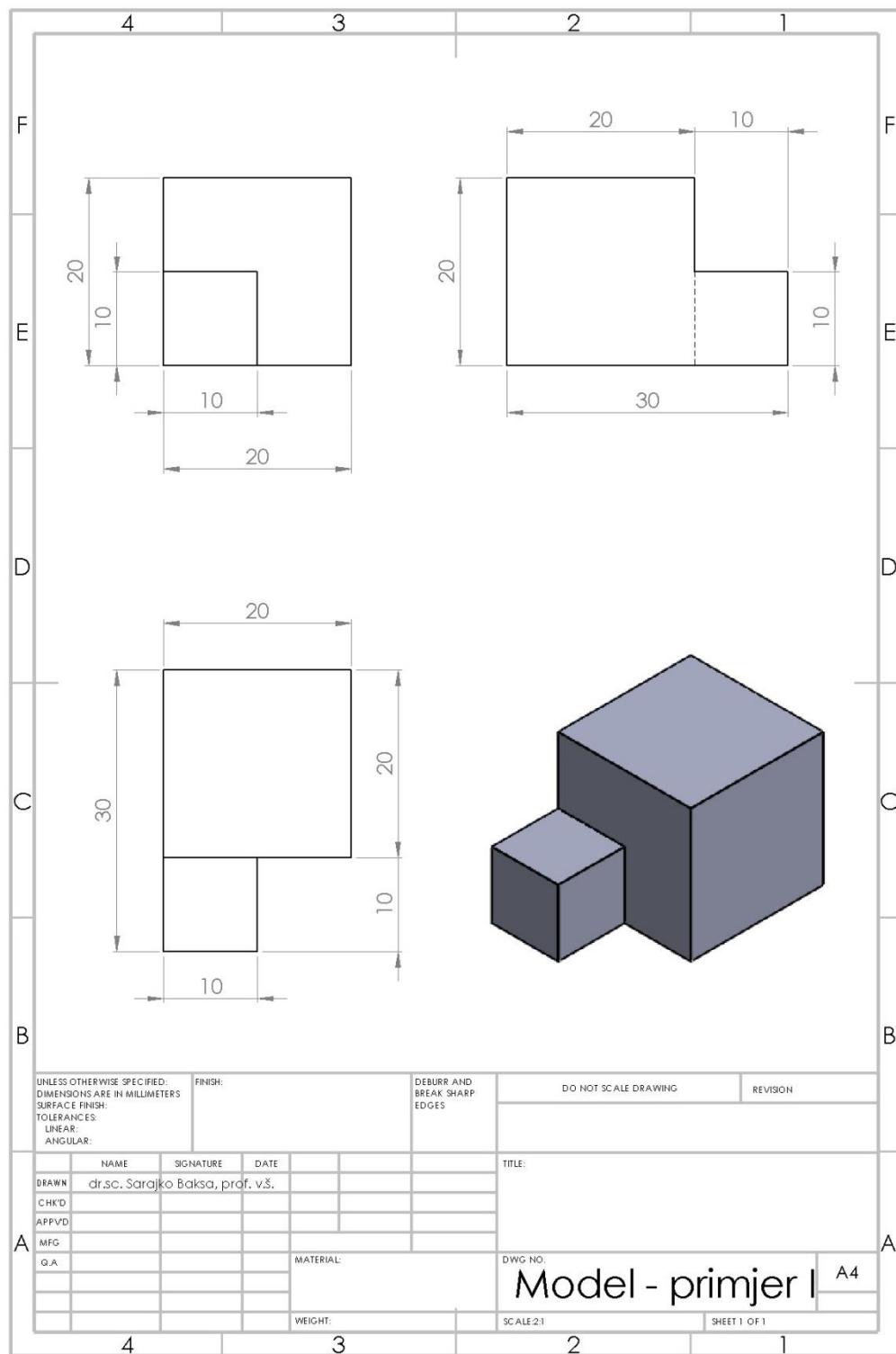
9. Zatim se otvara izbornički panel gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upiše se "Naziv Modela primjer I" i na kraju se pritisne **Spremi**. Slikom 35. prikazan je postupak spremanja tehničkog 2D crteža Modela primjer I.



Slika 35. Spremanje tehničkog 2D crteža Modela

10. Sada kada je tehnički nacrt Modela primjera I pohranjen unutar memorije računala može se izaći iz programa SolidWorks klikom na opciju: **Close**

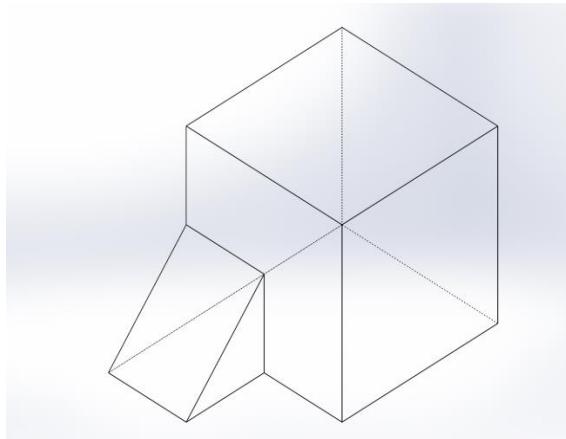
2.1.4. Tehnički nacrt: Model - Primjer I



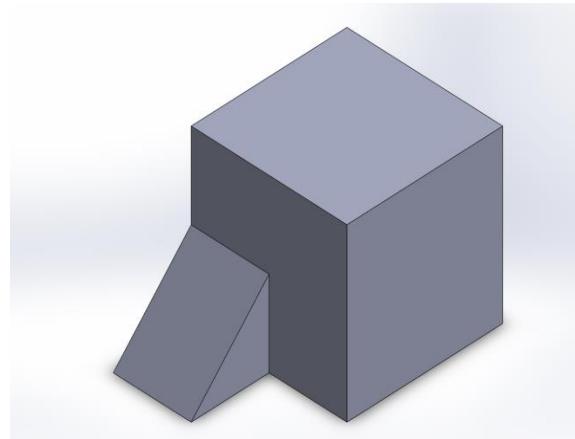
Slika 36. Tehnički nacrt Modela – Primjer I

2.2. Računalno 3D modeliranje – Primjer II

Model primjera - I, izvedbe i postupka računalnog 3D modeliranja, prikazan je perspektivno u svom prostornom žičanom modelu (*eng. wire frame*), na slici 1 i u punom (*eng. solid*) modelu, na slici 2.



Slika 1. Perspektivni žičani 3D model primjera II



Slika 2. Perspektivni puni 3D model primjera II

2.2.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa

7. Za pokretanje SolidWorks programa na radnoj površini potrebno je dva put lijevom tipkom miša kliknuti na ikonu: **SolidWorks 2018** .
8. Nakon otvaranja programa, slika 3., pojavit će se početna podloga SolidWorks-a, kao što je prikazano na slici 4.
9. Prije početka konstruiranja računalnim metodama 2D i 3D modeliranja potrebno je odabrati radnu površinu klikom na ikonu: **New (Ctrl+N)** .
10. Nakon toga pojavit će se izbornik kao što je prikazano na slici 5.



Slika 3. Pokretanje SolidWorks računalnog programa

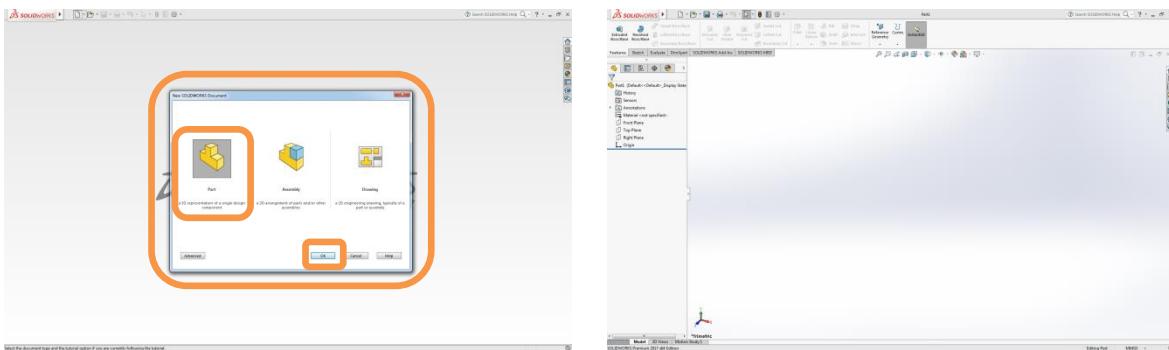


Slika 4. Početna podloga nakon pokretanja SolidWorks računalnog programa

11. Kod odabira novog SolidWorks dokumenta odabrat će se sljedeće: **Part a 3D representation of a single design component**.



12. Kad je to odabранo klikne se na **OK** i nakon toga otvorit će se nova podloga za računalno modeliranje, spremna za rad, kao što je i prikazano na slici 6.



Slika 5. Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta

Slika 6. Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje

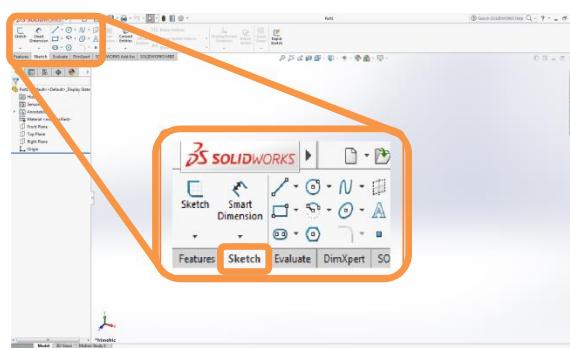
2.2.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer II

31. Odabere se set 2D konstrukcijskih značajki **Sketch**, vidljivo na slici 7.

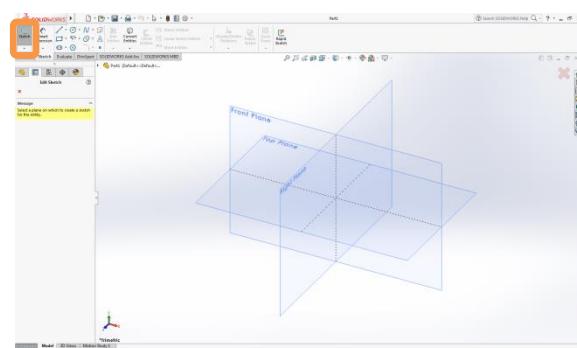


32. Nakon toga klikne se na 2D konstrukcijsku ikonu: **Sketch**.

33. Nakon čega se pojavljuje koordinatni 3D izborni sustav, kao što prikazuje slika 85.



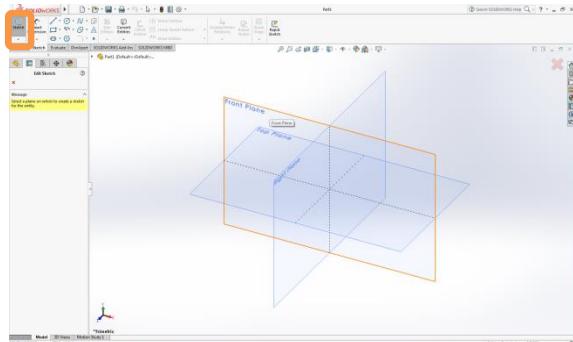
Slika 7. Provjedba ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch



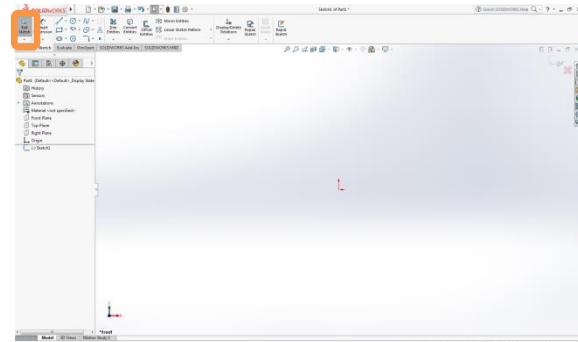
Slika 8. 3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spremen za računalno modeliranje

34. Mišem se dolazi do 3D koordinatnog izbornog sustava na kojem piše **Front Plane**. Kad se taj dio koordinatnog sustava označi i uokviri narančastom bojom (vidljivo na slici 9.), klikom lijeve tipke miša odabire se **Front Plane**.

35. Kad je odabran **Front Plane** pojavit će se prostor za računalno modeliranje kao na slici 10.



Slika 9. *Front Plane*



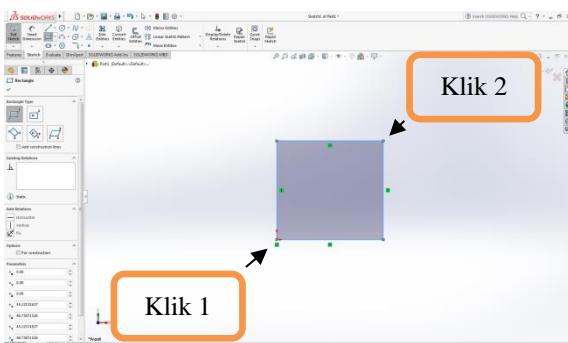
Slika 10. *Prostor za računalno modeliranje*

36. Lijevom tipkom miša odabire se 2D konstrukcijska naredba: **Corner Rectangle** .

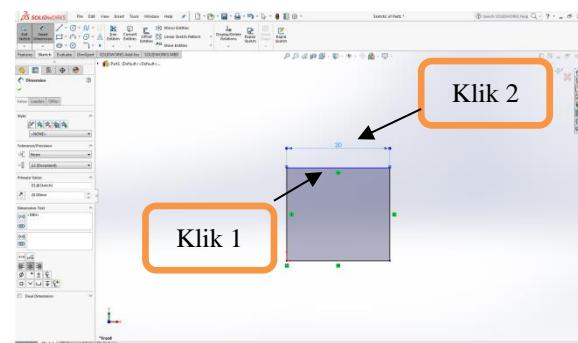
37. Nakon što je odabrana **Corner Rectangle** naredba, mišem se pozicionira središte na prostoru za modeliranje koje je označeno na način  . Prvo se klikne u središte, a nakon toga povlači desno gore kao što je prikazano na slici 11.

38. Kad je to izvršeno, potrebno je odrediti dimenzije stranica odabirom naredbe: **Smart Dimension** .

39. Dimenzioniranje stranica se vrši na način da se lijevom tipkom miša klikne na stranicu kojoj se želi odrediti dimenzija, povuče mišem prema gore i opet lijevom tipkom miša izvrši klik, postupak je prikazan slikom 12.



Slika 11. *Provjeda 2D konstrukcijske naredbe
Corner Rectangle*

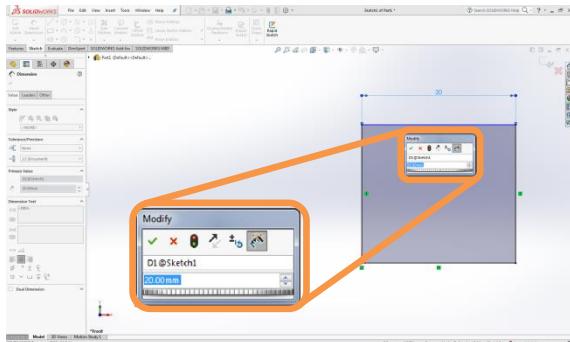


Slika 12. *Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje
stranica metamodela*

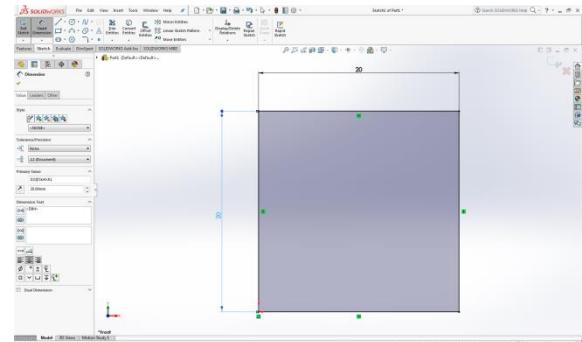
40. Nakon toga dvaput se lijevom tipkom miša klikne na brojčanu vrijednost trenutne dimenzije kako bi se ista izmjenila. Tada se pojavljuje izbornik u koji se upisuje željena dimenzija, u ovom primjeru 20 mm. Slika 13 prikazuje izbornik u koji se upisuje željena dimenzija.

41. Kad se upiše dimenzija stranice, potvrđi se sljedećom naredbom unutar tog izbornika:  . Na taj način se izmijeni dimenzija.

42. Potrebno je izmijeniti i drugu stranicu. To se vrši na identičan način kao i kod prve stranice, a dimenzija druge stranice u ovom primjeru također iznosi 20 mm. Dimenzioniranje druge stranice prikazano je slikom 14.

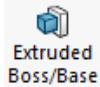


Slika 13. Prozor za upis željene dimenzije

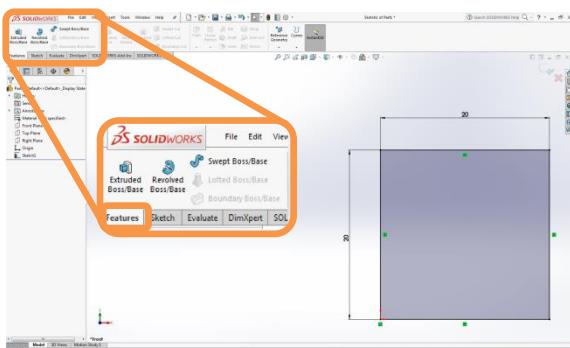


Slika 14. Dimenzioniranje druge stranice

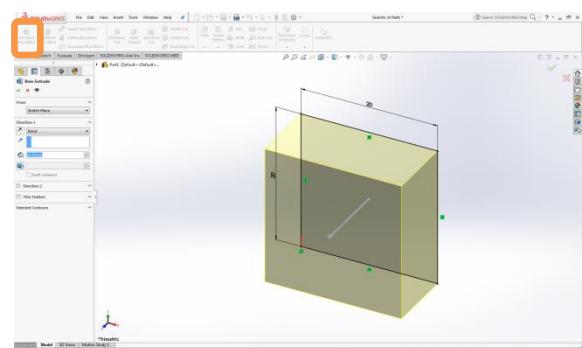
43. Nakon dimenzioniranja bira se naredba **Features**, kao što je prikazano na slici 15.



44. Sada se bira naredba **Extruded Boss/Base**. Nakon čega se pojavljuje treća prostorno konstrukcijska dimenzija kao što prikazuje slika 16.

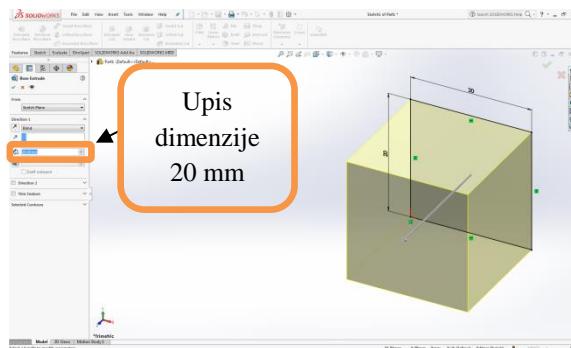


Slika 15. Provjeda prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

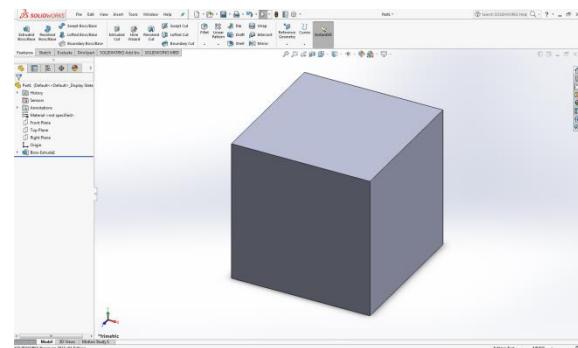


Slika 16. Pojavljivanje treće prostorne konstrukcijske dimenzije

45. Nakon toga potrebno je odrediti brojčanu vrijednost treće dimenzije. U prostor **Depth** upisuje se brojčana vrijednost, u našem slučaju 20 mm. Postupak je prikazan slikom 17.
46. Nakon što je upisana željena dimenzija 20 mm, istu potvrdimo naredbom, lijevom tipkom miša na **OK ✓** u gornjem lijevom kutu zaslona monitora.
47. Time smo konstruirali kocku sljedećih dimenzija; dužina 20 mm, širina 20 mm i visina 20 mm, kao što prikazuje slika 18.

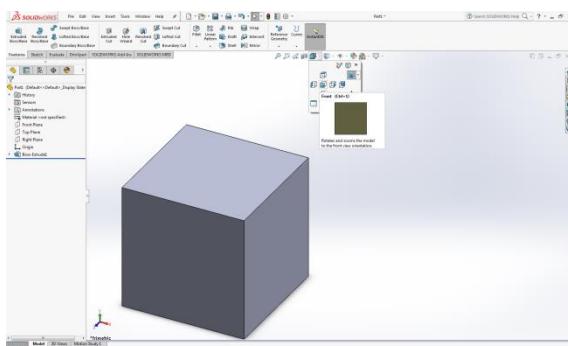


Slika 17. Vrijednost treće prostorno konstrukcijske dimenzije (Depth)

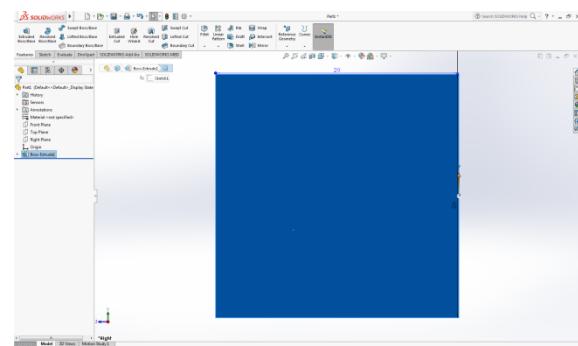


Slika 18. Konstrukcijski 3D izgled djelatnog metamodela

48. Okrenemo tijelo klikom na naredbu **View Orientation** . Nakon čega se pojavljuje prozor u kojem se bira **Front (Ctrl+1)** . Nakon tih naredbi model će se zaokrenuti kao što je prikazano na slici 19.
49. Stranica modela se označi, klikom miša tako da poprimi plavu boju kao što je prikazano slikom 20. Tada se ponovno klikne na **Sketch** .

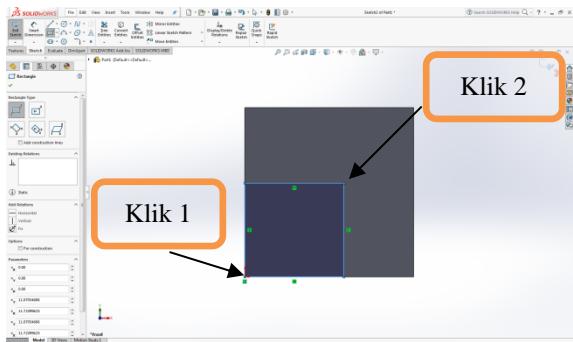


Slika 19. Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela

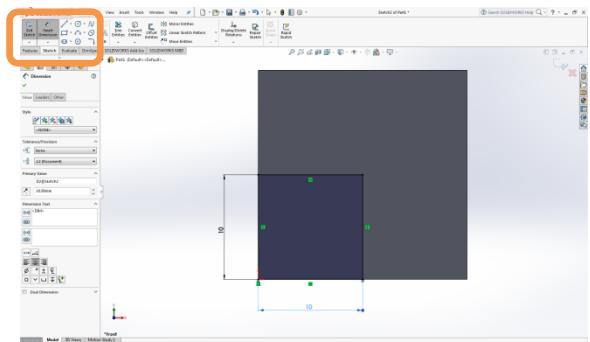


Slika 20. Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela

50. Lijevom tipkom miša odabire se sljedeća konstrukcijska 2D naredba: **Corner Rectangle** .
51. Pokazivačem miša se pozicionira u donji lijevi kut plohe koja gleda prema nama i pritisne se lijeva tipka miša, zatim se načini pokret mišem udesno gore i pritisne lijeva tipka miša. Na taj način dobiva se kvadrat kao što prikazuje slika 21.
52. Kad je to učinjeno, potrebno je odrediti dimenzije stranica odabiranjem naredbe: **Smart Dimension** .
53. Dimenziije manjeg djelatnog konstrukcijskog 2D kvadrata su; širina 10 mm i visina 10 mm, vidljivo na slici 22.

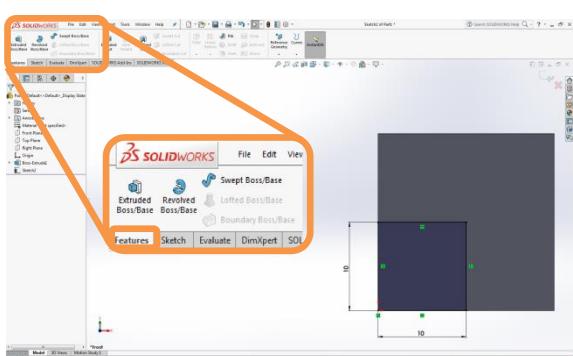


Slika 21. Crtanje djelatnog konstrukcijskog 2D kvadrata



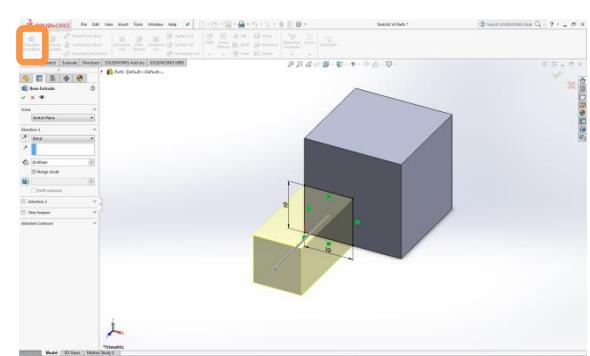
Slika 22. Dimenzioniranje djelatnog konstrukcijskog 2D kvadrata

54. Nakon dimenzioniranja bira se naredba **Features**, kao što je prikazano na slici 23.



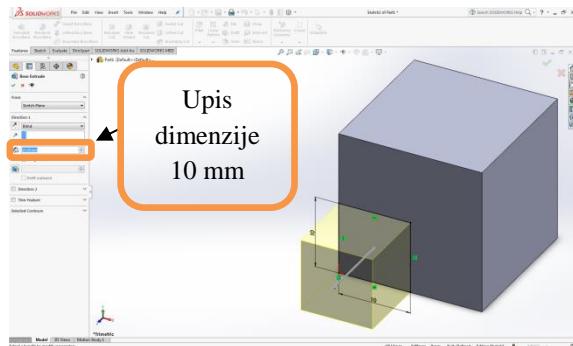
Slika 23. Provđenje prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

55. Sada se bira naredba **Extruded Boss/Base** . Nakon čega se pojavljuje treća prostorna dimenzija, kao što prikazuje slika 24.

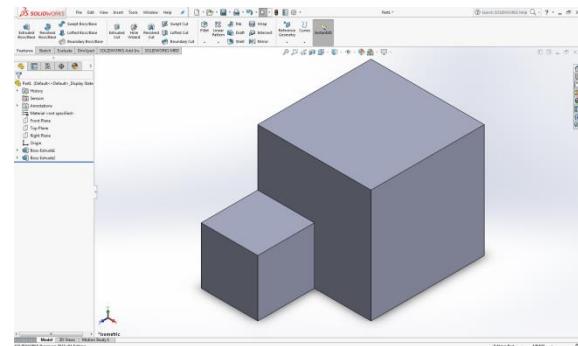


Slika 24. Pojavljivanje treće prostorne konstrukcijske dimenzije

56. Nadalje potrebno je odrediti brojčanu vrijednost nove, treće prostorne dimenzije. U prostor **Depth** upisuje se brojčana vrijednost, u ovom primjeru 10 mm. Postupak je prikazan slikom 25.
57. Nakon što je upisana željena dimenzija, 10 mm, ista se potvrđuje naredbu lijevom tipkom miša na **OK** ✓ u gornjem lijevom kutu.
58. Time je dobivena manja kocka sljedećih dimenzija; dužina 10 mm, širina 10 mm i visina 10 mm, a ujedno i sveukupni željeni konstrukcijski izgled Modela primjera II. Vidljivo sa slike 26.

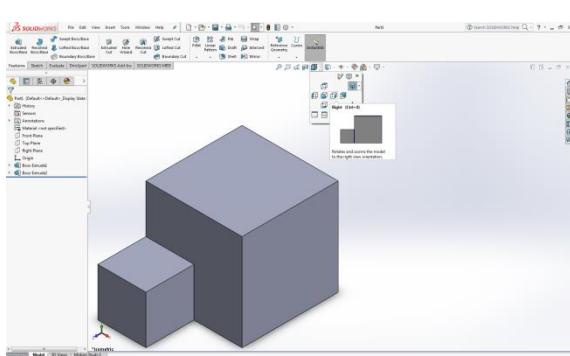


Slika 25. Vrijednost treće prostorno konstrukcijske dimenzije (Depth)

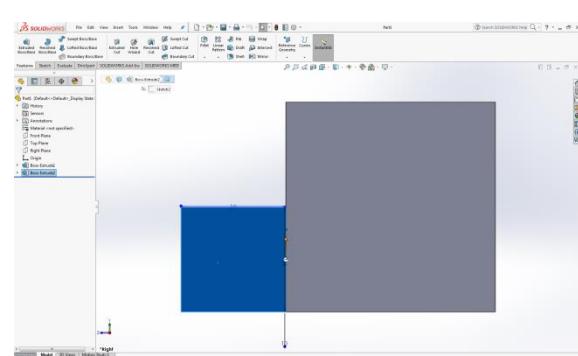


Slika 26. Željeni izgled razvojnog 3D konstrukcijskog modela

59. Model primjera II se prostorno okreće klikom na naredbu **View Orientation** . Tada se prikazuje izborni panel u kojem se bira **Right (Ctrl+4)** . Nakon slijeda naredbi djelatni metamodel konstrukcije će se zaokrenuto pozicionirati kao što je prikazano na slici 27.
60. Nadalje, označi se stranica manje kocke koja je okrenuta prema nama, klikom miša na način da poprimi plavu boju kao što je prikazano na slici 28. Tada je potrebno opetovano kliknuti na komandu **Sketch** .

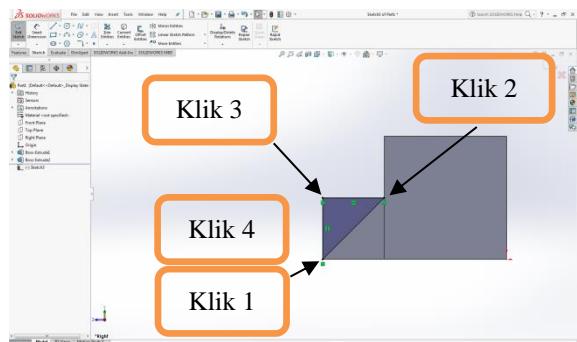


Slika 27. Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela

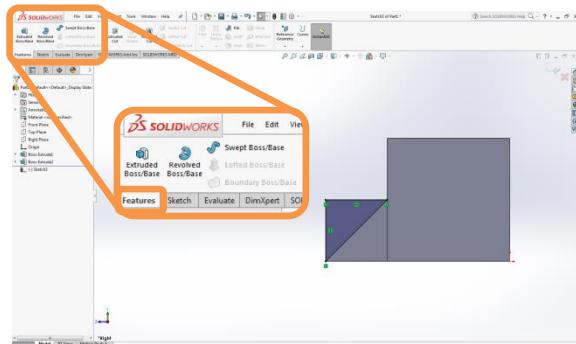


Slika 28. Označavanje 2D radne površine djelatnog metamodela

61. Nakon toga biramo se naredba: **Line (L)** .
62. Pokazivačem miša pozicionira se do donjeg lijevog kuta manjeg kvadrata i pritisne lijeva tipka miša, zatim se mišem napravi pokret gore desno i dode se do gornjeg desnog kuta manjeg kvadrata, nakon čega se pritisne lijeva tipka miša, nadalje učini se pokret lijevo i pritisne lijevu tipku miša, na kraju pokretom miša prema dolje spoji se linija s početnom točkom. Na taj način dobije se trokut kao što prikazuje slika 29.
63. Nakon toga bira se naredba **Features**, kao što je prikazano na slici 30.

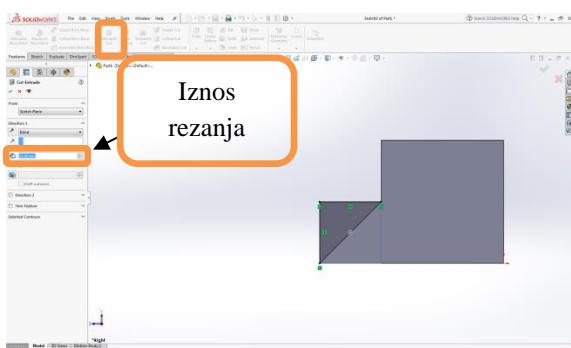


Slika 29. Konstruiranje 2D djelatnog metatrocata

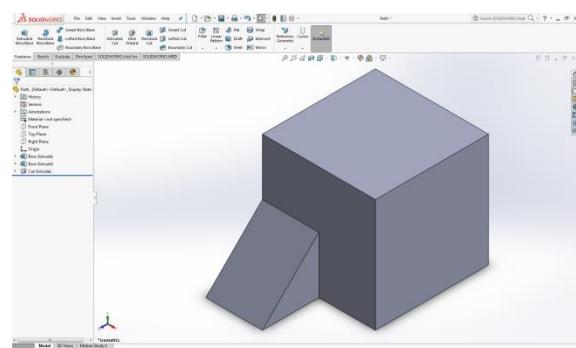


Slika 30. Provedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

64. Slijedi odabir naredbe: **Extruded Cut** i u prozor **Depth** upisuje se iznos rezanja dijela trokuta (u našem slučaju 10 mm). Postupak je prikazan slikom 31.
65. Kad se sve provjeri ova radnja se potvrđuje klikom na naredbu: **OK** ✓.
66. Tim postupkom dobiva se željeni izgled Modela – primjera II, kao što je prikazano na slici 32.

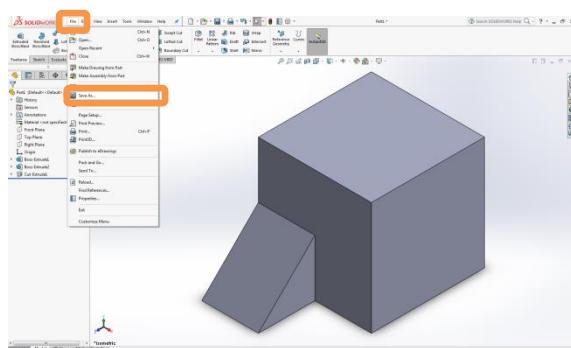


Slika 31. Provedba prostorne 3D značajke, naredbom Extruded Cut

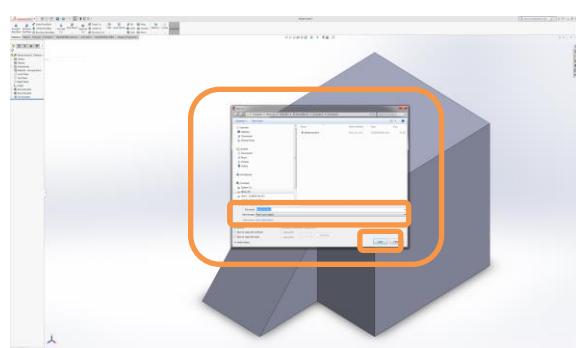


Slika 32. Željeni prostorni 3D konstrukcijski izgled Modela – primjer II

67. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, vidljivo sa slike 33.
68. Nadalje otvara se izbornik gdje se odabire opcija **Radna površina**, a u prostor **Naziv datoteke** upisuje se "**Model – Primjer II**" i na kraju se odabire **Spremi**. Slikom 34. prikazan je postupak spremanja Modela – Primjer II.

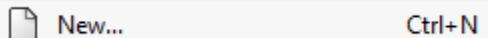


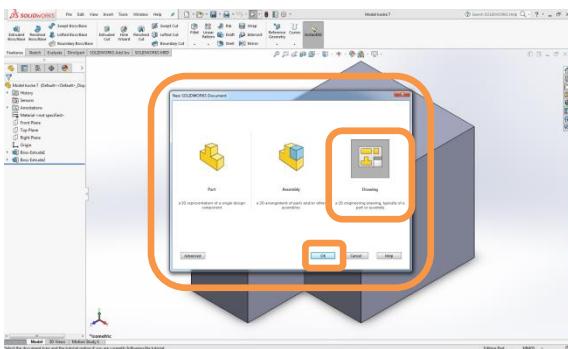
Slika 33. Opcija Save As



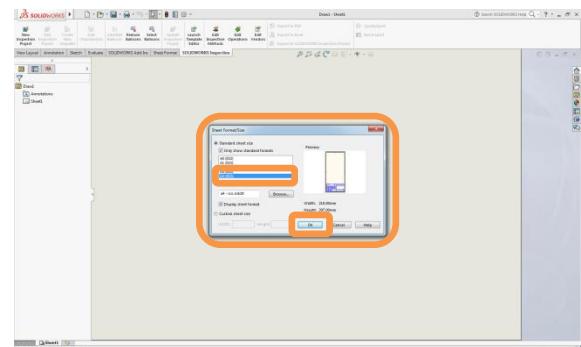
Slika 34. Spremanje Modela – Primjer II

2.2.3. Računalna izrada tehničkog nacrta – Model primjer II

11. Nakon spremanja Modela primjera II bira se opcija **File**, kad se spusti prozor izbornika bira se opcija **New (Ctrl+N)**  **Ctrl+N**
12. Nakon toga otvara se novi izbornik **New SolidWorks Document**, gdje se odabire **Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidi sliku 35.
13. Pojavljuje se prozor **Sheet Format/Size**, u kojem se bira **A4 (ISO)** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidljivo sa slike 36.

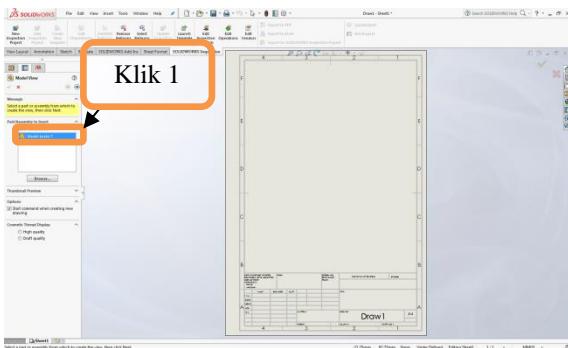


Slika 35. Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly

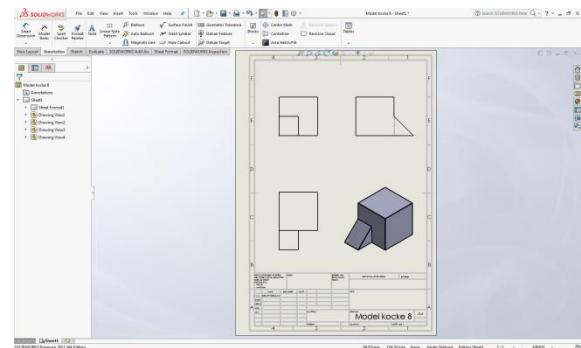


Slika 36. Sheet Format/Size → A4 (ISO)

14. Sada se u lijevom izborničkom prozoru **Part/Assembly to Insert** dva put klikne na dokument "**Model primjera II**", kao što je prikazano na slici 37.
15. Sada se model raspoređuje po A4 nacrtnom formatu i na taj način stvara se tehnički nacrt Modela primjera II. Lijevom tipkom miša i pokretima miša lijevo, desno, gore i dolje stvara se ispravan ISO tehnički crtež kao na slici 38.

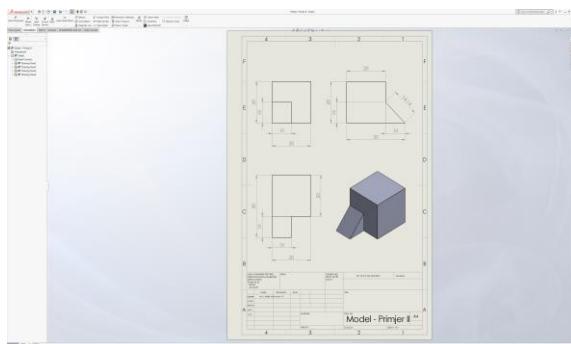


Slika 37. Odabir modela

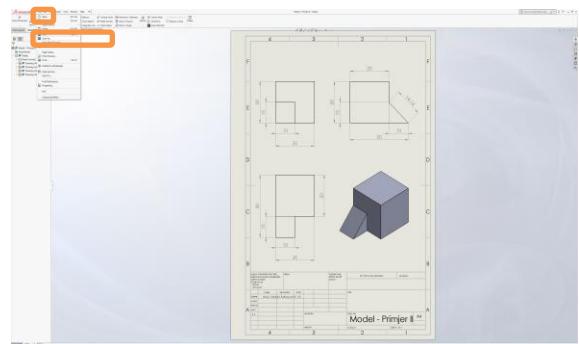


Slika 38. Dvodimenzionalni tehnički ISO crtež

16. Nakon toga odabire se naredba: **Smart Dimension**.
17. Sada se iz nacrta virtualiziraju tehničke dimenzije na način da se klikne na odabranu dužinu i program nakon toga sam prikazuje dimenziju tražene dužine. Na taj način definiraju se i vizualiziraju sve dimenzije koje su potrebne za izradu Modela primjera II. Slika 39. prikazuje dimenzije Modela primjera II.
18. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, vidi sliku 40.

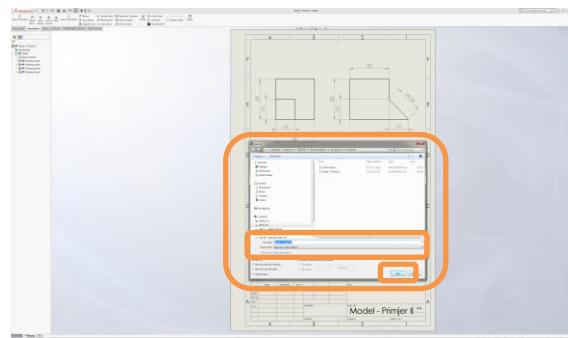


Slika 39. Dimenzije Modela primjera II



Slika 40. Opcija Save As

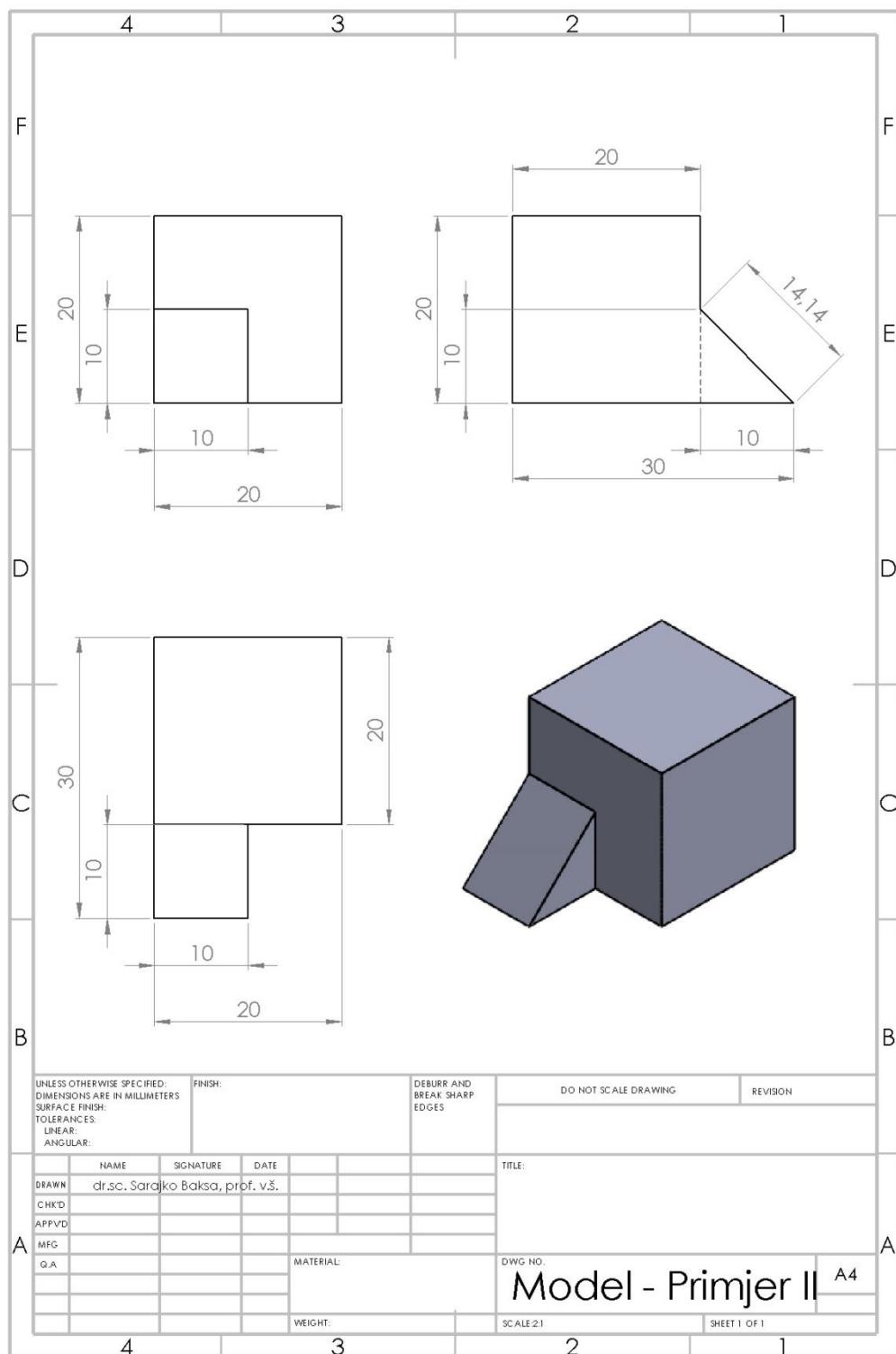
19. Zatim se otvara izbornički panel gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upiše se "**Nacrt Modela primjer I**" i na kraju se pritisne **Spremi**. Slikom 41. prikazan je postupak spremanja tehničkog 2D crteža Modela primjer II.



Slika 41. Spremanje tehničkog 2D crteža Modela

20. Sada kada je tehnički nacrt Modela primjera II pohranjen unutar memorije računala može se izaći iz programa SolidWorks klikom na opciju: **Close** .

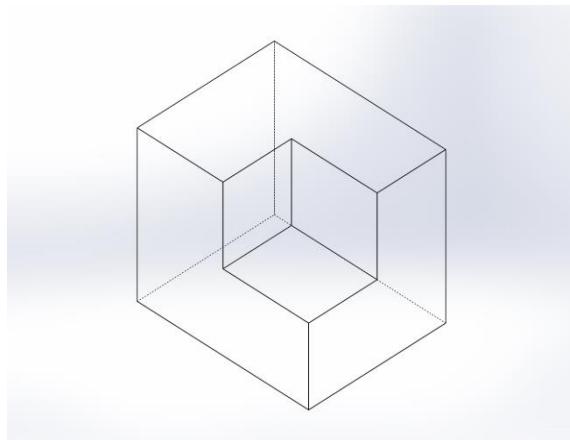
2.2.4. Tehnički nacrt: Model - Primjer II



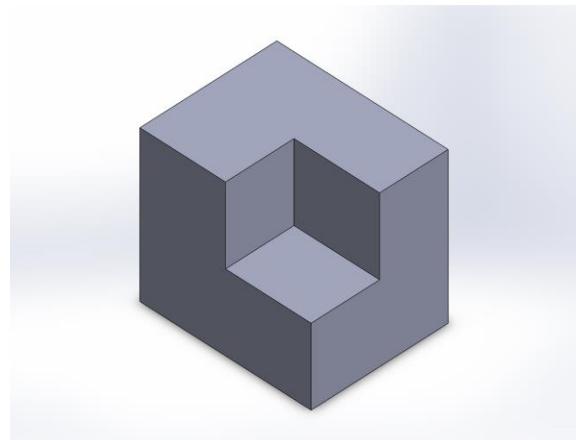
Slika 42. Tehnički nacrt Modela – Primjer II

2.3. Računalno 3D modeliranje – Primjer III

Model primjera - I, izvedbe i postupka računalnog 3D modeliranja, prikazan je perspektivno u svom prostornom žičanom modelu (*eng. wire frame*), na slici 1 i u punom (*eng. solid*) modelu, na slici 2.



Slika 1. Perspektivni žičani 3D model primjera III



Slika 2. Perspektivni puni 3D model primjera III

2.3.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa

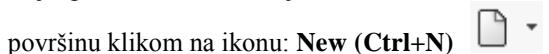
13. Za pokretanje SolidWorks programa na radnoj površini potrebno je dva put lijevom tipkom miša kliknuti



na ikonu: **SolidWorks 2018**

14. Nakon otvaranja programa, slika 3., pojavit će se početna podloga SolidWorks-a, slika 4.

15. Prije početka konstruiranja računalnim metodama 2D i 3D modeliranja potrebno je odabrati radnu



16. Nakon toga pojavit će se izbornik programa kao što je prikazano na slici 5.



Slika 3. Pokretanje SolidWorks računalnog programa

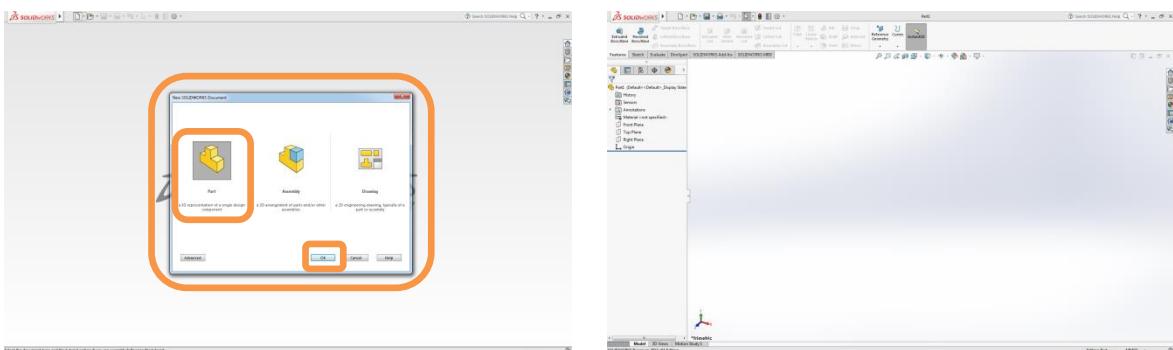


Slika 4. Početna podloga nakon pokretanja SolidWorks računalnog programa

17. Kod odabira novog SolidWorks dokumenta odabrat će se sljedeće: **Part a 3D representation of a single design component**.



18. Kad je to odabранo klikne se na **OK** i nakon toga otvorit će se nova podloga za računalno modeliranje, spremna za rad, kao što je i prikazano na slici 6.



Slika 5. Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta

Slika 6. Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje

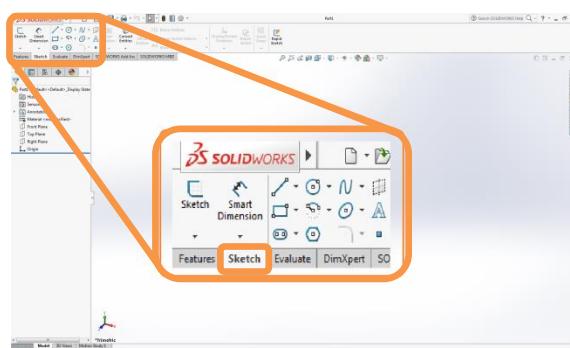
2.3.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer III

69. Odabere se set 2D konstrukcijskih značajki **Sketch**, vidljivo na slici 7.

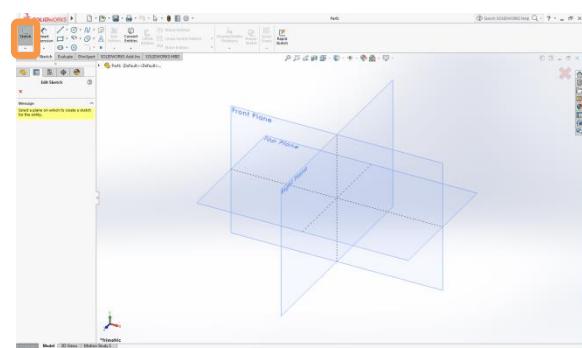


70. Nakon toga klikne se na 2D konstrukcijsku ikonu: **Sketch**.

71. Nakon čega se pojavljuje koordinatni 3D izborni sustav, kao što prikazuje slika 8.



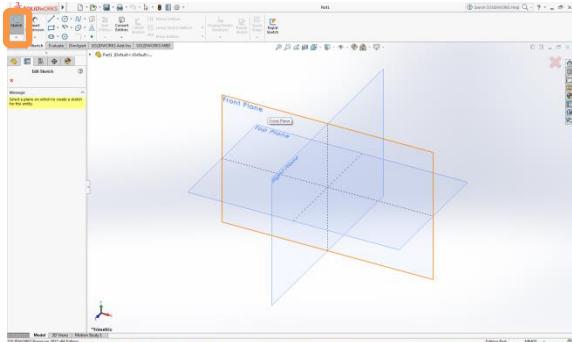
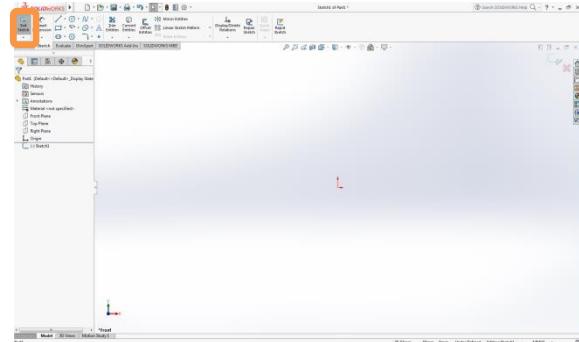
Slika 7. Provjedba ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch



Slika 8. 3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spremen za računalno modeliranje

72. Mišem se dolazi do 3D koordinatnog izbornog sustava na kojem piše **Front Plane**. Kad se taj dio koordinatnog sustava označi i uokviri narančastom bojom (vidljivo na slici 9.), klikom lijeve tipke miša odabire se **Front Plane**.

73. Kad je odabran **Front Plane** pojavit će se prostor za računalno modeliranje kao na slici 10.

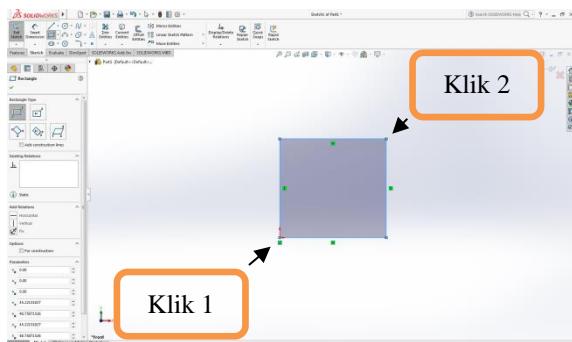
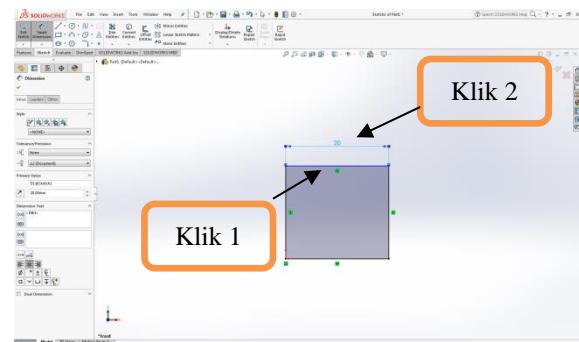
Slika 9. *Front Plane*Slika 10. *Prostor za računalno modeliranje*

74. Lijevom tipkom miša odabire se 2D konstrukcijska naredba: **Corner Rectangle** .

75. Nakon što je odabrana **Corner Rectangle** naredba, mišem se pozicionira središte na prostoru za modeliranje koje je označeno na način  . Prvo se klikne u središte, a nakon toga povlači desno gore kao što je prikazano na slici 11.

76. Kad je to izvršeno, potrebno je odrediti dimenzije stranica odabirom naredbe: **Smart Dimension** .

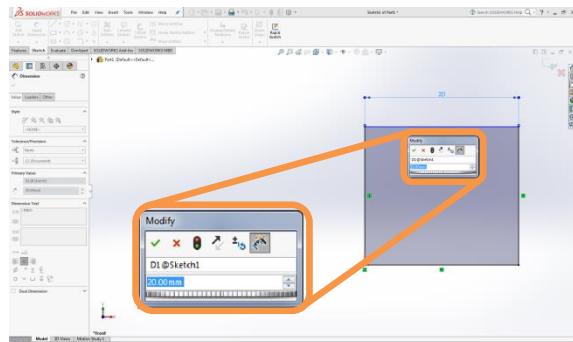
77. Dimenzioniranje stranica se vrši na način da se lijevom tipkom miša klikne na stranicu kojoj se želi odrediti dimenzija, povuče mišem prema gore i opet lijevom tipkom miša izvrši klik, postupak je prikazan slikom 12.

Slika 11. *Provjeda 2D konstrukcijske naredbe
Corner Rectangle*Slika 12. *Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje
stranica metamodela*

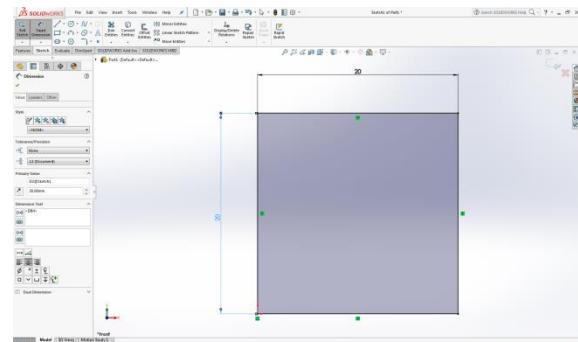
78. Nakon toga dvaput se lijevom tipkom miša klikne na brojčanu vrijednost trenutne dimenzije kako bi se ista izmjenila. Tada se pojavljuje izbornik u koji se upisuje željena dimenzija, u ovom primjeru 25 mm. Slika 13 prikazuje izbornik u koji se upisuje željena dimenzija.

79. Kad se upiše dimenzija stranice, potvrđi se sljedećom naredbom unutar tog izbornika:  . Na taj način se izmjeni dimenzija.

80. Potrebno je izmjeniti i drugu stranicu. To se vrši na identičan način kao i kod prve stranice, a dimenzija druge stranice u ovom primjeru iznosi 20 mm. Dimenzioniranje druge stranice prikazano je slikom 14.

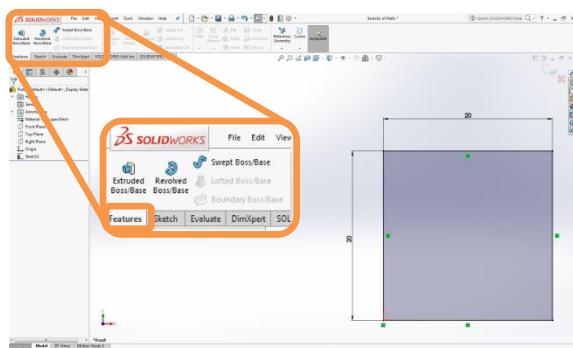


Slika 13. Prozor za upis željene dimenzije

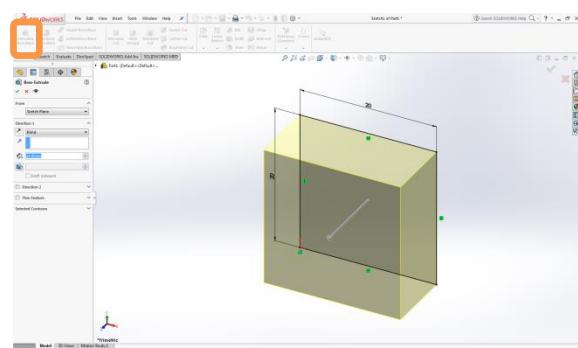


Slika 14. Dimenzioniranje druge stranice

81. Nakon dimenzioniranja bira se naredba **Features**, kao što je prikazano na slici 15.
82. Sada se bira naredba **Extruded Boss/Base**. Nakon čega se pojavljuje treća prostorno konstrukcijska dimenzija kao što prikazuje slika 16.

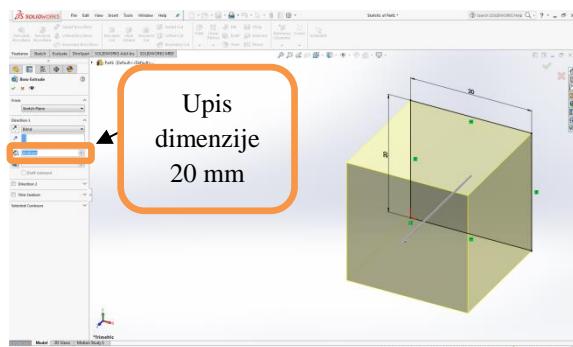


Slika 15. Provredba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

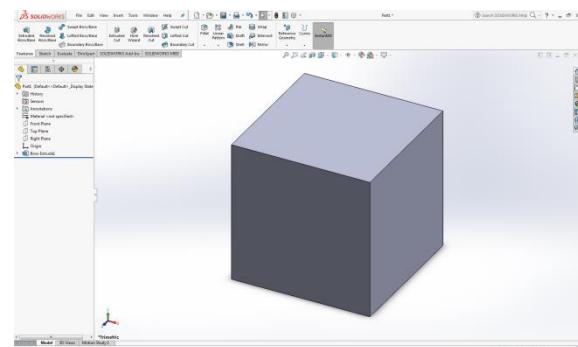


Slika 16. Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije

83. Nakon toga potrebno je odrediti brojčanu vrijednost treće prostorne dimenzije. U prostor **Depth** upisuje se brojčana vrijednost, u našem slučaju 20 mm. Postupak je prikazan slikom 17.
84. Nakon što je upisana željena dimenzija 20 mm, istu potvrdimo naredbom, lijevom tipkom miša na **OK** ✓ u gornjem lijevom kutu zaslona.
85. Time smo konstruirali radni metamodel kocke sljedećih dimenzija; dužina 25 mm, širina 20 mm i visina 20 mm, kao što prikazuje slika 18.

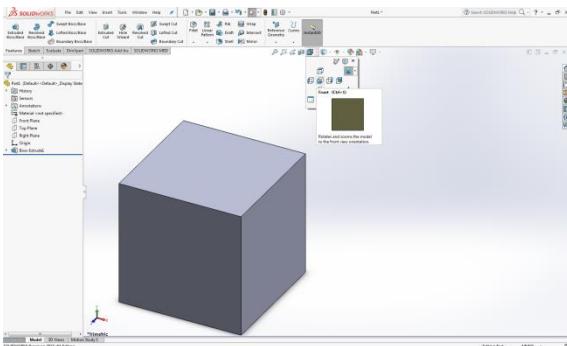


Slika 17. Vrijednost konstrukcijske dimenzije (Depth)

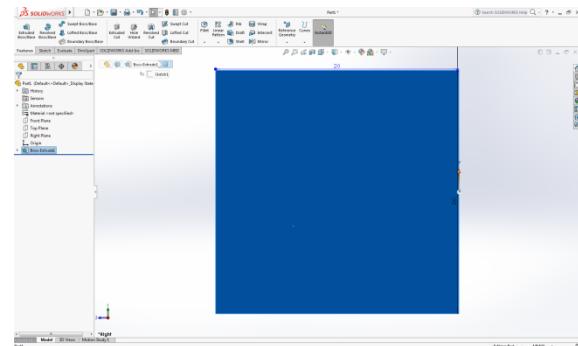


Slika 18. Konstrukcijski 3D izgled metamodata

86. Okrenemo tijelo klikom na naredbu **View Orientation**  . Nakon čega se pojavljuje prozor u kojem se bira **Front (Ctrl+1)**  . Nakon tih naredbi model će se zaokrenuti kao što je prikazano na slici 19.
87. Stranica modela se označi, klikom miša tako da poprimi plavu boju kao što je prikazano slikom 20. Tada se ponovno klikne na **Sketch**  .

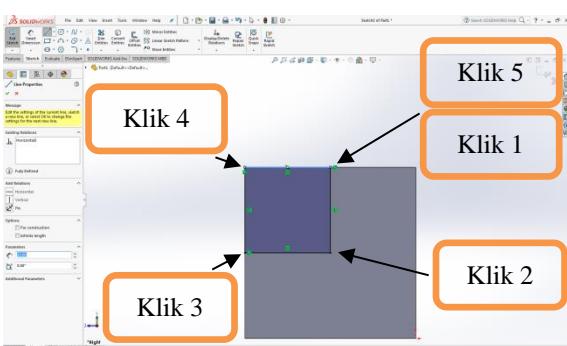


Slika 19. Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela

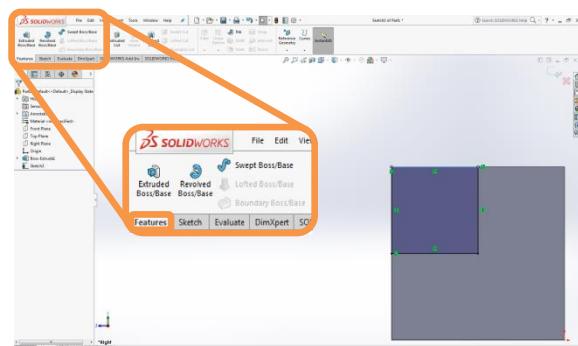


Slika 20. Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela

88. Nakon toga bira se naredba: **Line (L)**  .
89. Pozicijom miša kreće se po gornjem bridu na način da nam se prikaže sredina brida i kliknemo lijevu tipku miša, tada pozicijom miša načinimo pokret dolje do središta površine i ponovno kliknemo na lijevu tipku miša. Nakon toga idemo pozicijom miša do sredine lijevog brida i pritisnemo lijevu tipku miša, zatim pozicijom miša načinimo pokret prema gornjem lijevom kutu i pritisnemo lijevu tipku miša. U konačnici spojimo završnu liniju s početnom točkom. Na taj način dobiven je konstrukcijski kvadrat kao što prikazuje slika 21.
90. Nakon toga bira se naredba **Features**, kao što je prikazano na slici 22.

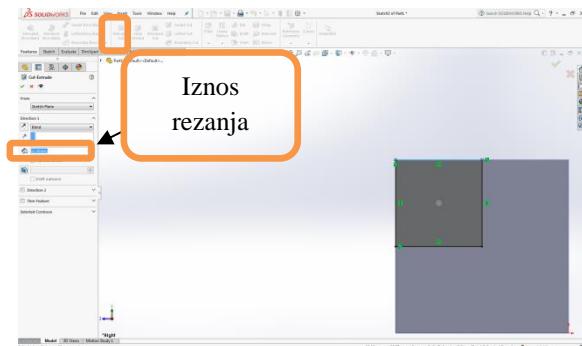


Slika 21. Konstruiranje 2D djelatnog kvadrata

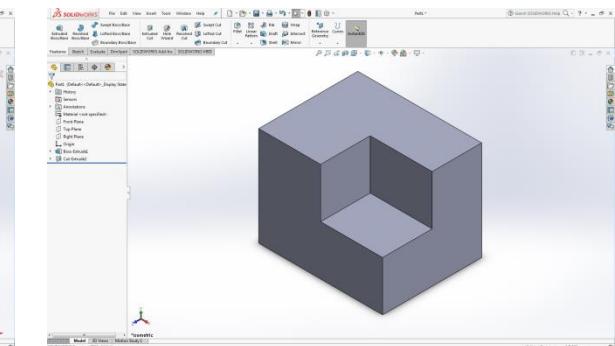


Slika 22. Provedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

91. Nadalje, odabire se naredba: **Extruded Cut** i u prozor **Depth** upisuje iznos rezanja dijela kvadrata (u našem slučaju 12,5 mm). Postupak je prikazan slikom 23.
92. Kad se sve provjeri ova radnja potvrđuje se klikom na naredbu: **OK** ✓.
93. Tim postupkom dobiven je željeni izgled Modela Primjera III, kao što je prikazano slikom 24.

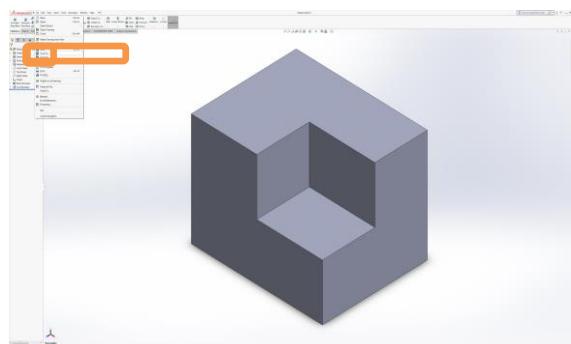


Slika 23. Provedba prostorne 3D značajke, naredbom *Extruded Cut*

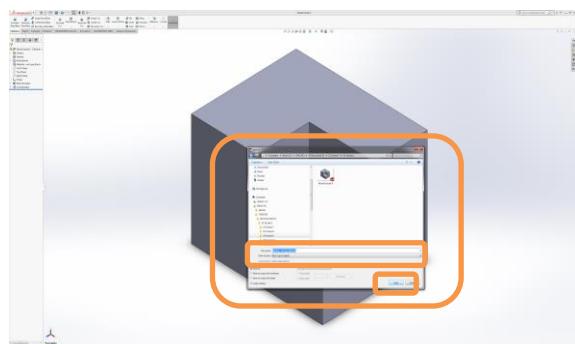


Slika 24. Željeni prostorni 3D konstrukcijski izgled Modela Primjera III

94. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, vidi sliku 25.
95. Nakon čega se otvara prozor gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upisuje se "**Model primjera III**" i na kraju odabire **Spremi**. Slikom 26. prikazan je postupak spremanja Modela.

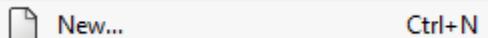


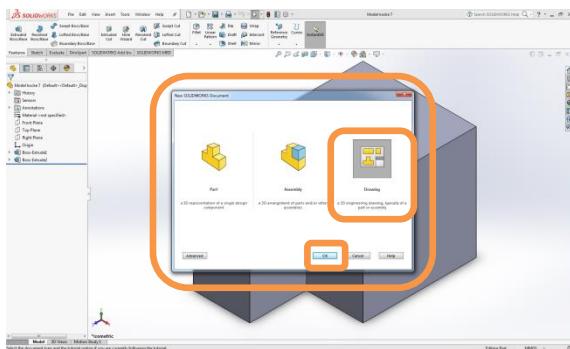
Slika 25. Opcija *Save As*



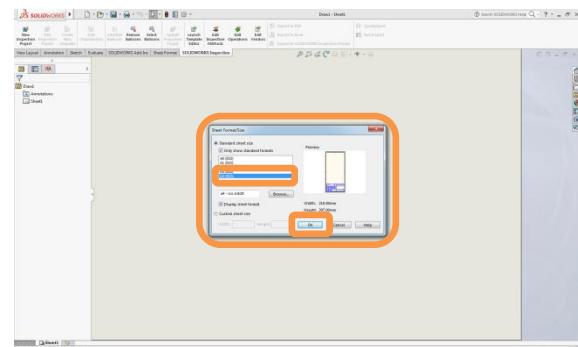
Slika 26. Spremanje Modela Primjera III

2.3.3. Računalna izrada tehničkog nacrta – Model primjer III

21. Nakon spremanja Modela primjera III bira se opcija **File**, kad se spusti prozor izbornika bira se opcija **New (Ctrl+N)**  **Ctrl+N**
22. Nakon toga otvara se novi izbornik **New SolidWorks Document**, gdje se odabire **Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidi sliku 27.
23. Pojavljuje se prozor **Sheet Format/Size**, u kojem se bira **A4 (ISO)** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidljivo sa slike 28.

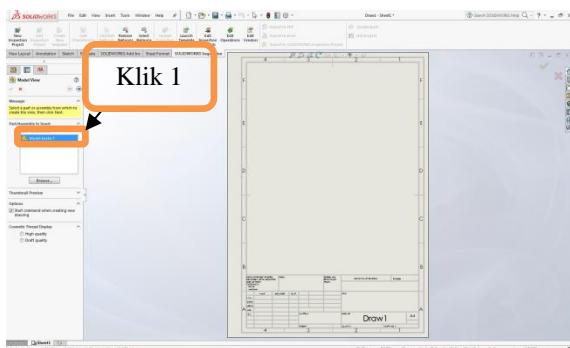


Slika 27. Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly

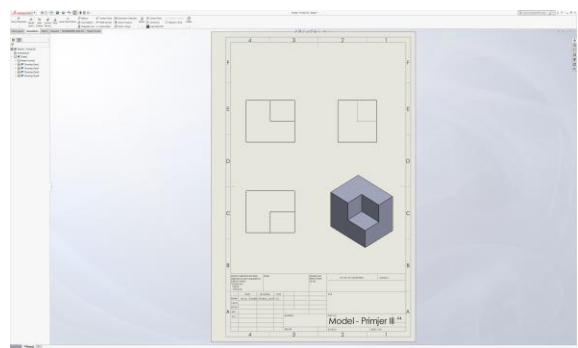


Slika 28. Sheet Format/Size → A4 (ISO)

24. Sada se u lijevom izborničkom prozoru **Part/Assembly to Insert** dva put klikne na dokument "**Model primjera III**", kao što je prikazano na slici 29.
25. Sada se model raspoređuje po A4 nacrtnom formatu i na taj način stvara se tehnički nacrt Modela primjera III. Lijevom tipkom miša i pokretima miša lijevo, desno, gore i dolje stvara se ispravan ISO tehnički crtež kao na slici 30.



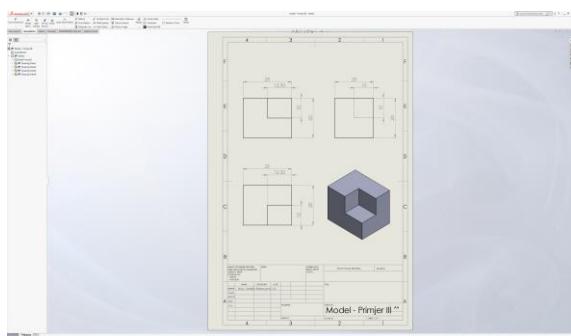
Slika 29. Odabir modela za stvaranje dvodimenzionalnog 2D tehničkog crteža



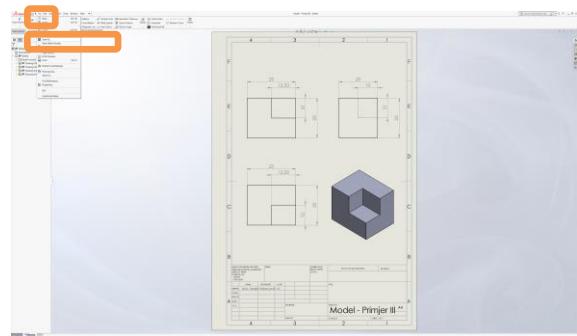
Slika 30. Dvodimenzionalni tehnički radni ISO standardizirani 2D crtež Modela primjera III

26. Nakon toga odabire se naredba: **Smart Dimension** 

27. Sada se iz nacrta virtualiziraju tehničke dimenzije tako da se klikne na odabranu dužinu i program nakon toga sam prikazuje dimenziju tražene dužine. Na taj način definiraju se i vizualiziraju sve dimenzije koje su potrebne za izradu Modela primjera III. Slika 31. prikazuje dimenzije Modela primjera III.
28. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, vidi sliku 32.

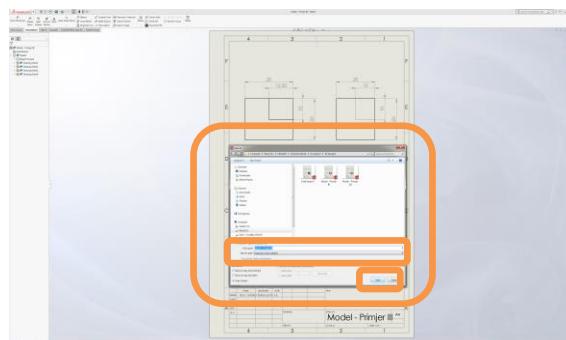


Slika 31. Dimenzije Modela primjera III



Slika 32. Opcija Save As

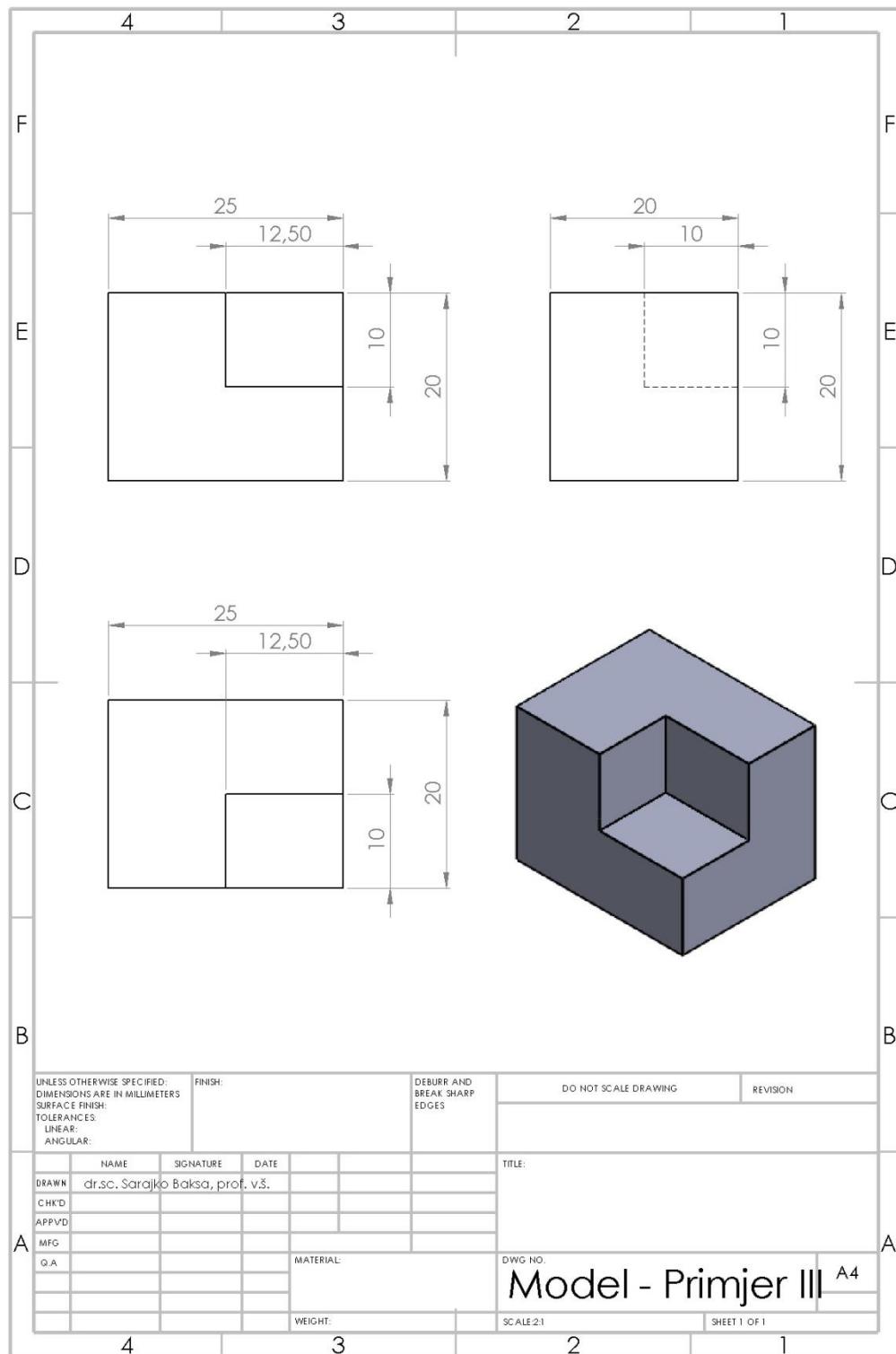
29. Zatim se otvara izbornički panel gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upiše se "Nacrt Modela primjer III" i na kraju se pritisne **Spremi**. Slikom 33. prikazan je postupak spremanja tehničkog 2D crteža Modela primjer III.



Slika 33. Spremanje tehničkog 2D crteža Modela primjera III

30. Sada kada je tehnički nacrt Modela primjera III pohranjen unutar memorije računala može se izaći iz programa SolidWorks klikom na opciju: **Close** .

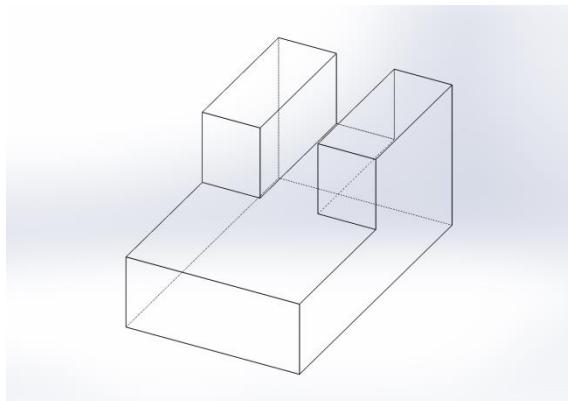
2.3.4. Tehnički nacrt: Model - Primjer III



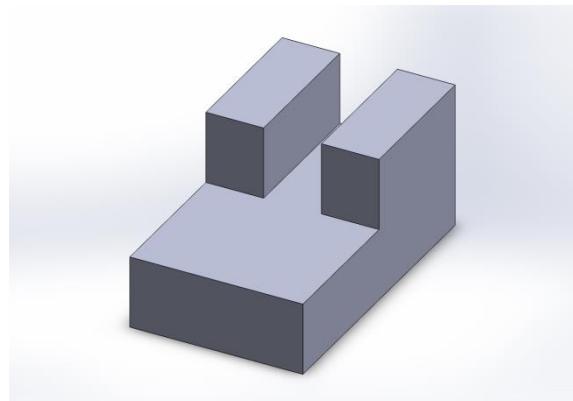
Slika 34. Tehnički nacrt Modela – Primjer III

2.4. Računalno 3D modeliranje – Primjer IV

Model primjera - IV, izvedbe i postupka računalnog 3D modeliranja, prikazan je perspektivno u svom prostornom žičanom modelu (*eng. wire frame*), na slici 1 i u punom (*eng. solid*) modelu, na slici 2.



Slika 1. Perspektivni žičani 3D model primjera IV



Slika 2. Perspektivni puni 3D model primjera IV

2.4.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa

19. Za pokretanje SolidWorks računalnog programa na radnoj površini potrebno je dva put lijevom tipkom miša kliknuti na ikonu: **SolidWorks 2018** .
20. Nakon otvaranja programa, slika 3., pojavit će se početna podloga SolidWorks-a, kao što je prikazano na slici 4.
21. Prije početka konstruiranja računalnim metodama 2D i 3D modeliranja potrebno je odabrati radnu površinu klikom na ikonu: **New (Ctrl+N)** .
22. Nakon toga pojavit će se izbornik programa kao što je prikazano na slici 5.



Slika 3. Pokretanje SolidWorks računalnog programa

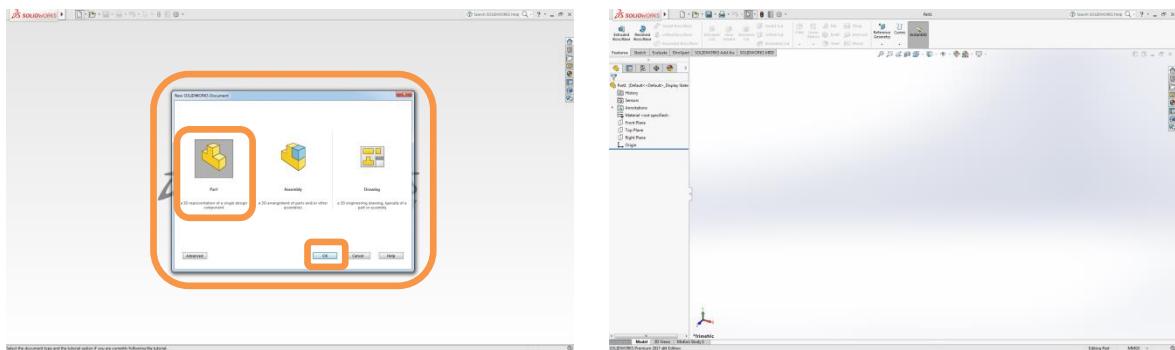


Slika 4. Početna podloga nakon pokretanja SolidWorks računalnog programa

23. Kod odabira novog SolidWorks dokumenta odabrat će se sljedeće: **Part a 3D representation of a single design component**.



24. Kad je to odabранo klikne se na **OK** i nakon toga otvorit će se nova podloga za računalno modeliranje, spremna za rad, kao što je i prikazano na slici 6.



Slika 5. Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta

Slika 6. Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje

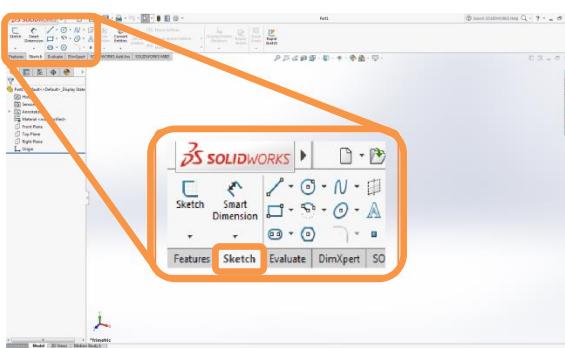
2.4.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer I

96. Odabere se set 2D konstrukcijskih značajki **Sketch**, vidljivo na slici 7.

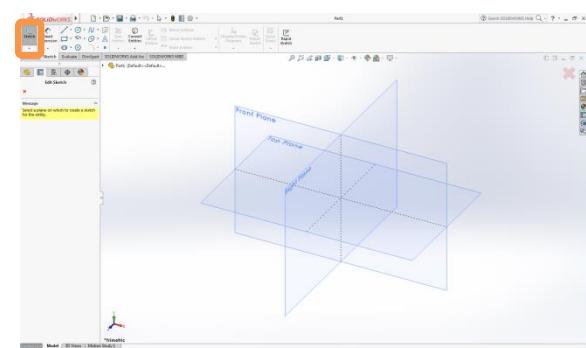


97. Nakon toga klikne se na 2D konstrukcijsku ikonu: **Sketch**.

98. Nakon čega se pojavljuje koordinatni 3D izborni sustav, kao što prikazuje slika 8.



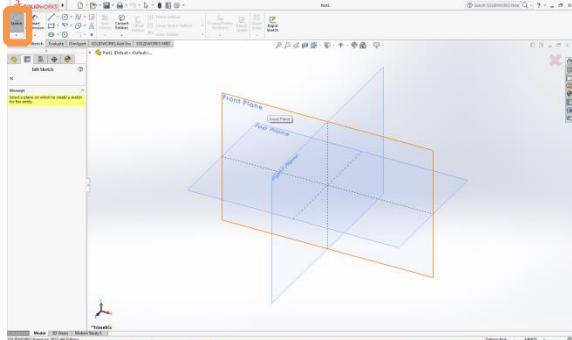
Slika 7. Provjedba ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch



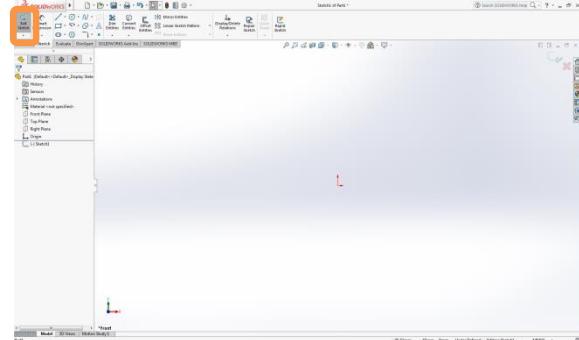
Slika 8. 3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spremen za računalno modeliranje

99. Mišem se dolazi do 3D koordinatnog izbornog sustava na kojem piše **Front Plane**. Kad se taj dio koordinatnog sustava označi i uokviri narančastom bojom (vidljivo na slici 9.), klikom lijeve tipke miša odabire se **Front Plane**.

100. Kad je odabran **Front Plane** pojavit će se prostor za računalno modeliranje kao na slici 10.



Slika 9. *Front Plane*



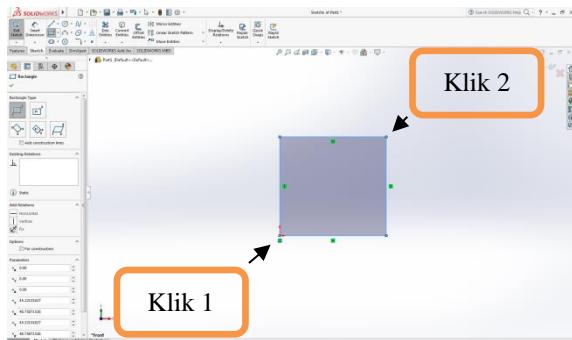
Slika 10. *Prostor za računalno modeliranje*

101. Lijevom tipkom miša odabire se 2D konstrukcijska naredba: **Corner Rectangle** .

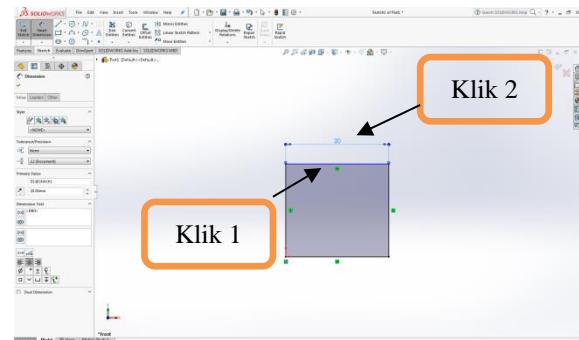
102. Nakon što je odabrana **Corner Rectangle** naredba, mišem se pozicionira središte na prostoru za modeliranje koje je označeno na način  . Prvo se klikne u središte, a nakon toga povlači desno gore kao što je prikazano na slici 11.

103. Kad je to izvršeno, potrebno je odrediti dimenzije stranica odabirom naredbe: **Smart Dimension** .

104. Dimenzioniranje stranica se vrši na način da se lijevom tipkom miša klikne na stranicu kojoj se želi odrediti dimenzija, povuče mišem prema gore i opet lijevom tipkom miša izvrši klik, postupak je prikazan slikom 12.



Slika 11. *Provjeda 2D konstrukcijske naredbe
Corner Rectangle*

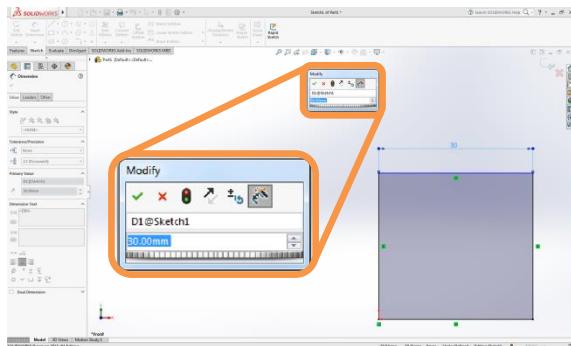


Slika 12. *Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje
stranica metamodela*

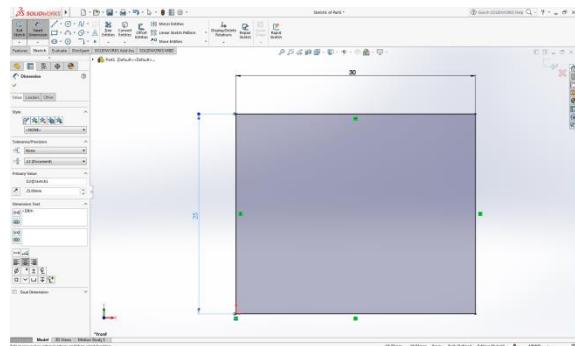
105. Nakon toga dvaput se lijevom tipkom miša klikne na brojčanu vrijednost trenutne dimenzije kako bi se ista izmjenila. Tada se pojavljuje izbornik u koji se upisuje željena dimenzija, u ovom primjeru 30 mm. Slika 13 prikazuje izbornik u koji se upisuje željena dimenzija.

106. Kad se upiše dimenzija stranice, potvrđi se sljedećom naredbom unutar tog izbornika:  . Na taj način se izmjeni dimenzija.

107. Potrebno je izmjeniti i drugu stranicu. To se vrši na identičan način kao i kod prve stranice, a dimenzija druge stranice u ovom primjeru iznosi 25 mm. Dimenzioniranje druge stranice prikazano je slikom 14.



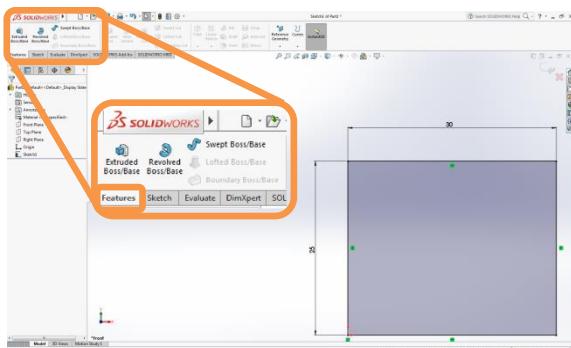
Slika 13. Prozor za upis željene dimenzije



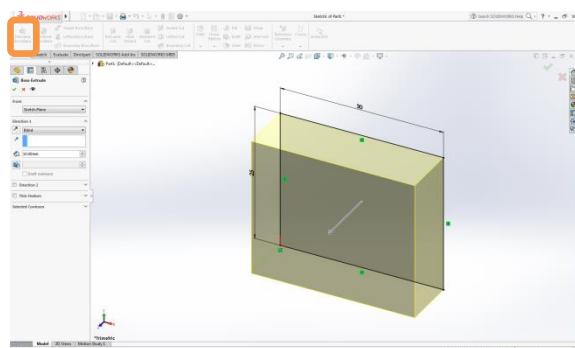
Slika 14. Dimenzioniranje druge stranice

108.Nakon dimenzioniranja bira se naredba značajke **Features**, kao što je prikazano na slici 15.

109.Sada se bira prostorna konstrukcijska naredba **Extruded Boss/Base**. Nakon čega se pojavljuje treća prostorna dimenzija kao što prikazuje slika 16.



Slika 15. Povredba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

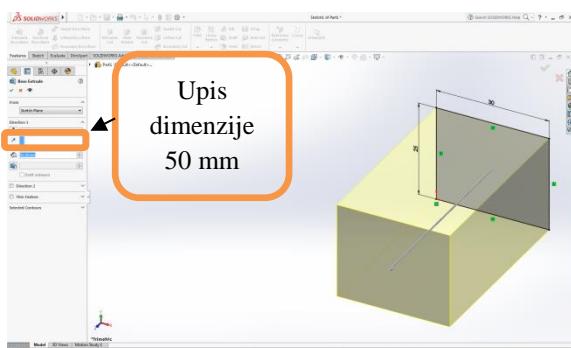


Slika 16. Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije

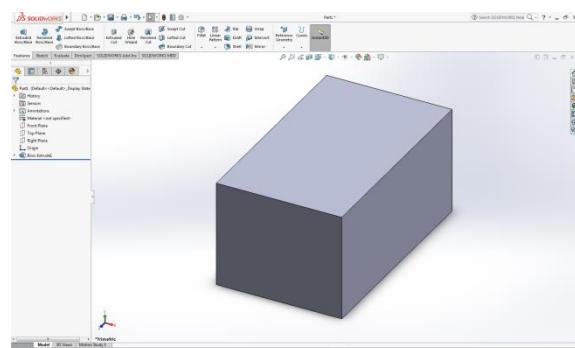
110.Nakon toga potrebno je odrediti brojčanu vrijednost treće prostorne dimenzije. U prostor **Depth** upisuje se brojčana vrijednost, u našem slučaju 50 mm. Postupak je prikazan slikom 17.

111.Nakon što je upisana željena dimenzija 50 mm, istu potvrdimo naredbom, lijevom tipkom miša na **OK** ✓ u gornjem lijevom kutu zaslona.

112.Time smo konstruirali radni metamodel kocke sljedećih dimenzija; dužina 50 mm, širina 30 mm i visina 25 mm, kao što prikazuje slika 18.



Slika 17. Vrijednost konstrukcijske dimenzije (Depth)

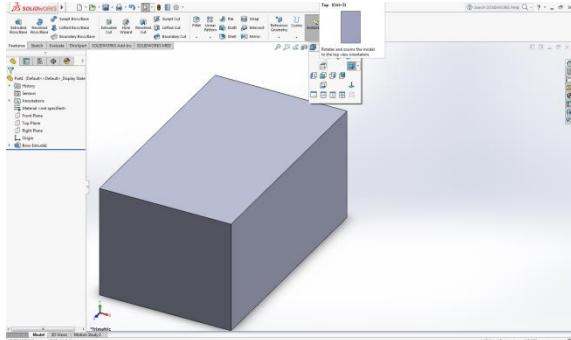


Slika 18. Konstrukcijski 3D izgled metamodata

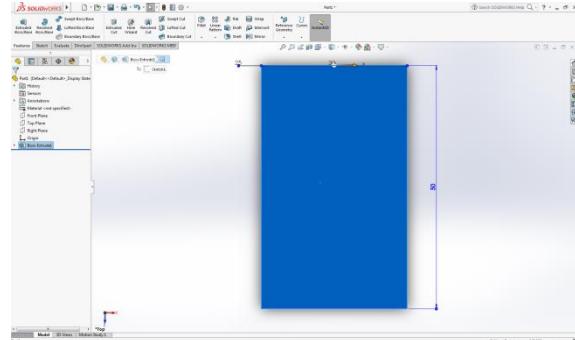
113. Okrenemo tijelo klikom na naredbu **View Orientation** . Nakon čega se pojavljuje izbornik u kojem se bira **Front (Ctrl+1)** . Nakon tih naredbi model će se zaokrenuti kao što je prikazano na slici 19.

114. Stranica modela se označi, klikom miša tako da poprimi plavu boju kao što je prikazano slikom 20. Tada

se ponovno klikne na **Sketch** .



Slika 19. Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela



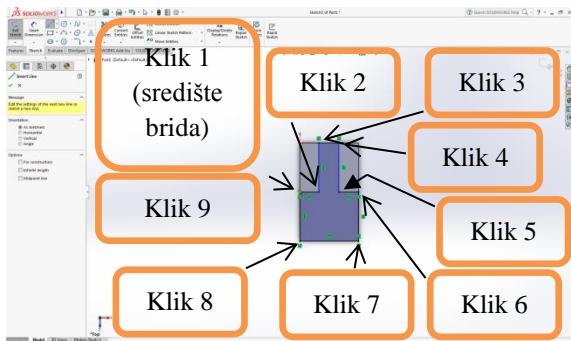
Slika 20. Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela

115. Lijevom tipkom miša odabire se sljedeća konstrukcijska 2D naredba: **Line (L)** .

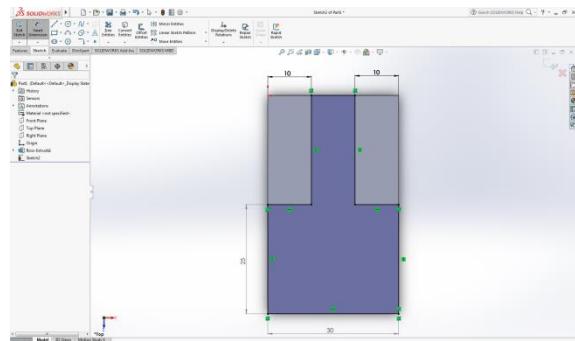
116. Nadalje, potrebno je konstruirati geometrijski lik kao što je prikazano na slici 21.



117. Kad se to načini, potrebno je odrediti dimenzije stranica odabirom naredbe: **Smart Dimension**. Pri čemu su dimenzije geometrijskog lika prikazane slikom 22.



Slika 21. Konstruiranje geometrijskog lika



Slika 22. Dimenzije 2D geometrijskog lika

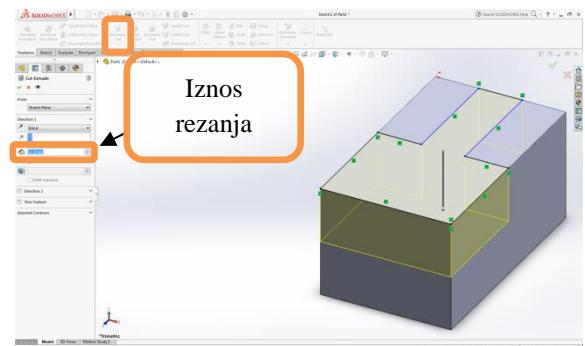
118. Nakon toga bira se prostorna 3D naredba **Features**, kao što je prikazano na slici 23.



119. Zatim se odabire prostorna 3D konstrukcijska naredba: **Extruded Cut** i u prozor **Depth** upisuje iznos rezanja nacrtnog dijela (u našem slučaju 12,5 mm). Postupak je prikazan unutar slike 24.



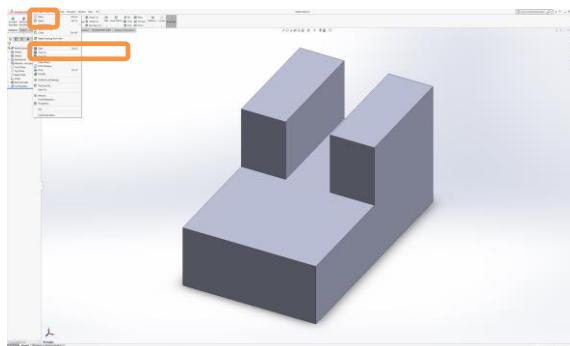
Slika 23. Provedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features



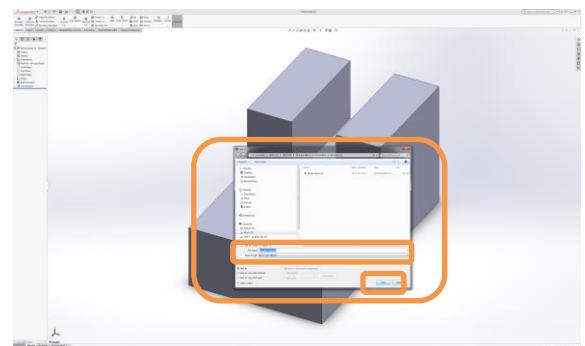
Slika 24. Provedba prostorne 3D značajke, naredbom Extruded Cut

120. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, kao što je vidljivo sa slike 25.

121. Nakon čega se otvara prozor gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upisuje "Model primjera IV" i na kraju odabire **Spremi**. Slikom 26. prikazan je postupak spremanja Modela primjera IV.



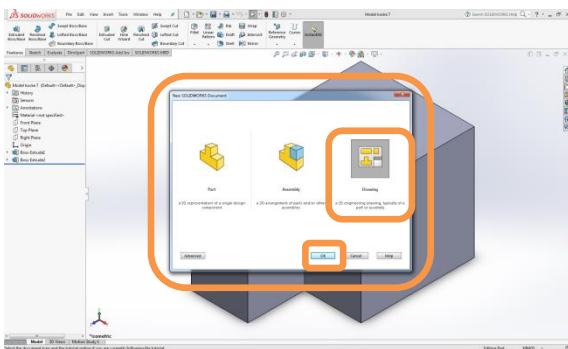
Slika 25. Opcija Save As



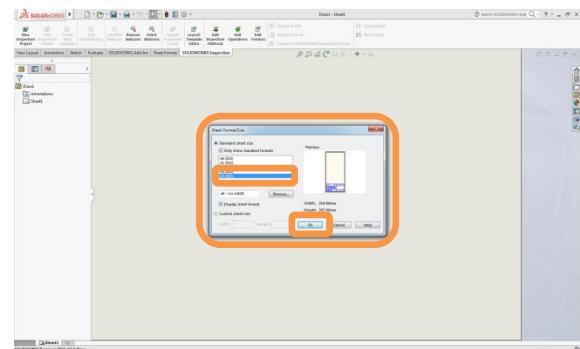
Slika 26. Spremanje Modela Primjera IV

2.4.3. Računalna izrada tehničkog nacrta – Model primjer IV

31. Nakon spremanja Modela primjera IV bira se opcija **File**, kad se spusti panel izbornika bira se opcija **New (Ctrl+N)**  **New...** 
32. Nakon toga otvara se novi izbornik **New SolidWorks Document**, gdje se odabire **Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidi sliku 27.
33. Pojavljuje se izbornik **Sheet Format/Size**, u kojem se bira **A4 (ISO)** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidljivo sa slike 28.

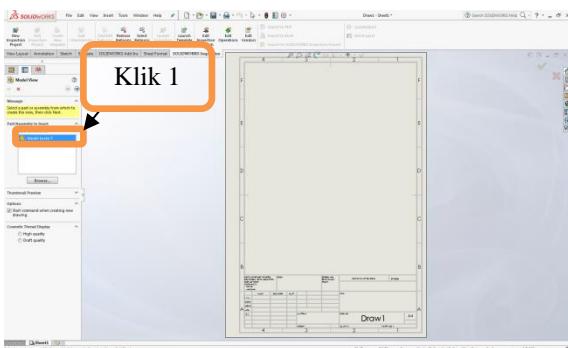


Slika 27. Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly

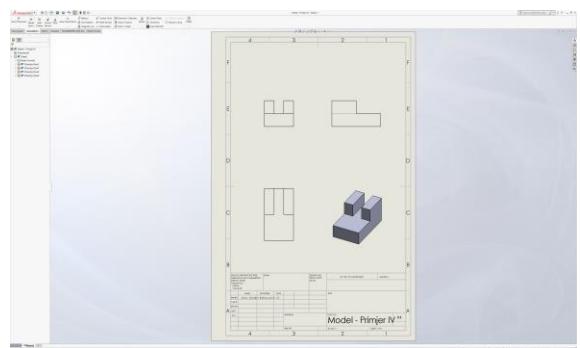


Slika 28. Sheet Format/Size → A4 (ISO)

34. Sada se u lijevom izborničkom prozoru **Part/Assembly to Insert** dva put klikne na dokument "**Model primjera IV**", kao što je prikazano na slici 29.
35. Sada se model raspoređuje po A4 nacrtnom formatu i na taj način stvara se tehnički nacrt Modela primjera IV. Lijevom tipkom miša i pokretima miša lijevo, desno, gore i dolje stvara se ispravan standardizirani ISO tehnički crtež kao na slici 30.



Slika 29. Odabir modela za stvaranje dvodimenzionalnog 2D tehničkog crteža

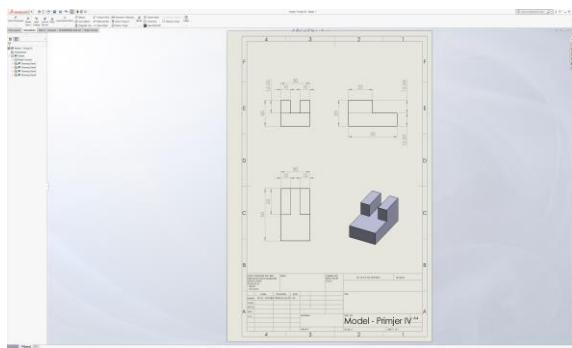


Slika 30. Dvodimenzionalni tehnički radni ISO standardizirani 2D crtež Modela primjera IV

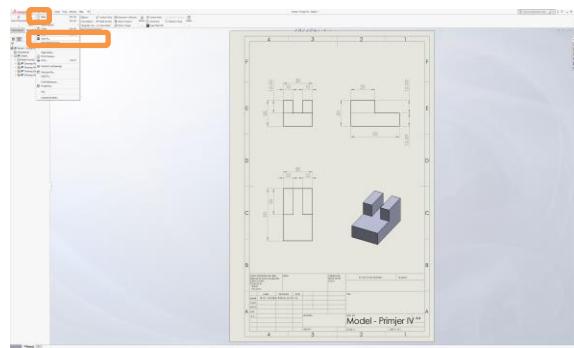


36. Nakon toga odabire se naredba: **Smart Dimension**

37. Sada se iz nacrta virtualiziraju tehničke dimenzije tako da se klikne na odabranu dužinu i program nakon toga sam prikazuje dimenziju tražene dužine. Na taj način definiraju se i vizualiziraju sve dimenzije koje su potrebne za izradu Modela primjera IV. Slika 31. prikazuje dimenzije Modela primjera IV.
38. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, vidi sliku 32.

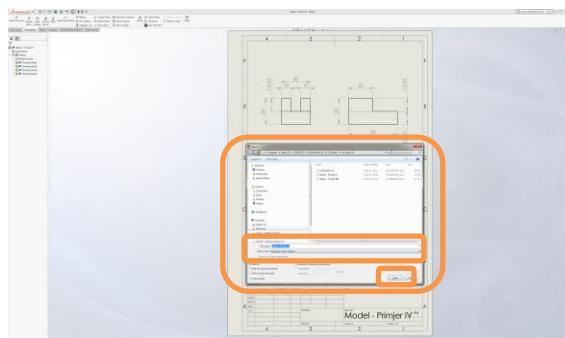


Slika 31. Dimenzije Modela primjera IV



Slika 32. Opcija Save As

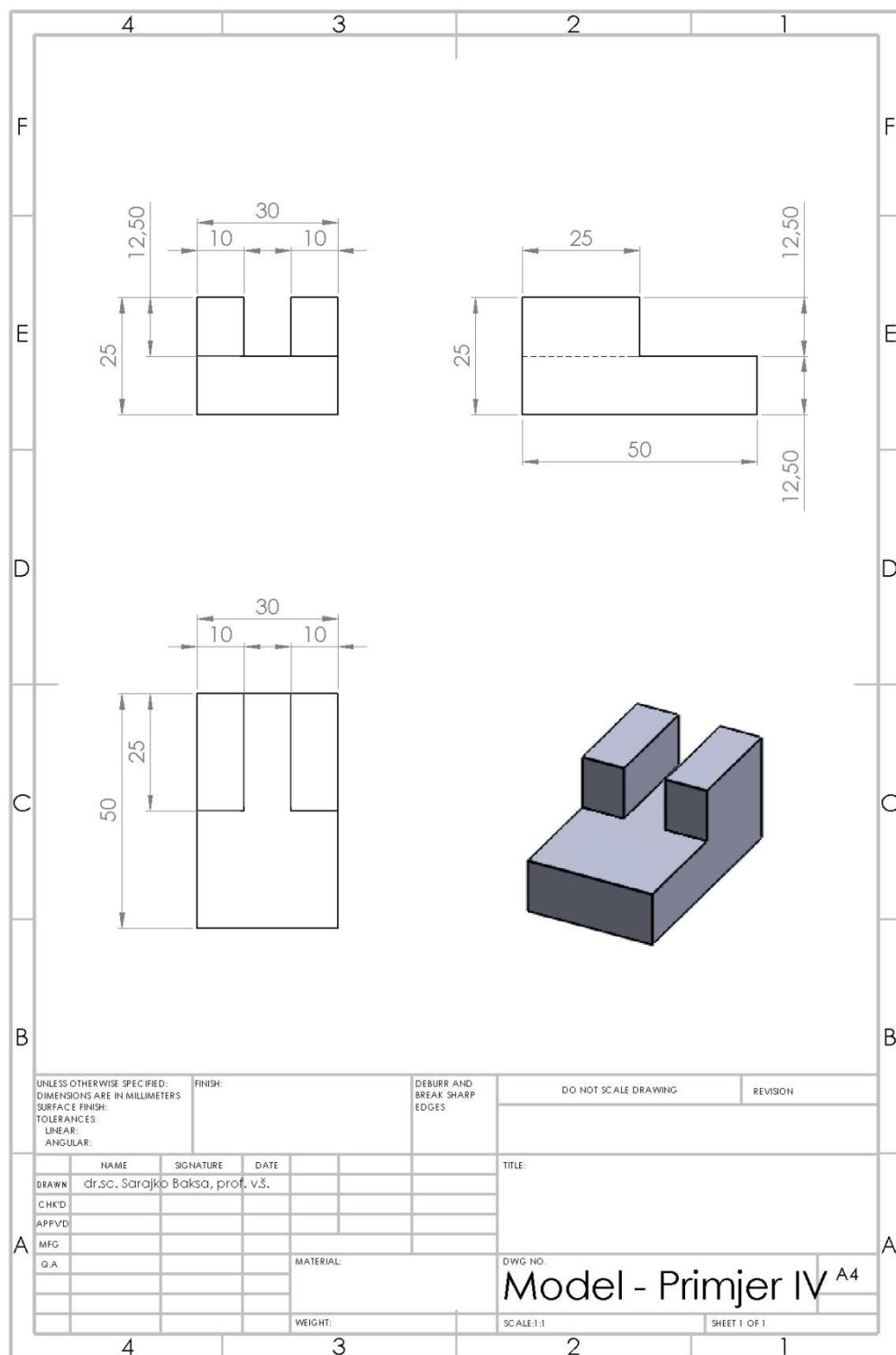
39. Zatim se otvara izbornički panel gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upiše se "Nacrt Modela primjer IV" i na kraju se pritisne **Spremi**. Slikom 33. prikazan je postupak spremanja tehničkog 2D crteža Modela primjer IV.



Slika 33. Spremanje tehničkog 2D crteža Modela primjera IV

40. Sada kada je tehnički nacrt Modela primjera IV pohranjen unutar memorije računala može se izaći iz programa SolidWorks klikom na opciju: **Close** .

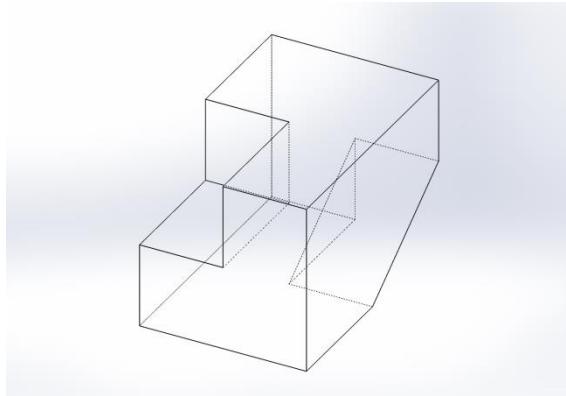
2.4.4. Tehnički nacrt: Model - Primjer IV



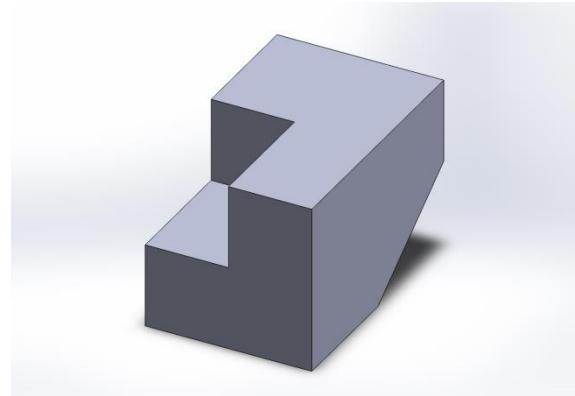
Slika 34. Tehnički nacrt Modela – Primjer IV

2.5. Računalno 3D modeliranje – Primjer V

Model primjera - V, izvedbe i postupka računalnog 3D modeliranja, prikazan je perspektivno u svom prostornom žičanom modelu (*eng. wire frame*), na slici 1 i u punom (*eng. solid*) modelu, na slici 2.



Slika 1. Perspektivni žičani 3D model primjera V



Slika 2. Perspektivni puni 3D model primjera V

2.5.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa

25. Za pokretanje SolidWorks računalnog programa na radnoj površini potrebno je dva put lijevom tipkom



miša kliknuti na ikonu: **SolidWorks 2018**.

26. Nakon otvaranja programa, slika 3., pojavit će se početna podloga SolidWorks-a, kao što je prikazano na slici 4.

27. Prije početka konstruiranja računalnim metodama 2D i 3D modeliranja potrebno je odabrati radnu površinu klikom na ikonu: **New (Ctrl+N)**.

28. Nakon toga pojavit će se izbornik programa kao što je prikazano na slici 5.



Slika 3. Pokretanje SolidWorks računalnog programa

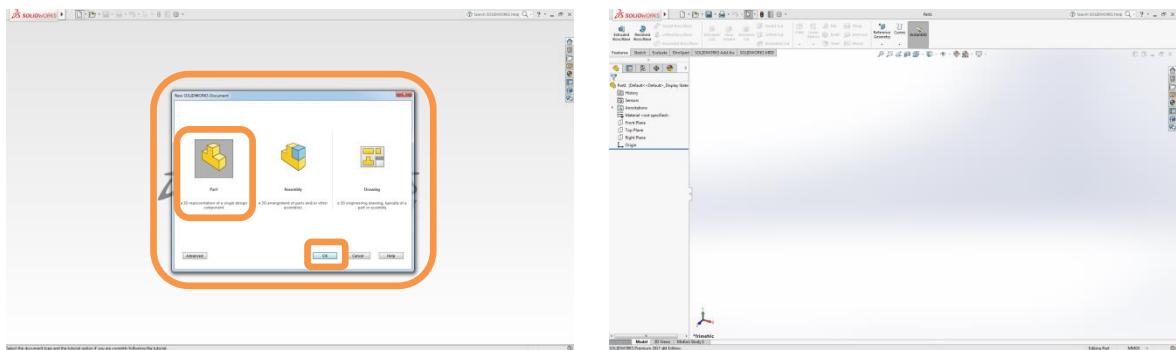


Slika 4. Početna podloga nakon pokretanja SolidWorks računalnog programa

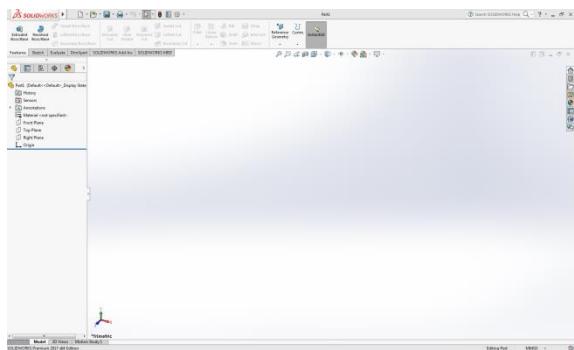
29. Kod odabira novog SolidWorks dokumenta odabrat će se sljedeće: **Part a 3D representation of a single design component**.



30. Kad je to odabранo klikne se na **OK** i nakon toga otvorit će se nova podloga za računalno modeliranje, spremna za rad, kao što je i prikazano na slici 6.



Slika 5. Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta



Slika 6. Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje

2.5.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer V

122. Odabere se set 2D konstrukcijskih značajki **Sketch**, vidljivo na slici 7.

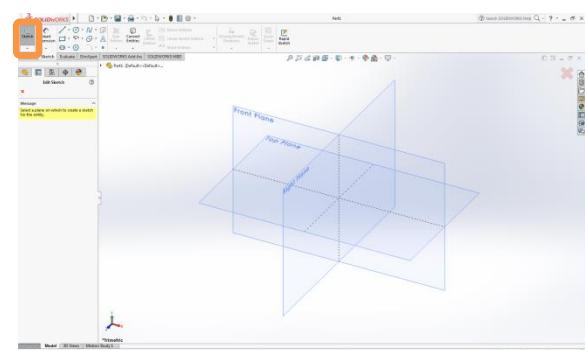


123. Nakon tega klikne se na 2D konstrukcijsku ikonu: **Sketch**.

124. Nakon čega se pojavljuje koordinatni 3D izborni sustav, kao što prikazuje slika 8.



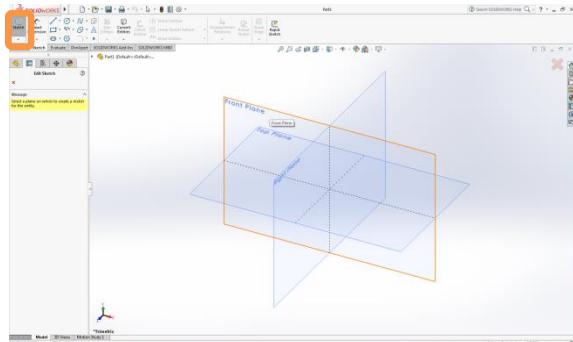
Slika 7. Provđenje ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch



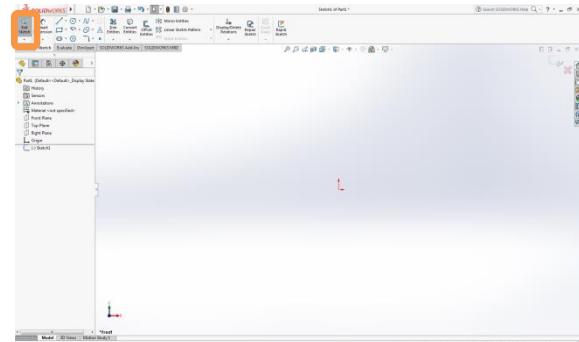
Slika 8. 3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spreman za računalno modeliranje

125. Mišem se dolazi do 3D koordinatnog izbornog sustava na kojem piše **Front Plane**. Kad se taj dio koordinatnog sustava označi i uokviri narančastom bojom (vidljivo na slici 9.), klikom lijeve tipke miša odabire se **Front Plane**.

126. Kad je odabran **Front Plane** pojavit će se prostor za računalno modeliranje kao na slici 10.



Slika 9. *Front Plane*



Slika 10. *Prostor za računalno modeliranje*

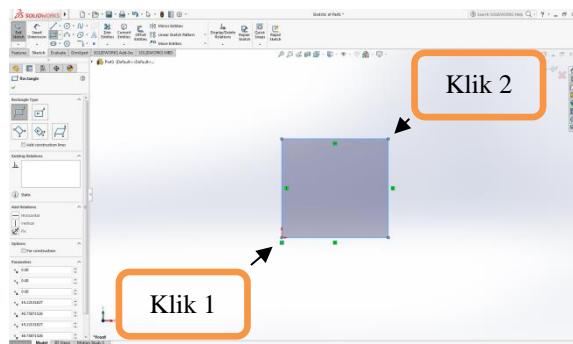
127. Lijevom tipkom miša odabire se 2D konstrukcijska naredba: **Corner Rectangle**

128. Nakon što je odabrana **Corner Rectangle** naredba, mišem se pozicionira središte na prostoru za modeliranje koje je označeno na način . Prvo se klikne u središte, a nakon toga povlači desno gore kao što je prikazano na slici 11.

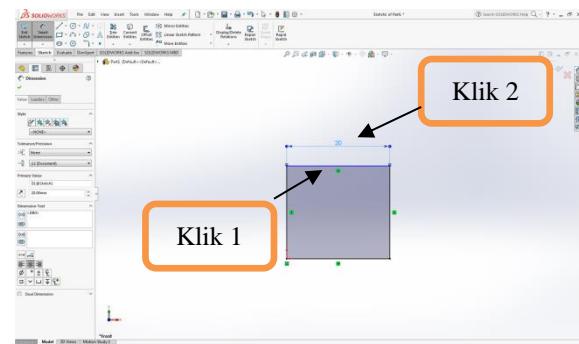
129. Kad je to izvršeno, potrebno je odrediti dimenzije stranica odabirom naredbe: **Smart Dimension**



130. Dimenzioniranje stranica se vrši na način da se lijevom tipkom miša klikne na stranicu kojoj se želi odrediti dimenzija, povuče mišem prema gore i opet lijevom tipkom miša izvrši klik, postupak je prikazan slikom 12.



Slika 11. *Provjeda 2D konstrukcijske naredbe
Corner Rectangle*

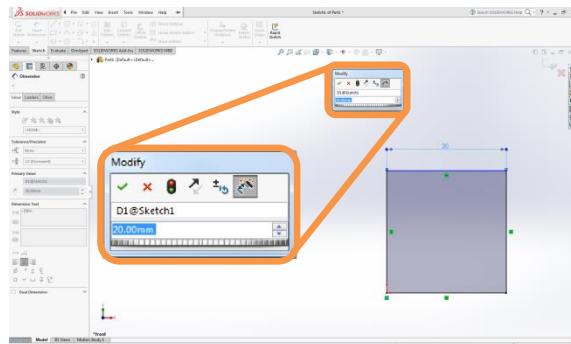


Slika 12. *Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje
stranica metamodela*

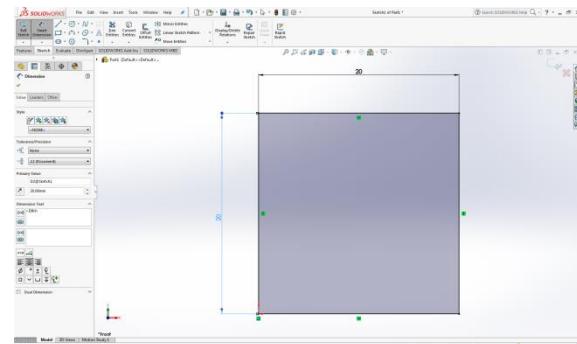
131. Nakon toga dvaput se lijevom tipkom miša klikne na brojčanu vrijednost trenutne dimenzije kako bi se ista izmijenila. Tada se pojavljuje izbornik u koji se upisuje željena dimenzija, u ovom primjeru 20 mm. Slika 13 prikazuje izbornik u koji se upisuje željena dimenzija.

132. Kad se upiše dimenzija stranice, potvrđi se sljedećom naredbom unutar tog izbornika: . Na taj način se izmijeni dimenzija.

133. Potrebno je izmijeniti i drugu stranicu. To se vrši na identičan način kao i kod prve stranice, a dimenzija druge stranice u ovom primjeru također iznosi 20 mm. Dimenzioniranje druge stranice prikazano je slikom 14.

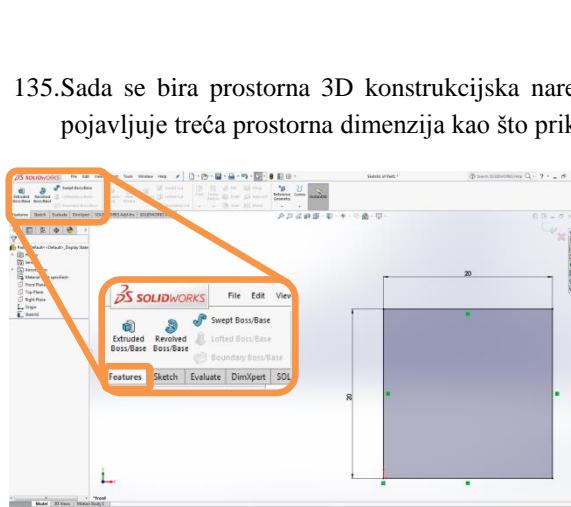


Slika 13. Prozor za upis željene dimenzije

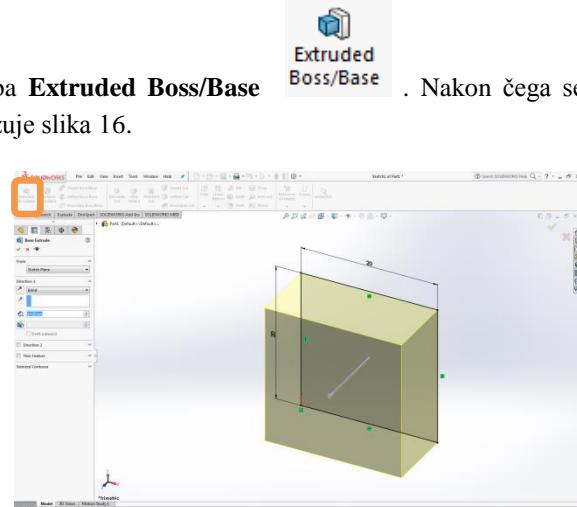


Slika 14. Dimenzioniranje druge stranice

134. Nakon dimenzioniranja bira se naredba **Features**, kao što je prikazano na slici 15.



Slika 15. Provjeda prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

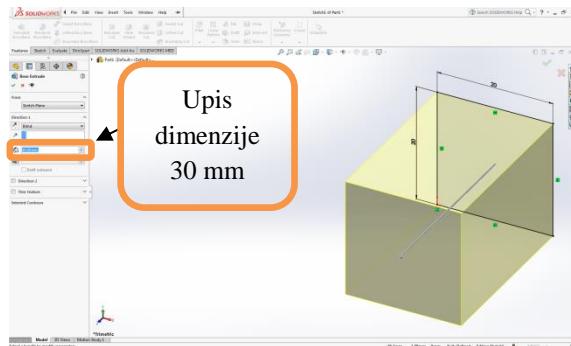


Slika 16. Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije

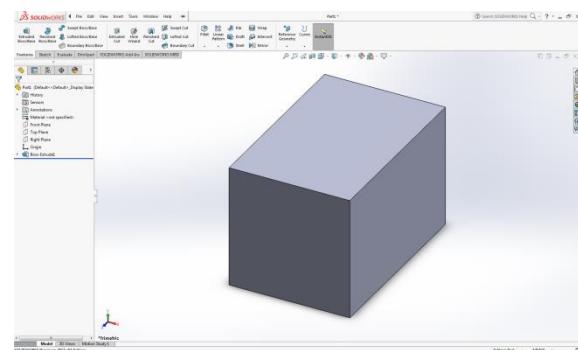
136. Nakon toga potrebno je odrediti brojčanu vrijednost treće dimenzije. U prostor **Depth** upisuje se brojčana vrijednost, u našem slučaju 30 mm. Postupak je prikazan slikom 17.

137. Nakon što je upisana željena dimenzija 30 mm, istu potvrdimo naredbom, lijevom tipkom miša na **OK** ✓ u gornjem lijevom kutu zaslona.

138. Time smo konstruirali djelatni meta kvadar sljedećih dimenzija; dužina 30 mm, širina 20 mm i visina 20 mm, kao što prikazuje slika 18.



Slika 17. Vrijednost treće prostorno konstrukcijske dimenzije (Depth)



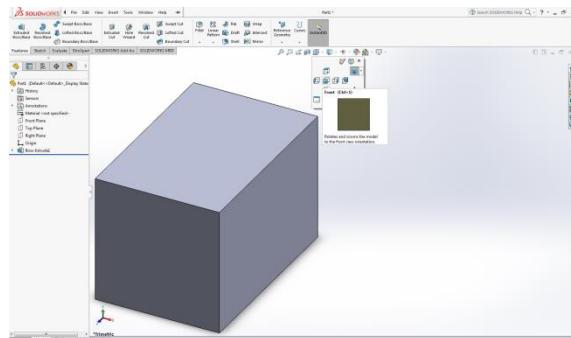
Slika 18. Konstrukcijski 3D izgled djelatnog metamodela

139. Okrenemo model djelatnog meta kvadra klikom na naredbu **View Orientation** . Nakon čega se pojavljuje izbornik u kojem se bira **Front (Ctrl+1)** . Nakon tih naredbi model će se zaokrenuti kao što je prikazano na slici 19.

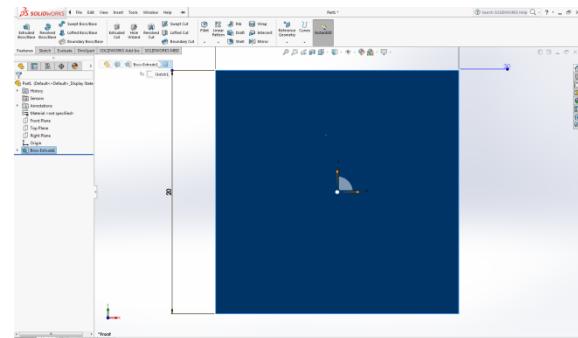
140. Stranica modela se označi, klikom miša tako da poprini plavu boju kao što je prikazano slikom 20. Tada



se ponovno klikne na **Sketch** .



Slika 19. Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela



Slika 20. Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela

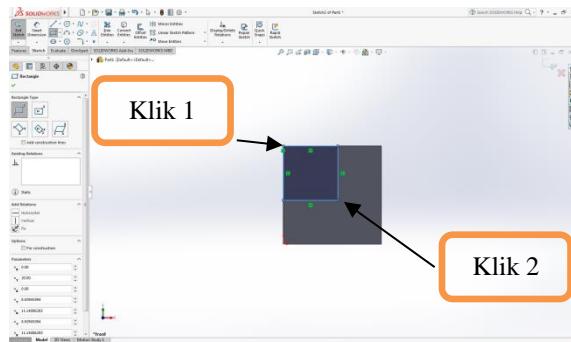
141. Nakon toga lijevom tipkom miša odabire se konstrukcijska 2D naredba: **Corner Rectangle** .

142. Pokazivačem miša pozicionira se do gornjeg lijevog kuta i pritisne lijeva tipka miša, zatim se načini pokret donje desno i opet pritisne lijeva tipka miša, što rezultira dobivanjem konstrukcijskog meta kvadrata, kao što je prikazano slikom 21.

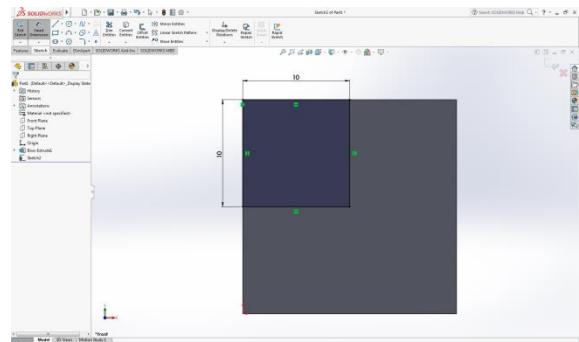
143. Kad je to učinjeno, potrebno je odrediti dimenzije stranica odabiranjem naredbe: **Smart Dimension**



144. Nacrtani konstrukcijski kvadrat stranica je duljine 10 mm. Dimenzioniranje kvadrata prikazano je slikom 22.

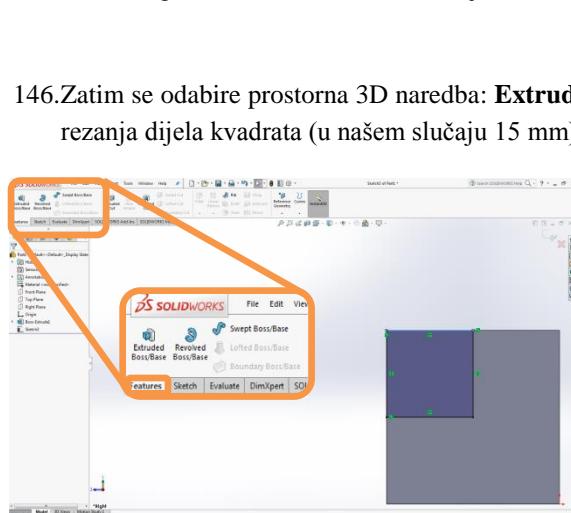


Slika 21. Konstruiranje djelatnog metapravokutnika

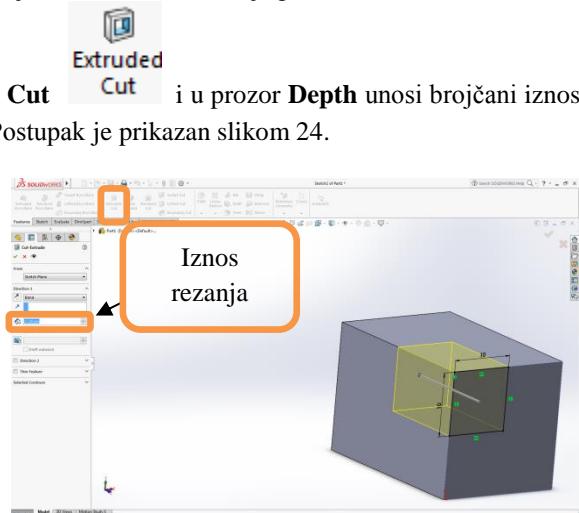


Slika 22. Konstrukcijsko dimenzioniranje djelatnog metapravokutnika

145. Nakon toga bira se naredba konstrukcijska 3D značajka **Features**, kao što je prikazano na slici 23.



Slika 23. Provjera prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

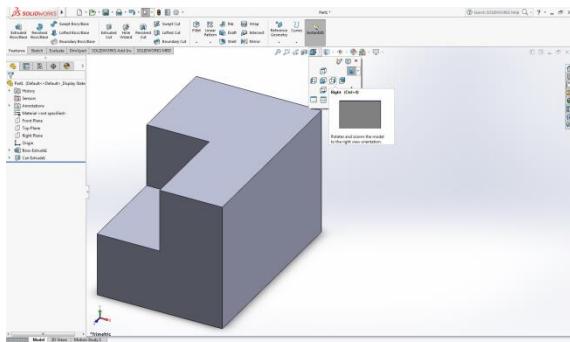


Slika 24. Provjera prostorne 3D značajke, naredbom Extruded Cut

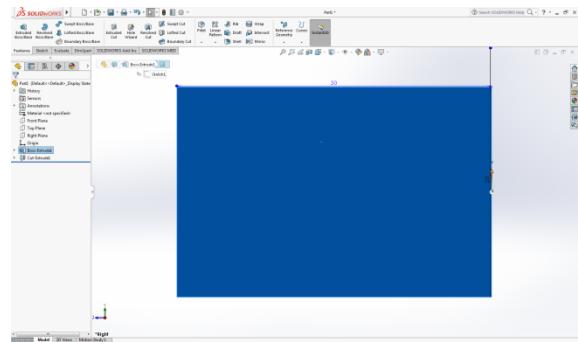
147. Kad se sve provjeri ova radnja se potvrđuje klikom na naredbu: **OK** ✓.

148. Nadalje, potrebno je konstrukcijski metamodel zaokrenuti klikom na naredbu **View Orientation** . Tada se pojavljuje izborni panel u kojem se bira **Right (Ctrl+4)** . Nakon tih naredbi konstrukcijski metamodel će se zaokrenuti kao što je prikazano na slici 25.

149. Sljedeći korak je označavanje stranicu radnog modela, klikom miša na način da stranica poprimi plavu boju kao što je prikazano slikom 26. Tada se opetovano klikne na 2D komandni blok **Sketch** .



Slika 25. Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela

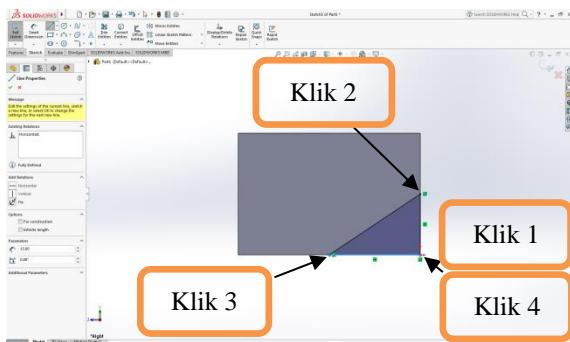


Slika 26. Označavanje djelatne 2D površine metamodela

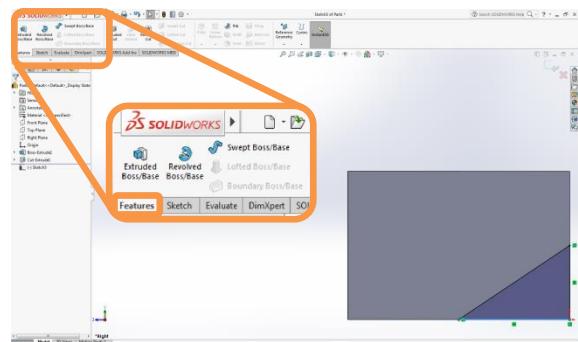
150.Nakon toga bira se 2D konstrukcijska naredba: **Line (L)**.

151.Pokazivač miša pozicionira se do donjeg desnog kuta i pritisne se lijeva tipka miša, zatim se načini pokret mišem prema gore do središta desnog brida i ponovno pritisne lijeva tipku miša, nakon toga se načini pokret mišem lijevo dolje do središta donjeg brida i pritisne lijeva tipku miša. U konačnici se spoji linija s početnom točkom što rezultira dobivanjem konstrukcijskog metatrokuta. Postupak konstrukcije meta djelatnog trokuta prikazan je slikom 27

152.Nakon toga bira se napredni 3D set naredbi **Features**, kao što je prikazano na slici 28.



Slika 27. Konstruiranje djelatnog 2D metatrokuta



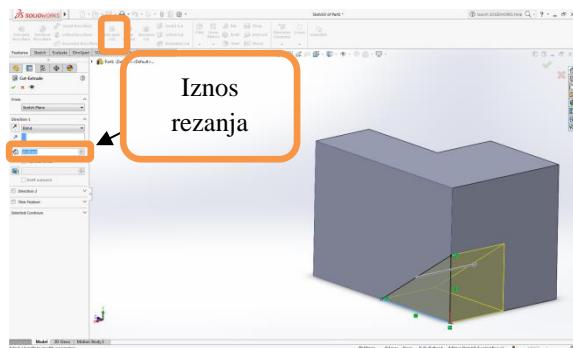
Slika 28. Provedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja **Features**

153.Slijedno se odabire prostorna 3D naredba: **Extruded Cut**

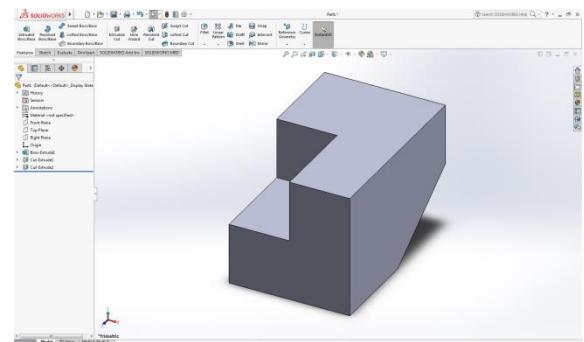
i u prozor **Depth** upisuje brojčani iznos rezanja dijela trokuta (u našem slučaju 10 mm). Postupak je prikazan slikom 29.

154.Kad se sve provjeri ova radnja se potvrđuje klikom na naredbu: **OK** ✓.

155.Tim postupkom dobiven je željeni izgled modela – Primjer V, kao što je prikazano slikom 30.



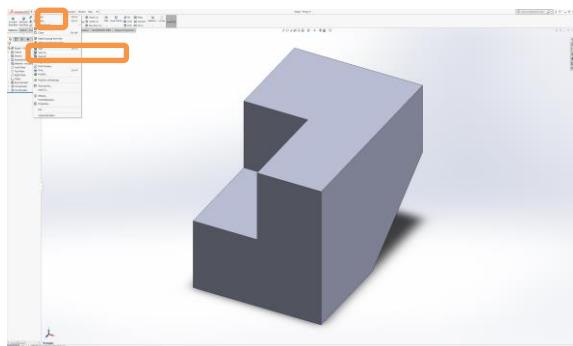
Slika 29. Provedba prostorne 3D značajke, naredbom Extruded Cut



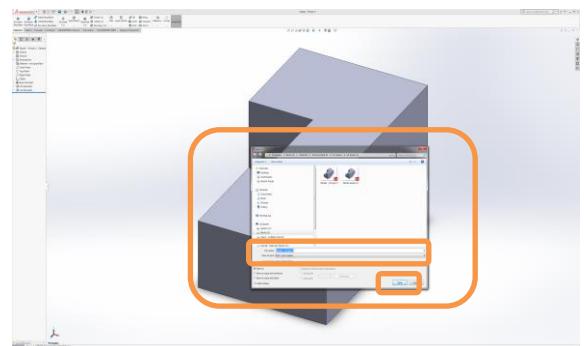
Slika 30. Željeni prostorni 3D konstrukcijski izgled Modela - Primjer V

156. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, vidi sliku 31.

157. Nakon čega se otvara prozor gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upisuje se "**Model primjera V**" i na kraju odabire **Spremi**. Slikom 32. prikazan je postupak spremanja Modela primjera V.

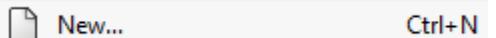


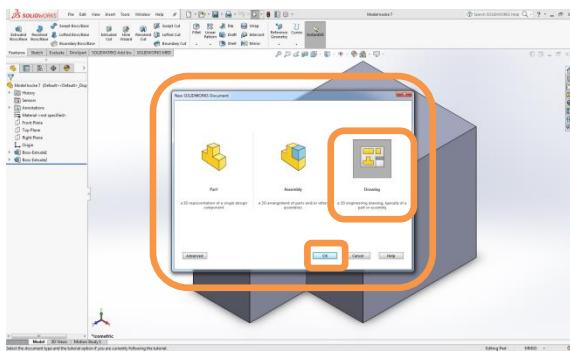
Slika 31. Opcija Save As



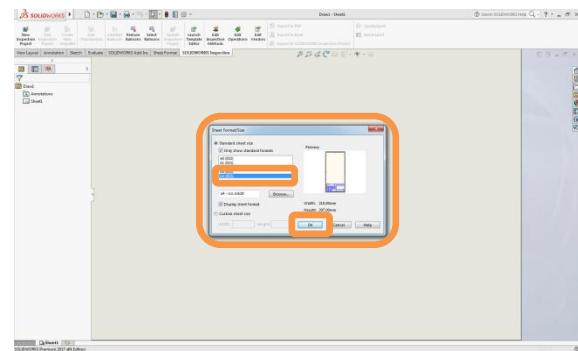
Slika 32. Spremanje Modela Primjera V

2.5.3. Računalna izrada tehničkog nacrta – Model primjer V

41. Nakon spremanja Modela primjera V bira se opcija **File**, kad se spusti prozor izbornika bira se opcija **New (Ctrl+N)**  **Ctrl+N**
42. Nakon toga otvara se novi izbornik **New SolidWorks Document**, gdje se odabire **Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidi sliku 33.
43. Pojavljuje se prozor **Sheet Format/Size**, u kojem se bira **A4 (ISO)** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidljivo sa slike 34.

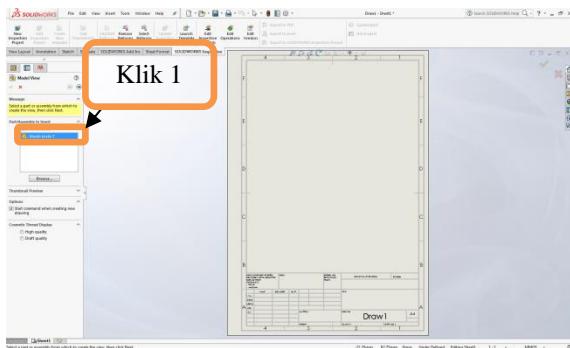


Slika 33. Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly

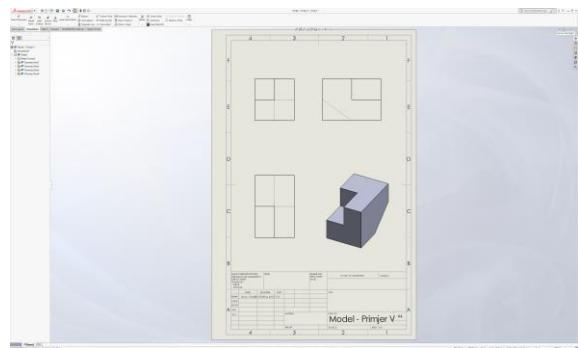


Slika 34. Sheet Format/Size → A4 (ISO)

44. Sada se u lijevom izborničkom prozoru **Part/Assembly to Insert** dva put klikne na dokument "**Model primjera V**", kao što je prikazano na slici 35.
45. Sada se model raspoređuje po A4 nacrtnom formatu i na taj način stvara se tehnički nacrt Modela primjera V. Lijevom tipkom miša i pokretima miša lijevo, desno, gore i dolje stvara se ispravan standardizirani ISO tehnički crtež kao na slici 36.



Slika 35. Odabir modela za stvaranje dvodimenzionalnog 2D tehničkog crteža

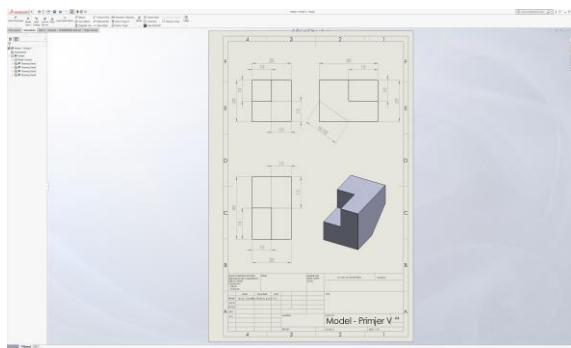


Slika 36. Dvodimenzionalni tehnički radni ISO standardizirani 2D crtež Modela - Primjera V

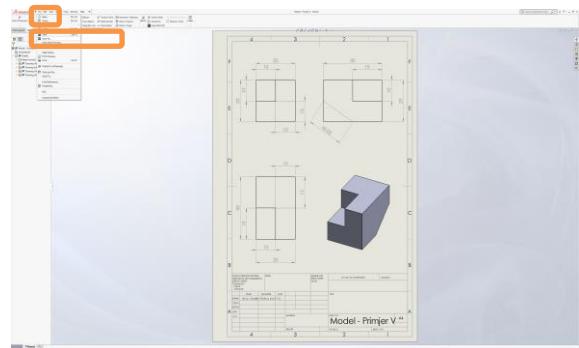
46. Nakon toga odabire se naredba: **Smart Dimension**



47. Sada se iz nacrt-a virtualiziraju tehničke dimenzije tako da se klikne na odabranu dužinu i program nakon toga sam prikazuje dimenziju tražene dužine. Na taj način definiraju se i vizualiziraju sve dimenzije koje su potrebne za izradu Model-a primjera I. Slika 37. prikazuje dimenzije Model-a primjera I.
48. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, vidi sliku 38.

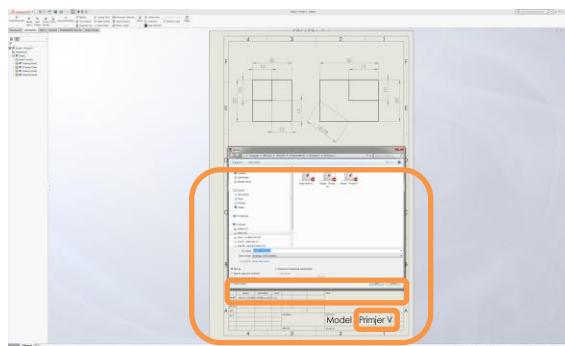


Slika 37. Dimenzije Modela primjera V



Slika 38. Opcija Save As

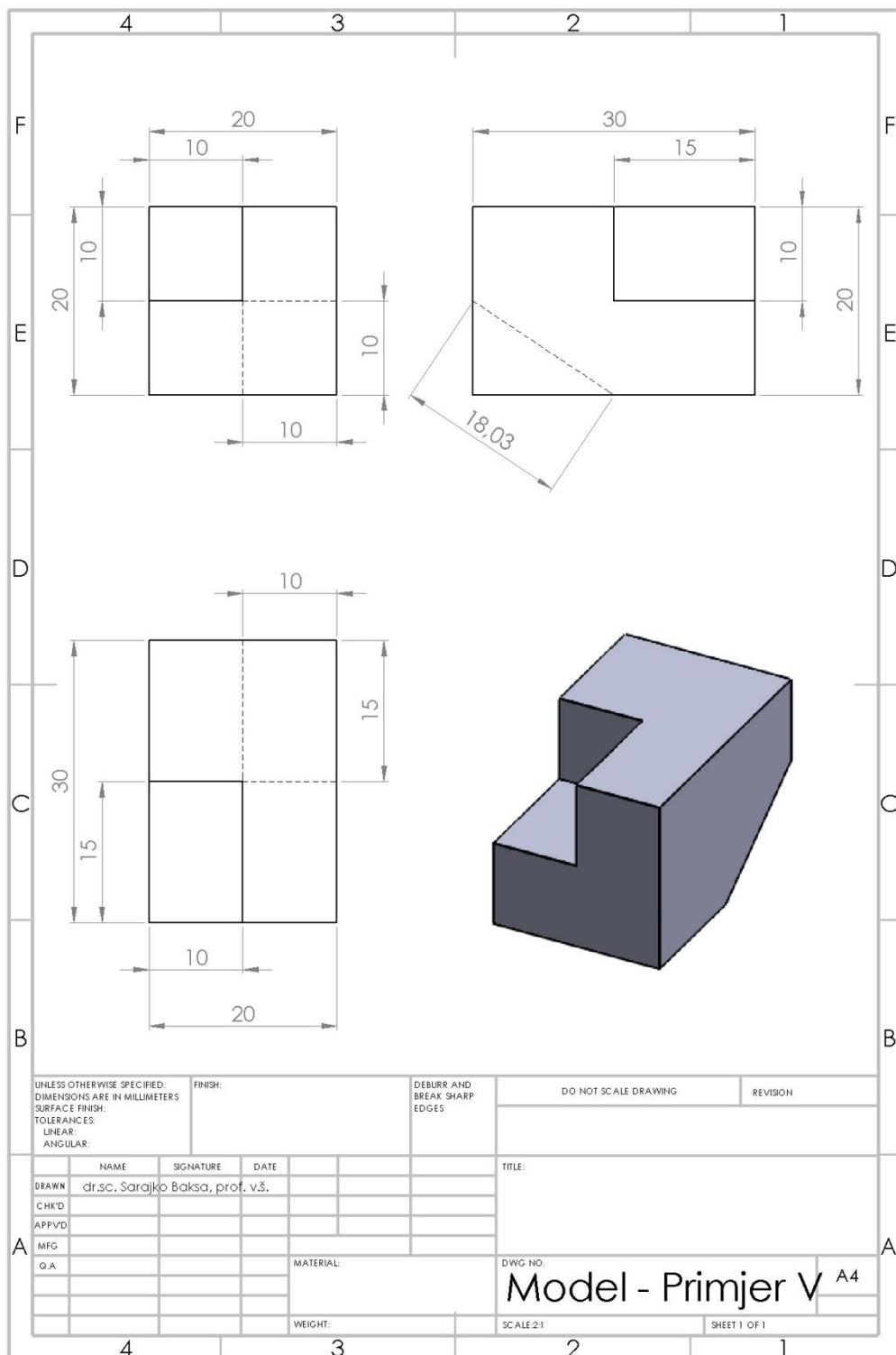
49. Zatim se otvara izbornički panel gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upiše se "Nacrt Modela primjer V" i na kraju se pritisne **Spremi**. Slikom 39. prikazan je postupak spremanja tehničkog 2D crteža Model-a primjer V.



Slika 39. Spremanje tehničkog 2D crteža Modela primjera V

50. Sada kada je tehnički nacrt Model-a primjera V pohranjen unutar memorije računala može se izaći iz programa SolidWorks klikom na opciju: **Close** .

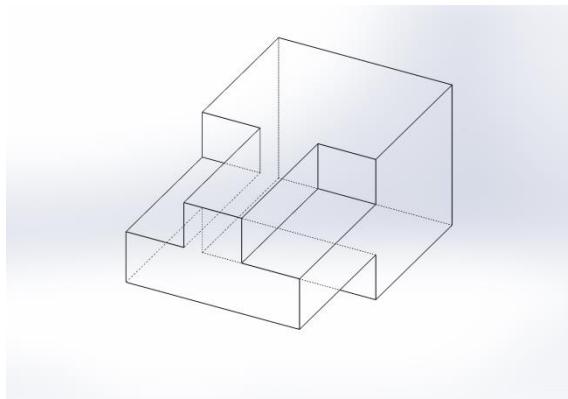
2.5.4. Tehnički nacrt: Model - Primjer V



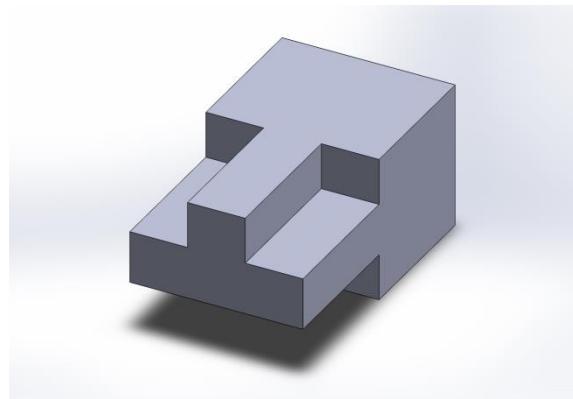
Slika 40. Tehnički nacrt modela – Primjer V

2.6. Računalno 3D modeliranje – Primjer VI

Model primjera - VI, izvedbe i postupka računalnog 3D modeliranja, prikazan je perspektivno u svom prostornom žičanom modelu (*eng. wire frame*), na slici 1 i u punom (*eng. solid*) modelu, na slici 2.



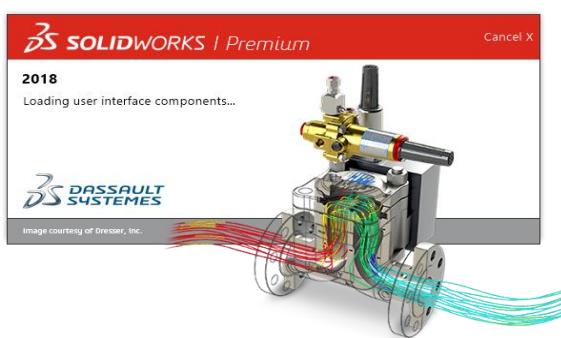
Slika 1. Perspektivni žičani 3D model primjera VI



Slika 2. Perspektivni puni 3D model primjera VI

2.6.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa

31. Za pokretanje SolidWorks računalnog programa na radnoj površini potrebno je dva put lijevom tipkom miša kliknuti na ikonu: **SolidWorks 2018**.
32. Nakon otvaranja programa, slika 3., pojavit će se početna podloga SolidWorks-a, kao što je prikazano na slici 4.
33. Prije početka konstruiranja računalnim metodama 2D i 3D modeliranja potrebno je odabrati radnu površinu klikom na ikonu: **New (Ctrl+N)**.
34. Nakon toga pojavit će se izbornik programa kao što je prikazano na slici 5.



Slika 3. Pokretanje SolidWorks računalnog programa

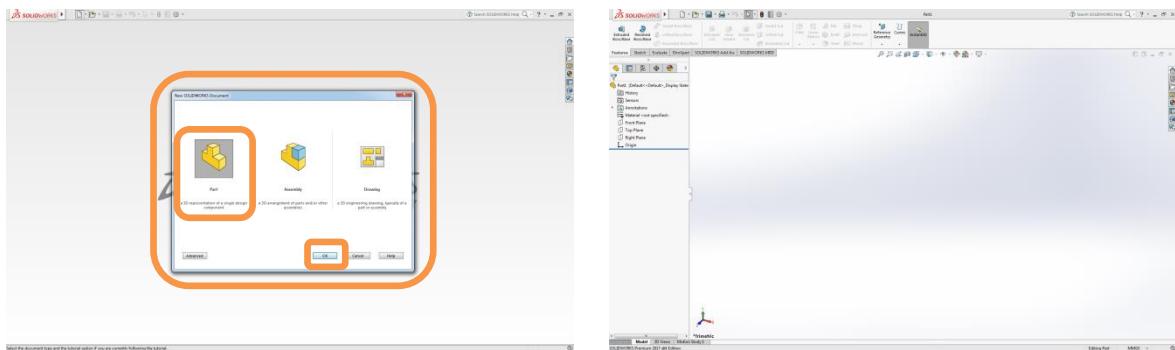


Slika 4. Početna podloga nakon pokretanja SolidWorks računalnog programa

35. Kod odabira novog SolidWorks dokumenta odabrat će se sljedeće: **Part a 3D representation of a single design component**.



36. Kad je to odabранo klikne se na **OK** i nakon toga otvorit će se nova podloga za računalno modeliranje, spremna za rad, kao što je i prikazano na slici 6.



Slika 5. Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta

Slika 6. Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje

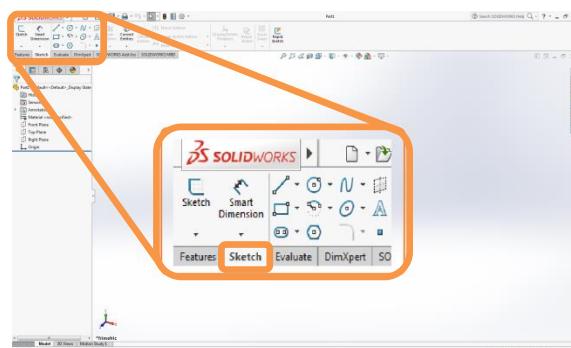
2.6.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer VI

158. Odabere se set 2D konstrukcijskih značajki **Sketch**, vidljivo na slici 7.

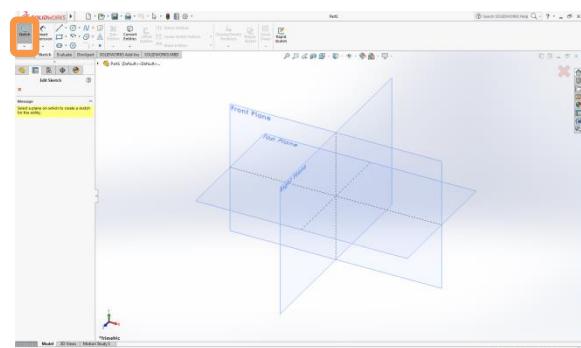


159. Nakon tega klikne se na 2D konstrukcijsku ikonu: **Sketch**.

160. Nakon čega se pojavljuje koordinatni 3D izborni sustav, kao što prikazuje slika 8.



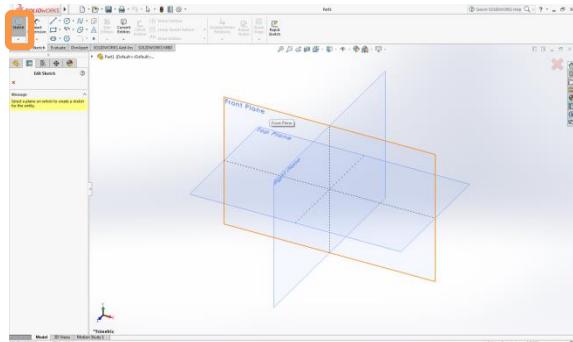
Slika 7. Provjedba ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch



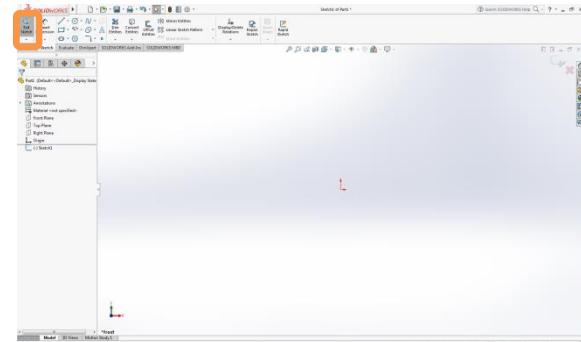
Slika 8. 3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spreman za računalno modeliranje

161. Mišem se dolazi do 3D koordinatnog izbornog sustava na kojem piše **Front Plane**. Kad se taj dio koordinatnog sustava označi i uokviri narančastom bojom (vidljivo na slici 9.), klikom lijeve tipke miša odabire se **Front Plane**.

162. Kad je odabran **Front Plane** pojavit će se prostor za računalno modeliranje kao na slici 10.



Slika 9. *Front Plane*



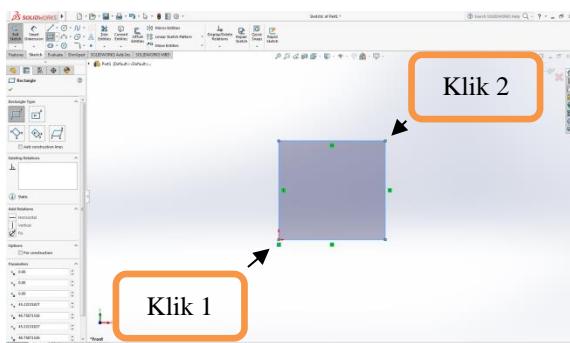
Slika 10. *Prostor za računalno modeliranje*

163. Lijevom tipkom miša odabire se 2D konstrukcijska naredba: **Corner Rectangle** .

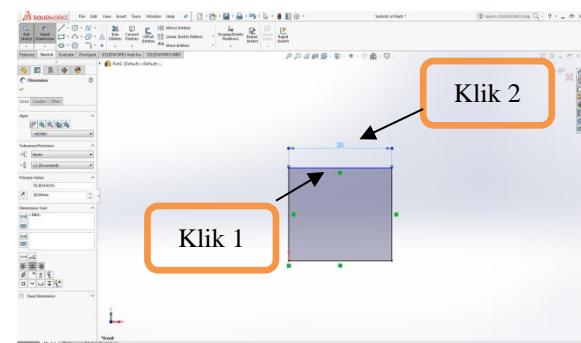
164. Nakon što je odabrana **Corner Rectangle** naredba, mišem se pozicionira središte na prostoru za modeliranje koje je označeno na način . Prvo se klikne u središte, a nakon toga povlači desno gore kao što je prikazano na slici 11.

165. Kad je to izvršeno, potrebno je odrediti dimenzije stranica odabirom naredbe: **Smart Dimension** .

166. Dimenzioniranje stranica se vrši na način da se lijevom tipkom miša klikne na stranicu kojoj se želi odrediti dimenzija, povuče mišem prema gore i opet lijevom tipkom miša izvrši klik, postupak je prikazan slikom 12.



Slika 11. *Provjeda 2D konstrukcijske naredbe
Corner Rectangle*

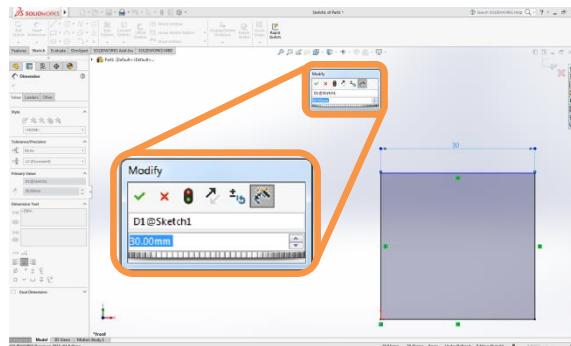


Slika 12. *Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje
stranica metamodela*

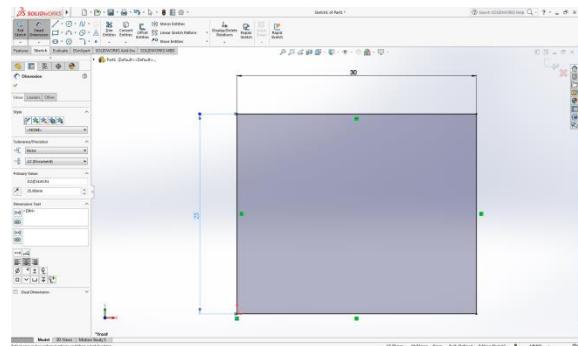
167. Nakon toga dvaput se lijevom tipkom miša klikne na brojčanu vrijednost trenutne dimenzije kako bi se ista izmjenila. Tada se pojavljuje izbornik u koji se upisuje željena dimenzija, u ovom primjeru 30 mm. Slika 13 prikazuje izbornik u koji se upisuje željena dimenzija.

168. Kad se upiše dimenzija stranice, potvrđi se sljedećom naredbom unutar tog izbornika: . Na taj način se izmjeni dimenzija.

169. Potrebno je izmjeniti i drugu stranicu. To se vrši na identičan način kao i kod prve stranice, a dimenzija druge stranice u ovom primjeru iznosi 25 mm. Dimenzioniranje druge stranice prikazano je slikom 14.



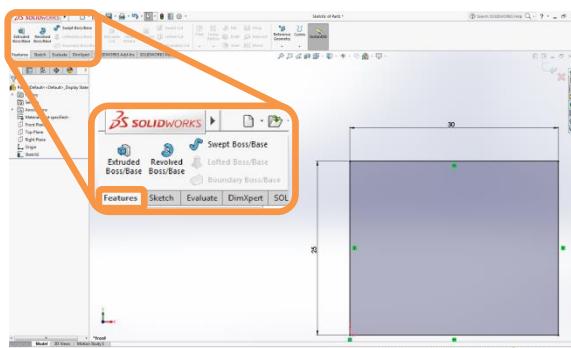
Slika 13. Prozor za upis željene dimenzije



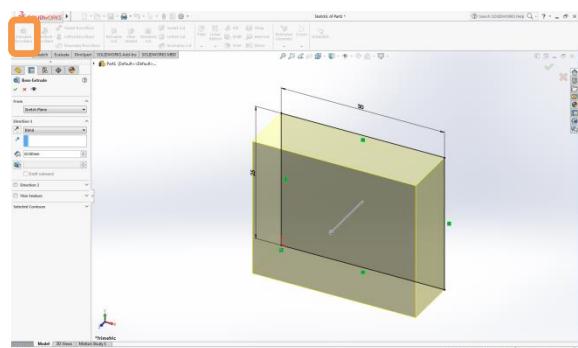
Slika 14. Dimenzioniranje druge stranice

170. Nakon dimenzioniranja bira se napredni 3D set naredbi **Features**, kao što je prikazano na slici 15.

171. Sada se bira prostorna 3D konstrukcijska naredba **Extruded Boss/Base**. Nakon čega se pojavljuje treća prostorna dimenzija kao što prikazuje slika 16.



Slika 15. Povredba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

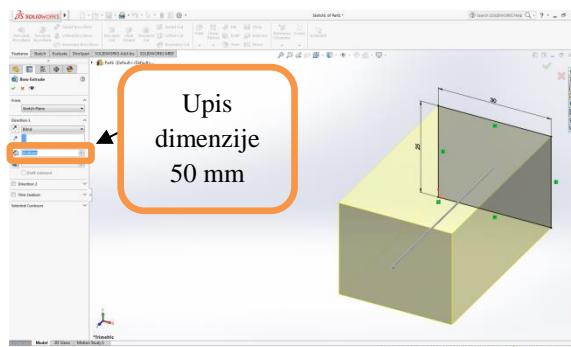


Slika 16. Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije

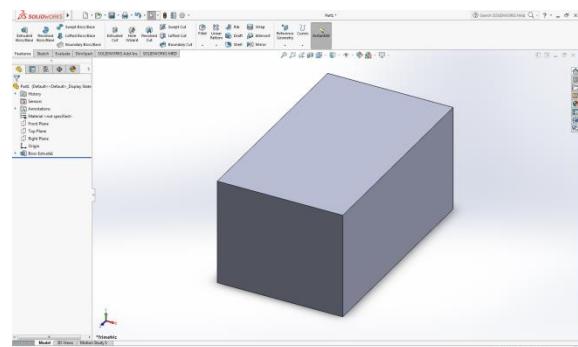
172. Nakon toga potrebno je odrediti brojčanu vrijednost treće dimenzije. U prostor **Depth** upisuje se brojčana vrijednost, u našem slučaju 50 mm. Postupak je prikazan slikom 17.

173. Nakon što je upisana željena dimenzija 50 mm, ista se potvrđuje naredbom, lijevom tipkom miša na **OK** u gornjem lijevom kutu zaslona.

174. Time smo konstruirali djelatni meta kvadar sljedećih dimenzija; dužina 50 mm, širina 30 mm i visina 25 mm, kao što prikazuje slika 18.



Slika 17. Vrijednost konstrukcijske dimenzije (Depth)



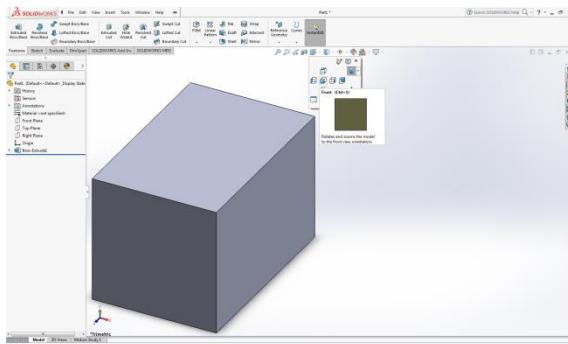
Slika 18. Konstrukcijski 3D izgled metamodela

175. Okrenemo model djelatnog meta kvadra klikom na naredbu **View Orientation** . Nakon čega se pojavljuje izbornik u kojem se bira **Front (Ctrl+1)** . Nakon tih naredbi model će se zaokrenuti kao što je prikazano na slici 19.

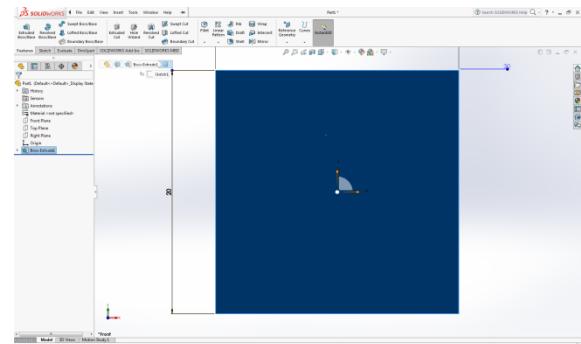
176. Stranica modela se označi, klikom miša tako da poprimi plavu boju kao što je prikazano slikom 20. Tada



se ponovno klikne na **Sketch** .



Slika 19. Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela



Slika 20. Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela

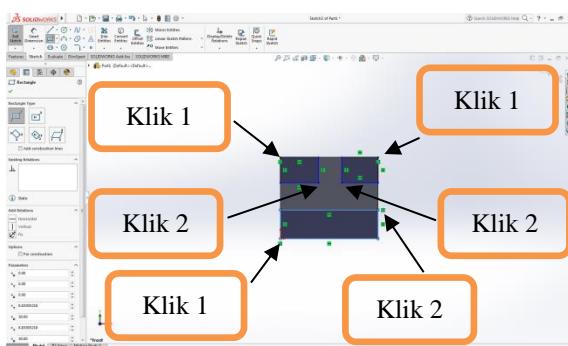
177. Nakon toga lijevom tipkom miša odabire se konstrukcijska 2D naredba: **Corner Rectangle** .

178. Nadalje potrebno je nacrtno konstruirati tri pravokutnika. Prvi pravokutnik konstruirat će se u gornjem lijevom kutu, drugi u gornjem desnom kutu i treći konstrukcijski pravokutnik na donjoj polovici stranice koja je okrenuta prema nama. Raspored djelatnih konstrukcijskih pravokutnika prikazan je slikom 21.

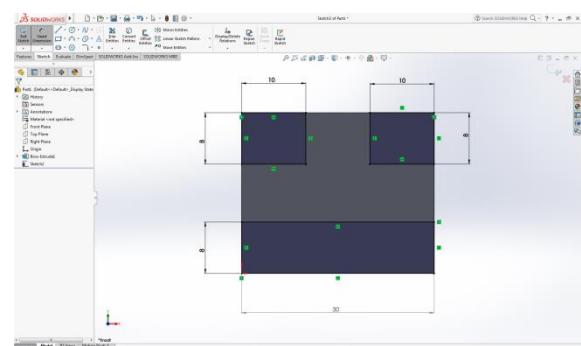


179. Kad se to načini, potrebno je odrediti dimenziije stranica odabirom naredbe: **Smart Dimension** .

180. Dimenziije pravokutnika su sljedeće; gornji: dužina 10 mm, visina 8 mm, donji: dužina 30 mm, visina 8 mm. Dimenziije svih djelatnih konstrukcijskih pravokutnika prikazane su slikom 22.



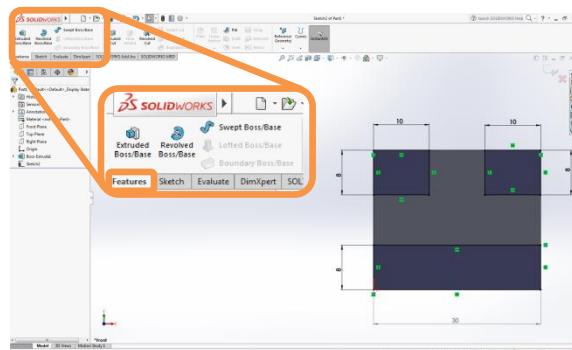
Slika 21. Raspored i crtanje pravokutnika



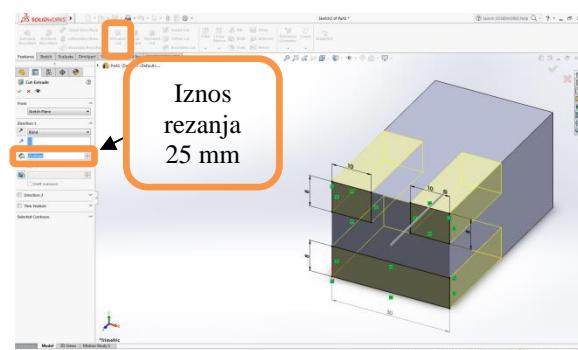
Slika 22. Dimenzioniranje djelatnih pravokutnika

181. Nakon toga bira se set naprednih 3D konstrukcijskih naredbi **Features**, kao što je prikazano na slici 23.

182.Nastavno, odabire se prostorna 3D konstrukcijska naredba: **Extruded Cut** i u prozor **Depth** upisuje se iznos rezanja djelatne konstrukcije (u našem slučaju 25 mm). Postupak je prikazan slikom 24.



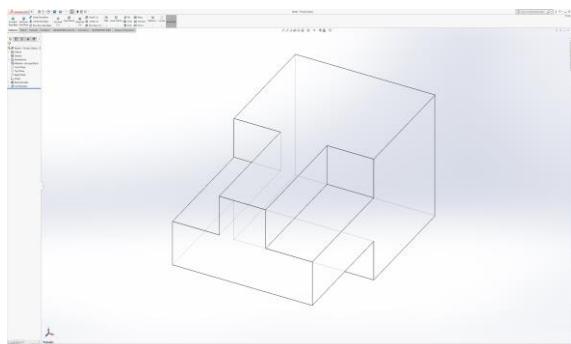
Slika 23. Provjera prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja *Features*



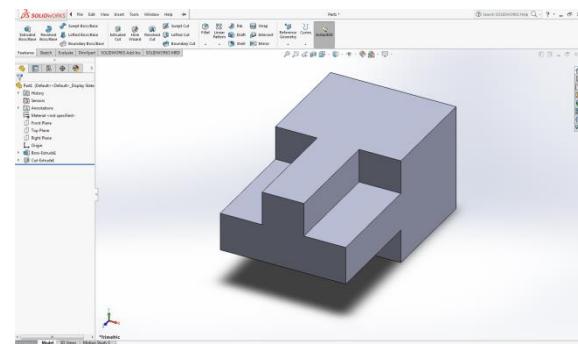
Slika 24. Provjera prostorne 3D značajke, naredbom *Extruded Cut*

183.Kad se sve provjeri ova radnja se potvrđuje klikom na naredbu: **OK** ✓ .

184.Tim postupkom dobiven je željeni izgled modela – Primjer VI, kao što je u trimetričnom (*eng. Trimetric*) žičanom (*eng. Hidden Lines Visible*) pogledu prikazano slikom 25 i punom (*eng. Shaded With Edges*) pogledu, s prikazom na slici 26.



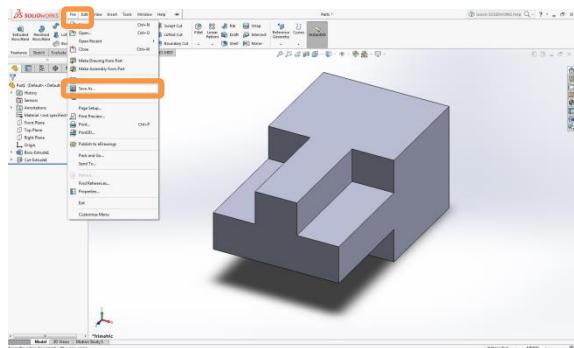
Slika 25. Željeni izgled modela Primjera VI



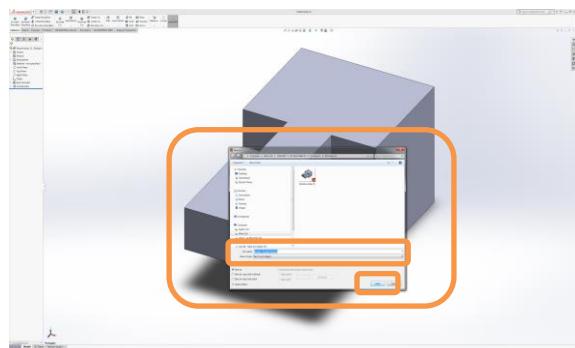
Slika 26. Željeni izgled modela Primjera VI

185.Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, vidi sliku 27.

186.Nakon čega se otvara prozor gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upisuje se "**Model primjera VI**" i na kraju odabire **Spremi**. Slikom 28. prikazan je postupak spremanja Modela primjera VI.



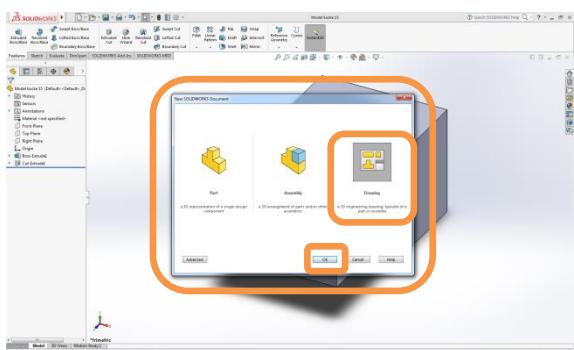
Slika 27. Opcija Save As



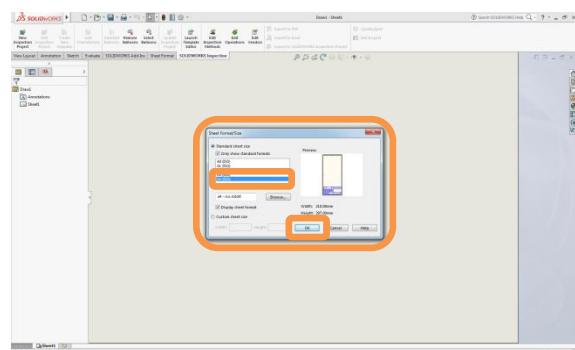
Slika 28. Spremanje Modela Primjer VI

2.6.3. Računalna izrada tehničkog nacrta – Model primjer VI

51. Nakon spremanja Modela primjera VI bira se opcija **File**, kad se spusti prozor izbornika bira se opcija **New (Ctrl+N)** **Ctrl+N**
52. Nakon toga otvara se novi izbornik **New SolidWorks Document**, gdje se odabire **Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidi sliku 29.
53. Pojavljuje se prozor **Sheet Format/Size**, u kojem se bira **A4 (ISO)** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidljivo sa slike 30.

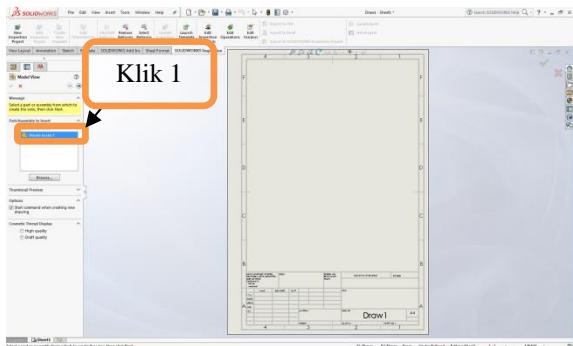


Slika 29. Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly

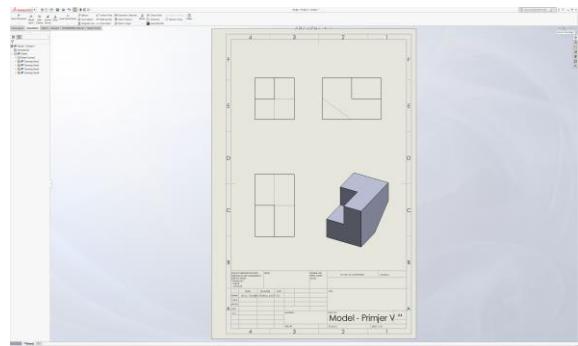


Slika 30. Sheet Format/Size → A4 (ISO)

54. Sada se u lijevom izborničkom prozoru **Part/Assembly to Insert** dva put klikne na dokument "**Model primjera VI**", kao što je prikazano na slici 31.
55. Sada se model raspoređuje po A4 nacrtnom formatu i na taj način stvara se tehnički nacrt Modela primjera V. Lijevom tipkom miša i pokretima miša lijevo, desno, gore i dolje stvara se ispravan standardizirani ISO tehnički crtež kao na slici 32.

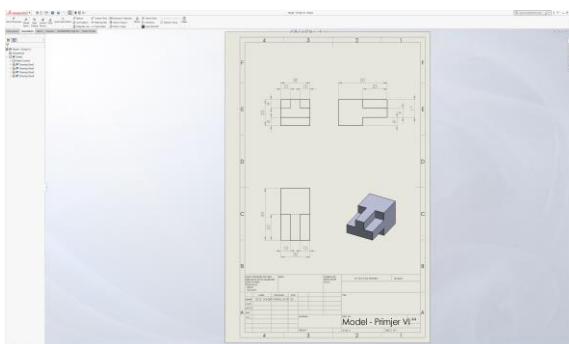


Slika 31. Odabir modela

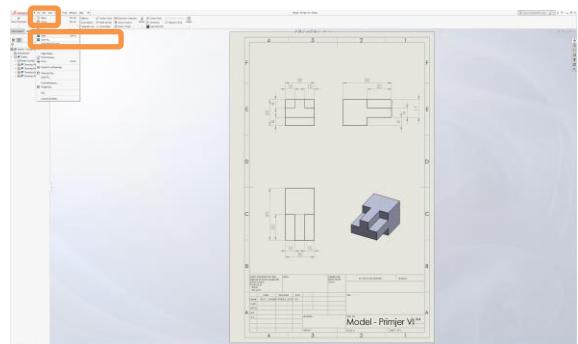


Slika 32. Tehnički radni ISO crtež

56. Nakon toga odabire se naredba: **Smart Dimension**.
57. Sada se iz nacrtova virtualiziraju tehničke dimenzije tako da se klikne na odabranu dužinu i program nakon toga sam prikazuje dimenziju tražene dužine. Na taj način definiraju se i vizualiziraju sve dimenzije koje su potrebne za izradu Modela primjera VI. Slika 33. prikazuje dimenzije Modela primjera I.
58. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, vidi sliku 34.

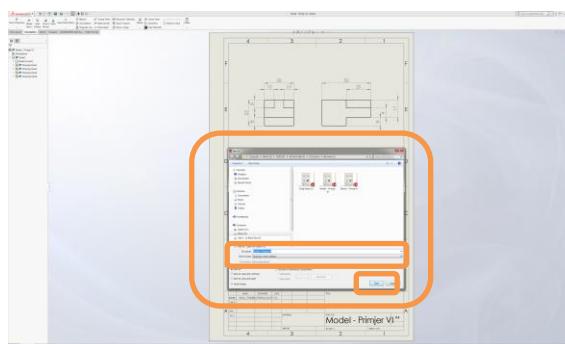


Slika 33. Dimenzije Modela primjera VI



Slika 34. Opcija Save As

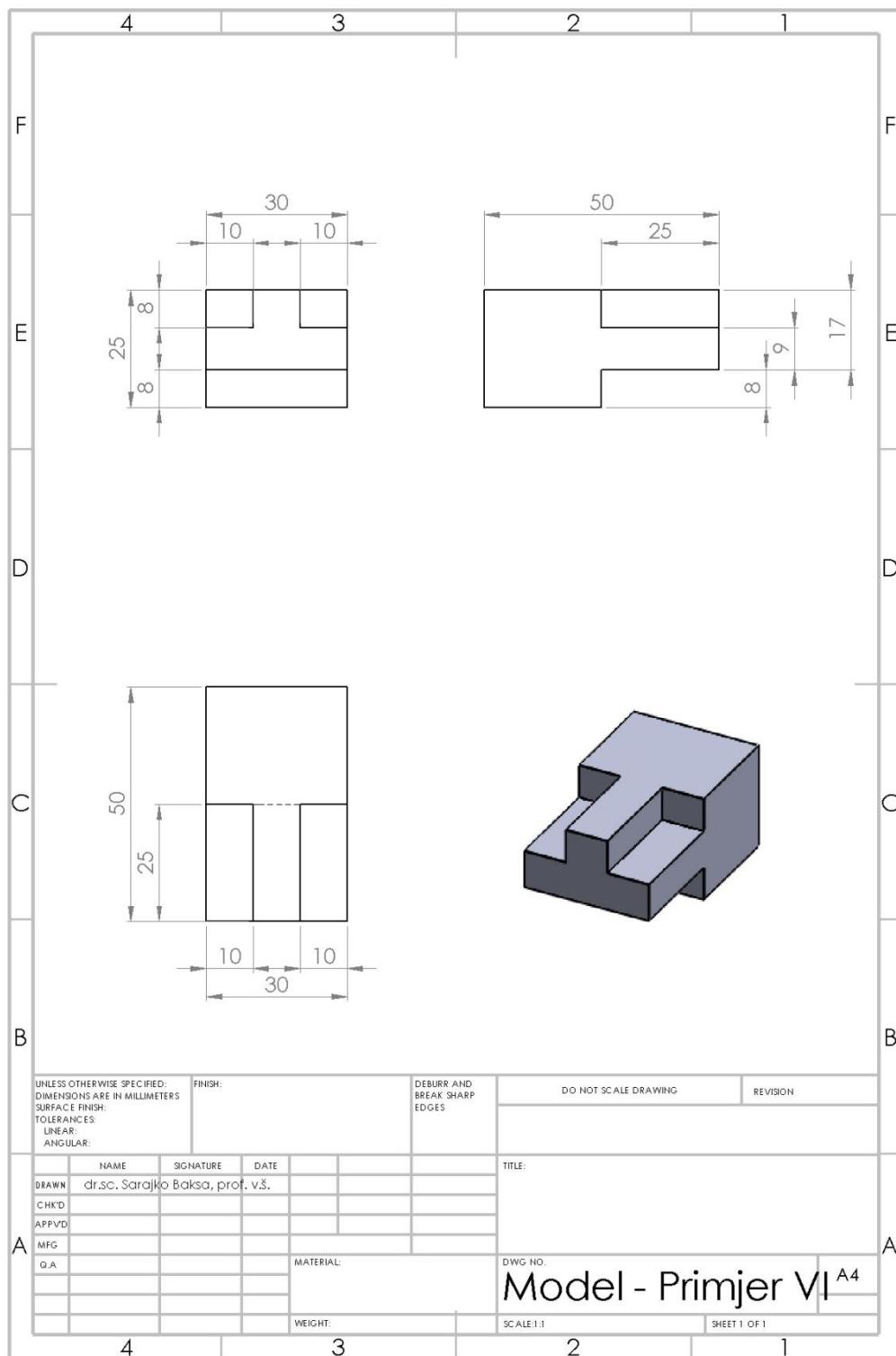
59. Zatim se otvara izbornički panel gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upiše se "Nacrt Modela primjer VI" i na kraju se pritisne **Spremi**. Slikom 35. prikazan je postupak spremanja tehničkog 2D crteža Modela primjer V.



Slika 35. Spremanje tehničkog 2D crteža Modela VI

60. Sada kada je tehnički nacrt Modela primjera VI pohranjen unutar memorije računala može se izaći iz programa SolidWorks klikom na opciju: **Close**

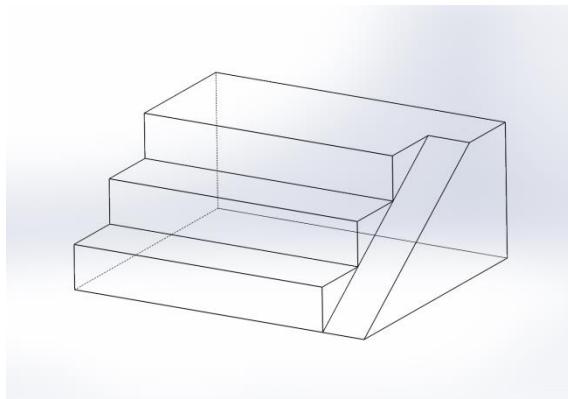
2.6.4. Tehnički nacrt: Model - Primjer VI



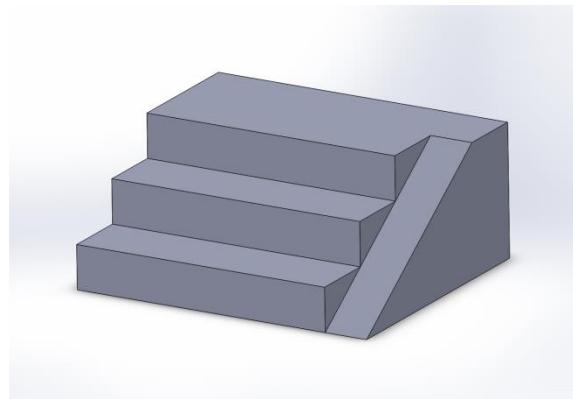
Slika 36. Tehnički nacrt modela – Primjer VI

2.7. Računalno 3D modeliranje – Primjer VII

Model primjera - VII, izvedbe i postupka računalnog 3D modeliranja, prikazan je perspektivno u svom prostornom žičanom modelu (*eng. wire frame*), na slici 1 i u punom (*eng. solid*) modelu, na slici 2.



Slika 1. Perspektivni žičani 3D model primjera VII



Slika 2. Perspektivni puni 3D model primjera VII

2.7.1. Pokretanje i priprema SolidWorks računalnog programa

37. Za pokretanje SolidWorks računalnog programa na radnoj površini potrebno je dva put lijevom tipkom



miša kliknuti na ikonu: **SolidWorks 2018**.

38. Nakon otvaranja programa, slika 3., pojavit će se početna podloga SolidWorks-a, kao što je prikazano na slici 4.
39. Prije početka konstruiranja računalnim metodama 2D i 3D modeliranja potrebno je odabrati radnu površinu klikom na ikonu: **New (Ctrl+N)**.
40. Nakon toga pojavit će se izbornik programa kao što je prikazano na slici 5.



Slika 3. Pokretanje SolidWorks računalnog programa

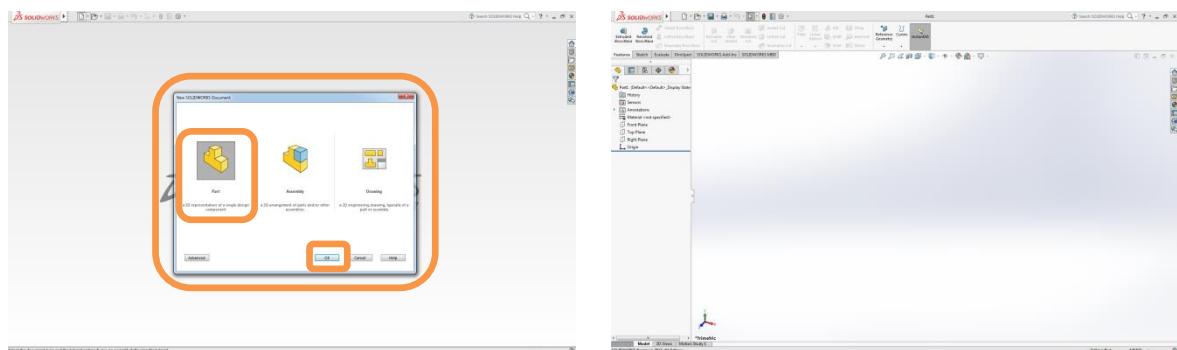


Slika 4. Početna podloga nakon pokretanja SolidWorks računalnog programa

41. Kod odabira novog SolidWorks dokumenta odabrat će se sljedeće: **Part a 3D representation of a single design component**.



42. Kad je to odabранo klikne se na **OK** i nakon toga otvorit će se nova podloga za računalno modeliranje, spremna za rad, kao što je i prikazano na slici 6.



Slika 5. Izbornik za odabir novog SolidWorks dokumenta

Slika 6. Podloga SolidWorks programa spremna za računalno modeliranje

2.7.2. Računalna 3D konstrukcija modela – Primjer VII

187. Odabere se naredba set 2D konstrukcijskih značajki **Sketch**, vidljivo na slici 7.

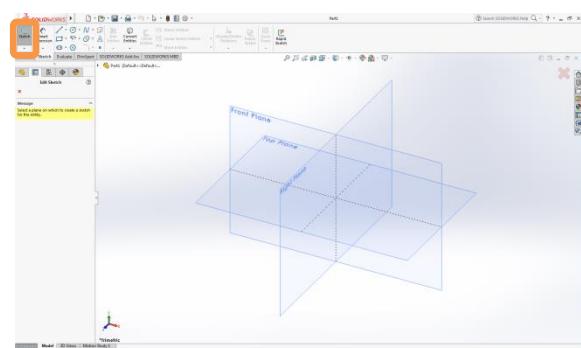


188. Nakon toga klikne se na 2D konstrukcijsku ikonu: **Sketch**.

189. Nakon čega se pojavljuje koordinatni 3D izborni sustav, kao što prikazuje slika 8.



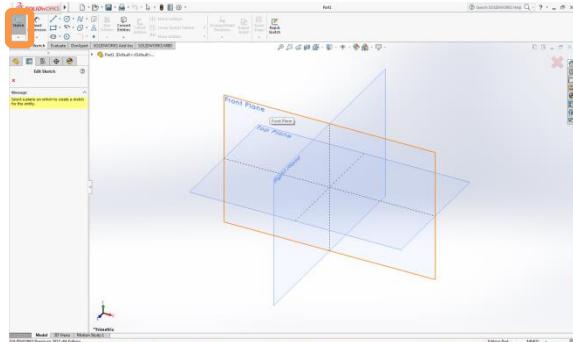
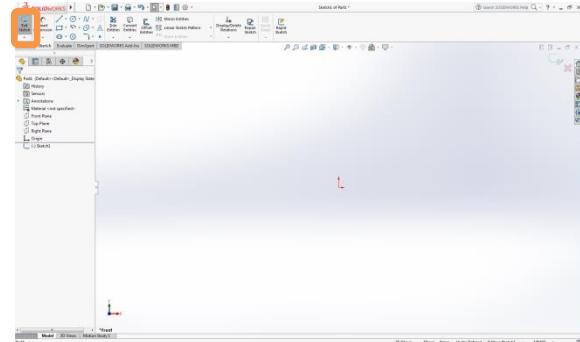
Slika 7. Provjedba ravninske 2D konstrukcijske značajke Sketch



Slika 8. 3D koordinatni izborni sustav SolidWorks programa spremen za računalno modeliranje

190. Mišem se dolazi do 3D koordinatnog izbornog sustava na kojem piše **Front Plane**. Kad se taj dio koordinatnog sustava označi i uokviri narančastom bojom (vidljivo na slici 9.), klikom lijeve tipke miša odabire se **Front Plane**.

191. Kad je odabran **Front Plane** pojavit će se prostor za računalno modeliranje kao na slici 10.

Slika 9. *Front Plane*Slika 10. *Prostor za računalno modeliranje*

192. Lijevom tipkom miša odabire se 2D konstrukcijska naredba: **Line (L)**

193. Nakon što je odabrana **Line (L)** naredba, mišem se pozicionira središte unutar prostora za modeliranje

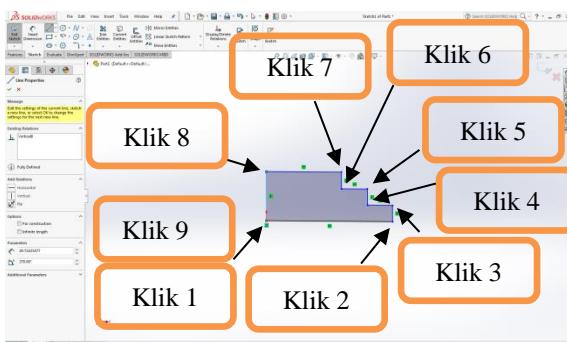
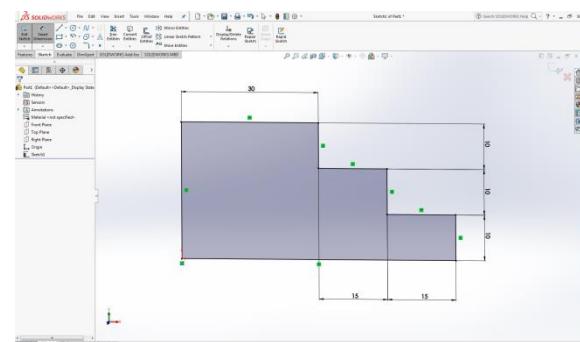


koje je označeno na način . Prvo se klikne u središte, a nakon toga povlači desno gore kao što je prikazano na slici 11.

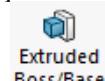
194. Kad je to izvršeno, potrebno je odrediti dimenzije stranica odabiranjem naredbe: **Smart Dimension**



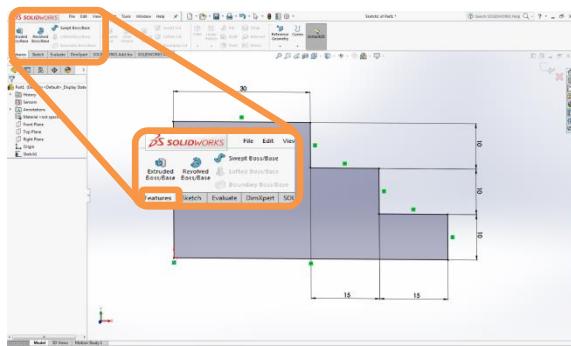
195. Dimenzioniranje stranica se vrši na način da se lijevom tipkom miša klikne na stranicu kojoj se želi odrediti dimenzija, povuče mišem prema gore i opet lijevom tipkom miša izvrši klik, postupak je prikazan slikom 12.

Slika 11. *Provđenje 2D konstrukcijske naredbe Line (L)*Slika 12. *Konstrukcijsko 2D dimenzioniranje stranica metamodela*

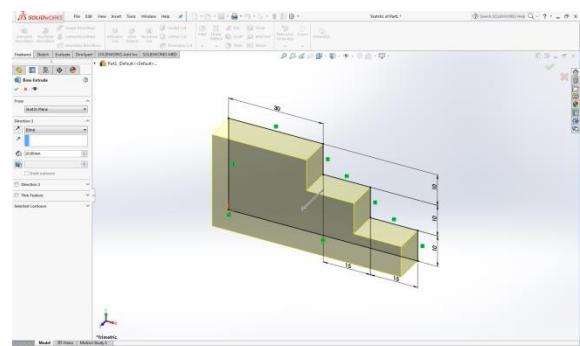
196. Nakon dimenzioniranja bira se napredni 3D set naredbi **Features**, kao što je prikazano na slici 13.



197. Sada se bira prostorna 3D konstrukcijska naredba **Extruded Boss/Base** . Nakon čega se pojavljuje treća dimenzija kao što prikazuje slika 14.

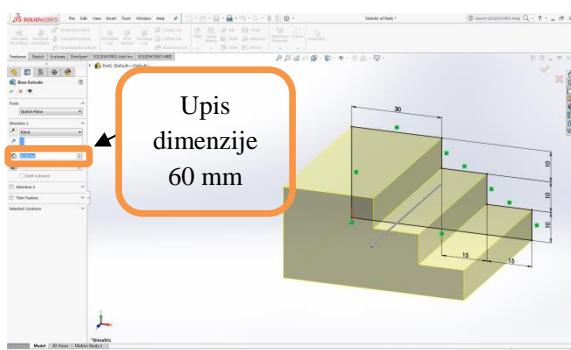


Slika 13. Provedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

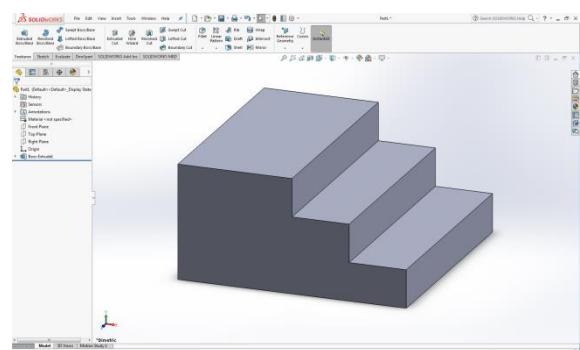


Slika 14. Pojavljivanje treće prostorno konstrukcijske dimenzije

198. Nadalje potrebno je odrediti brojčanu vrijednost treće dimenzije. U prostor **Depth** upisuje se brojčana vrijednost, u našem slučaju 60 mm. Postupak je prikazan slikom 15.
199. Nakon što je upisana željena dimenzija, 60 mm, ista se potvrdi naredbom, lijevom tipkom, miša na **OK** ✓ u gornjem lijevom kutu djelatnog panela.
200. Time je dobivena djelatna trodimenzionalna konstrukcija modela stepenice željenih dimenzija, kao što prikazuje slika 16.



Slika 15. Vrijednost treće prostorno konstrukcijske dimenzije (Depth)

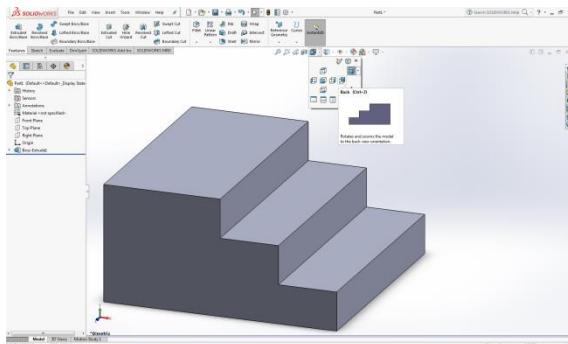


Slika 16. Konstrukcijski 3D metamodel stepenica

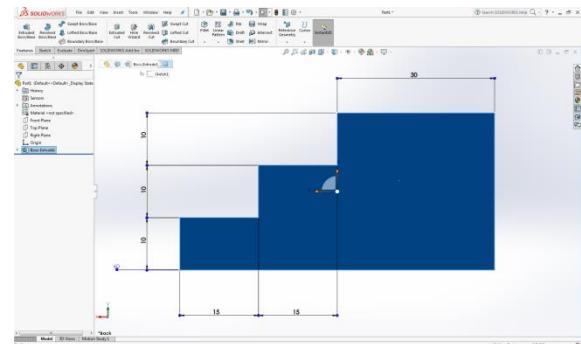
201. Model se prostorno rotira klikom na naredbu **View Orientation** . Tada se pojavljuje izbornik unutar kojeg se bira **Back (Ctrl+2)** . Nakon primjene tih naredbi model će se prostorno zarotirati kao što je prikazano na slici 17.
202. Slijedno, označi se stranica klikom miša tako da poprimi plavu boju kao što je prikazano na slici 18.



Tada se opetovano klikne na 2D set značajki **Sketch** .



Slika 17. Postupak konstrukcijske rotacije djelatnog 3D metamodela

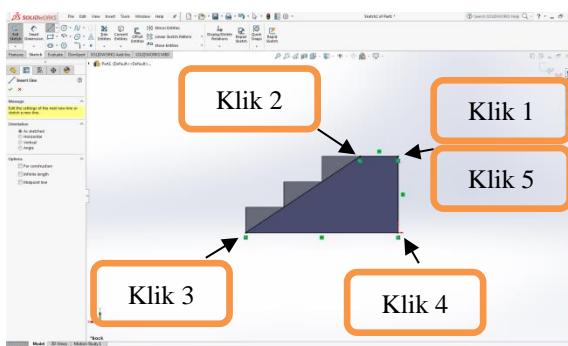


Slika 18. Označavanje radne 2D površine djelatnog 3D metamodela

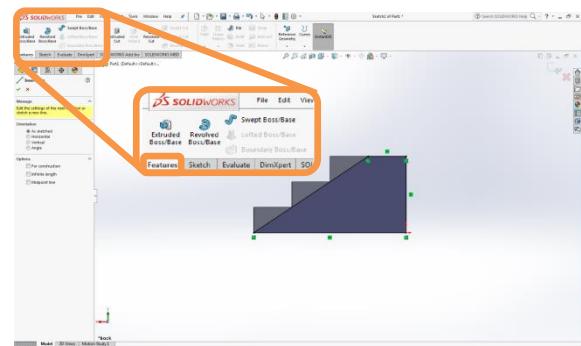
203.Nakon toga bira se naredba: **Line (L)**

204.U sljedećem koraku konstruira se djelatna konstrukcijska površina, kao što je prikazano na slici 19.

205.Kad je to učinjeno, odabire se naredba **Features**, kao što je prikazano unutar slike 20.



Slika 19. Provredba ravninske 2D značajke, naredbom Line (L)



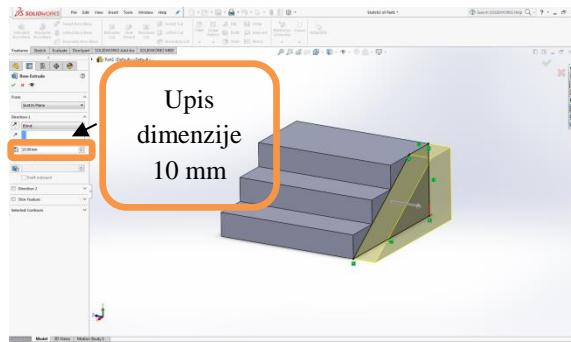
Slika 20. Provredba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Features

206.Sada se bira prostorna 3D naredba **Extruded Boss/Base** i u prozor **Depth** upisuje iznos treće dimenziije, u ovom primjeru 10 mm. Postupak je prikazan slikom 21.

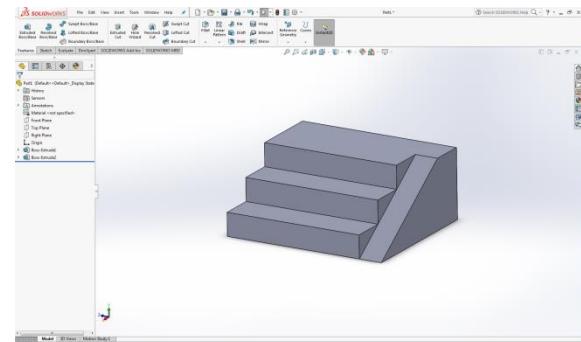


207.Kad smo sve provjerili ovu radnju potvrđujemo klikom na naredbu: **OK** ✓.

208.Tim postupkom dobiven je željeni izgled kocke 2, kao što je prikazano slikom 22.



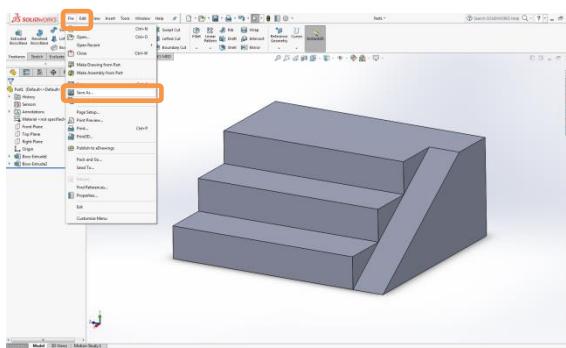
Slika 21. Provedba prostorne 3D značajke konstrukcijskog modeliranja Extruded Boss/Base



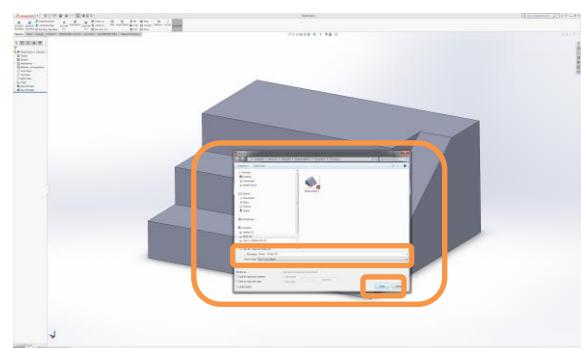
Slika 22. Željeni izgled modela Primjer VII u punom prostornom 3D prikazu

209. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, kao što je vidljivo sa slike 23.

210. Nakon čega se otvara prozor gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upisuje se "**Model primjera VII**" i na kraju odabire **Spremi**. Slikom 24. prikazan je postupak spremanja Modela primjera IV.

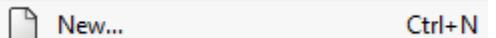


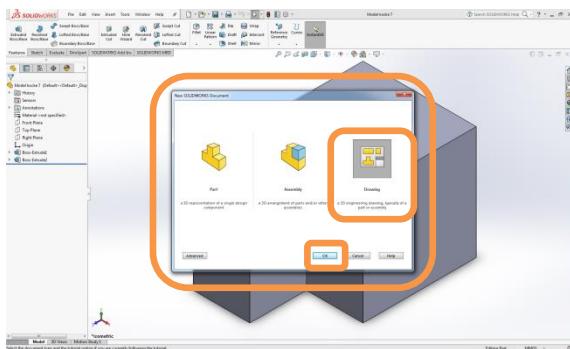
Slika 23. Opcija Save As



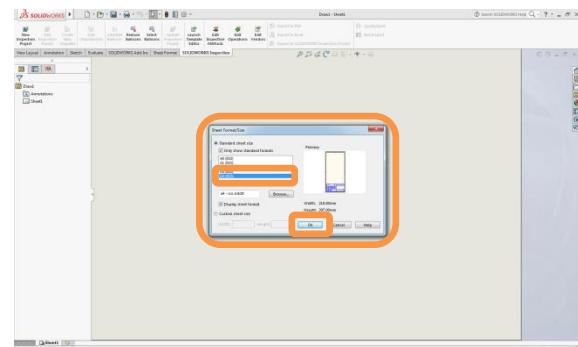
Slika 24. Spremanje Modela Primjera VII

2.7.3. Računalna izrada tehničkog nacrta – Model primjer VII

61. Nakon spremanja Modela primjera VII bira se opcija **File**, kad se spusti panel izbornika bira se opcija **New (Ctrl+N)**  **Ctrl+N**
62. Nakon toga otvara se novi izbornik **New SolidWorks Document**, gdje se odabire **Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidi sliku 25.
63. Pojavljuje se izbornik **Sheet Format/Size**, u kojem se bira **A4 (ISO)** i potvrđuje klikom na **OK**. Vidljivo sa slike 26.

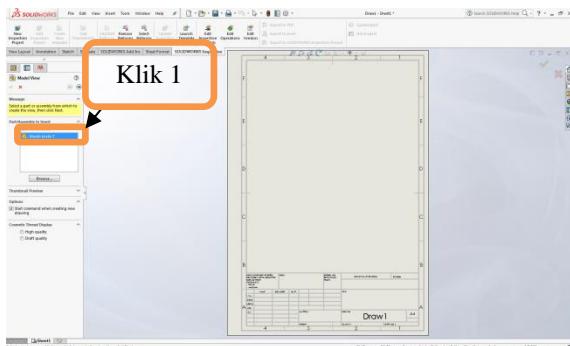


Slika 25. Drawing 2D engineering drawing, typically of a part or assembly

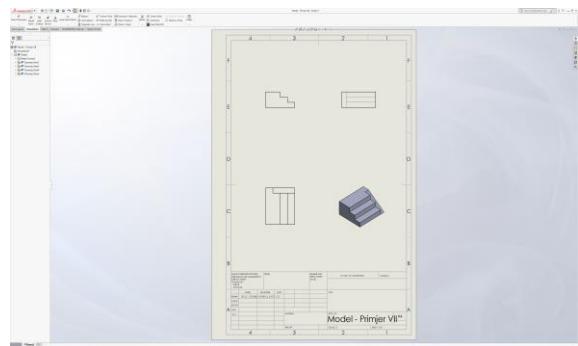


Slika 26. Sheet Format/Size → A4 (ISO)

64. Sada se u lijevom izborničkom prozoru **Part/Assembly to Insert** dva put klikne na dokument "**Model primjera VII**", kao što je prikazano na slici 27.
65. Sada se model raspoređuje po A4 nacrtnom formatu i na taj način stvara se tehnički nacrt Modela primjera VII. Lijevom tipkom miša i pokretima miša lijevo, desno, gore i dolje stvara se ispravan standardizirani ISO tehnički crtež kao na slici 28.



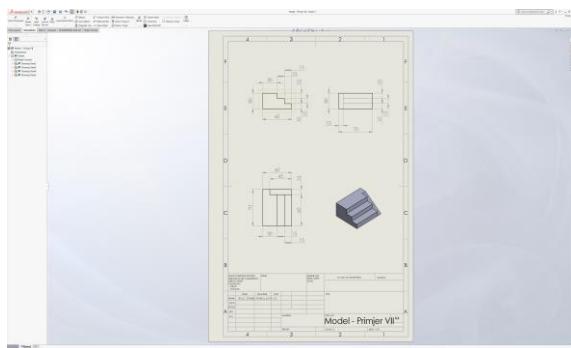
Slika 27. Odabir modela za stvaranje dvodimenzionalnog 2D tehničkog crteža



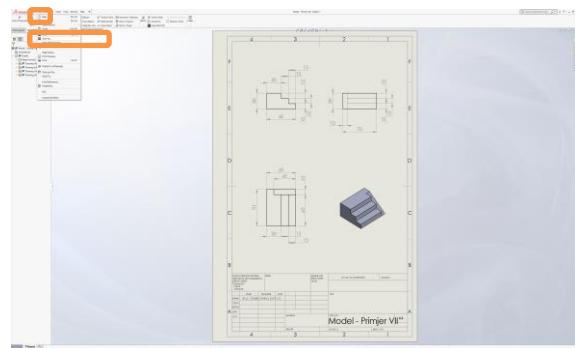
Slika 28. Dvodimenzionalni tehnički radni ISO standardizirani 2D crtež Modela - primjera VII

66. Nakon toga odabire se naredba: **Smart Dimension** 

67. Sada se iz nacrt virtualiziraju tehničke dimenzije tako da se klikne na odabranu dužinu i program nakon toga sam prikazuje dimenziju tražene dužine. Na taj način definiraju se i vizualiziraju sve dimenzije koje su potrebne za izradu Modela primjera VII. Slika 29. prikazuje dimenzije Modela primjera VII.
68. Sada se bira opcija **File**, a zatim opcija **Save As**, vidi sliku 30.

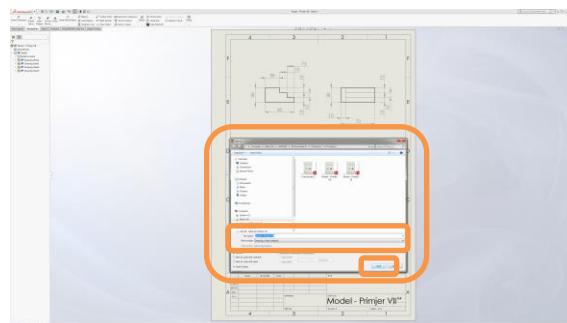


Slika 29. Dimenzije Modela primjera VII



Slika 30. Opcija Save As

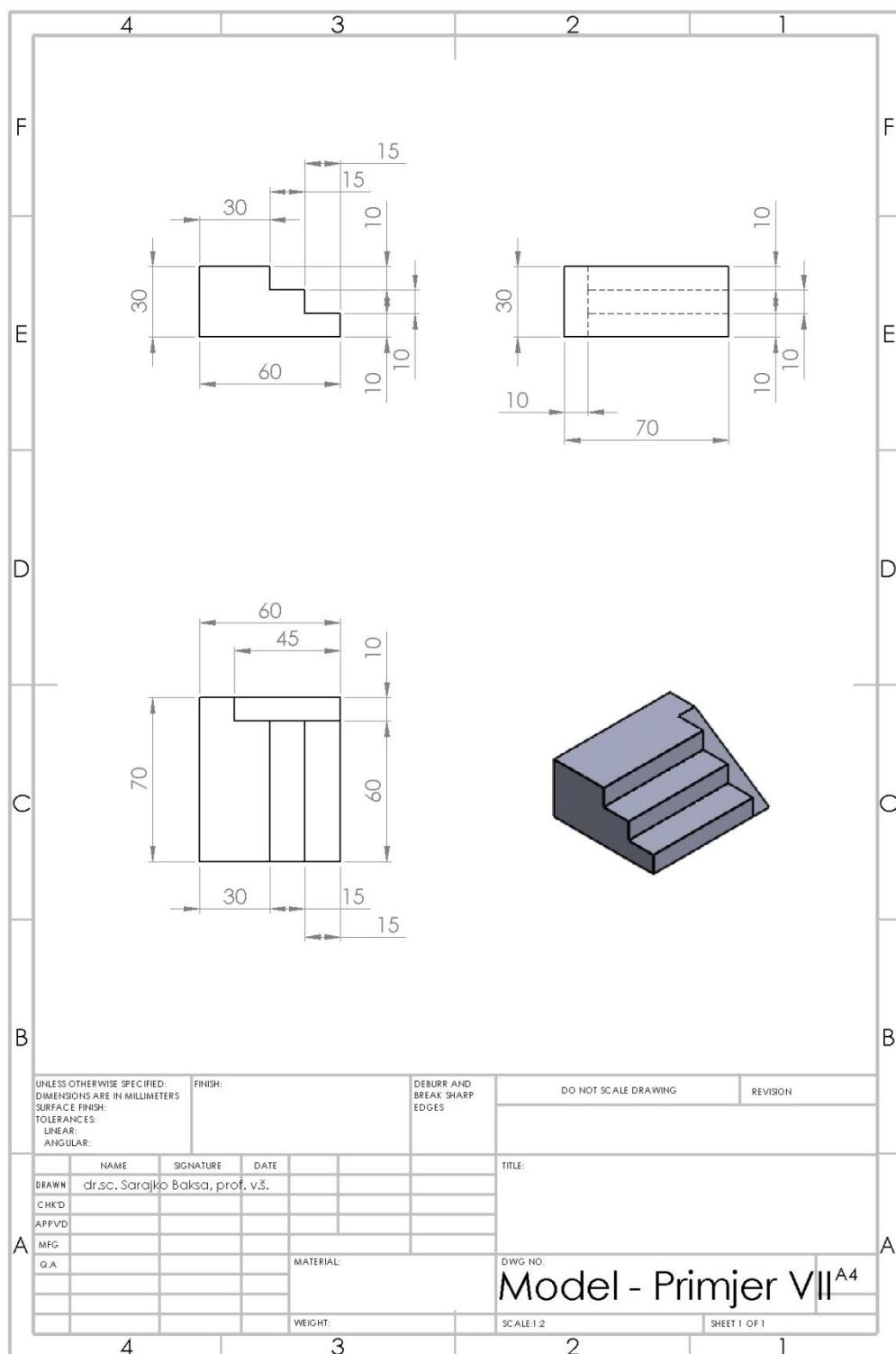
69. Zatim se otvara izbornički panel gdje se odabire opcija **Radna površina**, u prostor **Naziv datoteke** upiše se "Nacrt Modela primjer VII" i na kraju se pritisne **Spremi**. Slikom 31. prikazan je postupak spremanja tehničkog 2D crteža Modela primjer VII.



Slika 31. Spremanje tehničkog 2D crteža Modela primjera VII

70. Sada kada je tehnički nacrt Modela primjera VII pohranjen unutar memorije računala može se izaći iz programa SolidWorks klikom na opciju: **Close** .

2.7.4. Tehnički nacrt: Model - Primjer VII



Slika 32. Tehnički nacrt Modela – Primjer VII

9. BIBLIOGRAFIJA

- [1] <https://www.quora.com/How-was-designing-done-before-AutoCad> (*Preuzeto 15.09.2018.*)
- [2] <http://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?ID=60651> (*Preuzeto 16.11.2018.*)
- [3] <https://blog.dnevnik.hr/tehnickakultura/2010/10/index.html> (*Preuzeto 08.09.2018.*)
- [4] <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/our-story/glossary/computer-aided-design-cad/12507#main-content> (*Preuzeto 12.06.2018.*)
- [5] <http://cadalati.blogspot.hr/search/label/POVIJEST%20CAD-a> (*Preuzeto 04.09.2018.*)
- [6] <http://www.cadlab.fsb.hr> (*Preuzeto 24.10.2018.*)
- [7] <http://tjavel.splet.arnes.si/2014/05/20/koordinatni-sistemi-v-osnovni-geometriji/> (*Preuzeto 16.08.2018.*)
- [8] <https://www.slideshare.net/urbans/slike-in-animacije> (*Preuzeto 11.04.2018.*)
- [9] http://www.master.grad.hr/hdgg/kog_stranica/kog13gif/kog13_gjuranic.pdf (*Preuzeto 26.05.2018.*)
- [10] Heimpel, W.: The Gates of the Eninnu, *Journal of Cuneiform Studies*, Vol. 48 (1996), pp. 17-29
- [11] Dundjer, M.: Elementi strojeva I