

# SADRŽAJ

<b>1.</b>	<b>UVOD U TEHNIČKO CRTANJE</b>	<b>1</b>
1.1.	Tehnički crtež	1
1.2.	Pribor za tehničko crtanje	1
<b>2.</b>	<b>STANDARDI U TEHNIČKOM CRTANJU</b>	<b>5</b>
2.1.	Vrste tehničkih crteža	5
2.2.	Vrste crta	7
2.3.	Namjena crta	8
2.4.	Standardna mjerila u tehničkom crtanju	9
2.5.	Standardni formati papira za crtanje	10
2.6.	Zaglavlja i sastavnice	11
2.7.	Tehničko pismo	13
	Pitanja i zadatci	14
	<b>Prvi samostalni rad (standardi)</b>	<b>16</b>
<b>3.</b>	<b>GEOMETRIJSKE KONSTRUKCIJE</b>	<b>17</b>
3.1.	Konstrukcija simetrale dužine	17
3.2.	Konstruiranje okomice iz točke na pravac	17
3.3.	Dijeljenje dužine na jednake dijelove	17
3.4.	Dijeljenje kuta na dva jednaka dijela	18
3.5.	Konstrukcija istostraničnog trokuta u kružnici	18
3.6.	Konstrukcija trokuta zadanih stranica	18
3.7.	Konstrukcija kvadrata zadane stranice	18
3.8.	Konstrukcija pravilnog peterokuta u zadanoj kružnici	19
3.9.	Konstrukcija pravilnog šesterokuta u zadanoj kružnici	19
3.10.	Konstrukcija pravilnog peterokuta zadane stranice	20
3.11.	Konstrukcija pravilnog šesterokuta zadane stranice	20
3.12.	Konstrukcija sedmerokuta u zadanoj kružnici	21
3.13.	Konstrukcija pravilnog višekutnika ( $n$ stranica) u zadanoj kružnici	21
3.14.	Spajanje kružnica tangentama	21
3.15.	Spajanje pravaca lukovima (kružni prijelazi)	22
<b>4.</b>	<b>KONSTRUKCIJE TEHNIČKIH KRIVULJA</b>	<b>23</b>
4.1.	Konstrukcije elipse	23
4.1.1.	Konstrukcija elipse pomoću konjugiranih promjera diobom	23
4.1.2.	Konstrukcija elipse pomoću dviju koncentričnih kružnica	24

4.1.3.	Konstrukcija elipse pomoću šestara unutar romba	24
4.1.4.	Konstrukcija valjka i polukugle pomoću šestara u izometriji	25
4.2.	Konstrukcija parabole	25
4.3.	Konstrukcija hiperbole	26
4.4.	Konstrukcija Arhimedove spirale	27
4.5.	Konstrukcija evolvente kružnice	27
4.6.	Konstrukcija cikloide	28
4.7.	Konstrukcija zavojnice	29
4.8.	Konstrukcija sinusoide	29
	Zadatci i pitanja	30
	<b>Drugi samostalni program (poligoni i tehničke krivulje)</b>	<b>34</b>

<b>5.</b>	<b>KOTIRANJE</b>	<b>35</b>
-----------	------------------	-----------

5.1.	Elementi kota	35
5.2.	Opća pravila za nanošenje kota	35
5.3.	Primjeri kotiranja s objašnjenjima	35
5.4.	Sustavi nanošenja kota	40
	Pitanja za ponavljanje i zadatci	41
	<b>Treći samostalni program (kotiranje)</b>	<b>42</b>

<b>6.</b>	<b>PRAVOKUTNO PROJICIRANJE I KOTIRANJE</b>	<b>43</b>
-----------	--	-----------

6.1.	Vrste projiciranja	43
6.2.	Kvadranti, oktanti i koordinate	44
6.3.	Pravokutno projiciranje na dvije ravnine	45
6.3.1.	Projiciranje točke na dvije ravnine	45
6.3.2.	Projiciranje dužine na dvije ravnine	45
6.3.3.	Projiciranje pravca na dvije ravnine	46
6.3.4.	Projiciranje ravnine na dvije ravnine	46
6.3.5.	Prodori i probodišta	47
6.3.6.	Projiciranje ravnih likova na dvije ravnine	48
6.3.7.	Projiciranje pravilnih geometrijskih tijela na dvije ravnine	49
	Pitanja za ponavljanje i zadaci	50
6.4.	Pravokutno projiciranje točke, dužine i likova na tri ravnine	51
6.5.	Pravokutno projiciranje geometrijskih tijela na tri ravnine	53
6.5.1.	Smjer pogleda i raspored projekcija	53
6.5.2.	Pravokutne projekcije pravilnih geometrijskih tijela na tri ravnine	54
6.5.3.	Pravokutno projiciranje nepravilnih geometrijskih tijela na tri ravnine	56
	Zadatci za vježbu	57
	Pitanja za ponavljanje	59
	<b>Četvrti samostalni program (pravokutno projiciranje)</b>	<b>60</b>

<b>7.</b>	<b>PRESJECI RAVNINAMA, PRODORI I MREŽE TIJELA</b>	<b>61</b>
7.1.	Mreže pravilnih geometrijskih tijela	61
7.2.	Razvijanje plašteva pravilnih geometrijskih tijela presječenih ravninom	64
7.2.1.	Kosi presjek prizme	64
7.2.2.	Presjeci piramide ravninom	66
7.2.3.	Kosi presjek stošca i mreža	68
7.2.4.	Kosi presjek valjka i mreža	69
7.2.5.	Crtanje prodora valjak-valjak i njihovih plašteva	69
7.2.6.	Crtanje prodora tijela	70
	<b>Zadatci za peti samostalni program (mreže i prodori)</b>	<b>72</b>
<b>8.</b>	<b>PROSTORNO PREDOČAVANJE I KOTIRANJE</b>	<b>73</b>
8.1.	Uvod	73
8.2.	Metode prostornog predočavanja	73
8.3.	Perspektiva	73
8.4.	Dimetrija	75
8.5.	Kosa projekcija	75
8.6.	Izometrijska projekcija (izometrija)	76
	Zadaci za vježbu	77
	Primjeri za vježbu crtanja u izometriji	78
	Pitanja za ponavljanje i zadatci	79
	<b>Zadatci za šesti samostalni program</b>	<b>80</b>
<b>9.</b>	<b>PRESJECI NEPRAVILNIH TIJELA</b>	<b>81</b>
9.1.	Uvod	81
9.2.	Prikaz i šrafiranje presjeka	81
9.3.	Trag ravnine presjeka	82
9.4.	Vrste presjeka	82
9.5.	Dijelovi koji se ne crtaju u presjeku	84
9.6.	Prijelomi i skraćivanja	85
	Pitanja za ponavljanje	85
	<b>Sedmi samostalni rad</b>	<b>86</b>
<b>10.</b>	<b>POJEDNOSTAVNJENO CRTANJE I KOTIRANJE</b>	<b>87</b>
10.1.	Pojednostavnjenja pri crtanju navoja i vijaka	87
10.2.	Pojednostavnjenja pri crtanju sitnih navoja, provrta i upusta	88
<b>11.</b>	<b>SKICIRANJE</b>	<b>89</b>
11.1.	Uvod	89

11.2.	Skiciranje predmeta u pravokutnoj predodžbi	89
11.3.	Skiciranje predmeta u prostornoj predodžbi	90
	Pitanja za ponavljanje i zadatci	90

<b>12.</b>	<b>TOLERANCIJE I HRAPAVOST POVRŠINA</b>	<b>93</b>
------------	---	-----------

12.1.	Tolerancije dužinskih mjera	93
12.1.1.	Vrste mjera	93
12.1.2.	Elementi tolerancija	93
12.1.3.	Kvaliteta tolerancije i položaj tolerancijskih polja	94
12.1.4.	Unošenje tolerancija na crtež	94
12.2.	Dosjedi i njihovo označavanje na crtežima	96
12.3.	Tolerancije oblika i položaja	97
12.4.	Hrapavost površina	106
12.4.1.	Uvod	106
12.4.2.	Primjeri označavanja površinske hrapavosti	107
	Pitanja za ponavljanje i zadatci	108
	<b>Osmi samostalni rad</b>	110

<b>13.</b>	<b>IZRADA I ČITANJE CRTEŽA I SHEMA</b>	<b>111</b>
------------	--	------------

13.1.	Izrada crteža i shema	111
13.2.	Čitanje crteža i shema	114
	<b>Deveti samostalni program (izrada radioničkog i sklopnog crteža)</b>	<b>115</b>

<b>14.</b>	<b>SIMBOLI U TEHNIČKOM CRTANJU</b>	<b>117</b>
------------	------------------------------------	------------

14.1.	Pojam i podjela simbola	117
14.2.	Dokumentacija, simboli i sheme električnih i elektroničkih sklopova	118
14.2.1.	Osnovni pojmovi	118
14.2.2.	Simboli u elektrotehnici i elektronici	118
14.2.3.	Shematski crteži električnih instalacija	120
14.2.4.	Shematski crteži u elektronici	121
14.2.5.	Shematski blok-dijagrami	122
14.3.	Simboli i sheme u strojarstvu i prometu	124
	Pitanja za ponavljanje i primjeri	129

<b>15.</b>	<b>DOKUMENTACIJA I ARHIVIRANJE DOKUMENATA</b>	<b>131</b>
------------	---	------------

15.1.	Tehnička dokumentacije	131
15.1.1.	Pojam i vrste dokumentacije	131
15.1.2.	Izgled nekih dokumenata koji se koriste u proizvodnji	131
15.2.	Arhiviranje (pohrana) dokumenata	133
15.2.1.	Mikrofilm	133

15.2.2.	Digitaliziranje i elektroničko arhiviranje dokumenata	134
	Pitanja za ponavljanje	134

<b>16.</b>	<b>PREDOČAVANJE STROJNIH ELEMENATA</b>	<b>135</b>
------------	--	------------

16.1.	Predočavanje navoja i vijaka	135
16.2.	Predočavanje klinova	136
16.3.	Predočavanje zavarenih spojeva	136
16.4.	Predočavanje opruga	137
16.5.	Predočavanje zupčanika	137
16.6.	Predočavanje valjnih ležaja	138
	Pitanja za ponavljanje	138

<b>17.</b>	<b>GRAĐEVINSKI NACRTI</b>	<b>139</b>
------------	---------------------------	------------

17.1.	Uvod	139
17.2.	Vrste građevinskih nacrti (projekata)	139
17.3.	Oprema nacrti	141
17.4.	Sadržaj nacrti (tlocrt, presjek, pogled)	142
17.5.	Kotiranje građevinskih nacrti	143
17.6.	Skraćenice i simboli	144
17.6.1.	Simboli materijala	144
17.6.2.	Simboli opreme i namještaja	144
17.6.3.	Simboli raznih instalacija	145
17.6.4.	Grafičke oznake i prikazi otvora u tlocrtu	146
17.7.	Prikaz stuba u nacrtima	146
17.8.	Građevinske podloge za projektiranje instalacija	147
	Pitanja za ponavljanje	147
17.9.	Crtanje prometnica	148

<b>18.</b>	<b>Crtanje u AutoCAD-u</b>	<b>149</b>
------------	----------------------------	------------

<b>18.1.</b>	<b>Uvod u AutoCAD</b>	<b>151</b>
18.1.1.	Uporaba računala u konstrukcijskom uredu	151
18.1.2.	CAD – Computer Aided Design (projektiranje pomoću računala)	152
18.1.3.	CAD radno mjesto	153
18.1.4.	CAD radne tehnike	153
18.1.5.	O programu AutoCAD	155
18.1.6.	Elementi korisničke radne površine AutoCAD-a	156
18.1.7.	Namještanja korisničkih postavki AutoCAD-a	157
18.1.7.1.	Namještanje boje polja za crtanje i veličine križnog pokazivača	157
18.1.7.2.	Ostala namještanja u prozoru Options	158
18.1.8.	Uporaba prečaca, funkcijskih i drugih tipki pri radu s AutoCAD-om	159

18.1.9.	Vođenje prikazivanja crteža (Zoom naredbe)	160
18.1.10.	Označavanje (selektiranje) objekata ili crteža (Select)	160
18.1.11.	Brisanje objekata ili crteža (Erase)	161
18.1.12.	Naredba Pan (pomicanje)	161
18.1.13.	Promjena načine rada u AutoCAD-u (Workspace Settings)	162
18.1.14.	Ciljanje točaka mreže (Snap) i karakterističnih točaka (Osnap)	162
18.1.15.	Preslikavanje svojstava objekata (Match Properties)	163
18.1.16.	Mijenjanje svojstava objekata (Properties)	163
	Pitanja i zadatci	164

<b>18.2.</b>	<b>Izrada 2D crteža u AutoCAD-u</b>	<b>165</b>
18.2.1.	Pokretanje AutoCAD-a	165
18.2.2.	Koordinatni sustav i crtanje točke (naredba Point)	165
18.2.3.	Crtanje ravnih crta (naredba Line)	166
18.2.4.	Crtanje kruga – kružnica (Circle)	167
18.2.5.	Crtanje segmentnih crta (Polyline)	168
18.2.6.	Crtanje pravokutnika (Rectangle)	169
18.2.7.	Crtanje pravilnih višekutnika (Polygon)	170
18.2.8.	Crtanje kružnih lukova (Arc)	171
18.2.9.	Crtanje elipse (Ellipse)	172
18.2.10.	Crtanje glatkih krivulja (Spline)	173
18.2.11.	Crtanje zraka (Ray)	173
18.2.12.	Crtanje pomoćnih linija konstrukcija (Construction Line)	173
18.2.13.	Crtanje oblačića (Revision Cloud)	174
18.2.14.	Naredbe Divide i Measure	174
18.2.15.	Skiciranje u AutoCAD-u (naredba Sketch)	175
18.2.16.	Naredba Donut (krafna)	175
18.2.17.	Odabir svojstava crta i objekata (boja, širina i vrsta)	175
	Zadatci za vježbu: izrada jednostavnih 2D crteža u AutoCAD-u	176

<b>18.3.</b>	<b>Uporaba alata za izmjene na crtežima (Modify) i pomoćnih alata</b>	<b>179</b>
18.3.1.	Uvod	179
18.3.2.	Premještanje objekata (Move)	179
18.3.3.	Brisanje objekata (Erase)	180
18.3.4.	Preslikavanje objekata (Copy Object)	180
18.3.5.	Zakretanje objekata (Rotate)	180
	Zadatci za vježbu	181
18.3.6.	Promjena veličine objekata (Scale)	182
18.3.7.	Istezanje objekata (Stretch)	182
18.3.8.	Produljivanje i skraćivanje objekata (Lengthen)	183
18.3.9.	Prekidanje objekata (Break) i pridruživanje dijelova objekta (Join)	183
18.3.10.	Rastavljanje objekata na sastavne dijelove (Explode)	184

18.3.11.	Rezanje viška crta škarama (Trim)	184
18.3.12.	Spajanje linija krivuljom (Blend Curves)	185
18.3.13.	Usporedne preslike skupa objekata (Offset)	186
18.3.14.	Zrcaljenje objekata (Mirror)	186
18.3.15.	Naredba za poravnanje (Align)	186
18.3.16.	Spajanje krajeva crta lukovima (Fillet)	187
18.3.17.	Spajanje crta uporabom zasjeka (Chamfer)	188
18.3.18.	Višestruko preslikavanje u pravokutnom rasp. (Rectangular Array)	188
18.3.19.	Višestruko preslikavanje u kružnom rasporedu (Polar Array)	189
	Zadatci za vježbu	190

<b>18.4.</b>	<b>Uporaba alata s ploče za notiranje (Anotate)</b>	<b>195</b>
18.4.1.	Pisanje teksta na crtežu (MText, Text)	195
18.4.2.	Unošenje kota na crtež (Dimensions)	197
	Zadatci za vježbu	200
18.4.3.	Crtanje tablica u AutoCAD-u (Table)	205
18.4.4.	Oblikovanje zatvorenih područja (Region)	206
18.4.5.	Šrafitiranje i sjenčanje površina u AutoCAD-u (Hatch)	207
18.4.6.	Mjerenja u AutoCAD-u (Measure)	209
	Zadatci za vježbu	210

<b>18.5.</b>	<b>Slojevi, blokovi (Blocks), vanjske reference (xRef), ispis crteža</b>	<b>213</b>
18.5.1.	Stvaranje slojeva i dodjeljivanje objekata sloju	213
18.5.2.	Odabir mjernih jedinica za crtanje	214
18.5.3.	Koordinatni sustavi (WCS, UCS)	215
18.5.4.	Stvaranje i umetanje blokova	216
18.5.5.	Organiziranje objekata u skupine (Groups)	218
18.5.6.	Pronalaženje crteža na računalu (Find)	218
18.5.7.	Umetanje vanjskih referenci u crtež (xRef)	219
18.5.8.	Središte oblikovanja (DesignCenter)	220
18.5.9.	Priprema crteža za ispis na pisaču ili ploteru (Plot)	221
	Zadatci za vježbu	225

<b>18.6.</b>	<b>Kreiranje 3D crteža u AutoCAD-u (3D Modeling)</b>	<b>229</b>
18.6.1.	Uvod u trodimenzionalno crtanje (3D)	229
18.6.2.	Orijentiranje u 3D koordinatnom sustavu	230
18.6.3.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Box)	230
18.6.4.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Cylinder i Sphere)	231
18.6.5.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Polysolid)	232
18.6.6.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Cone, Wedge, Torus)	233
18.6.7.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Pyramid i Helix)	233
18.6.8.	Uređivanje čvrstih 3D objekata uporabom hvataljki	234
	Zadatci za vježbu	235

18.6.9.	Stvaranje 3D objekata iz dvodimenzionalnih likova (Extrude)	237
	Zadatci za vježbu	238
18.6.10.	Stvaranje složenih 3D objekata uporabom UCS-a	240
18.6.11.	Pravokutne projekcije 3D modela	243
18.6.12.	Navigacija u 3D načinu crtanja	244
18.6.13.	Uporaba drugih alata za 3D modeliranje	246
	Zadatci za vježbu	248
<b>19.</b>	<b>ZADACI ZA VJEŽBE CRTANJA</b>	<b>251</b>
	<b>KAZALO POJMOVA</b>	<b>269</b>
	<b>LITERATURA</b>	<b>272</b>