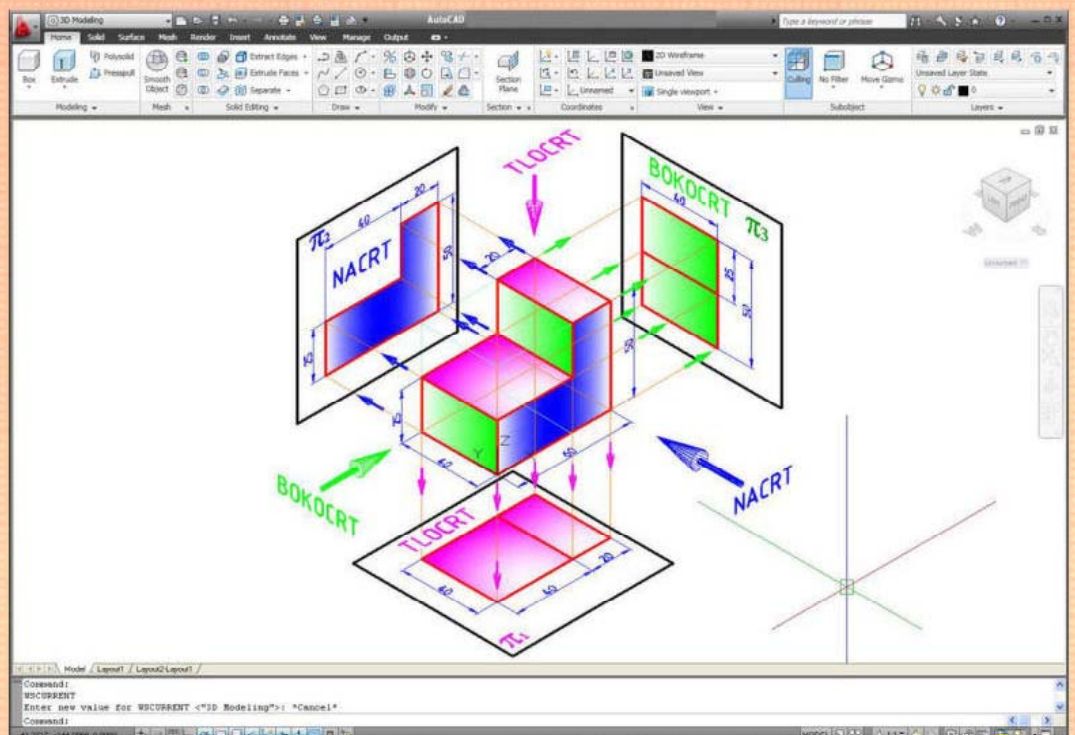


Mato Lučić

TEHNIČKO CRTANJE

s AutoCAD-om

udžbenik za srednje strukovne škole



Predgovor drugom izdanju

Tehnički crteži pripadaju među najvažnije medije i sredstva komuniciranja pa ih je potrebno znati čitati i crtati. Osnove za izradu i čitanje tehničkih crteža objašnjene su u ovom udžbeniku. Na osnovi stečenih znanja učenici će moći potpuno samostalno čitati crteže i izrađivati ih pomoću pribora za tehničko crtanje i na računalu u programu Auto-CAD.

Udžbenik je oblikovan prema kurikulumu za nastavni predmet *tehničko crtanje i tehničko crtanje i dokumentiranje* kako za trogodišnje strukovne škole tako i za četverogodišnje tehničke škole, a sadrži objašnjenja i primjere za stjecanje svih potrebnih znanja koja će učenicima omogućiti potpuno samostalnu izradu i čitanje tehničkih crteža i dokumentacije.

Nastavni predmet *tehničko crtanje* ili *tehničko crtanje i dokumentiranje* predaje se u prvim ili prvim i drugim razredima srednjih strukovnih škola. Nastavni planovi za ovaj predmet, za različite obrazovne sektore i različita zanimanja, nisu jednaki zbog čega bi trebalo koristiti nekoliko vrlo sličnih udžbenika.

Ovaj udžbeniku obuhvaća sve potrebno gradivo za sva obrazovna područja (obrazovne sektore) i za sva zanimanja, a podijeljen je na ukupno dvadeset nastavnih cjelina. *Nastavnik će odabrati i obraditi samo one cjeline koje su predviđene za određeno zanimanje.* U posljednjoj cjelini udžbenika posebno je opisan rad s računalnim programom AutoCAD bez kojega je danas teško zamisliti izradu tehničkih crteža. Uz udžbenik je priložen i CD medij s mnogobrojnim crtežima, obrađenim primjerima, programima i dr.

U udžbeniku su obrađene sljedeće nastavne cjeline:

1. Uvod u tehničko crtanje
2. Standardi u tehničkom crtanju
3. Geometrijske konstrukcije
4. Konstrukcije tehničkih krivulja
5. Kotiranje crteža
6. Pravokutno projiciranje i kotiranje
7. Presjeci ravninama, prodori i mreže tijela
8. Prostorno predočavanje i kotiranje
9. Presjeci nepravilnih tijela
10. Pojednostavljeno crtanje i kotiranje
11. Skiciranje
12. Tolerancije i hrapavost površina
13. Izrada i čitanje crteža i shema
14. Simboli u tehničkom crtanju
15. Dokumentacija i arhiviranje dokumenata
16. Predočavanje strojnih elemenata
17. Građevinski nacrti
18. Crtanje u AutoCAD-u
19. Zadaci za vježbe crtanja
20. Testovi za provjeru znanja.

Registered Trademarks

Registrirani žigovi

Autodesk® and AutoCAD® are registered in the US Patent and Trademark Office by Autodesk Inc.

Autodesk® i AutoCAD® registrirani su zaštitni znakovi tvrtke Autodesk Inc kod ureda za patente i žigove u SAD-u.

Windows® is a registered trademark of the Microsoft Corporation.

Windows® je registrirani zaštitni znak tvrtke Microsoft Corporation.

SADRŽAJ

1.	UVOD U TEHNIČKO CRTANJE	1
1.1.	Tehnički crtež	1
1.2.	Pribor za tehničko crtanje	1
2.	STANDARDI U TEHNIČKOM CRTANJU	5
2.1.	Vrste tehničkih crteža	5
2.2.	Vrste crta	8
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	12
2.7.	Tehničko pismo	14
	Pitanja i zadaci	15
	Prvi samostalni program (standardi)	17
3.	GEOMETRIJSKE KONSTRUKCIJE	19
3.1.	Konstrukcija simetrale dužine	19
3.2.	Konstruiranje okomice iz točke na pravac	19
3.3.	Dijeljenje dužine na jednake dijelove	19
3.4.	Dijeljenje kuta na dva jednaka dijela	20
3.5.	Konstrukcija istostraničnog trokuta u kružnici	20
3.6.	Konstrukcija trokuta zadanih stranica	20
3.7.	Konstrukcija kvadrata zadane stranice	20
3.8.	Konstrukcija pravilnog peterokuta u zadanoj kružnici	21
3.9.	Konstrukcija pravilnog šesterokuta u zadanoj kružnici	21
3.10.	Konstrukcija pravilnog peterokuta zadane stranice	22
3.11.	Konstrukcija pravilnog šesterokuta zadane stranice	22
3.12.	Konstrukcija sedmerokuta u zadanoj kružnici	23
3.13.	Konstrukcija pravilnog višekutnika (n stranica) u zadanoj kružnici	23
3.14.	Spajanje kružnica tangentama	23
3.15.	Spajanje pravaca lukovima (kružni prijelazi)	24
4.	KONSTRUKCIJE TEHNIČKIH KRIVULJA	25
4.1.	Konstrukcije elipse	25
4.1.1.	Konstrukcija elipse pomoću konjugiranih promjera diobom	25
4.1.2.	Konstrukcija elipse pomoću dviju koncentričnih kružnica	26
4.1.3.	Konstrukcija elipse pomoću šestara unutar romba	26

4.1.4.	Konstrukcija valjka i polukugle pomoću šestara u izometriji	27
4.2.	Konstrukcija parabole	27
4.3.	Konstrukcija hiperbole	28
4.4.	Konstrukcija Arhimedove spirale	29
4.5.	Konstrukcija evolvente kružnice	29
4.6.	Konstrukcija cikloide	30
4.7.	Konstrukcija zavojnice	31
4.8.	Konstrukcija sinusoide	31
	Zadaci i pitanja	32
	Drugi samostalni program (poligoni i tehničke krivulje)	36
5.	KOTIRANJE	37
5.1.	Elementi kota	37
5.2.	Opća pravila za nanošenje kota	37
5.3.	Primjeri kotiranja s objašnjenjima	37
5.4.	Sustavi nanošenja kota	42
	Pitanja za ponavljanja i zadaci	43
	Treći samostalni program (kotiranje)	44
6.	PRAVOKUTNO PROJICIRANJE I KOTIRANJE	45
6.1.	Vrste projiciranja	45
6.2.	Kvadranti, oktanti i koordinate	46
6.3.	Pravokutno projiciranje na dvije ravnine	47
6.3.1.	Projiciranje točke na dvije ravnine	47
6.3.2.	Projiciranje dužine na dvije ravnine	47
6.3.3.	Projiciranje pravca na dvije ravnine	48
6.3.4.	Projiciranje ravnine na dvije ravnine	48
6.3.5.	Prodori i probodišta	49
6.3.6.	Projiciranje ravnih likova na dvije ravnine	50
6.3.7.	Projiciranje pravilnih geometrijskih tijela na dvije ravnine	51
	Pitanja za ponavljanje i zadaci	52
6.4.	Pravokutno projiciranje točke, dužine i likova na tri ravnine	53
6.5.	Pravokutno projiciranje geometrijskih tijela na tri ravnine	55
6.5.1.	Smjer pogleda i raspored projekcija	55
6.5.2.	Pravokutne projekcije pravilnih geometrijskih tijela na tri ravnine	56
6.5.3.	Pravokutno projiciranje nepravilnih geometrijskih tijela na tri ravnine	58
	Zadaci za vježbu	59
	Pitanja za ponavljanje	61
	Četvrti samostalni program (pravokutno projiciranje)	62

7.	PRESJECI RAVNINAMA, PRODORI I MREŽE TIJELA	63
7.1.	Mreže pravilnih geometrijskih tijela	63
7.2.	Razvijanje plašteva pravilnih geometrijskih tijela presječenih ravninom	66
7.2.1.	Kosi presjek prizme	66
7.2.2.	Presjeci piramide ravninom	68
7.2.3.	Kosi presjek stošca i mreža	70
7.2.4.	Kosi presjek valjka i mreža	71
7.2.5.	Crtanje prodora valjak-valjak i njihovih plašteva	71
7.2.6.	Crtanje prodora tijela	72
	Zadaci za 5. samostalni program (mreže i prodori)	74
8.	PROSTORNO PREDOČAVANJE I KOTIRANJE	75
8.1.	Uvod	75
8.2.	Metode prostornog predočavanja	75
8.3.	Perspektiva	75
8.4.	Dimetrija	77
8.5.	Kosa projekcija	77
8.6.	Izometrijska projekcija (izometrija)	78
	Zadaci za vježbu	79
	Primjeri za vježbu crtanja u izometriji	80
	Pitanja za ponavljanje i zadaci	81
	Zadaci za 6. samostalni program	82
9.	PRESJECI NEPRAVILNIH TIJELA	83
9.1.	Uvod	83
9.2.	Prikaz i šrafiranje presjeka	83
9.3.	Trag ravnine presjeka	84
9.4.	Vrste presjeka	84
9.5.	Dijelovi koji se ne crtaju u presjeku	86
9.6.	Prijelomi i skraćivanja	87
	Pitanja za ponavljanje	87
	Sedmi samostalni rad	88
10.	POJEDNOSTAVLJENO CRTANJE I KOTIRANJE	89
10.1.	Pojednostavljenja pri crtanju navoja i vijaka	89
10.2.	Pojednostavljenja pri crtanju sitnih navoja, provrta i upusta	90
11.	SKICIRANJE	91
11.1.	Uvod	91
11.2.	Skiciranje predmeta u pravokutnoj predodžbi	91

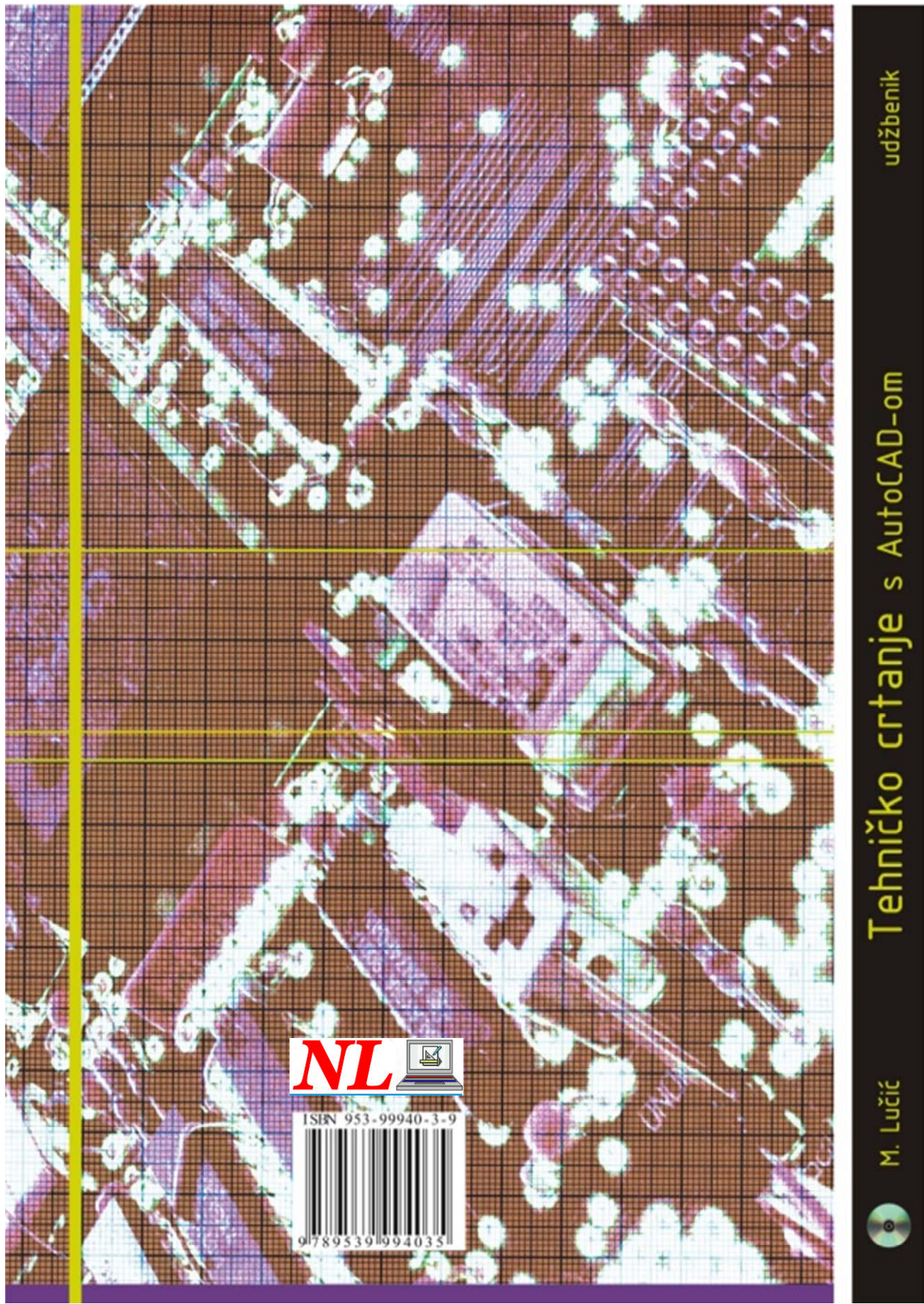
11.3.	Skiciranje predmeta u prostornoj predodžbi	92
	Pitanja za ponavljanje i zadaci	92
12.	TOLERANCIJE I HRAPAVOST POVRŠINA	95
12.1.	Tolerancije dužinskih mjera	95
12.1.1.	Vrste mjera	95
12.1.2.	Elementi tolerancija	95
12.1.3.	Kvaliteta tolerancije i položaj tolerancijskih polja	96
12.1.4.	Unošenje tolerancija na crtež	96
12.2.	Dosjedi i njihovo označavanje na crtežima	98
12.3.	Tolerancije oblika i položaja	99
12.4.	Hrapavost površina	108
12.4.1.	Uvod	108
12.4.2.	Primjeri označavanja površinske hrapavosti	109
	Pitanja za ponavljanje i zadaci	110
	Osmi samostalni rad	112
13.	IZRADA I ČITANJE CRTEŽA I SHEMA	113
13.1.	Izrada crteža i shema	113
13.2.	Čitanje crteža i shema	116
	Deveti samostalni program (izrada radioničkog i sklopnog crteža)	120
14.	SIMBOLI U TEHNIČKOM CRTANJU	121
14.1.	Pojam i podjela simbola	121
14.2.	Simboli u strojarstvu i elektrotehnici	122
	Pitanja za ponavljanje	127
	Deseti samostalni program (primjeri za shematsko crtanje)	128
15.	DOKUMENTACIJA I ARHIVIRANJE DOKUMENATA	129
15.1.	Tehnička dokumentacije	129
15.1.1.	Pojam i vrste dokumentacije	129
15.1.2.	Izgled nekih dokumenata koji se koriste u proizvodnji	129
15.2.	Arhiviranje (pohrana) dokumenata	131
15.2.1.	Mikrofilm	132
15.2.2.	Digitaliziranje i elektronsko arhiviranje dokumenata	132
16.	PREDOČAVANJE STROJNIH ELEMENATA	133
16.1.	Predočavanje navoja i vijaka	133
16.2.	Predočavanje klinova	134
16.3.	Predočavanje zavarenih spojeva	134

16.4.	Predočavanje opruga	135
16.5.	Predočavanje zupčanika	135
16.6.	Predočavanje valjnih ležaja	136
17.	GRAĐEVINSKI NACRTI	137
17.1.	Uvod	137
17.2.	Vrste građevinskih nacrti (projekata)	137
17.3.	Oprema nacrti	139
17.4.	Sadržaj nacrti (tlocrt, presjek, pogled)	140
17.5.	Kotiranje građevinskih nacrti	141
17.6.	Skraćenice i grafičke oznake	142
17.6.1.	Grafičke oznake materijala	142
17.6.2.	Grafičke oznake opreme i namještaja	142
17.6.3.	Simboli raznih instalacija	143
17.6.4.	Grafičke oznake i prikazi otvora u tlocrtu	144
17.7.	Prikaz stuba u nacrtima	144
17.8.	Građevinske podloge za projektiranje instalacija	145
	Pitanja za ponavljanje	145
17.9.	Crtanje prometnica	146
18.	Crtanje u AutoCAD-u	147
18.1.	Uvod u AutoCAD	147
18.1.1.	Uporaba računala u konstrukcijskom uredu	147
18.1.2.	CAD – Computer Aided Design (projektiranje pomoću računala)	148
18.1.3.	CAD radno mjesto	149
18.1.4.	CAD radne tehnike	149
18.1.5.	O programu AutoCAD	151
18.1.6.	Elementi korisničke radne površine AutoCAD-a	152
18.1.7.	Namještanja korisničkih postavki AutoCAD-a	161
18.1.7.1.	Namještanje bje polja za crtanje i veličine križnog pokazivača	161
18.1.7.2.	Vidljivost kartica (Tabs), ploča (Panels) i traka s alatima	162
18.1.7.3.	Ostala namještanja u prozoru Options	163
18.1.8.	Funkcijske tipke AutoCAD-a	164
18.2.	Alati AutoCAD-a	165
18.2.1.	Pokretanje AutoCAD-a	165
18.2.2.	Koraci pri crtanju crteža detalja	165
18.2.3.	Pokretanje naredbi, izlaz i ponavljanje jedne naredbe	166
18.2.4.	Pomoćna mreža (Grid)	166
18.2.5.	Određivanje granica crteža na kojemu ćete crtati	166
18.2.6.	Pomoćni alat za pravokutno crtanje (Ortho)	166
18.2.7.	Ciljanje točaka mreže (Snap)	167

18.2.8.	Postavljanje i namještanje pomoćne mreže (Grid)	167
18.2.9.	Postavljanje slojeva (Layers)	167
18.2.10.	Izbor boje sloja	168
18.2.11.	Izbor vrste i širina crte sloja	168
18.2.12.	Priprema crteža: vođenje slojeva	168
18.2.13.	Odabir mjernih jedinica za crtanje	169
18.2.14.	Predlošci crteža	169
18.2.15.	Koordinatni sustavi – World Coordinate System (WCS)	170
18.2.16.	Korisnički koordinatni sustav (UCS)	170
18.2.17.	2D koordinate – apsolutni koordinatni sustav	171
18.2.18.	Relativni koordinatni sustav	171
18.2.19.	Unos polarnih koordinata	172
18.2.20.	Crtanje pojedinačnih crta (Line)	172
18.2.21.	Crtanje segmentnih crta (Polyline)	173
18.2.22.	Crtanje pravilnih višekutnika (Polygon)	173
18.2.23.	Računanje razmaka (Distance)	174
18.2.24.	Dijeljenje dužine na jednake dijelove (Divide)	175
18.2.25.	Vođenje prikazivanja crteža (Zoom naredbe)	175
18.2.26.	Naredba Pan Realtime	176
18.2.27.	Postavljanje kriterija za ciljanje točaka objekata (Osnap)	176
18.2.28.	Crtanje kružnica (Circle)	178
18.2.29.	Crtanje kružnih lukova (Arc)	179
18.2.30.	Crtanje elipse (Ellipse)	181
18.2.31.	Crtanje pravokutnika (Rectangle)	182
18.2.32.	Crtanje glatkih krivulja (Spline)	183
18.2.33.	Crtanje oblačića (Revision Cloud)	183
18.2.34.	Crtanje zraka (Ray)	183
18.2.35.	Crtanje pomoćnih linija konstrukcija (Construction Line)	183
18.2.36.	Dijeljenje objekta na jednake dijelove	184
18.2.37.	Uređivanje objekata na crtežu	185
18.2.38.	Preinake objekata (Modify)	186
18.2.39.	Brisanje objekata (Erase)	186
18.2.40.	Preslikavanje objekata (Copy Object)	186
18.2.41.	Zrcaljenje objekata (Mirror)	188
18.2.42.	Spajanje krajeva crta lukovima (Fillet)	189
18.2.43.	Spajanje crta uporabom zasjeka (Chamfer)	189
18.2.44.	Rastavljanje složenih objekata (Explode)	190
18.2.45.	Kraćenje objekata (Trim)	190
18.2.46.	Produljenje objekata (Extend)	190
18.2.47.	Usporedne preslike skupa objekata (Offset)	191
18.2.48.	Premještanje objekata (Move)	193
18.2.49.	Zakretanje objekata (Rotate)	193

18.2.50.	Višestruko preslikavanje objekata u pravokutnom rasporedu (Array)	194
18.2.51.	Višestruko preslikavanje objekata u kružnom rasporedu (Polar Array)	194
18.2.52.	Istezanje objekata (Stretch)	197
18.2.53.	Promjena veličine objekata i crteža (Scale)	198
18.2.54.	Produljivanje i skraćivanje objekata (Lengthen)	199
18.2.55.	Prekidanje objekata (Break) i pridruživanje dijelova objekta (Join)	199
18.2.56.	Preslikavanje svojstava objekata (Match Properties)	200
18.2.57.	Mijenjanje svojstava objekata (Properties)	201
18.2.58.	Ispisivanje teksta na crtežu (Text)	202
18.2.59.	Kreiranje tekstnog stila (Style, St)	203
18.2.60.	Pisanje teksta u jednom retku	204
18.2.61.	Uređivanje teksta pisanog u više redaka (Text Formatting)	204
18.2.62.	Crtanje tablica u AutoCAD-u (Table)	205
18.2.63.	Oblikovanje zatvorenih područja (Region)	206
18.2.64.	Rad s područjima	207
18.2.65.	Šrafiranje površina	209
18.2.66.	Naredba za šrafiranje (Hatch) i sjenčanje (Gradient)	209
18.2.67.	Prilagođavanje svojstava šrafure	211
18.2.68.	Uređivanje šrafura (Edit Hatch)	212
18.2.69.	Sjenčanje površina (Gradient)	212
18.2.70.	Skiciranje u AutoCAD-u (Sketch)	214
18.2.71.	Unošenje kota na crtež (Dimensions)	215
18.2.72.	Kreiranja kotnog stila (Dimension Style) (I)	216
18.2.73.	Kreiranja kotnog stila (Dimension Style) (II)	217
18.2.74.	Alati za kotiranje	219
18.2.75.	Primjeri kotiranja različitim alatima za kotiranje	219
18.2.76.	Priprema crteža za ispis na pisaču ili na ploteru (crtalu)	223
18.2.77.	Postavke Layout-a	223
18.2.78.	Odabir postavki za ispis i ispis crteža (1)	224
18.2.79.	Odabir postavki za ispis i ispis crteža (2)	225
18.2.80.	Blokovi (Block)	226
18.2.81.	Kreiranje bloka s atributima (Make Block, Create Block)	226
18.2.82.	Umetanje blokova u tekući crtež (Insert Block)	227
18.2.83.	Umetanje blokova iz biblioteke blokova (Design Center)	228
18.2.84.	Uvod u crtanje u tri dimenzije (3D)	229
18.2.85.	Orjentiranje u 3D koordinatnom sustavu	230
18.2.86.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Box)	230
18.2.87.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Polysolid)	232
18.2.88.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Cylinder i Sphere)	232
18.2.89.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Cone, Wedge, Torus)	234
18.2.90.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Pyramid i Helix	235
18.2.91.	Crtanje osnovnih čvrstih 3D objekata (Pyramid i Helix)	236

18.2.92.	Stvaranje 3D objekata iz dvodimenzionalnih likova (Extrude)	236
18.2.93.	Stvaranje složenih 3D objekata	239
18.2.94.	Pravokutne projekcije 3D modela	242
18.2.95.	Navigacija u 3D načinu crtanja	242
18.2.96.	Uporaba drugih alata za 3D modeliranje	245
19.	ZADACI ZA VJEŽBE CRTANJA	251
20.	TESTOVI ZA PROVJERU ZNANJA	267
	LITERATURA	277



ISBN 953-99940-3-9



9 789539 999403

M. Lučić



Tehničko crtanje s AutoCAD-om

udžbenik