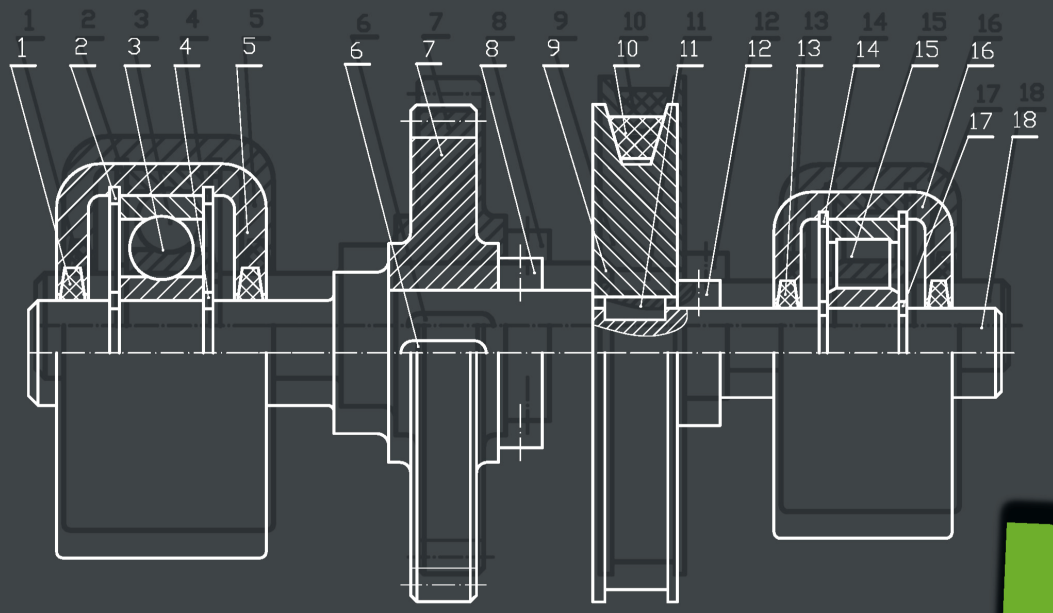
UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

INŽENJERSKE KOMUNIKACIJE

Prof. dr Radojka Gligorić



1

Prof. dr Radojka Gligorić

INŽENJERSKE KOMUNIKACIJE

UNIVERZITET U NOVOM SADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

Novi Sad, 2015.

1

EDICIJA „OSNOVNI UDŽBENIK“

Osnivač i izdavač Edicije:

Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu
Trg Dositeja Obradovića 8
21000 Novi Sad

Godina osnivanja:

1954.

Glavni i odgovorni urednik Edicije:

Dr Milan Popović, redovni profesor,
dekan Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu

Članovi Komisije za izdavačku delatnost:

Dr Ljiljana Nešić, vanredni profesor

Dr Branislav Vlahović, redovni profesor

Dr Milica Rajić, redovni profesor

Dr Nada Plavša, vanredni profesor

Udžbenik odobren odlukom Nastavno-naučnog veća Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu od 18.02.2015. god. Sva prava zadržava izdavač.

CIP - Каталогизација у публикацији
Библиотека Матице српске, Нови Сад

514.18(075.8)

ГЛИГОРИЋ, Радојка
Inženjerske komunikacije [Elektronski izvor] / Radojka Gligorić. - Novi Sad : Poljoprivredni fakultet, 2015

Način dostupa (URL): polj.uns.ac.rs/udzbenici/. - Nasl. sa naslovnog ekrana. - Opis zasnovan na stanju na dan: 05.03.2015. - Bibliografija.

(ISBN 978-86-7420-327-8)

a) Нацртна геометрија

COBISS.SR-ID 294530567

Autor:
Dr Radojka Gligorić, redovni profesor,
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Glavni i odgovorni urednik:
Dr Milan Popović, redovni profesor,
Dekan Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu

Urednik:
Dr Todor Janjić, vanredni profesor,
direktor Departmana za poljoprivrednu tehniku

Tehnički urednik:
Dr Milan Tomić, vanredni profesor,
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Izrada crteža i unos teksta:
Dr Radojka Gligorić, redovni profesor,
Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu

Lektor:
Aleksandra Kostić, profesor srpske književnosti i jezika

Recenzenti:
Dr Slobodan Navalušić, redovni profesor,
Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu

Dr Zoran Milojević, vanredni profesor,
Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu

Izdavač:
Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet

Zabranjeno preštampavanje i fotokopiranje. Sva prava zadržava izdavač.

Štampanje odobrio:
Komisija za izdavačku delatnost
Poljoprivrednog fakulteta u Novom Sadu

Tiraž:
20 komada

Mesto i godina izdavanja:
Novi Sad, 2015. god.

PREDGOVOR

Knjiga INŽENJERSKE KOMUNIKACIJE je osnovni udžbenik, prevenstveno namenjena studentima prve godine Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu studijskih programa Poljoprivredna tehnika i Agroindustrijsko inženjerstvo, kao i svima onima koji se na bilo koji način bave izradom i korišćenjem konstrukcione i projektne tehničke dokumentacije. Sadržaj i obim udžbenika usklađen je sa nastavnim planom i programom predmeta ″Inženjerske komunikacije″.

U kratkim crtama dati su osnovni elementi nacrtne geometrije tačke i prave. Pravila tehničkog crtanja detaljno su objašnjena i pokazana na primerima. Ukratko su dati osnovni elementi 2D i 3D crtanja primenom računara, tj. AutoCAD-a. Knjiga sadrži brojne crteže, koji uz minimalno potreban tekst, sistematično i pregledno uvode studente u ovu oblast.

Udžbenik je napisan tako da može da posluži za samostalno učenje ove discipline. Ukazano je na česte greške koje početnici prave pri izradi crteža. Na kraju udžbenika dati su zadaci (grafički radovi) kroz koje studenti treba da provežbaju i utvrde celokupno gradivo.

Knjiga se bazira na evropskim i međunarodnim propisima i preporukama naših nacionalnih standarda.

Uobičajeno je da se navode oznake standarda koji su definisali pravila tehničkog crtanja i inženjerskih grafičkih komunikacija. Međutim, u periodu završetka ovog udžbenika naša nacionalna standardizacija je veoma neuređena oblast. Institut za standardizaciju Republike Srbije, koji je zadužen za ovu oblast, povukao je van upotrebe većinu naših nacionalnih standarda sa oznakama SRPS i SRPS ISO, a nije usvojio nove sa oznakama SRPS EN (evropske standarde). Iz tog razloga u ovom udžbeniku, uglavnom su izostavljene oznake standarda ili su korišćene pređašnje oznake za materijale, mašinske elemente i sl. jer nove po evropskim standardima nisu kod nas do kraja usvojene i definisane.

Autor se zahvaljuje na ukazanim greškama i propustima.

Novi Sad, 15.02.2015. god.

Autor

S A D R Ž A J

1. ZADATAK I ZNAČAJ INŽENJERSKIH GRAFIČKIH KOMUNIKACIJA 1

2. OSNOVNI ELEMENTI NACRTNE GEOMETRIJE 2

2.1. PROJICIRANJE 2

2.2. OKTANTI 3

2.3. ORTOGONALNE PROJEKCIJE TAČKE 5

2.3.1. Specijalni položaji tačke 7

2.4. ORTOGONALNE PROJEKCIJE PRAVE (DUŽI) 10

2.4.1. Specijalni položaji prave 10

2.4.2. Uzajamni odnos dve prave 11

2.4.3. Tačka na pravoj 13

2.4.4. Prodori prave kroz projekcijske ravni 13

2.4.5. Vidljivost projekcija prave 14

2.4.6. Određivanje oktanata kroz koje prava prolazi 15

3. UVODNO RAZMATRANJE 18

3.1. PRIBOR ZA CRTANJE 18

3.1.1. Klasičan pribor za crtanje 18

3.1.2. Računar kao pribor (alat) za crtanje 19

3.2. FORMATI I SAVIJANJE CRTEŽA 20

3.3. ZAGLAVLJA 22

4. OPŠTI STANDARDI U TEHNIČKOM CRTANJU 25

4.1. TEHNIČKO PISMO 25

4.2. VRSTE LINIJA 27

4.2.1. Prioritet crtanja linija 32

4.2.2. Pokazne linije 32

4.3. KRIVE LINIJE 33

4.3.1. Kružnica (krug) 33

4.3.2. Elipsa 34

4.3.3. Zavojnica 35

4.3.4. Cikloida 36

4.3.5. Evolventa 36

4.3.6. Proizvoljne krive linije 37

4.4. RAZMERE 37

4.5. VRSTE CRTEŽA 38

5. AKSONOMETRIJSKI CRTEŽI 40

5.1.ORTOGONALNA AKSONOMETRIJA 40

5.2. KOSA AKSONOMETRIJA (KOSA PROJEKCIJA) 41
5.3. CRTANJE KRUŽNIH POVRŠINA NA AKSONOMETRIJSKOM CRTEŽU 42
5.4. POSTUPAK IZRADE AKSONOMETRIJSKOG CRTEŽA 44
5.5. PREDNOSTI I NEDOSTACI AKSONOMETRIJSKOG CRTEŽA 47
5.6. IZBOR METODA AKSONOMETRIJE 47
6. ORTOGONALNI CRTEŽI 50
6.1. POSTUPAK DOBIJANJA ORTOGONALNOG CRTEŽA 50
6.2. RASPORED PROJEKCIJA (POGLEDA) 51
6.2.1. Evropski raspored projekcija 53
6.2.2. Američki raspored projekcija 54
6.3. POVEZANOST ORTOGONALNIH PROJEKCIJA 55
6.4. DOVOLJAN BROJ PROJEKCIJA 55
6.5. KARAKTERISTIKE GLAVNOG "A" POGLEDA 57
6.6. SPECIJALNI ORTOGONALNI POGLEDI 59
6.7. UPROŠĆENJA NA ORTOGONALNOM CRTEŽU 59
6.8. PREDNOSTI I NEDOSTATCI ORTOGONALNOG CRTEŽA 62
6.9. POVEZANOST ORTOGONALNOG I AKSONOMETRIJSKOG CRTEŽA 62
6.9.1. Kosa projekcija tačke 63
6.9.2. Kosa projekcija prave 63
6.9.3. Kosa projekcija tela 64
6.9.4. Aksonometrijska projekcija tela 64
7. PRESECI NA ORTOGONALNOM CRTEŽU 67
7.1. VRSTE PRESEKA 67
7.1.1. Potpun uzdužni presek 68
7.1.2. Potpun poprečni presek 70
7.1.3. Polovičan (četvrt) presek 71
7.1.4. Delimičan presek 73
7.1.5. Kombinovan četvrt i delimičan presek 74
7.1.6. Stepenast (izlomljen) presek 75
7.1.7. Zarotiran presek 77
7.1.8. Okrenut presek 79
7.1.9. Mestimičan presek (razrez) 80
7.1.10. Kombinovani preseci 82
7.2. PRESEK VIŠE DELOVA U SKLOPU 82
8. KOTIRANJE (DIMENZIONISANJE) 84
8.1. OSNOVNI ELEMENTI KOTIRANJA 84
8.2. OSNOVNA PRAVILA KOTIRANJA 88
8.2.1. Kotiranje kružnih površina 90
8.2.2. Kotiranje kugle (sfere) 91

8.2.3. Kotiranje položaja kružnih površina 92
8.3. DODATNE OZNAKE ISPRED KOTNIH BROJEVA 93
8.4. KOTIRANJE OBORENIH IVICA (ZAKOŠENJA) 94
8.5. KOTIRANJE NAGIBA, KONUSA I SUŽENJA 94
8.6. NAČINI KOTIRANJA 95
8.6.1. Redno kotiranje 95
8.6.2. Paralelno kotiranje 95
8.6.3. Kombinovano kotiranje 97
8.7. UPROŠĆENJA PRI KOTIRANJU 97
8.8. OPŠTI PRINCIPI KOTIRANJA 101
8.9. KOTIRANJE AKSONOMETRIJSKOG CRTEŽA 105
9. ČITANJE ORTOGONALNIH CRTEŽA 106
9.1. METODA RASČLANJAVANJA NA SASTAVNE POVRŠINE 106
9.2. METODA ODSECANJA OD OSNOVNOG TELA 107
9.3. KOMBINOVANA METODA 108
10. CRTANJE MAŠINSKIH ELEMENATA 111
10.1. ZAVRTNJI 111
10.1.1. Crtanje zavojnica 111
10.1.2. Konstruktivni oblici zavrtnja 115
10.2. ELEMENTI ZA OSIGURANJE 121
10.3. KLINOVI 126
10.4. OPRUGE 127
10.5. ZAVARENI SASTAVCI 129
10.6. ZUPČASTI PRENOSNICI 132
10.7. LANČANI PRENOSNICI 142
10.8. KAIŠNI (REMENI) PRENOSNICI 145
10.9. LEŽAJI, LEŽIŠTA I KUĆIŠTA 146
10.10. SPOJNICE 151
11. OZNAČAVANJE KVALITETA POVRŠINSKE HRAPAVOSTI 154
12. TOLERANCIJE MERA 160
12.1. TOLERANCIJE OSOVINE (SPOLJAŠNJE MERE) 160
12.2. TOLERANCIJE RUPE (UNUTRAŠNJE MERE) 162
12.3. VREDNOSTI TOLERANCIJA 163
12.4. TOLERANCIJSKA POLJA 164
12.5. TOLERANCIJE NALEGANJA 165
12.5.1. Labavo naleganje 166
12.5.2. Čvrsto naleganje 166
12.5.3. Neizvesno naleganje 166
12.6. SISTEMI NALEGANJA 167

12.6.1. Sistem zajedničke rupe (ZR) 167
12.6.2. Sistem zajedničke osovine (ZO) 168
12.7. OZNAČAVANJE TOLERANCIJA NALEGANJA 169
12.8. OZNAČAVANJE TOLERANCIJA MERA NA CRTEŽIMA 171
12.9. TOLERANCIJE SLOBODNIH MERA 174
13. TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA 188
13.1. SIMBOLI ZA TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA 189
13.2. NAČINI OZNAČAVANJA TOLERANCIJA OBLIKA I POLOŽAJA 190
13.3. ZNAČENJA SIMBOLA TOLERANCIJA 191
13.4. TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA SLOBODNIH MERA 196
13.5. UZAJAMNA VEZA IZMEĐU TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA I TOLERANCIJE MERA 197
14. SKLOPNI CRTEŽI 198
15. RADIONIČKI CRTEŽI 204
16. ŠEMATSKI CRTEŽI 210
16.1. VRSTE ŠEMATSKIH CRTEŽA 222
17. SNIMANJE I CRTANJE OŠTEĆENOG PREDMETA 229
18. PRIMENA RAČUNARA ZA TEHNIČKO CRTANJE 232
18.1. RADNO OKRUŽENJE AUTOCAD-A 232
18.2. OSNOVNI ELEMENTI DVODIMENZIONALNOG (2D) CRTANJA 239
18.2.1. Definisanje debljina i vrsta linija i slojeva (Layer) 241
18.2.2. Kreiranje isprekidanih linija (Scale factor) 243
18.2.3. Selektovanje nacrtanih elemenata (objekata) 243
18.2.4. Opcija Properties 244
18.2.5. Crtanje konstrukcionih beskonačnih linija (Xline-Construction line) 244
18.2.6. Crtanje kombinovanih (izlomljenih) linija (Polyline) 245
18.2.7. Crtanje pravilnih poligona (Polygon) 245
18.2.8. Crtanje pravougaonika i kvadrata (Rectangle) 246
18.2.9. Crtanje lukova (Arc) 246
18.2.10. Crtanje kružnice (Circle) 247
18.2.11. Crtanje slobodoručnih linija (Revision Cloud) 247
18.2.12. Crtanje krivih linija (Spline) 248
18.2.13. Crtanje elipse (Ellipse) 248
18.2.14. Crtanje tačke (Point) 248
18.2.15. Šrafiranje (Hatch) 249
18.2.16. Pravljenje objekata (Region) 250
18.2.17. Crtanje tabela (Table) 250
18.2.18. Pisanje teksta (Text) 251

18.3. OSNOVNI ELEMENTI MODIFIKOVANJA (Modify) 252
18.3.1. Brisanje delova crteža (Erase) 252
18.3.2. Kopiranje elemenata (Copy) 252
18.3.3. Kopiranje u odnosu na osu kao u ogledalu (Mirror) 253
18.3.4. Paralelno kopiranje na određenom rastojanju (Offset) 253
18.3.5. Kopiranje niza istovetnih objekata (Array) 254
18.3.6. Premeštanje nacrtanog (Move) 256
18.3.7. Rotiranje nacrtanog (Rotate) 256
18.3.8. Promena veličine nacrtanog dela (Scale) 256
18.3.9. Odsecanje (Trim) 257
18.3.10. Produžavanje linija i lukova (Extend) 257
18.3.11. Prekid u jednoj tački (Break at Point) 258
18.3.12. Prekid na određenom rastojanju (Break) 258
18.3.13. Obaranje oštrih ivica (Chamfer) 258
18.3.14. Povezivanje dva elementa lukom (Fillet) 259
18.3.15. Rastavljanje nacrtanog na elementarne delove (Explode) 259
18.3.16. Primer crtanja 2D crteža 260
18.4. DIMENZIONISANJE (KOTIRANJE) 263
18.4.1. Komande za kotiranje 265
18.5. ŠTAMPANJE 268
18.5.1. Priprema crteža za štampanje iz papirnog oblika (Leyouta-a) 268
18.5.2. Priprema crteža za štampu iz Modela 273
18.5.3. Priprema crteža za “uvlačenje” u drugi softver 276
18.6. OSNOVNI ELEMENTI TRODIMENZIONALNOG (3D) CRTANJA I MODELIRANJA 279
18.6.1. Palete sa osnovnim alatima za crtanje i prikazivanje predmeta u prostoru 279
18.6.2. Crtanje trodimenzionalnih površinskih modela 282
18.6.3. Crtanje solid modela 284
18.6.4. Modifikacije nacrtanih solida
18.7. REZIME OSNOVNIH ALATA AutoCAD-a 293
19. VEŽBE I ZADACI 297
LITERATURA 337

1. ZADATAK I ZNAČAJ INŽENJERSKIH GRAFIČKIH KOMUNIKACIJA

Inženjerske grafičke komunikacije predstavljaju spoj nacrtne geometrije i tehničkog crtanja uz primenu računara i odgovarajućih softvera.

Stručna komunikacija među ljudima odvija se preko crteža, jednačina, grafikona, tabela sl. i stoga crteži treba da su precizni, jasni i jednoznačni. Svaka konstruktivna zamisao i ideja, pre realizacije, prikazuje se i pojašnjava crtežima. Stoga je osnovni cilj nacrtne geometrije da izučava različite načine crtanja predmeta, odnosno da daje osnovu za izradu različitih vrsta crteža: po sadržini, načinu prikazivanja, mestu korišćenja i nameni.

Nacrtna geometrija je nauka koja izučava metode, principe i postupke crtanja predmeta. Ona predstavlja osnovu za izradu crteža i stručne dokumentacije iz svih oblasti ljudske delatnosti, a posebno tehničke: mašinstva, građevine, arhitekture, elektrotehnike, slikarstva itd. S pravom se može reći da je nacrtna geometrija temelj i azbuka tehničkog crtanja.

Osim toga, zadatak nacrtne geometrije je i da nam razvija sposobnost grafičkog zamišljanja i mogućnosti da se predmeti "vide" u prostoru i da se zatim nacrtaju tako da ih na isti način vide i korisnici crteža.

Tehničko crtanje je naučna inženjerska disciplina koja **se bavi metodama prikazivanja predmeta** (delova mašina), sklopova, mašina i postrojenja na crtežu.

Tehničko crtanje predstavlja međunarodni tehnički jezik sporazumevanja, pošto su pravila, uz male razlike, zajednička i internacionalna. U tehničkom crtanju se koriste principi nacrtne geometrije.

Poznavanje tehničkog crtanja je neophodno onima koji se na bilo koji način bave mašinama i njihovim delovima, bilo da ih konstruišu, izrađuju, upotrebljavaju ili održavaju.

Osnovni zadaci tehničkog crtanja, kao naučne discipline su:

- da predmete koji imaju tri dimenzije, na određen način, prikaže na crtežu (papiru), koji ima dve dimenzije;
- da crteži jasno, precizno i jednoznačno definišu predmete crtanja, od ideje do konstruktivnog rešenja;
- da omogući čitanje i korišćenje tehničke dokumentacije i
- da razvija osobine grafičkog zamišljanja predmeta u prostoru i na crtežu.

Osim toga, tehničko crtanje, kao naučna i obrazovna diciplina, ima zadatak da razvija i neke profesionalne osobine inženjera tehničkih struka, kao što su: upornost, doslednost, sistematičnost, strpljivost, tačnost, urednost, marljivost i ostale neophodne osobine za složene zadatke crtanja i korišćenja tehničke dokumentacije.

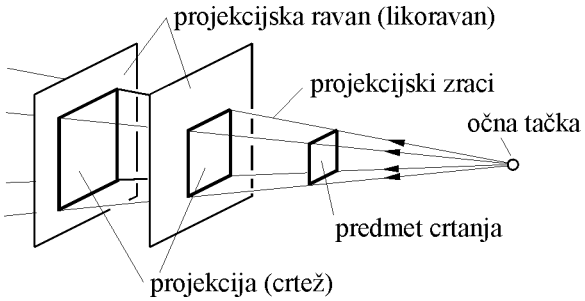
Znanje tehničkog crtanja neophodno je i za uspešno praćenje i proučavanje ostalih aplikativnih tehničkih i stručnih predmeta i disciplina.

2. OSNOVNI ELEMENTI NACRTNE GEOMETRIJE

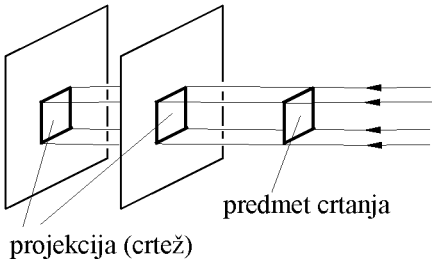
Nacrtna geometrija je nauka koja se bavi teorijom grafičkog predstavljanja predmeta, zamisli i ideja, odnosno iznalaženjem načina da se predmet koji ima tri dimenzije predstavi na papiru sa dve dimenzije. Nacrtna geometrija predstavlja osnovu tehničkog crtanja, za izradu tehničke i ostale dokumentacije iz oblasti mašinstva, arhitekture, građevinarstva, saobraćaja, pejsažne arhitekture, melioracija itd.

2.1. PROJICIRANJE

Projiciranje je postupak dobijanja slike predmeta na papiru, odnosno postupak dobijanja crteža predmeta. Crtež (projekcija, slika predmeta) se dobija tako što se predmet crtanja "obavije" projekcijskim zracima (projekcijskim pravama) i tamo gde oni prodiru (probijaju) projekcijsku ravan (ravan crtanja, papir) dobija se slika predmeta, projekcija ili crtež. Projekcijski zraci mogu se seći u jednoj ili u dvema tačkama i mogu biti paralelni. Kada se projekcijski zraci seku u jednoj ili u dvema tačkama, veličina projekcije zavisi od udaljenosti projekcijske ravni od predmeta crtanja. Ovakav način projiciranja naziva se centralnim projiciranjem (sl. 2.1). Kada su projekcijski zraci međusobno paralelni (paralelno projiciranje) veličina projekcije ne zavisi od položaja projekcijskih ravni u odnosu na predmet crtanja (sl. 2.2).

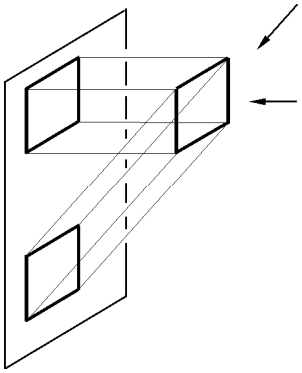


Sl. 2.1: Postupak dobijanja crteža: projekcijski zraci se seku - centralno projiciranje

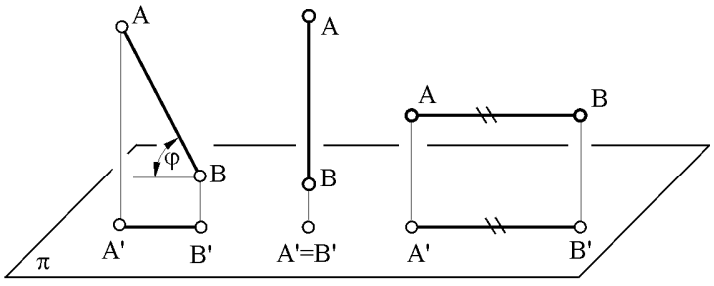


Sl. 2.2: Paralelni projekcijski zraci - paralelno projiciranje

Paralelni projekcijski zraci mogu biti upravni (ortogonalni) na projekcijsku ravan (pod uglom od 90°) ili pod nekim proizvoljnim uglom (kosi). Bez obzira na ugao paralelnih projekcijskih zraka prema projekcijskoj ravni, dobijena projekcija se ne menja (sl. 2.3). Kada su projekcijski zraci upravni na ravan crtanja dobija se ortogonalna projekcija (sl. 2.4), a kada su pod proizvoljnim uglom kosa projekcija (sl. 2.3).



Sl. 2.3: Ortogonalni i kosi projekcijski zraci

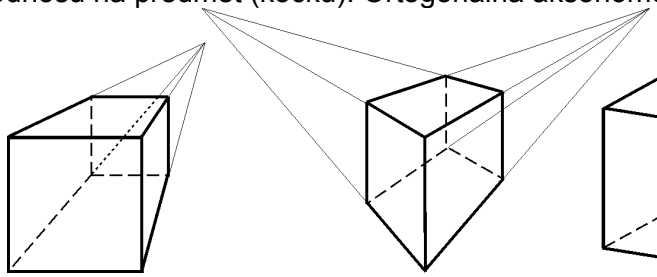


Sl. 2.4: Položaj predmeta crtanja u odnosu na projekcijsku ravan π

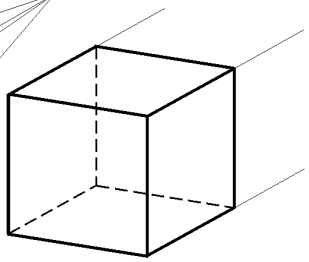
Predmet crtanja (površine i ivice predmeta) može biti različito postavljen u odnosu na projekcijsku ravan: pod proizvoljnim uglom, upravno na projekcijsku ravan ili paralelno sa projekcijskom ravni. Kada je duž AB (kao ivica predmeta) pod proizvoljnim uglom φ prema projekcijskoj ravni π, projekcija na ravan π je deformisana (kraća) od duži AB (sl. 2.4). Deformacija duži zavisi od vrednosti ugla φ, porastom vrednosti od 0 do 90° veća je i deformacija. Ako je duž AB upravna na ravan π, projekcija se maksimalno deformiše, odnosno projicira se kao tačka. Kada je duž AB paralelna sa ravni π njena projekcija predstavlja pravu nedeformisanu veličinu duži (AB=A'B').

Kada se projekcijski zraci seku u jednoj ili u dvema tačkama dobija se slika predmeta u perspektivi (centralnoj projekciji) (sl. 2.5). Dobijena projekcija je deformisana slika predmeta (kocke). Stepen deformacije zavisi od međusobne udaljenosti tačke sečenja projekcijskih zraka, predmeta i projekcijske ravni i od položaja tačke sečenja projekcijskih zraka u odnosu na projekcijsku ravan. Ovaj način projiciranja koristi se u građevinarstvu i arhitekturi, dok u tehnici nema primenu.

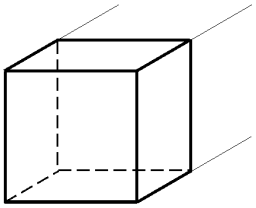
Kada su projekcijski zraci upravni na projekcijske ravni i kada se na jednom pogledu vide ivice predmeta paralelne sa osom X, Y i Z dobija se ortogonalna aksonometrija (sl.2.6), a ako su projekcijski zraci paralelni i pod proizvoljnim uglom u odnosu na jednu projekcijsku ravan dobija se slika predmeta u kosoj projekciji (sl.2.7). Dobijeni crteži su deformisani u odnosu na predmet (kocku). Ortogonalna aksonometrija i kosa projekcija se koriste u tehnici.



Sl. 2.5: Kocka - perspektiva



Sl. 2.6: Kocka - aksonometrija



Sl. 2.7: Kocka - kosa projekcija

Korišćenjem paralelnih projekcijskih zraka pod uglom od 90° prema projekcijskoj ravni dobija se slika predmeta u ortogonalnoj projekciji. Takođe, i ortogonalna projekcija predmeta je deformisana u odnosu na predmet, jer samo površine predmeta koje su paralelne sa projekcijskim ravnima projiciraju se nedeformisano, odnosno vide se u pravoj veličini. Stoga se kod ortogonalnog projiciranja koriste više međusobno upravnih projekcijskih ravni koje su paralelne sa površinama predmeta. Na sl. 2.8 prikazane su dve ortogonalne projekcije kocke, na horizontalnu i vertikalnu projekcijsku ravan. Da bi se crtež sveo na dve dimenzije obara se horizontalna projekcijska ravan na dole, sve dok se ne dovede u vertikalnu projekcijsku ravan, a zajedno sa njom i projekcija. Ortogonalni crtež kocke bi imao dve ortogonalne projekcije, koje u stvari predstavljaju pogled odozgo (upravno na horizontalnu projekcijsku ravan – prva projekcija) i pogled spreda (upravno na vertikalnu projekcijsku ravan – druga projekcija). Ortogonalne projekcije predstavljaju osnovni način crtanja u tehnici.

Ako se tačkama (temenima) kocke na prvoj projekciji daju vrednosti vertikalnih odstojanja od horizontalne projekcijske ravni (kote) dobija se kotirana projekcija (sl. 2.9). Kotirana projekcija koristi se za prikazivanje zemljišta, puteva, kanala, velikih pejzažnih prostora itd.

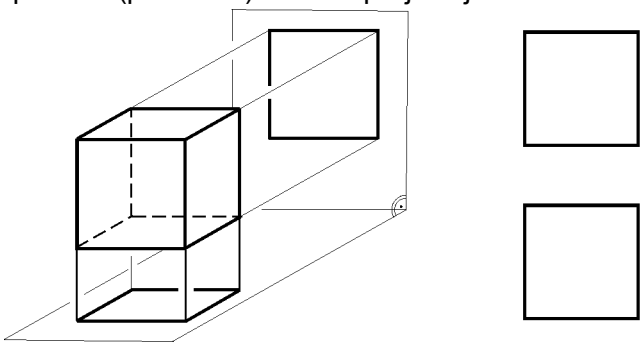
2.2. OKTANTI

Bez obzira na to koji se projekcijski zraci pri crtanju koriste, kakav je predmet crtanja i koju vrstu crteža crtamo, predmet se pre crtanja zamišljeno postavi u jedan od oktanata.

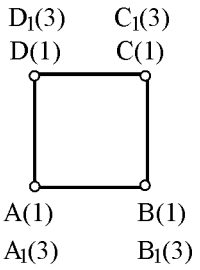
Oktanti predstavljaju prostor omeđen sa tri međusobno upravne ravni: horizontalnom, vertikalnom i profilnom. Označavaju se sa:

H - horizontalna (horizontalnica) ili prva projekcijska ravan ili ravan π_1,

V(F) - vertikalna (vertikalnica), frontalna (frontalnica) ili druga projekcijska ravan ili ravan π_2 i P - profilna (profilnica) ili treća projekcijska ravan ili ravan π_3.



Sl. 2.8: Kocka u paru ortogonalnih projekcija

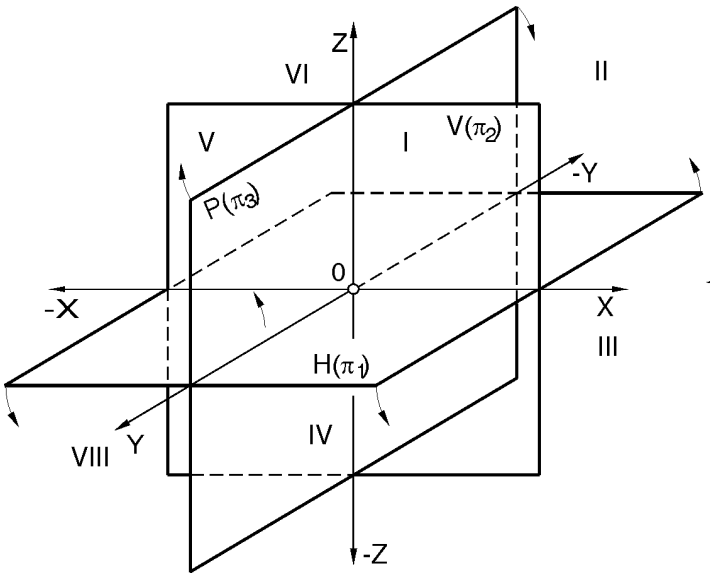


Sl. 2.9: Kotirana projekcija kocke

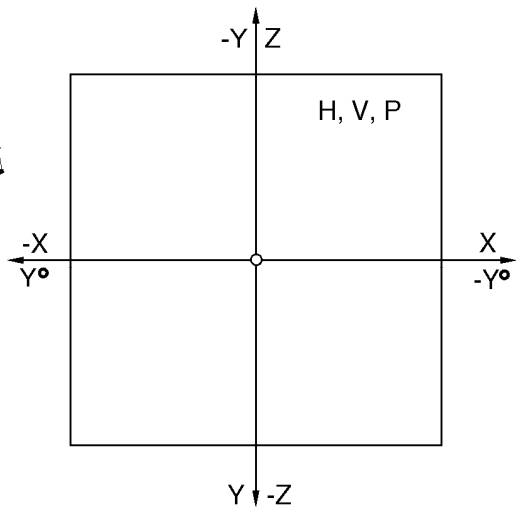
Ove tri ravni dele prostor na osam oktanata i seku se po osama X, Y, Z u koordinatnom početku u tački 0, koje su međusobno upravne (sl. 2.10). Ose mogu biti pozitivnog i negativnog usmerenja. Horizontalna projekcijska ravan (H) određena je osama X, Y, vertikalna (V) sa X, Z, a profilna (P) sa Y, Z ili kratko zapisano: H(X;Y), F(X;Z), P(Y;Z). Oktanti su definisani sledećim osama: I(X;Y;Z) II(X;-Y;Z) III(X;-Y;-Z) IV(X;Y;-Z) V(-X;Y;Z) VI(-X;-Y;Z) VII(-X;-Y;-Z) i VIII(-X;Y;-Z).

Oktanti I, II, V i VI su gornji oktanti (nalaze se iznad H); III, IV, VII i VIII donji; I, IV, V i VIII su prednji (ispred V); II, III, VI i VII su zadnji; I, II, III i IV su desni (desno su od P) i V, VI, VII i VIII su levi oktanti.

Da bi crtanje predmeta u ovako omeđenom prostoru bilo jednostavnije, odnosno da bi se prostor sveo na jednu ravan, tj. ravan papira, sve tri projekcijske ravni dovode se na jednu ravan tako što se obaraju H i P ravni na V projekcijsku ravan. To znači da je V ravan, ravan crtanja. Horizontalna projekcijska ravan rotira se oko X ose sa prednjim krajem na dole; profilna rotira oko Z ose sa prednjim delom na levu stranu za 90°. Smerovi rotacije su stvar dogovora. Pri tome osa Y se ″cepa″ na dva dela; jedan deo odlazi sa H, a drugi sa P ravni. Deo Y ose koji odlazi sa P ravni zove se Y° (Y oboreno). Nakon obaranja H i P ravni oktanti se crtaju kao na sl. 2.11.

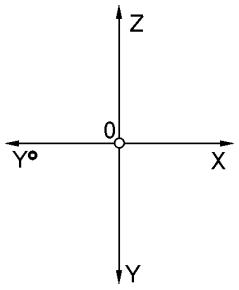


Sl. 2.10: Oktanti u prostoru



Sl. 2.11: Oktanti nakon obaranja

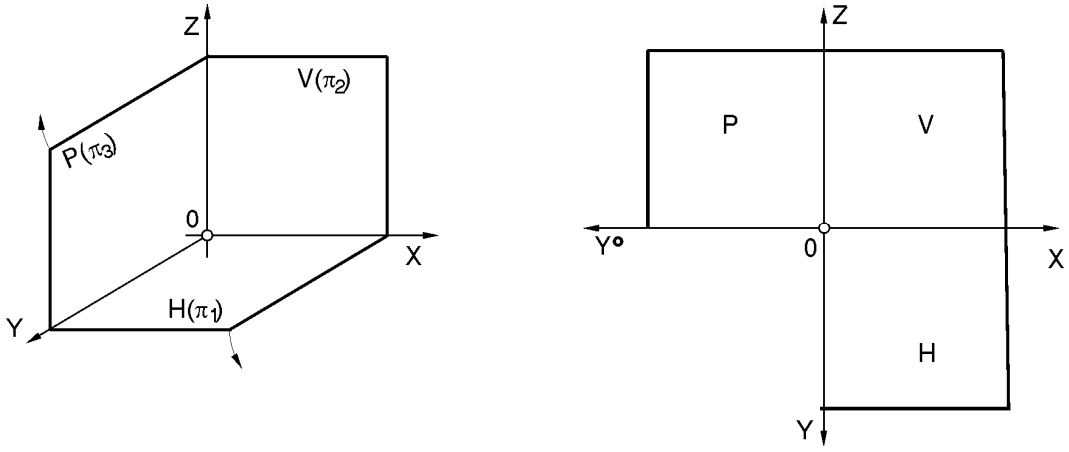
Veličina projekcijskih ravni nije bitna (smatraće se da su projekcijske ravni beskonačne - krajnji obrisi se ne crtaju), te se oktanti nakon obaranja predstvaljaju sasvim pojednostavljeno, samo sa osama, kao na sl. 2.12. Pozitivno usmereni delovi osa su u pravcu strelica, a negativani na suprotnu stranu od koordinatnog početka 0, što važi i za Y°.



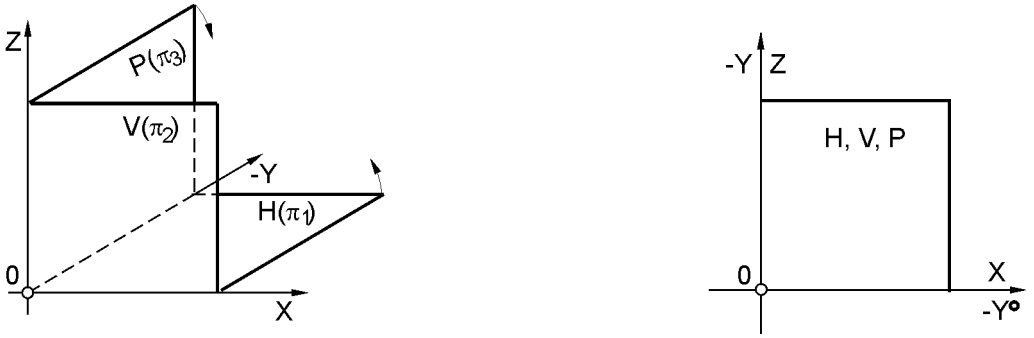
Sl. 2.12: Pojednostavljen prikaz oktanata nakon obaranja

Predmet crtanja se postavlja u neki od osam oktanata. Crtež je, uglavnom, najpregledniji kada je predmet u I oktantu (sl. 2.13), međutim može se postaviti i u bilo koji od osam oktanata.

Drugi oktant u prostoru i nakon obaranja ravni prikazan je na sl. 2.14. Sve tri projekcijske ravni nakon obaranja nalaze se na istom mestu, poklapaju se.



Sl. 2.13: Prvi oktant u prostoru i nakon obaranja ravni



Sl. 2.14: Drugi oktant u prostoru i nakon obaranja ravni

2.3. ORTOGONALNE PROJEKCIJE TAČKE

Tačka je elementarni deo prave, površine i tela. Obeležavaće se velikim slovima A, B, C... ili arapskim brojevima 1, 2, 3... Ortogonalne projekcije tačke dobijaju se korišćenjem projekcijskih prava (projekcijskih zraka): AA', AA'', AA''', koje su upravne (ortogonalne) na projekcijske ravni: H, V i P (sl. 2.15). Tačke prodora (prodori) projekcijskih prava kroz projekcijske ravni daju projekcije tačke i to:

A' - prodor projekcijske prave kroz H ili prva projekcija tačke A,

A'' - prodor projekcijske prave kroz V ili druga projekcija tačke A i

A''' - prodor projekcijske prave kroz P ili treća projekcija tačke A.

Oznaka A' se čita kao "A prim", A'' kao "A sekund" i A''' kao "A terca". Prva projekcija A' prave A leži na H ravni, druga A'' na V, a treća A''' na P ravni.

Na sl.2.15. prikazane su ortogonalne projekcije tačke u I oktantu. Položaj tačke A u odnosu na projekcijske ravni određen je koordinatama x, y i z, što će se u daljem tekstu pisati kao A(x;y;z). Koordinate tačke A predstavljaju:

x - rastojanje tačke A od P ravni,

y - rastojanje tačke A od V ravni i

z - rastojanje tačke A od H ravni.

Prvu projekciju A' tačke A, određuju koordinate x, y, drugu projekciju A'' x, z i treću projekciju A''' y, z ili kratko zapisano: A'(x;y), A''(x;z) i A'''(y;z).

Pri obaranju projekcijskih ravni obaraju se i projekcije tačke A kao i projekcijski zraci, tako da je tačka predstavljena sa svoje tri projekcije A', A'' i A''' (sl. 2.15). Deo projekcijskog zraka, od tačke do njene projekcije, naziva se spona, i to:

A'A'' - vertikalna spona,

A''A''' - horizontalna spona i

A'A''' - izlomljena spona.

Može se zaključiti da se:

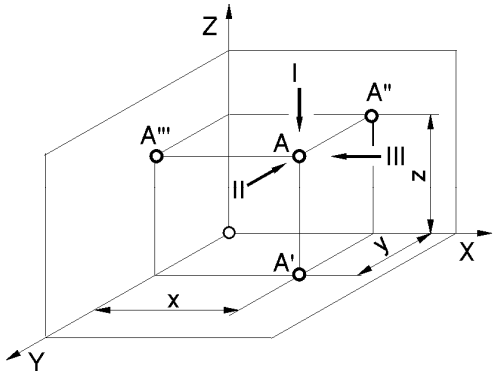
A' i A'' nalaze uvek na zajedničkoj vertikalnoj sponi,

A'' i A''' nalaze uvek na zajedničkoj horizontalnoj sponi i

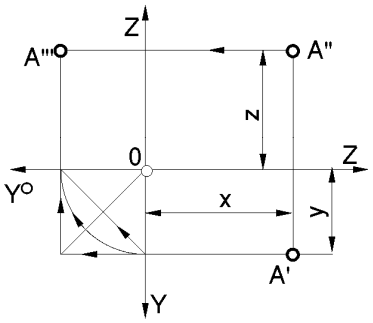
A' i A''' nalaze uvek na zajedničkoj izlomljenoj sponi.

Treća projekcija A''' dobija se na osnovu poznatih dveju projekcija A' i A'' pošto je određena koordinatama y i z, koje su već sadržane u tim projekcijama. Na jedan od prikazanih načina, na sl. 2.16 (šestarom, ili trouglom pod uglom od 45°) prenese se koordinata y na osu Y° na levu stranu pošto je y koordinata u I oktantu pozitivno usmerena. U preseku izlomljene spone iz prve projekcije A' (u pravcu strelice) i horizontalne spone iz druge projekcije A'', dobija se treća projekcija A'''.

Za jednoznačno definisanje tačke u prostoru dovoljne su bilo koje dve projekcije. Koristi se prva i druga projekcija koje se nazivaju par ortogonalnih projekcija ili pogleda.

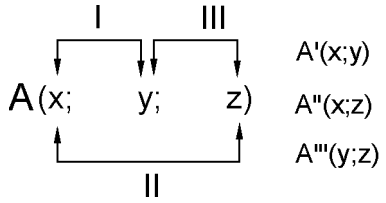


Sl. 2.15: Ortogonalne projekcije tačke A u I oktantu u prostoru



Sl. 2.16: Ortogonalne projekcije tačke A u I oktantu nakon obaranja projekcijskih ravni

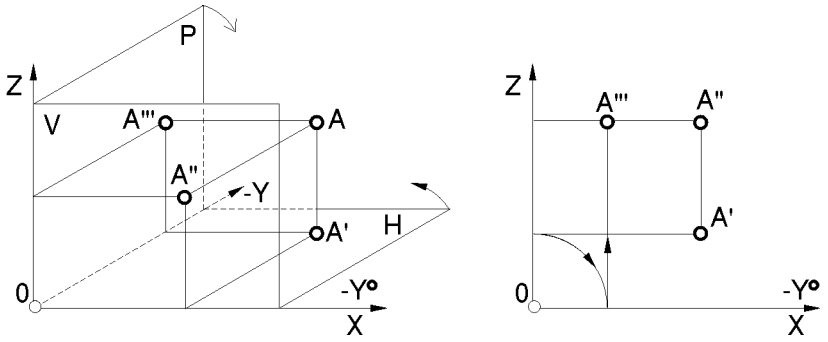
Šematski prikaz dobijanja ortogonalnih projekcija tačke, bez obzira na to u kojem se oktantu nalazi, dat je na sl. 2.17.



Sl. 2.17: Šematski prikaz dobijanja ortogonalnih projekcija tačke

Kao što je već rečeno tačka se može postaviti u bilo koji od osam oktanata. Na sl. 2.18. prikazana je tačka A u II oktantu. Koordinate x i z su pozitivne, a koordinata y je

negativna, odnosno šematski dato A(x;-y;z). Nakon obaranja projekcijskih ravni sve tri projekcije tačke A su u istom kvadrantu, gornjem desnom. Pošto je y koordinata negativnog predznaka obara se na desnu stranu u pravcu -Y°, što pokazuje strelica i u preseku ove izlomljene spone iz A' i horizontalne iz A" dobija se treća projekcija A'" tačke A.



Sl. 2.18: Ortogonalne projekcije tačke A u II oktantu u prostoru i nakon obaranja ravni

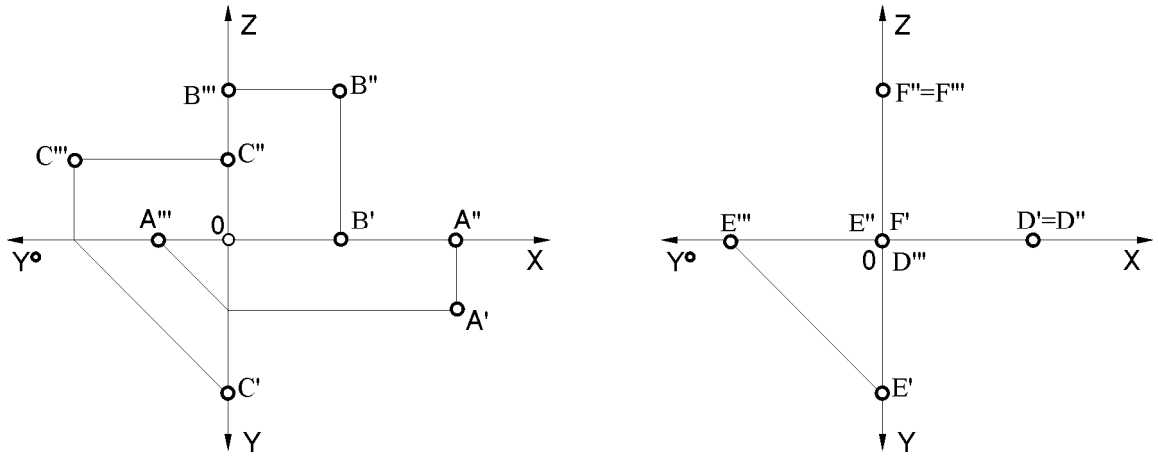
Prema šemi sa sl. 2.17 na osnovu poznatih vrednosti i predznaka koordinata x, y i z po istom principu bi se odredile projekcije tačaka i u ostalim oktantima. Koordinate tačke A u svih osam oktanata su:

I – A(x;y;z)	II – A(x;-y;z)	III – A(x;-y;-z)	IV – A(x;y;-z)
V – A(-x;y;z)	VI – A(-x;-y;z)	VII – A(-x;-y;-z)	VIII – A(-x;y;-z).

2.3.1. Specijalni položaji tačke

Tačka je u specijalnom položaju u prostoru ako se nalazi na nekoj od projekcijskih ravni ili na nekoj od osa. Neki od specijalnih položaja tačke dati su na sl. 2.19 i to:

A na H (leži na H) između I i IV oktanta,
B na V (leži na V) između I i II oktanta,
C na P (leži na P) između I i V oktanta,
D na X osi između I, II, III i IV oktanta,
E na Y osi između I, IV, V i VIII oktanta i
F na Z osi između I, II, V i VI oktanta.



Sl. 2.19: Specijalni položaji tačaka

Zadatak 2.1.

a) 0(7;8). Crtati na A4 formatu. Položaj koordinatnog početka 0(x;y) računati od gornjeg levog ugla papira i to x horizontalno (x=7 cm), a y vertikalno na dole (y=8 cm). Ovo važi za sve buduće primere i zadatke. Ugao Y ose je 30° bez srkaćenja (1:1). Veličina ravni u oktantu je 4,5 cm po svakoj osi. Nacrtati tri ortogonalne projekcije zadatih tačaka u prostoru i napisati u kojem se oktantu nalaze: A(-2;1;1); B(3;-2;-2); C(-3;2;-3); D(-0,5;-2,5;3); E je 2,5

cm desno od P ravni, 2,5 cm ispred V ravni i 3,5 cm ispod H ravni; F je 3,5 levo od P ravni, 3,5 cm iza V ravni i 1,5 cm ispod H ravni; G je na V ravni 1 cm desno od P ravni i 1,5 cm iznad H ravni; tačka H je na Z osi 3,5 cm iznad H; tačka I je na P ravni 3 cm iza V ravni i 4 cm iznad H ravni i tačka J je na H ravni 4 cm levo od P ravni i 1,5 cm ispred V ravni.

b) 0(7;20). Za tačke iz prethodnog zadatka nacrtati tri ortogonalne projekcije nakon obaranja projekcijskih ravni.

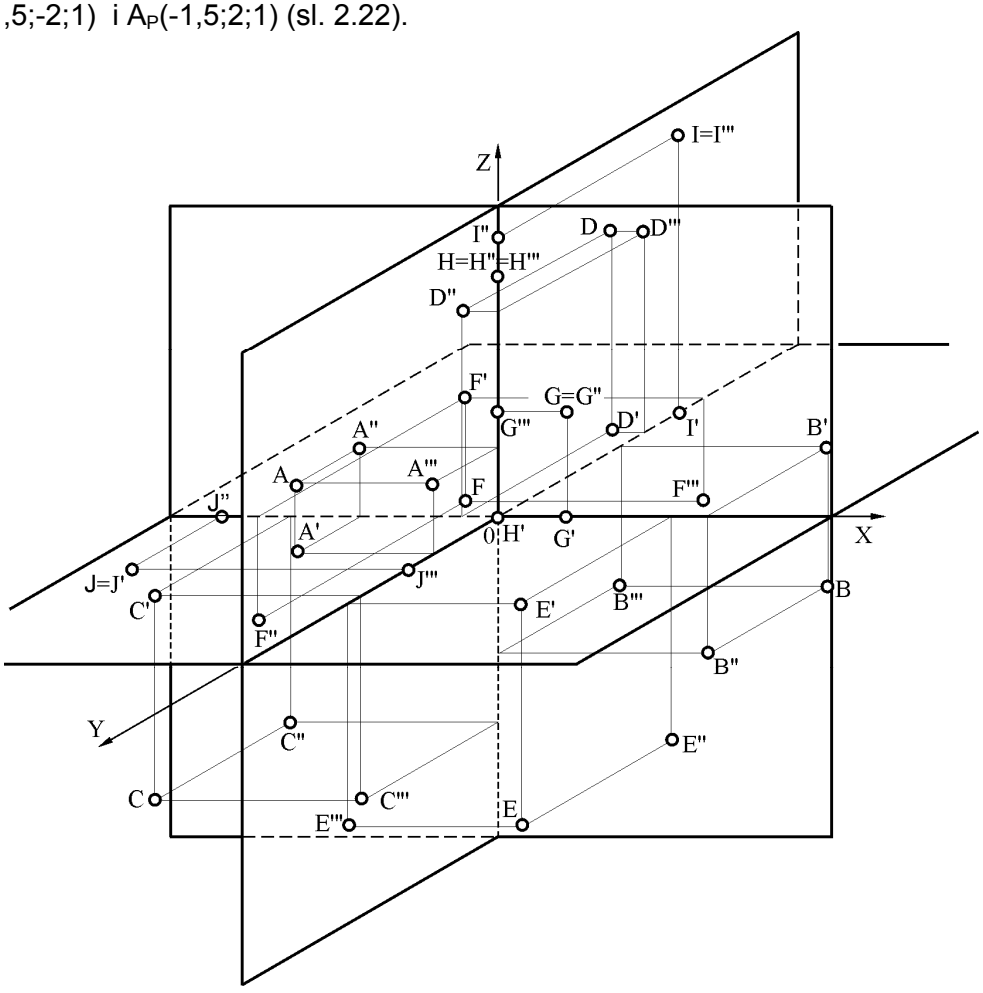
Tačka A je u V, B u III, C u VIII i tačka D u VI oktantu (sl. 2.20), što se zaključuje na osnovu zadatih koordinata. Pošto je tačka E 2,5 cm desno od P ravni znači koordinata x=2,5 cm; ispred V ravni je 2,5 cm znači da je koordinata y=2,5 cm; ispod H ravni je 3,5 cm što znači da je koordinata z=-3,5 cm. Znači da je tačka E definisana koordinatama E(2,5;2,5;-3,5) i nalazi se u IV oktantu. Na isti način dolazi se do koordinata ostalih tačaka. Tačka F je određena sa F(-3,5;-3,5;-1,5) i nalazi se u VII oktantu. Tačka G je na V ravni između I i II oktanta pošto ima koordinate G(1;0;1,5). Tačka H sa koordinatama H(0;0;3,5) je na z osi između I, II, V i VI oktanta. Tačka I je na P ravni između II i VI oktanta pošto ima koordinate I(0;-3;4). Tačka J sa koordinatama J(-4;1,5;0) je na H ravni između V i VIII oktanta.

Projekcije zadatih tačaka nakon obaranja prikazane su na sl. 2.21.

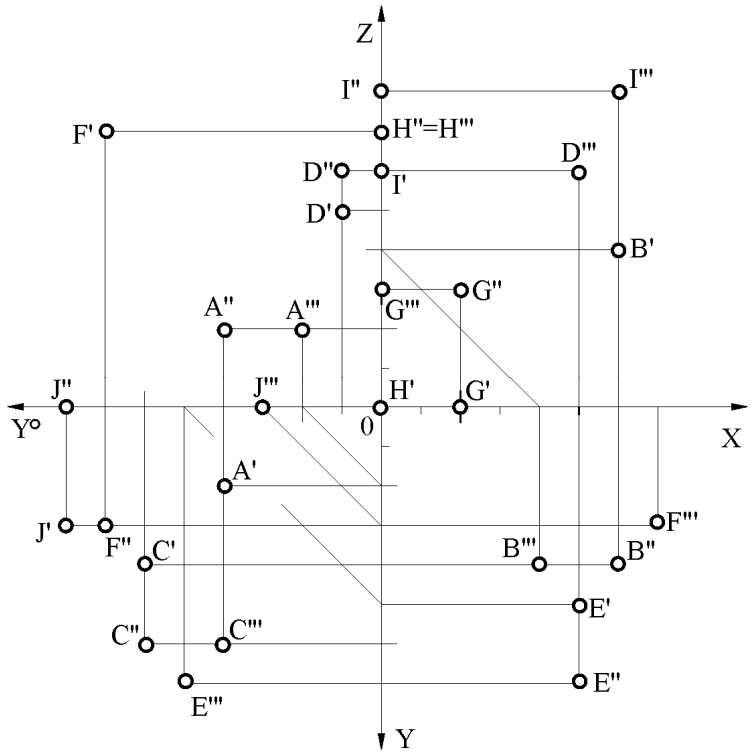
Zadatak 2.2.

0(6;6). Data je tačka A(1,5;2;1). Nacrtati sve tri projekcije tačaka koje su joj ortogonalno simetrične u odnosu na H, V i P projekcijsku ravan.

Ortogonalno simetrična tačka A_H u odnosu na tačku A je ona tačka koja se nalazi na projekcijskom zraku koji prolazi kroz tačku A i koji je upravan (ortogonalan) na ravan H, na suprotnoj strani od tačke A i na istom rastojanju od ravni H. To se isto odnosi i na tačke simetrične u odnosu na ravni V i P. Koordinate ortogonalno simetričnih tačaka su: A_H(1,5;2;-1), A_V(1,5;-2;1) i A_P(-1,5;2;1) (sl. 2.22).



Sl. 2.20: Otogonalne projekcije tačaka u prostoru (Zadatak 2.1,a.)

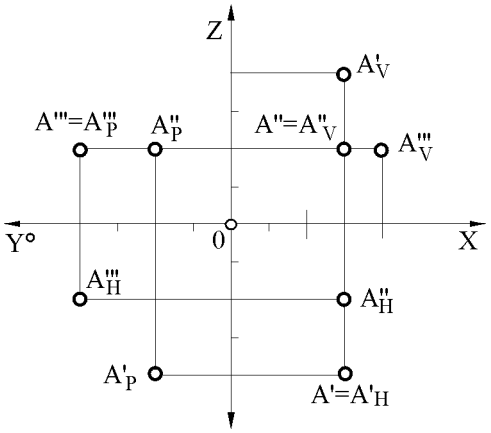


Sl. 2.21: Otogonalne projekcije tačaka nakon obaranja projekcijskih ravni (Zadatak 2.1,b.)

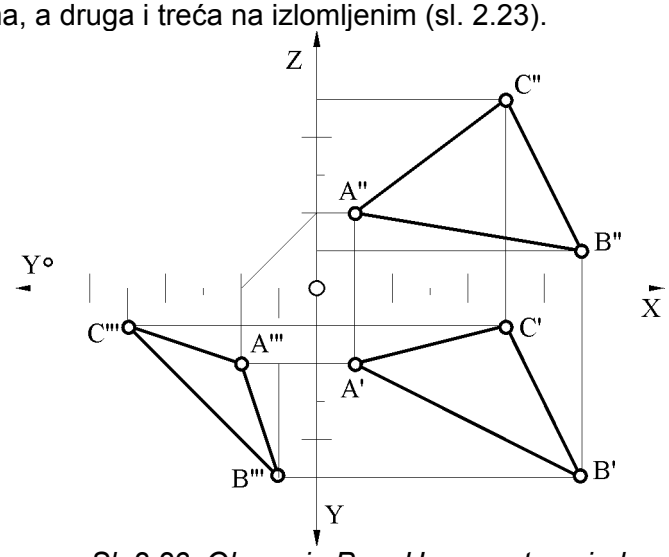
Zadatak 2.3.

Nacrati sve tri projekcije trougla koji je zadat tačkama A(0,5;1;1), B(3,5;2,5;0,5) i C(2,5;0,5;2,5) ako se ravan P prvo obori oko Y ose na levu stranu za 90°, te zajedno sa H ravni oko X ose na dole, tako da se poklope sa ravni V.

Pri ovakvom "nestandardnom" obaranju ravni P osa Z se "cepa" (a ne osa Y) te jedan deo ostaje sa vertikalnom ravni, a drugi deo Z° je u pravcu –X. Sada se prva i treća projekcija nalaze na horizontalnim sponama, a druga i treća na izlomljenim (sl. 2.23).



Sl. 2.22: Ortogonalno simetrične tačke (Zadatak 2.2.)



Sl. 2.23: Obaranje P na H ravan, te zajedno na V ravan (Zadatak 2.3.)

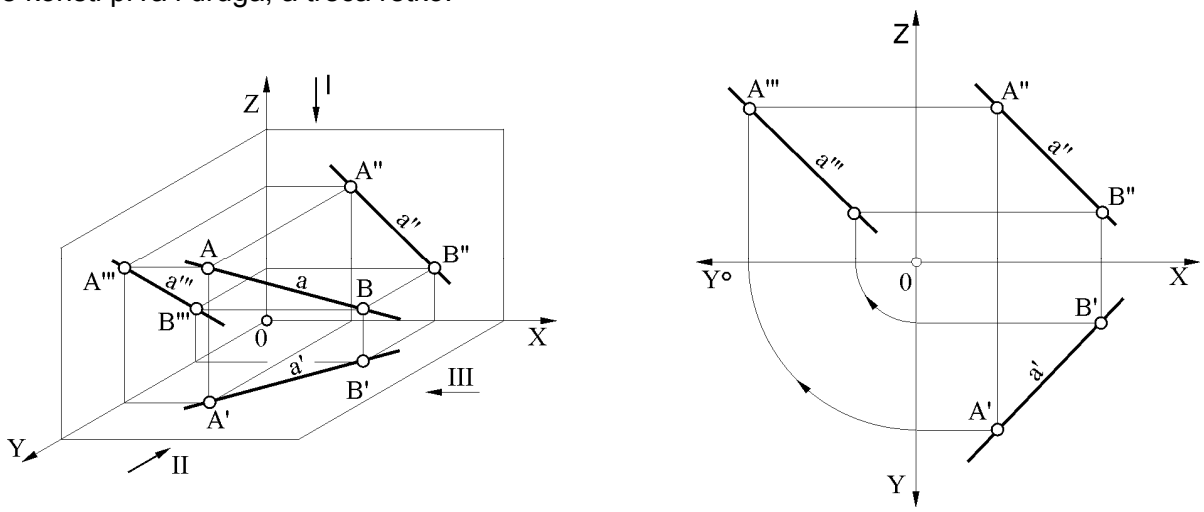
Zadatak 2.4.

0(9;9). Nacrtati sve tri ortogonalne projekcije tačaka: A(2;1;1); B(3,5;-1;-2,5); C(5;-3;4); D koja je u IV oktantu 2 cm udaljena od P ravni, 2 cm od V ravni i 2 cm od H ravni; E koja je u V oktantu 2 cm udaljena od H ravni, 1 cm od V ravni i 2 cm od P ravni; G koja je 5 cm levo od P ravni, 1,5 cm iza V ravni i 4,5 cm iznad H ravni; I koja je 2 cm ispod H ravni, 4,5

cm iza V ravni i 6,5 cm levo od P ravni; J koja je 3 cm ispod H ravni, 1 cm ispred V ravni i 6 cm levo do P ravni; K koja je na H ravni, 2 cm ispred V ravni i 2 cm levo od P ravni; L koja je na V ravni, 3,5 cm iznad H ravni i 3,5 cm desno od P ravni; M koja je na P ravni, 5 cm iza V ravni i 6 cm iznad H ravni; N koja je na X osi 4 cm levo od P ravni; R koja je na Y osi 4,5 cm ispred V ravni i S koja je na Z osi na 4 cm iznad H ravni.

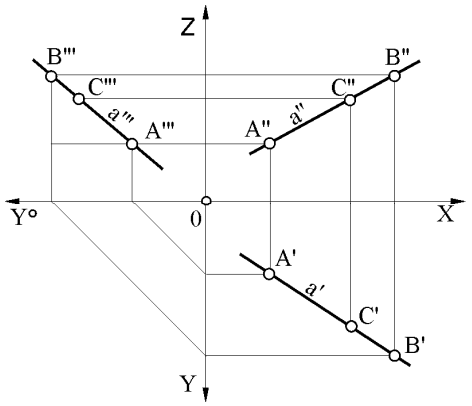
2.4. ORTOGONALNE PROJEKCIJE PRAVE (DUŽI)

Pravu čine niz uzastopnih tačaka na istom pravcu. Potpuno je određena dvema tačkama. Prava se označava malim slovima latinice: a, b, c... Ako je prava a data dvema tačkama A i B kroz koje prolazi, tada će se projekcije prave a nalaziti na pravcu definisanom odgovarajućim istoimenim projekcijama tačaka A i B, odnosno a' je na A'B', a'' je na A''B'' i a''' je na A'''B''' (sl. 2.24). Prava je jednoznačno određena dvema projekcijama (kao i tačka) te se koristi prva i druga, a treća retko.

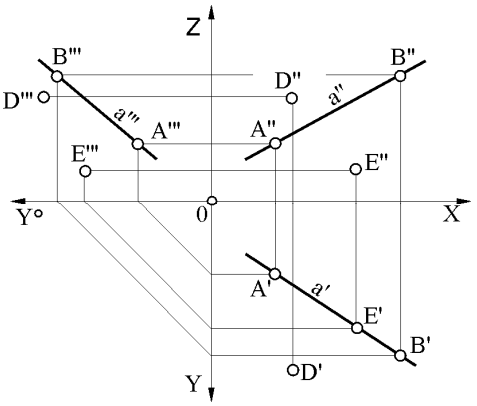


Sl. 2.24: Projekcije prave a zadate tačkama AB u prostoru i nakon obaranja projekcijskih ravni

Ako se tačka C nalazi na pravoj a, tada se sve tri projekcije tačke C nalaze na odgovarajućim projekcijama prave a, odnosno C' je na a', C'' je na a'' i C''' je na a''' (sl.2.25). Tačke E i D na sl.2.26 ne leže na pravoj a, bez obzira na to što se prva projekcija E' tačke E nalazi na a', jer, da bi tačka pripadala pravoj potrebno je da sve tri projekcije tačke leže na sve tri projekcije prave.



Sl. 2.25: Tačka C na pravoj a



Sl. 2.26: Tačke D i E ne leže na pravoj a

2.4.1. Specijalni položaji prave

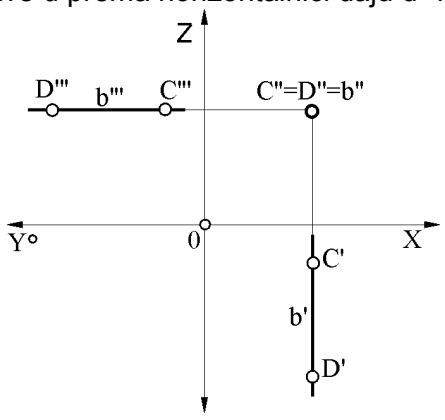
Prava je u specijalnom položaju: ako se nalazi na nekoj od projekcijskih ravni, ako je sa nekom od njih paralelna, ako je upravna na projekcijsku ravan ili ako leži na nekoj od osa.

Na sl. 2.27 prikazana je prava b koja prolazi kroz tačke C i D, a paralelna je sa ravnima H i P. Ako je prava paralelna sa dvema, tada mora biti upravna na treću projekcijsku ravan. U ovom slučaju prava b je upravna na V, pošto je paralelna sa H i P ravnima.

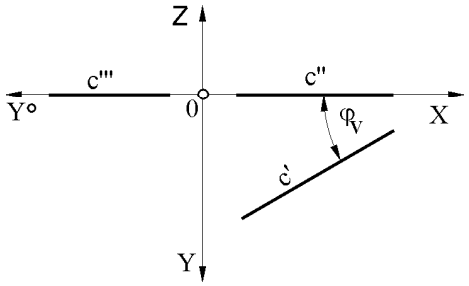
Kako je prava b paralelna sa H i P ravnima u prvoj i trećoj projekciji se vidi u pravoj veličini, a kako je upravna na V ravan, u drugoj projekciji se projicira kao tačka.

Kada prava c leži na horizontalnici (sl. 2.28), tada c'' leži na osi X, a c''' na osi Y°. Ugao između prve projekcije c' i X ose (φ_V) predstavlja pravu veličinu ugla koji prava c zaklapa sa V ravni.

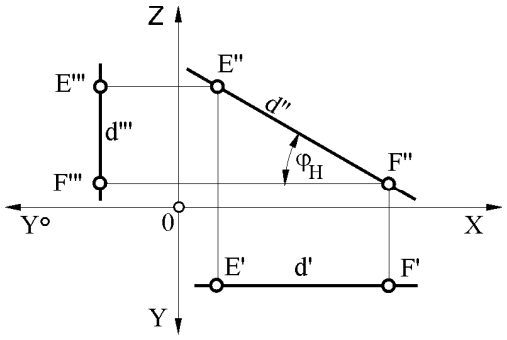
Kada je prava d paralelna sa vertikalnicom, tada je d' paralelna sa X osom, a d''' paralelna sa Z osom (sl. 2.29). Prava d se projicira u pravoj veličini u drugoj projekciji. Pravu vrednost ugla φ_H prave d prema horizontalnici daju d'' i X osa.



Sl. 2.27: Specijalni položaj prave b: b // sa H i P; b ⊥ V



Sl. 2.28: Specijalni položaj prave c: leži na H, a sa V zaklapa ugao φ_V



Sl. 2.29: Specijalni položaj prave d: // sa V, a sa H zaklapa ugao od φ_H

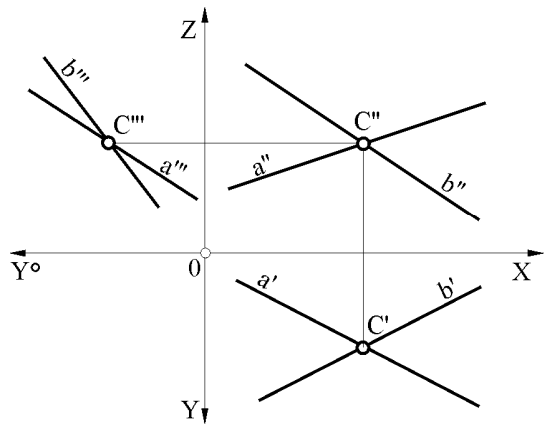
2.4.2. Uzajamni odnos dve prave

Dve prave u prostoru mogu da se seku, da se mimoilaze ili da su paralelne.

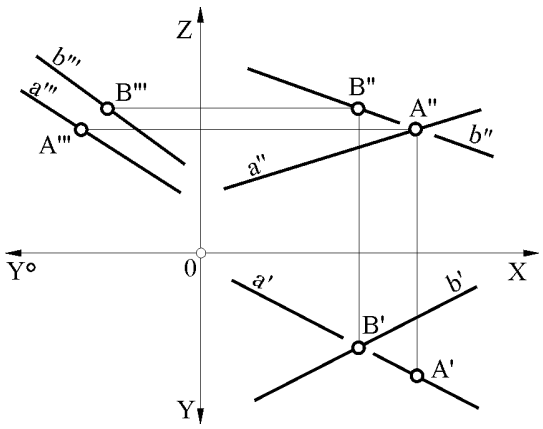
Ako se prave a i b seku (nazivaju se i presečne prave), tada se tačka sečenja C u sve tri projekcije C', C'' i C''' poklapaju sa tačkom preseka projekcija prava i leže na istoj vertikalnoj, horizontalnoj i izlomljenoj sponi (sl. 2.30).

Dve prave se mimoilaze ako nemaju zajedničku presečnu tačku. Prave a i b sa sl. 2.31 se mimoilaze pošto se tačke preseka projekcija prava (tačke A i B) ne nalaze na istoj vertikalnoj sponi.

Kada se prave mimoilaze, jedna drugu zaklanjaju, pri čemu se jedna od njih ne vidi. Vidljivost mimoilaznih prava određuje se za svaku projekciju posebno.

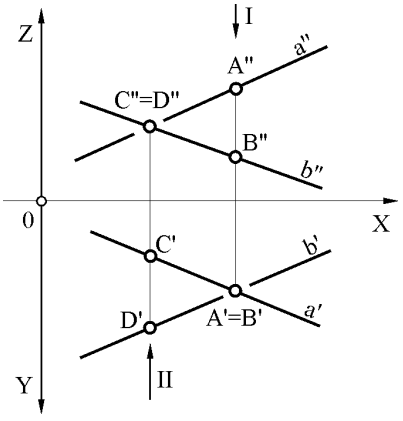


Sl. 2.30: Prave a i b se seku u tački C



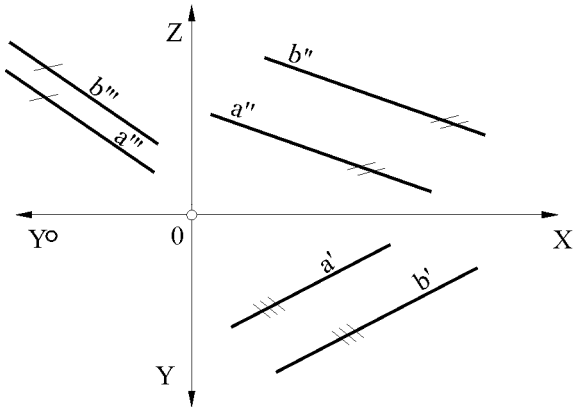
Sl. 2.31: Prave a i b se mimoilaze

Vidljivost u prvoj projekciji određuje se posmatranjem druge i obrnuto. Prave a i b u prvoj projekciji se seku u tački A'=B' (sl. 2.32). Prateći sponu do druge projekcije vidi se da je tačka A'' koja je na pravoj a iznad tačke B'' koja je na pravoj b. Kako se prva projekcija dobija posmatrajući prave odozgo (u pravcu strelice I), vidi se tačka A'', pošto je bliža posmatraču, a zaklonjena je tačka B''. S obzirom na to da je tačka A na pravoj a, tada će se a' videti, a b' neće (na tom mestu je b' "prekunuto"). Vidljivost prava u drugoj projekciji određuje se analiziranjem položaja tačaka C i D zato što se poklapaju u drugoj projekciji. Druga projekcija se dobija kada se prave posmatraju spreda (u pravcu strelice II). Tačka D', koja je na pravoj b', bliža je posmatraču, te se u drugoj projekciji vidi, odnosno vidi se b'', dok se a'' i C'' ne vide.

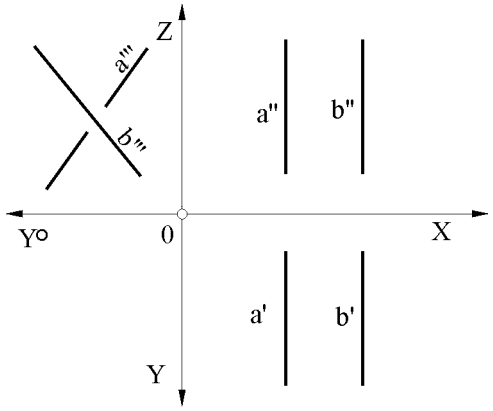


Sl. 2.32: Princip određivanja vidljivosti mimoilaznih prava

Dve prave su paralelne ako su im sve tri projekcije međusobno paralelne (sl. 2.33). Prave a i b sa sl.2.34 nisu paralelne pošto im nisu sve tri projekcije međusobno paralelne.



Sl. 2.33: Paralelne prave



Sl. 2.34: Prave a i b nisu paralelne

2.4.3. Tačka na pravoj

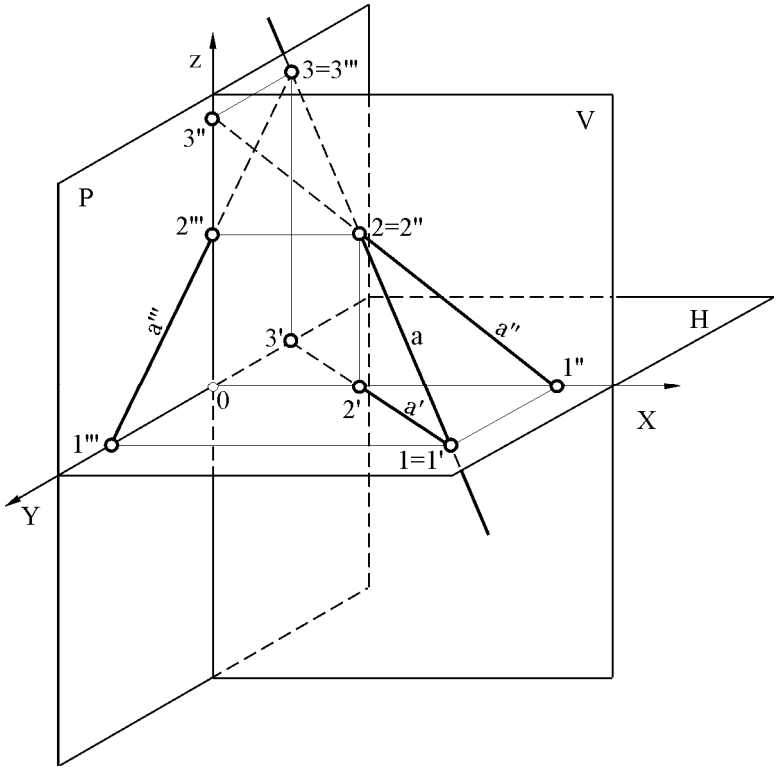
Ako se tačka nalazi na pravoj tada se njene projekcije nalaze na projekcijama prave. Na sl. 2.31 tačka B se nalazi na pravoj b, zato što se B' nalazi na b', B'' na b'' i B''' na b'''. Tačka A sa iste slike pripada pravoj a, dok ne pripada pravoj b iako se A'' nalazi na b'', pošto se A' i A''' ne nalaze na b' i b'''.

2.4.4. Prodori prave kroz projekcijske ravni

Prava u proizvoljnom položaju u prostoru prodire (probija) sve tri projekcijske ravni H, V i P. Tamo gde prava probija ravan H dobija se tačka prodora kroz H ili prvi prodor i obeležava se brojem 1. Gde prava probija V ravan dobija se drugi prodor i obeležava se brojem 2, a gde probija ravan P dobija se treći prodor i obeležava brojem 3. Tačke prodora (prodori) mogu se i drugačije obeležavati.

Prodor prave a kroz projekcijske ravni u prostoru prikazan je na sl. 2.35. Prodori se mogu definisati i kao tačke gde se seku prava i njene projekcije. Tamo gde se seku prava i njena prva projekcija dobija se prvi prodor, gde se seku prava i druga projekcija daju drugi prodor i gde se seku prava i treća projekcija daju treći prodor. Svaki prodor određen je sa svoje tri projekcije, odnosno prvi 1 sa 1'; 1''; 1''', drugi 2(2';2'';2''') i treći 3(3';3'';3'''). Prvi prodor (1) leži na H, drugi (2) na V i treći (3) na P ravni. Tačka prvog prodora (njen položaj u prostoru) poklapa se sa prvom projekcijom prvog prodora. Drugi prodor se poklapa sa drugom projekcijom drugog prodora, a treći prodor se poklapa sa trećom projekcijom trećeg prodora. Prethodno rečeno o prodoru prave kroz projekcijske ravni jeste:

prvi prodor (1=1') leži na ravni H, te je 1'' na X osi a 1''' na Y osi;
drugi prodor (2=2'') leži na ravni V, te je 2' na X osi a 2''' na Z osi i
treći prodor (3=3''') leži na P, te je 3' na Y osi a 3'' na Z osi.



Sl. 2.35: Prodor prave a kroz ravni H, V i P u prostoru

Projekcije prodora leže na odgovarajućim projekcijama prave, odnosno:

1', 2', 3' je na a',
1'', 2'', 3'' je na a'' i

1''', 2''', 3''' je na a'''.

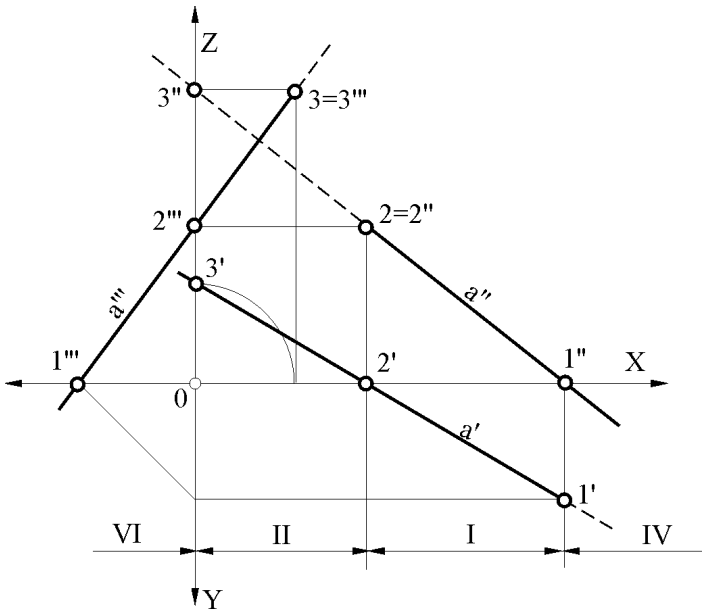
Tačke prodora definišu položaj prave u prostoru i u projekcijama. Znači prvu projekciju a' određuju prve projekcije sva tri prodora, drugu projekciju a'' druge projekcije sva tri prodora i treću projekciju a''' treće porojekcije sva tri prodora.

Ako se projekcije prave shvate kao senke prave na projekcijske ravni, tada se prodori nalaze na mestima gde se prava spaja sa svojim senkama.

Iz prethodne analize proizilaze pravila na osnovu kojih se određuju prodori prave kroz projekcijske ravni:

- Gde prva projekcija prave a seče X osu dobija se prva projekcija drugog prodora;
- Gde druga projekcija prave a seče X osu dobija se druga projekcija prvog prodora;
- Gde prva projekcija prave a seče Y osu dobija se prva projekcija trećeg prodora i
- Gde druga projekcija prave a seče Z osu dobija se druga projekcija trećeg prodora.

Prodor prave a kroz projekcijske ravni, nakon obaranja, dat je na sl. 2.36.



Sl. 2.36: Prodor prave a kroz ravni H, V i P nakon obaranja projekcijskih ravni

2.4.5. Vidljivost projekcija prave

Vidljivost prave određuje se na osnovu toga što se posmatrač nalazi u I oktantu. Deo prave iznad H ravni se vidi, ispod se ne vidi; deo prave ispred V ravni se vidi, iza se ne vidi i deo prave desno od P ravni se vidi, levo se ne vidi. Vidljivost prave se određuje posebno za prvu, posebno za drugu i posebno za treću projekciju. Granične tačke vidljivosti su prodori kroz H, V i P ravni.

Deo prave iznad ravni H u prvoj projekciji se vidi sve do prvog prodora; deo prave ipred ravni V u drugoj projekciji se vidi sve do drugog prodora, i deo prave desno od ravni P u trećoj projekciji se vidi sve do trećeg prodora.

Prava se u prvoj projekciji vidi kada prolazi kroz gornje oktante (tj. iznad H): I, II, V i VI, a ne vidi se kada prolazi kroz donje oktante (tj. ispod H): III, IV, VII i VIII. Granica vidljivosti je prvi prodor 1=1'. Prava se u drugoj projekciji vidi kada prolazi kroz prednje oktante (tj. ispred V): I, IV, V, i VIII, a ne vidi se kada prolazi kroz zadnje oktante: II, III, VI i VII. Granica vidljivosti je drugi prodor 2=2''. U trećoj projekciji prava je vidljiva kada prolazi kroz desne oktante (desno od P) I, II, III i IV, a nevidljiva je kada prolazi kroz leve oktante V, VI, VII i VIII. Granica vidljivosti je treći prodor 3=3'''. Vidljivi deo prave se crta punom, a nevidljivi isprekidanom tanjom linijom (crta-crta-crta).

Određivanjem položaja tačaka prodora 1', 2'' i 3''' u oktantima iz prethodnog primera (sl. 2.35 i 2.36) određena je vidljivost. Vidljivost prave u projekcijama može se odrediti i tako što se prethodno odrede oktanti kroz koje prolazi.

2.4.6. Određivanje oktanata kroz koje prava prolazi

Da bi se odredili oktanti kroz koje prava prolazi treba analizirati položaj projekcija prave u odnosu na oktante i redosled prodora kroz H, V i P ravni. Ovi parametri (a', a'', a''', 1', 2'' i 3''') posmatraju se sa desne na levu stranu ili obrnuto (sl. 2.36).

Prema položaju projekcija a', a'' i a''', gledano sa desna na levo do prvog prodora 1', zaključuje se da se prava a, na ovom delu, nalazi u IV oktantu odakle probija H u prvom prodoru u tački 1'. Prema položaju, tačaka 1', 1'' i 1''' vidi se da se prvi prodor nalazi na H između I i IV oktanta, što potvrđuje prethodni zaključak da prava dolazi iz IV oktanta, probija H ravan u 1' i ulazi u I oktant.

Prava se u I oktantu nalazi sve do drugog prodora (2''), gde probija ravan V. Položaj tačaka 2', 2'' i 2''' govori da se drugi prodor nalazi između I i II oktanta, što znači da prava iz I ulazi u II oktant. Prava se nalazu u II oktantu sve do trećeg prodora, do tačke 3'''. Prema položaju projekcija trećeg prodora 3', 3'' i 3''' zaključuje se da se prava nalazi na P ravni između II i VI oktanta, što znači da iz II ulazi u VI oktant. Prava a prolazi kroz IV, I, II i VI oktant.

Prva projekcija prave a' iznad 1' vidi se jer je u gornjim oktantima, dok ispod 1' se ne vidi jer je u donjim oktantima. Druga projekcija prave a'' iznad 2'' ne vidi se jer je u zadnjim oktanima, dok se ispred 2'' (u smeru na dole) vidi, jer u prednjim oktantima. Treća projekcija a''' desno od 3''' ne vidi se jer je prava u levim oktantima, a levo od 3''' se vidi jer je u desnim oktantima.

Zadatak 2.1.

0(5;3). Odrediti prodore, vidljivost i oktante kroz koje prolazi prava a koja je određena tačkama A(-3;0;0) i B(0;2;0).

Prava a leži na H između V i VIII oktanta (sl. 2.37). Probija V ravan u tački 2'' koja je na -X osi i P ravan u tački 3''' koja je na osi Y. Prava a pripada I, IV, V, VI, VII i VIII oktantu.

Zadatak 2.2.

0(5;5). Odrediti prodore, vidljivost i oktante kroz koje prolazi prava b koja je određena tačkama A(1;2;1) i B(3;0,5;2).

Rešenje zadatka je na sl. 2.38.

Zadatak 2.3.

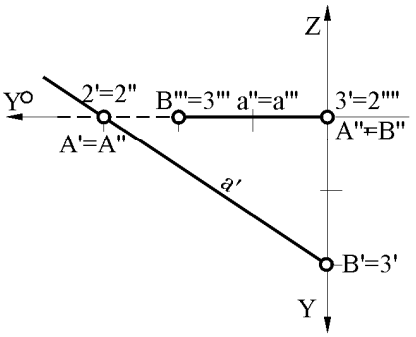
0(4;3). Odrediti prodore, vidljivost i oktante kroz koje prolazi prava c koja je određena tačkama C(1;1,5;1) i D(2,5;0,5;1).

Prava c je paralelna sa H ravni (pošto je c'' // X osom, c''' // Y osom) te nema prvi prodor (sl. 2.39). Kako se nalazi iznad H ravni, cela je vidljiva u prvoj projekciji. Na osnovu položaja drugog i trećeg prodora, tačaka 2=2'' i 3=3'' može se zaključiti da prava c dolazi iz II, ulazi u I i odlazi u V oktant.

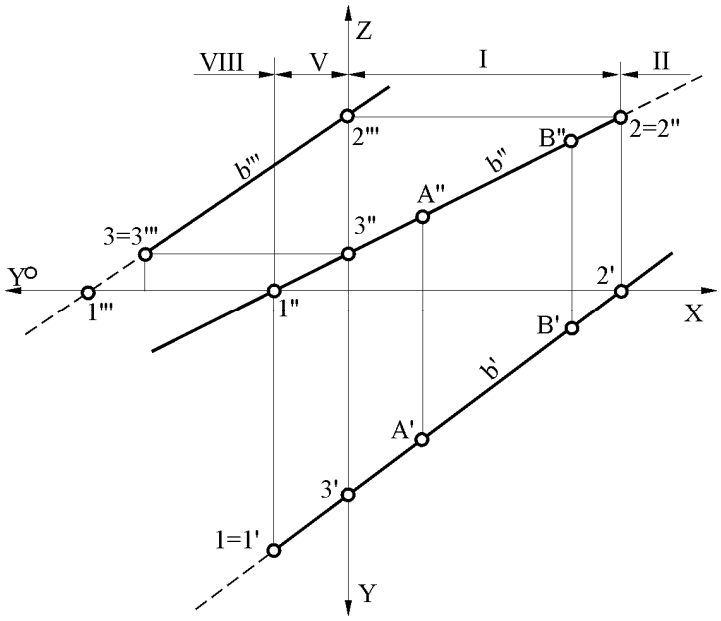
Zadatak 2.4.

0(3;4). Odrediti prodore, vidljivost i oktante kroz koje prolazi prava d koja je određena tačkama E(1,5;1;1) i F(1,5;1;2,5).

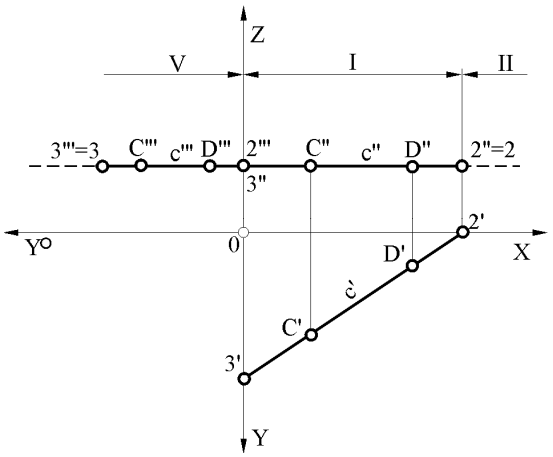
Iz nacrtanih projekcija se vidi da je prava d paralelna sa V i P ravnima a upravna je na H ravan, što znači da ima samo prvi prodor, dok drugi i treći nema (sl. 2.40). Prvi prodor, (1',1'',1''') nalazi se na H ravni između I i IV oktanta. Kako se prava d u prvoj projekciji projicira kao tačka ne može se naznačiti vidljivost, dok je u drugoj i trećoj projekciji vidljiva po celoj dužini.



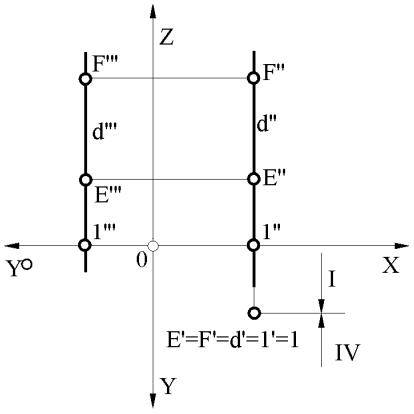
Sl. 2.37: Prodori prave a (Zadatak 2.1.)



Sl. 2.38: Prodori prave b (Zadatak 2.2.)



Sl.2.39: Prodori prave c (Zadatak 2.3.)



Sl.2.40: Prodori prave d (Zadatak 2.4.)

Zadatak 2.5.

0(5;7). Nacrtati u paru ortogonalnih projekcija: pravu a koja prolazi kroz tačku A(3;2;1,5), paralelna je sa P ravni, a sa V ravni zaklapa ugao od 45°; pravu b koja prolazi kroz tačku B(1,5;2;5) paralelna je sa P ravni, a sa V ravni zaklapa ugao od 60°; pravu c koja prolazi kroz tačku C(-2;3;?) leži na H ravni i paralelna je sa X osom; pravu d koja prolazi kroz tačku D(5;4;3,5) upravna je na ravan P i pravu e koja prolazi kroz tačku E(7;2,5;2,5) i upravna je na V ravan.

Zadatak 2.6.

0(8;6). Nacrtati sve tri projekcije kvadrata ABCD koji je paralelan sa profilnicom ako je njegova dijagonala A(4;4;5), C(4;1,5;-3).

Zadatak 2.7.

0(3;5). Data je prava a tačkama A(1,5;2;3) i B(5;1;1,5). Kroz tačku C(-1,5;5;2,5) nacrtati pravu b koja je paralelna sa pravom a.

Zadatak 2.8.

0(6;6). Nacrtati sve tri projekcije prave a kroz tačku A(2;1,5;2) i upravna je na P ravan i prave b koja prolazi kroz tačku B(5,5;2,5;3) i upravna na H ravan.

Zadatak 2.9.

0(8;6). Nacrtati sve tri projekcije prave c kroz tačku C(5;1,5;2,5) i upravna je na V ravan i prave d kroz tačku D(3;2;1,5) koja je paralelna sa H, a sa V ravni zaklapa ugao od 60°.

Zadatak 2.10.

0(9;8). Nacrtati ortogonalne projekcije sva tri prodora prave a koja prolazi kroz tačke A(-2;6;5) i B(5;-1;6). Odrediti vidljivost projekcija i oktante kroz koje prava a prolazi.

Zadatak 2.11.

0(10;10) Pravu a iz prethodnog zadatka nacrtati u kosoj projekciji. Odrediti vidljivost prave i njenih projekcija i oktante kroz koje prolazi. Ugao između osa –XY=30°, skraćenje 3:4. Veličina ravni u oktantu je 7 cm po svakoj osi.

Zadatak 2.12.

0(5;7). Date su prave a tačkama A(1;2;2) i B(4;3,5;0,5) i b tačkama C(1;-5;-1,5) i D(4,5;-2;2). Odrediti prodore, oktante kroz koje prolaze i naznačiti vidljivost. Da li se prave seku ili se mimoilaze?

Zadatak 2.13.

0(5;13). Prava a prolazi kroz tačke A(2;1,5;5) i B(8;4;2). Kroz tačku C(1;2,5;3) nacrtati tri ortogonalne projekcije:

- prave b, tako da seče pravu a u tački P(4;?;?)
- prave c kroz tačku C, tako da bude paralelna sa pravom a.

Zadatak 2.14.

0(8;13). Date su tri tačke A(3;4;4.5), B(3;1,5;2,5) i C(3;2,5;-1,5). Da li se ove tačke nalaze na istoj pravi?

Zadatak 2.15.

0(8;13). Date su prave a tačkama A(2;4;4) i B(8;7;1) i b tačkama C(2;-6;-2) i D(9;-4;4). Odrediti međusobni odnos prava a i b.

Zadatak 2.16.

0(8;13). Odrediti tri ortogonalne projekcije prave a, po svom izboru, koja prolazi kroz II, I i IV oktant. Zatim odrediti vidljivost prave a u svim projekcijama.

Zadatak 2.17.

0(9;13). Odrediti tri ortogonalne projekcije presečnih prava a i b. Prava a je zadata tačkama A(6;4;5) i B(1;2;1). Prava b je zadata tačkama C(7;1;1) i D(-1;4;?).

Zadatak 2.18.

0(9;13). Kroz tačke A(6;-2;4), B(-5-2;-5), C(1;2;2) i D(4;3;0) nacrtati parave a, b, c i d tako da:

- prava a prolazi kroz tačku A, da je paralelna sa H, a sa F zaklapa ugao od 60°,
- prava b prolazi kroz tačku B, da je paralelna sa F, a sa H zaklapa ugao od 45°,
- prava c prolazi kroz tačku C, da je paralelna sa P, a sa F zaklapa ugao od 30°,
- prava d prolazi kroz tačku D, da leži na H, a sa F zaklapa ugao od 45°.

3. UVODNO RAZMATRANJE

3.1. PRIBOR ZA CRTANJE

Da bi se nacrtao tehnički crtež **neophodno je korišćenje odgovarajućeg pribora za crtanje**. Pribor za crtanje može biti **klasičan**, kada se crta rukom pomoću klasičnog pribora za crtanje i **savremen, računarom**. Pri odlaganju i čuvanju, tehnička dokumentacija se mikrofilmuje. Za mikrofilmovanje crteža koriste se **uređaji za mikrofilmovanje**. Kada se za crtanje koristi računar, za njihovo odlaganje i čuvanje koriste se diskovi, diskete, kompakt diskovi - CD i druge mogućnosti računarske tehnologije.

3.1.1. Klasičan pribor za crtanje

U neophodan klasičan pribor za crtanje spada: tabla za crtanje, papir, olovke, garnitura šestara, trouglovi, pera za tuširanje, tuš, pribor za brisanje, lepljiva traka (selotejp) i krivuljari. Osim toga mogu se koristiti: pera za ispisivanje, lenjiri, šabloni, razmernici itd.

Tabla za crtanje

Tabla za crtanje služi da se na nju postavi papir za crtanje. Izrađuju se od drveta ili plastične mase. Mogu biti različite veličine, prikladne za pisaći sto ili namenjene konstrukcionim biroima. Opremljene su posebnim mehanizmom za crtanje "kulmanom" na kojem se nalaze dva lenjira pod uglom od 90°. Na taj način crtež se brže nacrta.

Papir

Koristi se više vrsta papira:

- Hamer - nazvan po proizvođaču ove vrste bele deblje hartije za crtanje - koristi se za crtanje originalnih crteža tušem ili olovkom;
- Paus je providna tanka hartija, koristi se za crtanje originalnih crteža tušem;
- Bankpost je trgovački naziv za belu tanku kvalitetnu hartiju A4 ili A3 formata. Koristi se za pisanje proračuna tušem, olovkom, pisaćom mašinom ili štampačem. Osim toga koristi se i za šematske crteže i skice;
- Bela hartija - služi za pripremu crteža i za skice koje se rade olovkom;
- Hartija za kopiranje. Postoje različite vrste ove hartije i u različitim bojama i koriste se za kopiranje crteža;
- Milimetarska hartija je ona na kojoj je odštampana kvadratna milimetarska mrežica. Može biti urađena na pausu ili na nekoj beloj hartiji itd.

Olovke

Koriste se obične ili tehničke olovke, a izrađuju se u sledećim stepenima tvrdoće: 9H, 8H, ... 2H, H, F, HB, B, 2B, ... i 7B. Olovke **H su sa tvrdim grafitnim jezgrom** (veći broj - veća tvrdoća), a **B su sa mekim grafitnim jezgrom** (veći broj - mekše jezgro). Olovke oznake F i HB su sa srednjom tvrdoćom jezgra.

Tehničke olovke su praktičnije od običnih, jer se lakše oštre brusnim papirom (šmirglom) ili se uopšte ne oštre, ako su tanke. Debljina grafitnog jezgro za tehničke olovke može biti: 0,3; 0,5; 0,8 i 1 mm.

Crteži se prvo nacrtaju tankom tvrdom olovkom. Tako se grafitno jezgro ne razmazuje po papiru, a crtež je preciznije nacrtan i uredniji je. Nakon toga olovkom sa mekim jezgrom podebljavaju se linije koje treba da su debele.

Garnitura šestara

Neophodna su dva ili tri šestara: **osnovni, "nultaš" i prenosnik**. Na osnovni šestar dodaje se deo sa grafitnim uloškom, deo sa iglom ili deo za tuširanje. Nultaš ima deo sa

grafitnim uloškom i deo za tuširanje. Koristi se za crtanje malih krugova prečnika od 0,6 do 12 mm. Šestar prenosnik koristi se za prenošenje rastojanja.

Trouglovi

Trouglovi mogu biti izrađeni od drveta ili plastične mase, sa ravnim ili skošenim ivicama (za tuširanje), različitih veličina. Za crtanje su neophodna dva pravougla trougla čije su hipotenuze pod uglom od 45° i 30° (60°). Najpogodnije su veličine trouglova čija je hipotenuza duga oko 30 cm. Pri crtanju i tuširanju pravih linija treba istovremeno **koristiti par trouglova.**

Pera za tuširanje

Za tuširanje se koriste **rapidograf** pera, koja su praktična i jednostavna za korišćenje. Svako pero je određene standardne debljine: (0,18); 0,25; 0,35; 0,50; 0,70; 1,0; 1,4; 2,0; ... mm. Liniju debljine od 0,18 mm treba izbegavati zbog mikrofilmovanja crteža. Sa četiri debljine rapidograf pera: **0,25; 0,30, 0,50 i 0,70 mm** mogu da se zadovolje sve potrebe tuširanja tehničkih crteža i tehničke dokumentacije. Ova pera koriste se i za pisanje. Ako se pravilno koriste, imaju dug vek trajanja.

Tuš

Postoje različite vrste tuševa, prema kvalitetu i nameni. U tehničkom crtanju koristi se isključivo **crni tuš.** Treba koristiti samo tuševe onog kvaliteta, koji su namenjeni za rapidograf pera.

Pribor za brisanje

U pribor za brisanje spadaju: **gumice za brisanje, žilet i koreks (belilo)**. Gumice mogu biti: tvrde, meke i veoma meke. Tvrde gumice se koriste za brisanje tuširanih linija sa hamera i pausa, meke za brisanje linija nacrtanih olovkom, a vrlo meke za čišćenje crteža nakon tuširanja. Za brisanje linija nacrtanih tušem na pausu uspešno se koristi žilet. Žiletom se pažljivo sastruže pogrešno nacrtana linija, zatim se to mesto, pre ponovnog tuširanja, izglača grafitnom olovkom. Na taj način tuš se neće razliti. Tuširane linije na hameru mogi se brisati i nanošenjem tankog sloja belog koreksa (koristi se pre svega u daktilografiji). Kada se koreks dobro osuši, preko njega se može ponovo tuširati.

Pribor za pričvršćivanje papira

Za pričvršćivanje papira za tablu ili sto koriste se specijalni ekserčići ili lepljiva traka, **"selotejp".** Selotejp je praktičniji, te se koristi više od specijalnih ekserčića.

Krivuljari.

Krivuljari se koriste za crtanje i tuširanje pravilnih i nepravilnih krivih linija. Mogu biti vrlo različitih oblika i veličina. Kriva linija treba da bude tako nacrtana da nema naglih prelaza, da je "kontinualna". To se postiže tako što se svaki put pri pomeranju krivuljara, delimično krivuljarem obuhvati već nacrtani deo krive linije.

Lenjiri

Lenjiri se koriste za crtanje dužih pravih linija. Postoje razne veličine i oblici lenjira: **običan lenjir, T lenjir** (glavaš), **razmernik** itd.

Šabloni

U prodaji se mogu naći različite vrste šablona za crtanje krugova, delova krugova, elipsi, šestougaonih navrtki itd, kao i šabloni za pisanje tehničkih slova. Početnicima se ne preporučuju, što se posebno odnosi na šablone za pisanje, jer inženjeri tehničkih struka moraju lepo pisati i bez šablona.

3.1.2. Računar kao pribor (alat) za crtanje

Računar kao pribor za crtanje predstavlja savremenu opremu, koja će se u budućnosti uglavnom koristiti. Osim računara, za crtanje tehničke dokumentacije potrebni su:

ploter, štampač, digitajzer, svetleća olovka, tabla, "miš", skener itd. Na sl. 3.1. prikazan je deo računarske opreme za izradu tehničkih crteža. Da bi se ova računarska oprema uopše mogla koristiti potreban je odgovarajući **softver.**



Sl.3.1: Deo računarske opreme za tehničko crtanje

Ploter predstavlja ″tablu″ na kojoj se prenosi crtež nacrtan pomoću računara. Štampač je uglavnom, predviđen za štampanje teksta, a mogu se odštampati i crteži. **Digitajzer** je deo za uvećanje sitnih detalja crteža. Pri tome se detalji crteža mogu ispravljati ili docrtavati. **Svetleća olovka** služi da se njome slobodnom rukom crta na specijalnoj tabli, što se prenosi na monitor. **"Miš"** se koristi radi jednostavnijeg biranja željenih komandi. **Skenerom** se snima već nacrtan crtež. Pri tome se skeniran crtež može, pre štampanja korigovati, docrtati itd.

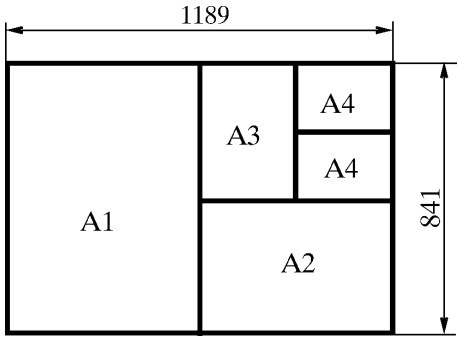
Računar sa hardverskom opremom nema naročitog smisla da se koristi samo za tehničko crtanje. Računarska oprema koristi se za: projektovanje, konstrusanje, proračune, izradu tehničke dikumentacije i tehničkih crteža, razradu tehnologije izrade predmeta na numerički upravljanim mašinama i kontrolu kvaliteta izrade. Čitav ovaj postupak, od ideje do izrade i kontrole gotovog proizvoda najčešće se, u stručnoj literaturi, naziva CAD (Computer Aided Desing). Za ovo su potrebni odgovarajući programi - alati (softver), koji se veoma brzo razvijaju. Danas je za ove svrhe, najprikladniji: AutoCad, Proengineering itd.

3.2. FORMATI I SAVIJANJE CRTEŽA

U tehničkom crtanju koristiti se papir određene veličine i oblika (**format A**), što je definisano standardom SRPS A.A0.104 i SRPS A.A0.105. Osnovne veličine formata date su u tabeli 3.1. Najveći format je A0, koji ima površinu 1 m^2, sa odnosom strana $1:\sqrt{2}$. Dimenzije ovog formata su 1189 x 841 mm. Ako se format A0 prepolovi dobijaju se dva A1 formata i tako dalje. Na isti način dobijaju se i ostali formati do A4, kako je to prikazano na sl. 3.2.

Tabela 3.1: Osnovne veličine formata

Oznake formata osnovnih veličina	Mere (mm)
A0	841 x 1189
A1	594 x 841
A2	420 x 594
A3	297 x 420
A4	210 x 297

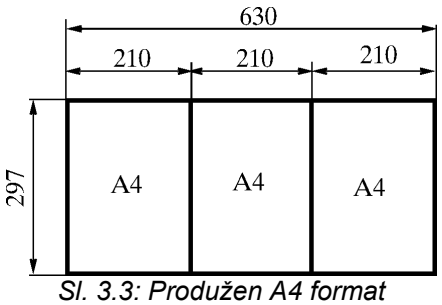


Sl. 3.2: A formati za tehničke crteže

Za crtanje dugačkih i uskih predmeta koriste se produžene veličine formata prema tabeli 3.2. Ovi formati dobijaju se produženjem kraće strane formata do dužina koji su umnošci te kraće strane. Takva mogućnost produženog A4 formata data je na sl. 3.3. Za crtanje veoma dugačkih predmeta, objekata i sl. mogu se koristiti i drugačija produženja osnovnih formata.

Tabela 3.2: Produžene veličine formata

Oznake formata produženih veličina	Mere (mm)
A3 x 3	420 x 891
A3 x 4	420 x 1189
A4 x 3	297 x 630
A4 x 4	297 x 841
A4 x 5	297 x 1051



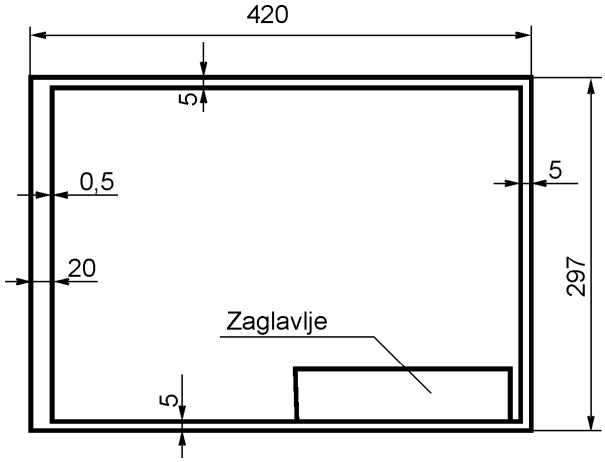
Sl. 3.3: Produžen A4 format

Na papiru datog formata, pre nego što se predmet počne crtati, prvo se nacrtaju okvir i zaglavlje, što je prikazano na sl. 3.4 i 3.5. Linija okvira treba da je debela najmanje 0,5 mm. Veličina margine sa leve strane zavisi od veličine formata i od toga kako će se crtež odlagati. Može da bude 7, 10 i 20 mm.

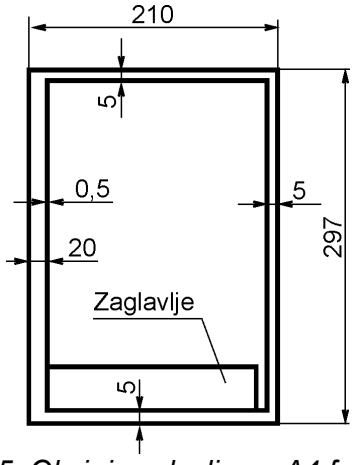
Svi formati veći od A4, savijaju se na A4 format (210 x 297 mm). Način savijanja takođe, zavisi od načina odlaganja crteža i veličine crteža. Osnovni princip je, da je "lice" crteža, ono što se prvo vidi kada se crtež uzme li otvori fascikla, deo crteža sa zaglavljem. Ako se format A3 odlaže u fasciklu bez poveza savija se na pola, kao na sl. 3.6. Kada se A3 format odlaže u fasciklu sa povezom savija se kao na sl.3.7. Kota 25 predstavlja slobodnu marginu potrebnu za povez fascikle. Način savijanja A1 formata kada se odlaže u fasciklu sa povezom dat je na sl. 3.8.

3.3. ZAGLAVLJA

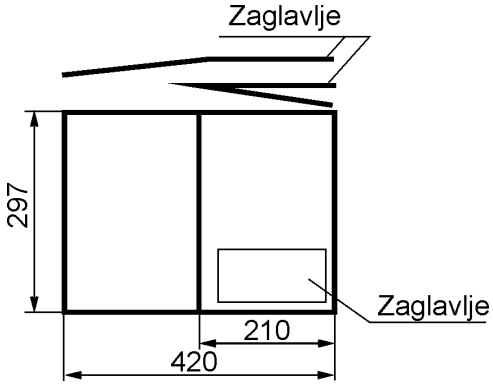
Na svakom konstrukcionom crtežu mora postojati odgovarajuće zaglavlje. Zaglavlje predstavlja uokvireni deo na crtežu, koji se nalazi u donjem desnom uglu formata (sl. 3.8). U zaglavlje se upisuju podaci koji su bitni za identifikaciju i korišćenje crteža. Ti podaci su i tehničke i pravne prirode i crtež sa popunjenim zaglavljem predstavlja tehnički dokument.



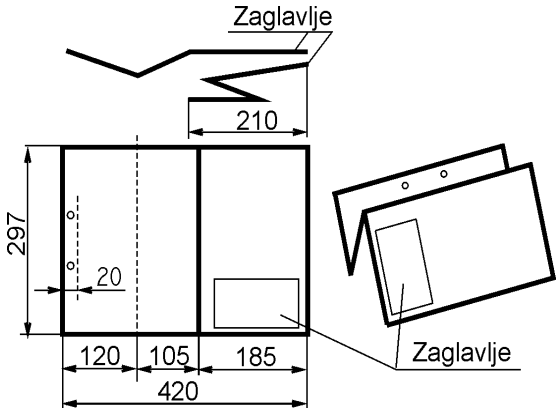
Sl.3.4: Okvir i zaglavlje na A3 formatu



Sl. 3.5: Okvir i zaglavlje na A4 formatu



Sl. 3.6: Savijanje A3 formata

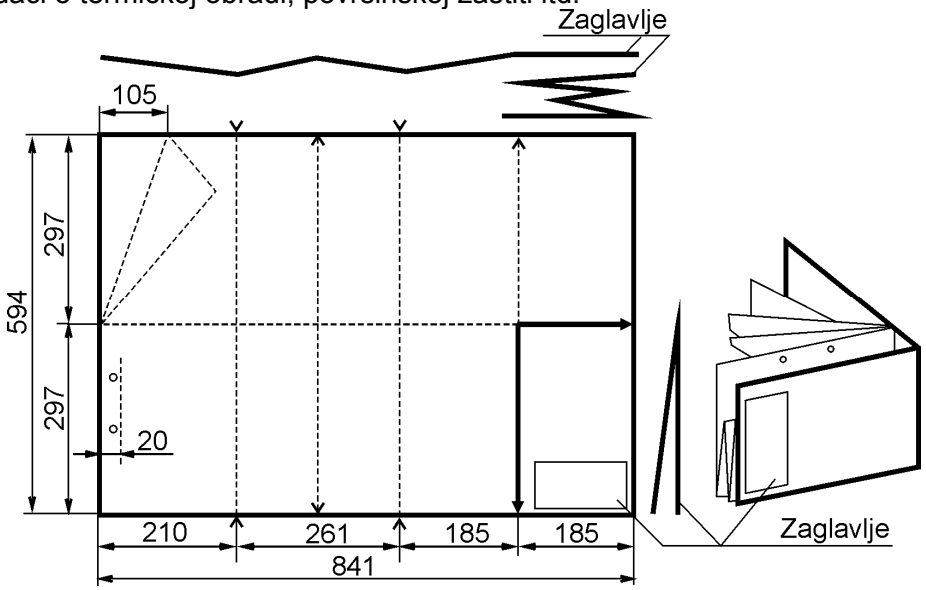


Sl. 3.7: Savijanje A3 formata za fasciklu sa povezom

3.3. ZAGLAVLJA

Na svakom konstrukcionom crtežu mora postojati odgovarajuće zaglavlje. Zaglavlje predstavlja uokvireni deo na crtežu, koji se nalazi u donjem desnom uglu formata (sl. 3.8). U zaglavlje se upisuju podaci koji su bitni za identifikaciju i korišćenje crteža. Ti podaci su i tehničke i pravne prirode i crtež sa popunjenim zaglavljem predstavlja tehnički dokument.

Zaglavlja za crteže mogu biti različita po svom obliku i sadržaju, zavisno od namene i vrste crteža, mesta korišćenja itd. Mogu biti prilagođena potrebama proizvođača, škola i ustanova. Standardima SRPS M.A0.040 i M.A0.041 su definisana i predložena zaglavlja za tehničke konstrukcione crteže. Na sl. 3.9 prikazano je **zaglavlje za crtež** jednog predmeta (za radionički crtež). Sastoji se iz osnovnog dela (polja označena od 1 do 9b) i dodatnog dela (polja od 10 do 15). Zaglavlje mora biti ispisano na tačno određen način, kako je to dato u tabeli 3.3. Nazivi polja koji nisu u zagradi (Izmena, Datum - ime, ...) se pišu, dok se nazivi polja u zagradi (Oznaka dokumenta, Izvorni dokument, ...) ne pišu, već samo ono što sledi pod tim nazivom. Zaglavlje prikazano na sl. 3.9, može se proširiti sa poljima u kojima će biti upisani podaci o termičkoj obradi, površinskoj zaštiti itd.



Sl. 3.8: Savijanje A1 formata kada se odlaže u fasciklu sa mehanizmom

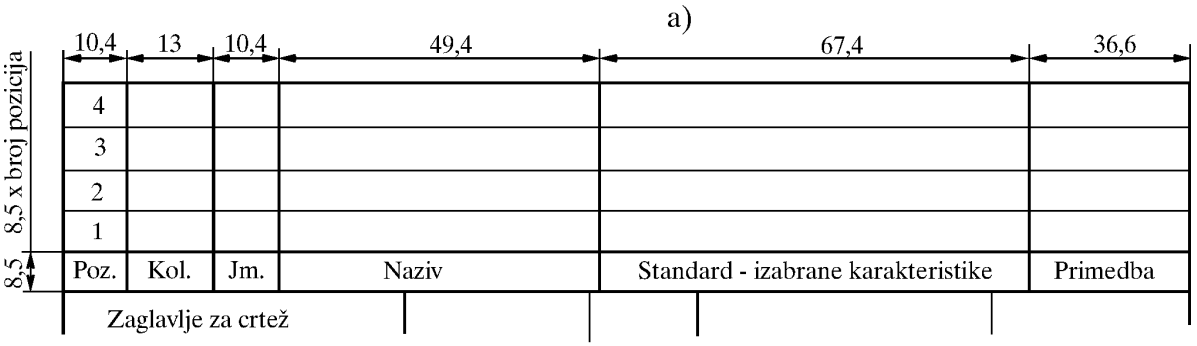
Za sklopove, odnosno sklopne crteže, koristi se zaglavlje koje se naziva **sastavnica.** Sastavnica predstavlja nastavak zaglavlja za crtež. Može da stoji na istom formatu sa crtežom ili na posebnom (kada se koristi i kao dokument za porudžbinu). Izgled sastavnice, kada je na istom formatu sa crtežom, prikazan je na sl. 3.10,a, a kada je na posebnom na

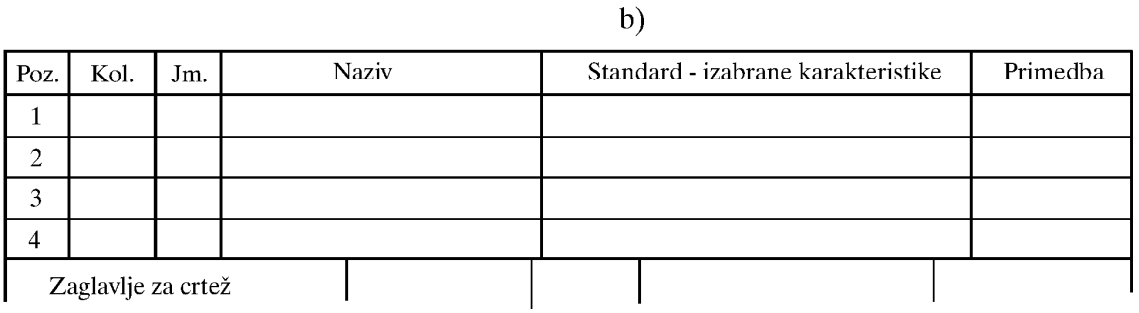
sl.3.10,b. U oba slučaja polja su ista i isto se popunjavaju, s tim da je redosled pisanja pozicija drugačiji. Kada se nalazi na istom formatu gde i crtež, pozicioni brojevi se pišu u rastućem nizu odozdo na gore (sl. 3.10,a), a kada je na posebnom, pozicioni brojevi se pišu odozgo na dole (sl. 3.10,b).

Način popunjavanja polja sastavnice dat je u tabeli 3.4. Sastavnica može biti sa zasebnim poljem za "Izabrane karakteristike", kada se koristi A3 format. Tada su i širine svih ostalih polja veće, u skladu sa uvećanim zaglavljem (kota 259,2, sl. 3.9). Zaglavlja se mogu ispisivati rukom, pomoću šablona, pisaće mašine ili štampača. Ako se koristi pisaća mašina ili štampač onda se dimenzije pojedinih polja navedenih zaglavlja mogu menjati prema potrebi. Tekst u zaglavljima je horizontalan (ispisivanje paralelno sa kraćom stranom A4 formata, odnosno dužom stranom A3 formata).



Sl. 3.9: Zaglavlje za konstrukcioni crtež predmeta





Sl. 3.10: Zaglavlje za sklopni crtež (sastavnica)
a) kada je sastavnica na istom formatu sklopnog crteža,
b) kada je sastavnica na posebnom formatu

Tabela 3.3: Način popunjavanja polja zaglavlja za crtež (SRPS M.A0.040)

Polje	Objašnjenje
1	**Izmena**: U slučaju izmene upisuju se traženi podaci i lice odgovorno za nastale izmene. Odnosi se na crteže proizvođača.
2 i 3	**Datum - ime**: Datumi i imena odgovornih lica za crtež. Moraju biti čitki.
4	**(Naziv) - (Oblik i veličina):** Naziv predmeta crtanja i broj crteža (polje 6) pišu se većim i debljim slovima od ostalog teksta u zaglavlju i to na sredini polja. Naziv se daje prema obliku. Treba da je sažet i kratak.
5	**(Preduzeće):** Naziv proizvođača, odnosno vlasnika dokumenta. Na primer: Poljoprivredni fakultet, Novi Sad (vlasnik dokumenta).
6	**(Oznaka dokumenta):** Oznaka dokumenta proizvođača, odnosno vlasnika dokumenta (broj crteža).
7	**List - Listova:** Koristi se za upisivanje rednog broja lista i ukupnog broja listova, ako je za istu oznaku (broj crteža) potrebno više listova.
8	**(Klasifikacija):** Oznaka klasifikacije predmeta predstavljenog dokumentom (neke interne oznake).
9a	**(Izvorni dokument):** Oznaka izvornog dokumenta, iz kojeg je proizašao crtež.
9b	**(Zamena za):** Oznaka zamenjenog dokumenta, ako je do toga došlo.
10	(Veza - pripadnost): Koristi se za upisivanje sledećih podataka: - upisuje se oznaka sklopa ili proizvoda kojem predmet crtanja pripada, - broj sklopnog crteža kada se sastavnica crta odvojeno od crteža, - kao nastavak polja 7 (ako je potrebno) itd.
11	**(Tolerancije slobodnih mera):** Podatak za tolerancije slobodnih mera.
12	**(Površine - klasa kvaliteta hrapavosti):** Oznaka za kvalitet površina, koje nisu označene na crtežu.
13	**Merilo:** Podatak za glavno merilo (razmeru) prikazanog predmeta na crtežu.
14	**(Masa kg/kom.):** Neto masa gotovog predmeta prikazanog na crtežu.
15	**Sirovina (poluproizvod - materijal - stanje):** Standardna oznaka materijala predmeta na crtežu ili odgovarajuća oznaka za poluproizvod ili sirovinu.

Tabela 3.4: Način popunjavanja polja sastavnice (SRPS M.A0.041)

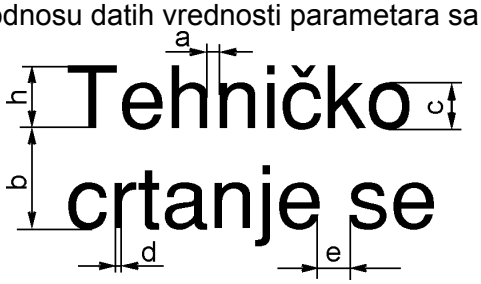
Naziv polja	Objašnjenje
Poz. (Pozicija)	Broj pozicione oznake predmeta (dela).
Kol. (Količina)	Broj komada ili količina materijala za predmet označen pozicionom oznakom.
JM (Jedinica mere)	Jedinica mere za količinu, npr.: kom., kg, i dr.
Naziv	Naziv predmeta. Ako je predmet standardan (mašinski element) treba da je naziv standardan.
Standard	Oznaka standarda ako je predmet standardan ili broj crteža ako je predmet nestandardan (mašinski deo).
Izabrane karakteristike	Neke odabrane karakteristike o predmetu (materijal, tolerancije mere itd.)
Primedbe	Dopunski podaci po potrebi proizvođača, najčešće oznaka materijala.
Masa	Neto masa predmeta u kg po jedinici mere.

4. OPŠTI STANDARDI U TEHNIČKOM CRTANJU

4.1. TEHNIČKO PISMO

Tehnički crteži i sva ostala tehnička dokumentacija ispisuje se tehničkim pismom. Ovo pismo je tako oblikovano da je precizno, jasno, čitko, ujednačeno i pogodno za sve vidove reprodukcije i snimanje na mikrofilm. Mora biti ispisano tako da, čak ni u slučaju manjeg oštećenja ne sme doći do bilo kakve konfuzije. Mora se jasno razlikovati npr. nula (0) od slova O. Tehnička slova se pišu rukom, šablonima, mašinom, računarom ili nekim drugim postupkom.

SRPS standardi su definisali **latinično, ćirilično i grčko** tehničko pismo. U okviru ovih pisama definisani su arapski i rimski brojevi, znaci interpunkcije, oznake računskih radnji, matematičke oznake itd. Tehničko pismo može biti **vertikalno** (uspravno) i **koso** (pod uglom od 75^{o} prema horizontali). Parametri koji definišu veličinu i međusobne odnose tehničkog pisma dati su na sl. 4.1. Osim toga tehničko pismo može biti **tipa A** i **B**. Međusobno se razlikuju po odnosu datih vrednosti parametara sa sl. 4.1.



Sl. 4.1: Parametri koji definišu tehničko pismo
h - visina slova; c - visina malih slova; a - rastojanje između slova i brojki u istoj reči;
b - minimalno rastojanje između dva susedna reda; e - rastojanje između dve susedne reči;
d - debljina linije

Osnovni parametar je visina slova *h* (visina velikih slova i brojeva). Vrednost visine slova može biti iz sledećeg niza: **2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14 i 20 mm.** Visina malih slova *c* je iz istog niza za jedan stepen manja od visine *h*. Na primer, ako su velika slova visoka 10, mala su 7 mm; ako su velika visoka 7, mala su 5 mm itd. Debljina slova *d* je iz istog niza umanjenog za 10 puta, odnosno debljina *d* može biti: **(0,18); 0,25; 0,35; 0,50; 0,70; 1,4 i 2 mm.** Koja će vrednost parametra *d* biti zavisi od visine *h* i tipa slova. Kod slova tipa A odnos *d/h* je 1/14, a kod tipa B je 1/10. To znači da su slova tipa A uža, a tipa B šira, za istu visinu. Vrednosti svih parametara pisma tipa A i B date su u tabelama 4.1 i 4.2.

Tabela 4.1: Vrednosti parametara slova tipa A. Mere su u mm.

Karakteristike	**Oznaka**	**Mere**						
Visina velikih slova	h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Visina malih slova (bez drške ili repa)	c	–	2,5	3,5	5	7	10	14
Rastojanje između slova/brojki u jednoj reči	a	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8
Minimalno rastojanje između dva reda	b	3,5	5	7	10	14	20	28
Minimalno rastojanje između reči	e	1,05	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4
Debljina linija	d	0,18	0,25	0,3	0,5	0,7	1	1,4

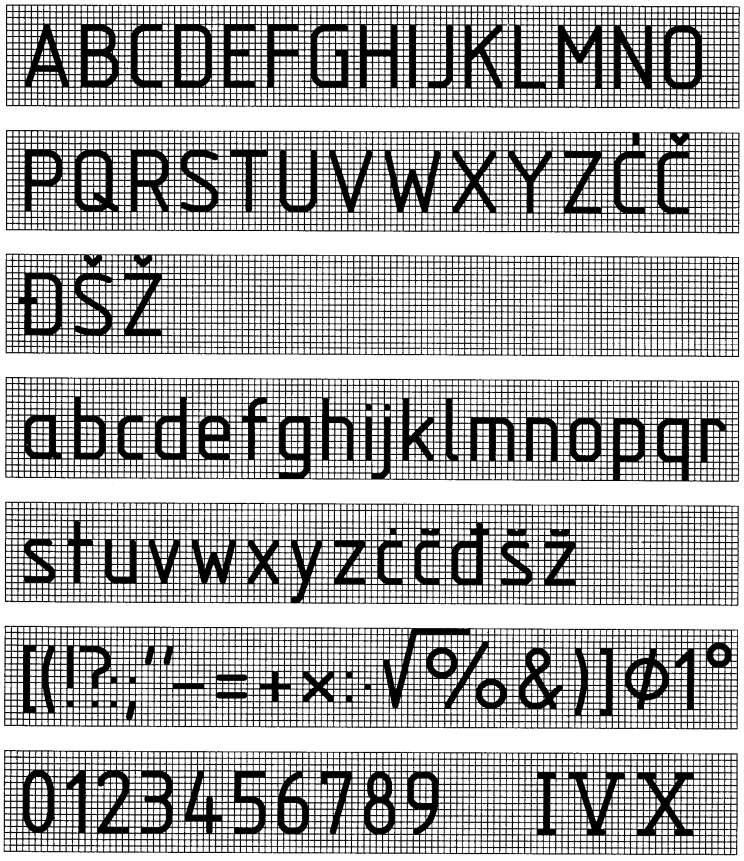
Tabela 4.2: Vrednosti parametara slova tipa B. Mere su u mm.

Karakteristike	Oznaka	Mere						
Visina velikih slova	h	2,5	3,5	5	7	10	14	20
Visina malih slova (bez drške ili repa)	c	–	2,5	3,5	5	7	10	14
Rastojanje između slova/brojki u jednoj reči	a	0,5	0,7	1	1,4	2	2,8	4
Minimalno rastojanje između dva susedna reda	b	3,5	5	7	10	14	20	28
Minimalno rastojanje između reči	e	1,5	2,1	3	4,2	6	8,4	12
Debljina linija	d	0,25	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2

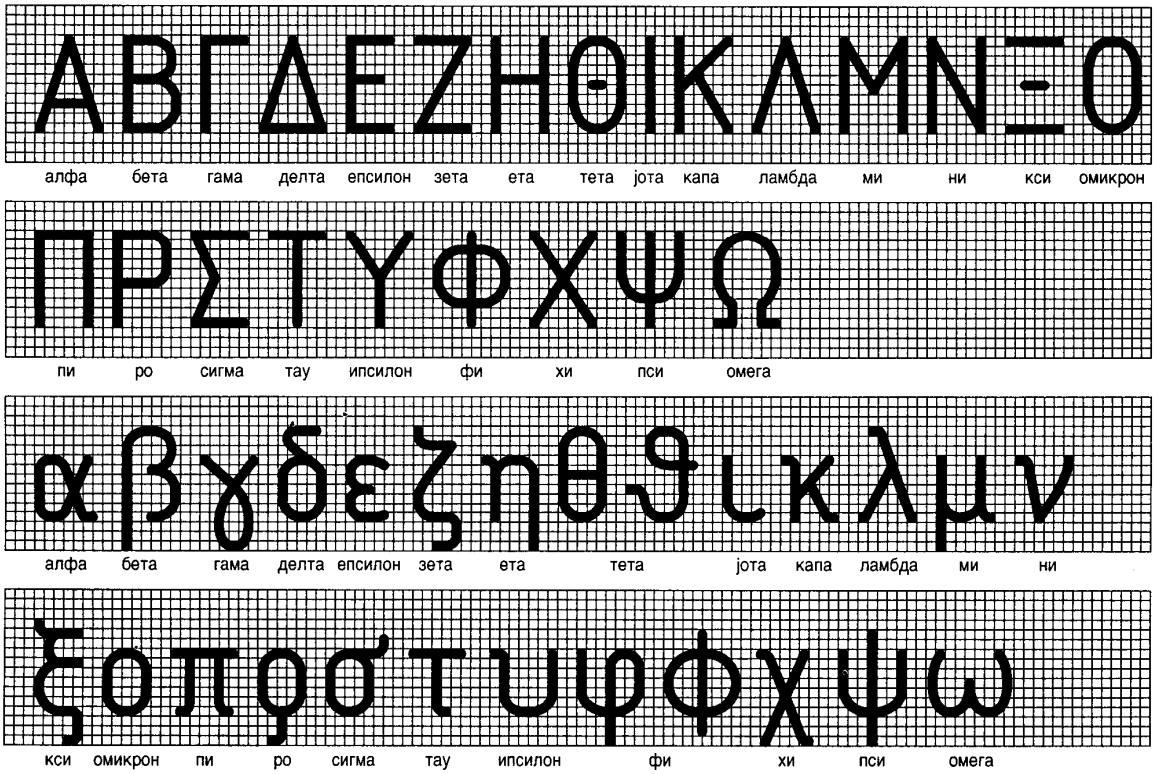
Širina slova je vrlo različita. Na slici 4.2, prikazano je tehničko pismo latinično vertikalno tipa B. Oblik slova, brojeva i svih ostalih oznaka pisma definisan je mrežicom, a širina brojem kolona u mrežici. Mrežica je sa rastojanjem *d*. Na primer: slovo D, tipa slova B latinično, uspravno široko je 6 kolona mrežice. To znači za ovo slovo (D) visine 10 mm, debljina slova je d=1 mm, širina je 6 mm (6x1=6). Debljina svih slova je ista. Visina za *h* i *c* ne sme biti manja od 2,5 mm i usvaja se prema raspoloživom prostoru za tekst. Rastojanje *a* se može smanjiti za polovinu, ako se na taj način postiže bolji vizuelni efekat, kao npr. LA, TV itd. Tada je rastojanje *a=d.*

Pošto se u tehnici za osnačavanje raznih veličina i parametara koriste skoro sva slova grčkog pisma, SRPS standard je definisao grčko tehničko pismo. Sve ono što je rečeno za tehničko pismo latinično i ćirilično, važi i za grčko tehničko pismo. Izgled grčkog tehničkog pisma tipa B dat je na sl. 4.3.

Pri izboru vrste slova iz računarski programa treba birati ona koja su slična prikazanim, da bi svako slovo bilo jasno i pregledno zapisano (npr. txt, ariel...).



Sl. 4.2: Tehničko pismo, latinično, tipa B, vertikalno



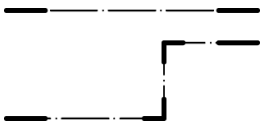
Sl. 4.3: Tehničko pismo, grčko, tipa B, koso i vertikalno

4.2. VRSTE LINIJA

U tehničkom crtanju koriste se **tačno određene linije različitih debljina i oblika**. Debljina linija je iz istog niza kao i debljina tehničkih slova, odnosno: **(0,18); 0,25; 0,35; 0,50; 0,70; 1; 1,4 i 2... mm**. Linija debljine 0,18 mm izbegava se zbog snimanja na mikrofilm. Na crtežu mogu biti dve debljine: debela i tanka. Odnos između debele i tanke linije mora biti najmanje 2:1. Znači, ako je debela linija 0,7 mm, tada je tanka 0,35 ili 0,25 mm. Linije mogu biti različitih oblika, odnosno tipova. Tipovi linija se označavaju sa: A, B, C, D, E, F, G, H, J i K. Izgled, naziv i primena linija u tehničkom crtanju dati su u tabeli 4.3.

Tabela 4.3: Linije u tehničkom crtanju

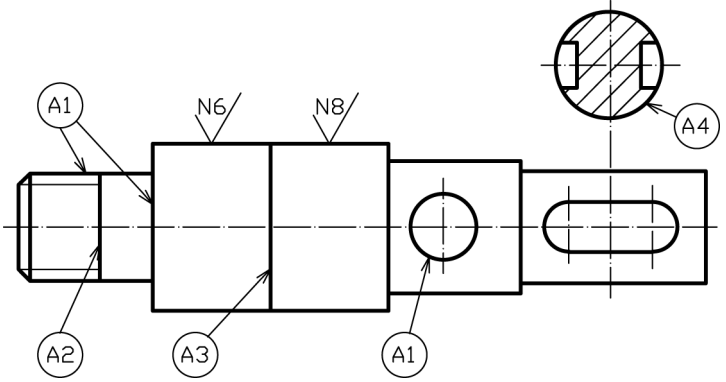
Tip linije	Naziv i izgled linije	Primena	Prikazano na sl. broj
1	2	3	4
A	Puna, debela	1. Vidljive ivice i konture 2. Kraj zavojnice 3. Prelazak između različitog kvaliteta obrade ili tolerancije na glatkom delu predmeta 4. Zaokrenut presek nacrtan van mesta gde se on stvarno nalazi	Sl. 4.4 Sl. 4.19

B	Puna, tanka	1. Pomoćne kotne linije 2. Glavne kotne linije 3. Pokazne linije 4. Šrafurne linije 5. Linije imaginarnog prodora 6. Konture zaokrenutog preseka 7. Dubina zavojnice 8. Blagi konturni prelazi 9. Završetak pokazne linije 10. Kratke osne linije 11. Označavanje ravnih površina 12. Podnožni prečnik zupčanika 13. Označavanje detalja predmeta	Sl. 4.5 Sl. 4.6 Sl. 4.7 Sl. 4.19
C	Puna, tanka, izvučena slobodnom rukom 	1. Linije delimičnih preseka 2. Linije skraćenih pogleda	Sl. 4.8 Sl. 4.19
D[1)]	Puna, tanka (prava) sa cikcakom 	Isto gde i linija tipa C	Sl. 4.9
E	Isprekidana, debela	Zaklonjene (nevidljive) ivice i konture predmeta	Sl. 4.10
F [2)]	Isprekidana, tanka	Isto gde i linija tipa E	Sl. 4.11 Sl. 4.19
G	Crta-tačka-crta, tanka	1. Osne linije 2. Simetralne linije 3. Putanje (trajektorije) pokretnih tačaka	Sl. 4.12 Sl. 4.13 Sl. 4.19
H	Crta-tačka-crta, tanka, zadebljana na krajevima i na mestima promena pravca 	Za označavanje tragova ravni presecanja	Sl. 4.14 Sl. 4.19
J	Crta-tačka-crta, debela	Za linije i površine kojima se postavljaju specijalni zahtevi	Sl. 4.15
K	Crta-dve tačke-crta, tanka	1. Za konture susednih delova 2. Alternativni i krajnji položaji pokretnih delova 3. Težišne linije 4. Polazne konture pre završnog oblikovanja 5. Za delove koji se nalaze ispred ravni zamišljenog presecanja	Sl. 4.16 Sl. 4.17 Sl. 4.18 Sl. 4.19
Napomena: [1)] Koristi se kod mehanizovanog crtanja. [2)] Na jednom crtežu može biti samo jedna alternativa E ili F.			

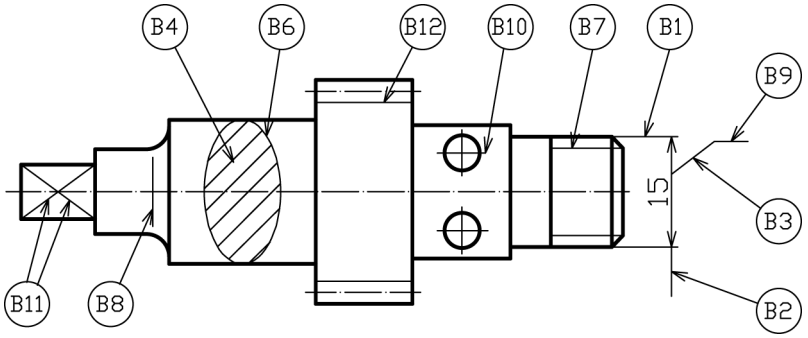
Na svim ortogonalnim pogledima jednog predmeta u istoj razmeri, debljine linija moraju biti iste. Minimalan razmak između paralelnih linija, uključujući i šrafuru, ne sme biti manji od dvostruke debljine linija, odnosno ne manji od 0,7 mm.

Linija tipa **A je glavna linija na crtežu**, pošto predstavlja vidljiv deo ivica i kontura predmeta. Primena ove linije prikazana je na sl. 4.4.

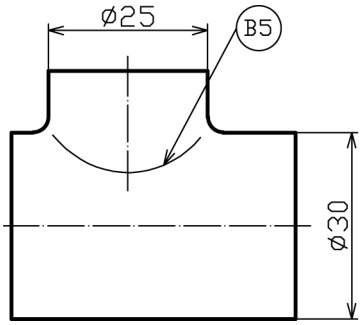
Linija **tipa B** ima široku primenu, što je prikazano na sl. 4.5, 4.6 i 4.7. To je tanka linija jer se njome predstavlja ono što je manje "važno" na predmetu.



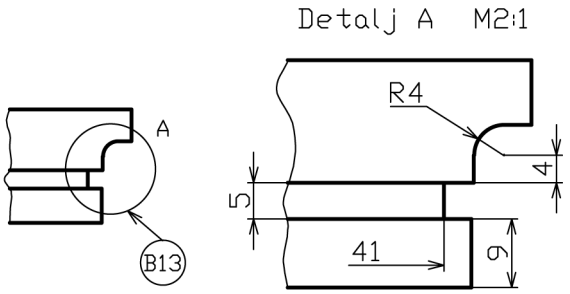
Sl. 4.4: Primena linije tipa A



Sl. 4.5: Primena linije tipa B

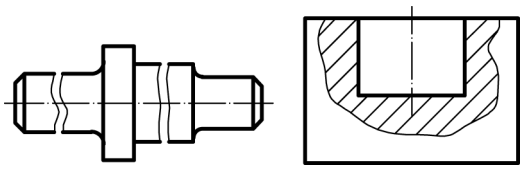


Sl. 4.6: Primena linije tipa B za imaginaran prodor

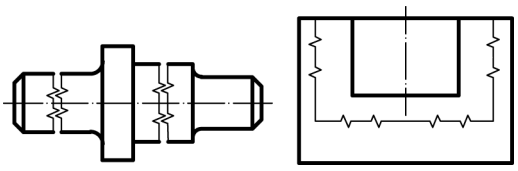


Sl. 4.7: Primena linije tipa B za označavanje detalja predmeta

Linija **tipa C i D** koristi se za skraćene poglede i delimične preseke (sl. 4.8 i 4.9). Na jednom crtežu može se koristiti samo linija tipa C ili D, po izboru. Linija tipa C se crta slobodnom rukom, a D računarom ili šablonom.

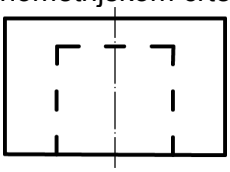


Sl. 4.8: Primena linije tipa C

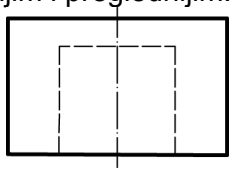


Sl. 4.9: Primena linije tipa D

Zaklonjene ivice i konture predmeta crtaju se linijom **tipa E ili F** (sl. 4.10 i 4.11). Na jednom crtežu koristi se samo jedna alternativa E ili F. Na ortogonalnom crtežu (pogledima) crtaju se sve zaklonjene ivice i konture predmeta (ako se presekom to ne izbegne), dok se na aksonometrijskom crtežu crtaju samo one koje će crtež učiniti jasnijim i preglednijim.

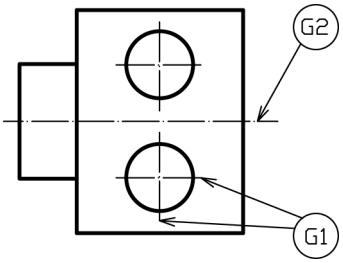


Sl. 4.10: Primena linija tipa E

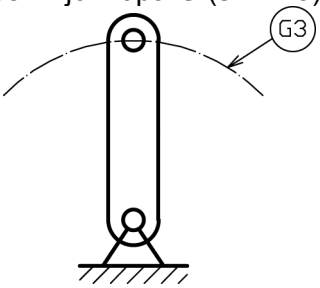


Sl. 4.11: Primena linija tipa F

Linijom **tipa G** obavezno se crtaju sve simetralne linije, kao i osne linije za kružne i polukružne linije u svim ortogonalnim pogledima, što je prikazano na sl. 4.12. Kratke osne linije crtaju se linijom tipa B. Putanje pokretnih delova crtaju se linijom tipa G (sl. 4.13).

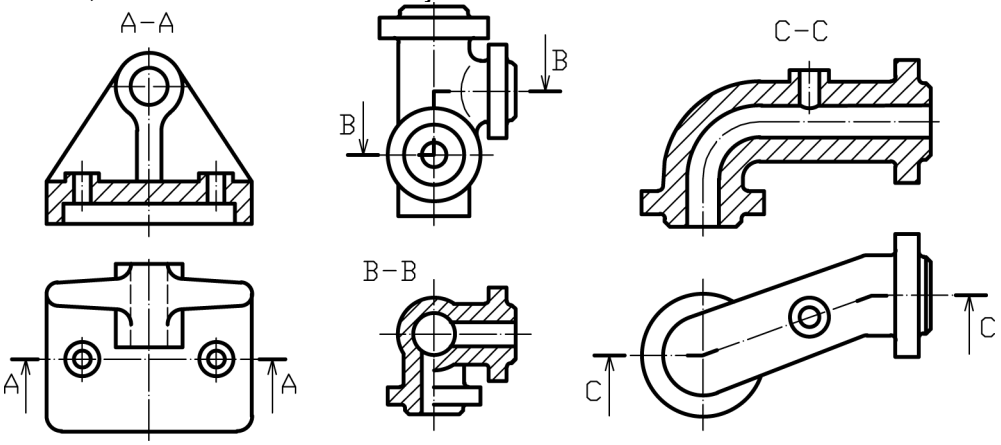


Sl. 4.12: Primena linije tipa G



Sl. 4.13: Primena linije tipa G za putanje

Pri crtanju preseka, kada se ravni presecanja ne nalaze na simetralnim linijama, njihovi tragovi se predstavljaju linijom **tipa H** (sl. 4.14). Ova linija može biti izlomljena na različite načine, zavisno od načina sečenja.



Sl. 4.14: Primena linije tipa H

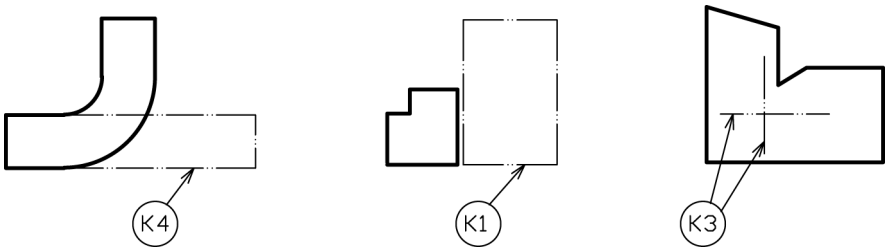


Linija **tipa J** crta se iznad površine za koju se propisuju neki specijalni zahtevi (sl. 4.15). Na tom crtežu, iznad zaglavlja za crtež daje se pojašnjenje tog zahteva.

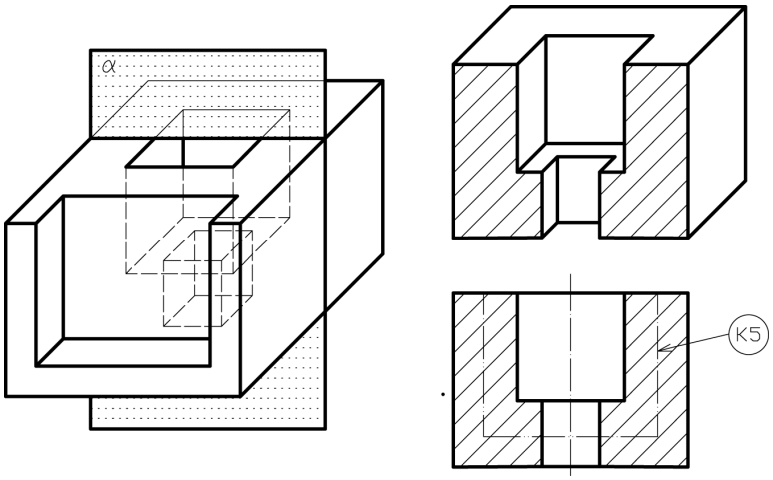


Sl. 4.15: Primena linije tipa J

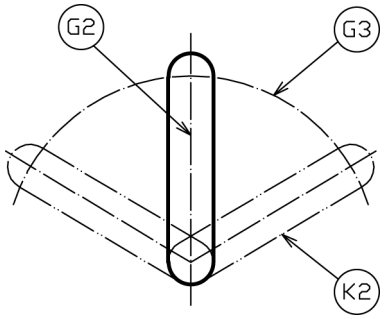
Linija **tipa K**, ima vrlo široke mogućnosti korišćenja (sl. 4.16). Kada prikazuje konture predmeta, koje su ispred ravni odsecanja (sl. 4.17) ima status glavne linije tipa A. To znači da se može kotirati, da se na liniju tipa K mogu stavljati oznake za obradu, tolerancije itd.



Sl. 4.16: Primena linije tipa K



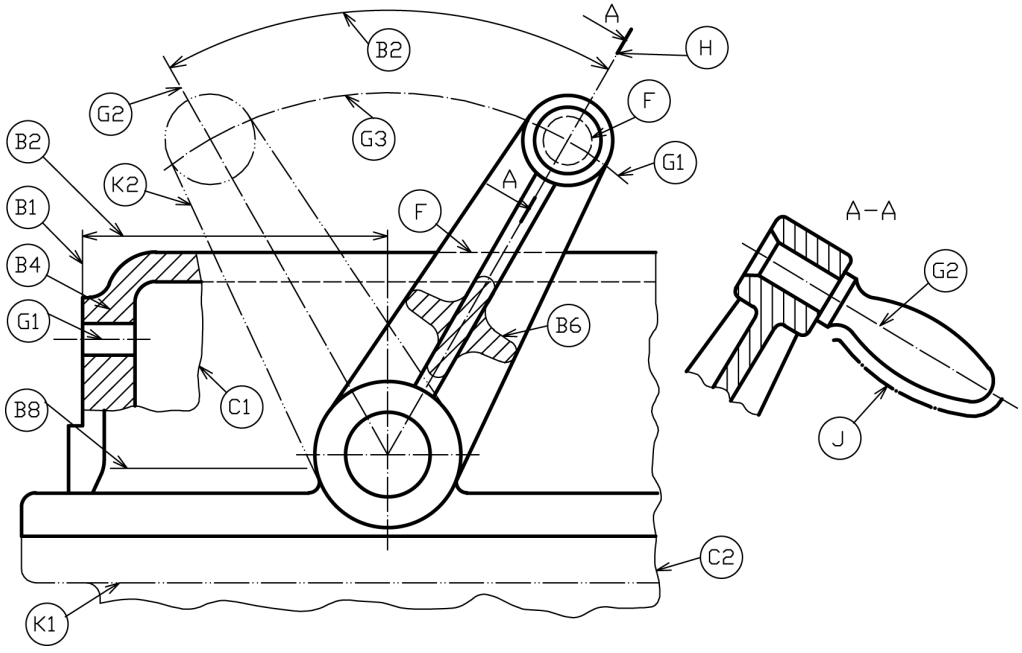
Sl. 4.17: Primena linije tipa K za konturu ispred ravni odsecanja



Primena linije tipa K za alternativne (početne, krajnje) položaje predmeta prikazana je na sl. 4.18. Na istoj slici korišćena je linija tipa G za putanju i za simetralne linije.

Sl. 4.18: Primena linija tipa K i G

Na jednom primeru (sl. 4.19) prikazana je primena skoro svih vrsta linija.



Sl. 4.19: Primena različitih vrsta linija

4.2.1. Prioritet crtanja linija

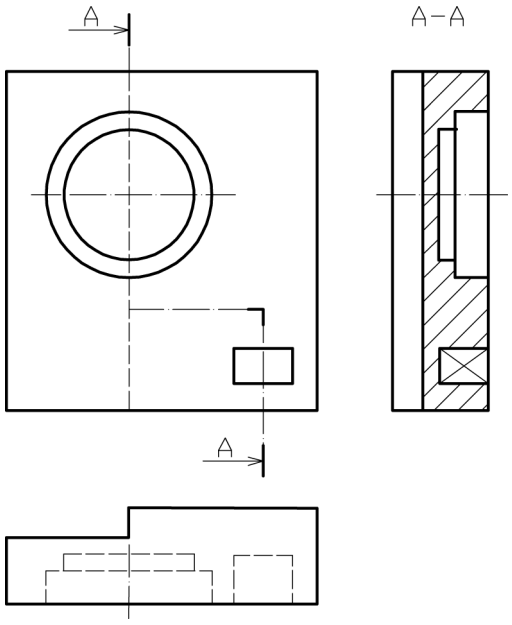
Kada se poklope više različitih vrsta linija (kada se istovremeno nađu na istom pravcu) tada je prioritet crtanja sledeći:

1. Vidljive ivice i konture - linija tipa A,
2. Konture predmeta ispred ravni odsecanja; konture predmeta pre oblikovanja; težišne linije; konture susednih delova - linija tipa K,
3. Zaklonjene ivice i konture - linija tipa E i F,
4. Ravni presecanja - linija tipa H,
5. Osne linije i simetrale - linija tipa G,
6. Pomoćne kotne linije - linija tipa B i
7. Linije skraćenih pogleda i delimičnih preseka - linija tipa C i D.

Pri određivanju prioriteta crtanja linija, kada se poklope, treba se pridržavati sledećih principa:

- Predmet je na crtežu najvažniji i to njegove vidljive ivice i konture, koje se predstavljaju linijom tipa A, a kada se nađu ispred ravni odsecanja, linijom tipa K. Zatim slede nevidljive ivice i konture predmeta koje se crtaju linijom tipa E ili F;
- Nakon toga slede one linije koje se ne mogu pomerati: linije za označavanje ravni odsecanja (tipa H), osne linije i simetralne linije i putanje (tipa G);
- Na kraju prioriteta su pomoćne linije koje se mogu, bez ikakvih posledica za tačnost crteža, pomerati (linije tipa B, C i D).

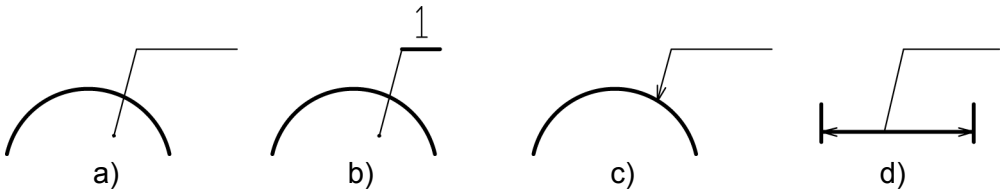
Na sl. 4.20 prikazan je prioritet crtanja linije tipa F, H i G. Nacrtana je linija tipa F jer predstavlja ivicu predmeta.



4.2.2. Pokazne linije

Pokazne linije imaju široku primenu u tehničkom crtanju. Crtaju se linijom tipa B. Međutim, mogu da imaju različite završetke. Ako se pokazna linija završava u okviru konture predmeta tada se stavlja tačka na njenom kraju (sl. 4.21,a). Na drugom kraju takve pokazne linije može da bude završetak u vidu tanke linije (sl. 4.23,a) ili debele (sl. 4.21,b). Kada se završava tankom linijom, tada na njoj stoji neka oznaka ili pojašnjenje, a ako je debela linija, na njoj stoji pozicioni broj. Pokazna linija se na jednom kraju završava strelicom, a na drugom tankom linijom kada upućuje na konturu predmeta (sl. 4.21,c). Ako pokazna linija upućuje na kotnu liniju (sl. 4.21,d), tada je taj kraj i bez tačke i bez strelice, a na drugom kraju je tanka linija.

Sl. 4.20: Prioritet crtanja linija



Sl. 4.21: Pokazne linije

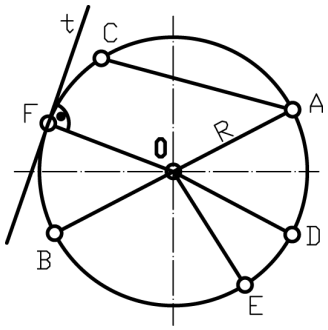
4.3. KRIVE LINIJE

Krive linije, bilo matematički pravilne ili proizvoljnih oblika imaju široku primenu u tehnici. Delovi mašina su takvog konstuktivnog oblika da često sadrže krive linije ili se procesi u mašinama odvijaju po zakonitostima promene različitih matematičkih krivih linija. To su: **kružnica, elipsa, sinusoida, kosinusoida, parabola, hiperbola, evolventa, cikloida, zavojnica** itd. Radi toga prikazaće se konstrukcija samo nekih od njih, koje u tehnici imaju najširu primenu.

4.3.1. Kružnica (krug)

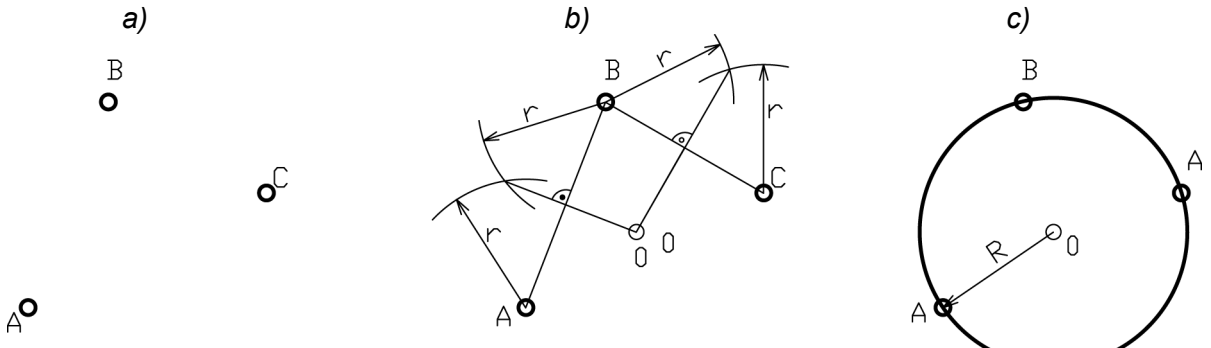
Kružnica je kriva linija koja se često sreće u tehnici. Predstavlja geometrijsko mesto tačaka u ravni jednako udaljeno od jedne stalne tačke O (centra). Nastaje rotacijom tačke A oko nepomične tačke (centra O) na konstantnom rastojanju R. Na sl. 4.22 definisani su osnovni parametri kružnice.

Postupak konstruisanja kružnice je različit, zavisno od toga šta je zadato. Ako su zadate tri nekolinearne tačke na krugu ABC, (sl. 23,a), postupak crtanja kružnice po fazama, prikazan je na sl. 23,b,c. Duži AB i BC su tetive. U preseku normala kroz njihova središta dobija se centar kruga O. Poluprečnik kruga R predstavlja rastojanje OA, OB i OC.



O - centar kruga
OA=R - poluprečnik kruga
AB=2R=D - prečnik kruga
AC - tetiva
t - tangenta
ODEO - kružni isečak
DE - luk
F - tačka u kojoj tangenta *t* dodiruje

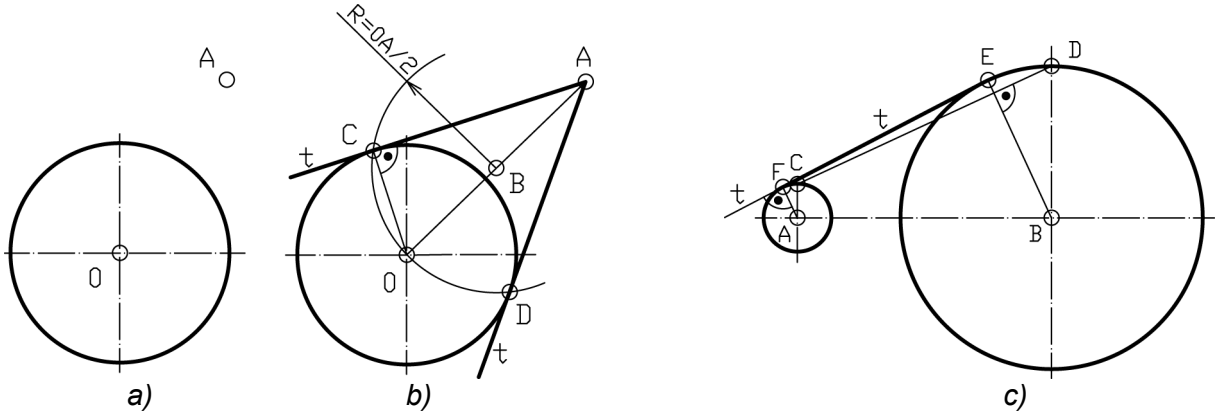
Sl. 4.22: Osnovni parametri kružnice (kruga)



Sl. 4.23: Postupak crtanja kružnice kada su zadate tri nekolinearne tačke na njoj

Ako je zadata kružnica i tačka A van kružnice (sl. 4.24,a), postupak crtanja tangente iz tačke A na zadatu kružnicu je sledeći: Spoji se centar O i tačka A i odredi središte te duži, tačka B; Iz tačke B nacrta se luk sa radijusom OA/2 i dobijaju se tačke C i D; Tačke C i D su dodirne tačke traženih tangenti (sl. 4.24,b).

Crtanje tangente na dve kružnice (sl. 4.24,c) je sledeći: Spoje se osne tačke dve kružnice, C i D; Iz središta jedne kružnice (tačke B) povuče se upravna prava na ovu duž; Gde ova prava seče kružnicu dobija se tačka E; Prava određena tačkama B i E se nacrta iz centra druge kružnice (iz tačke A); Gde ova prava seče drugu kružnicu dobija se tačka F; Tangenta t na dve kružnice određena je tačkama E i F.

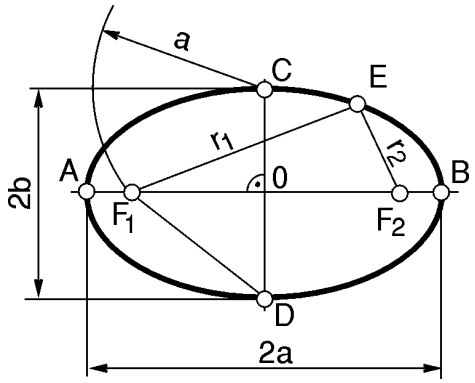


Sl. 4.24: Crtanje tangenti na kružnice

4.3.2. Elipsa

Krug posmatran pod nekim uglom različitim od 90^o (iskosa) vidi se kao elipsa. Elipsa nastaje kada se tela kružnog poprečnog preseka (valjka, kupe...) preseku sa ravni, koja je pod nekim proizvoljnim uglom na bazis. Elipsa i parametri koji je definišu prikazana je na sl. 4.25. Elipsa predstavlja geometrijsko mesto tačaka E (E_1, E_2, E_3...) čiji je zbir rastojanja od dveju fiksnih tačaka (žiža, fokusa: F_1, F_2) jednak dužini velike ose.

Postoji više metoda za crtanje elipse, zavisno od toga šta je zadato. Ako su zadate velika i mala osa metode za cratnje elipse su: metoda po definiciji, metoda dve kružnice, metoda šestara, metoda parčeta hartije, metoda podeoka itd. Pravci velike i male ose su pod uglom od 90^o.

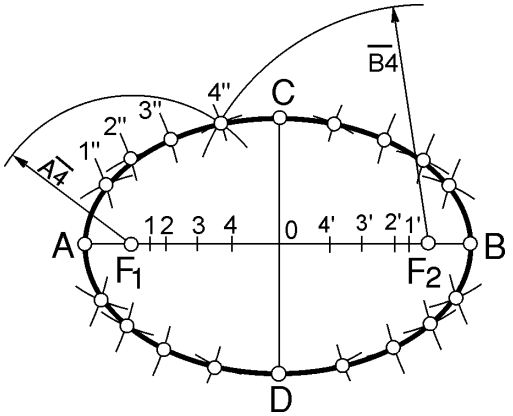


AB =2a - velika osa elipse
CD=2b - mala osa elipse
AO=OB=a
CO=OD=b
a - velika poluosa
b - mala poluosa
F_1 F_2 - fokusi, žiže
$DF_1 = DF_2 = a$
$CF_1 = CF_2 = a$
$F_1E+EF_2 = r_1+r_2 = 2a$

Sl. 4.25: Elipsa sa parametrima koji je definišu

Metoda po definiciji

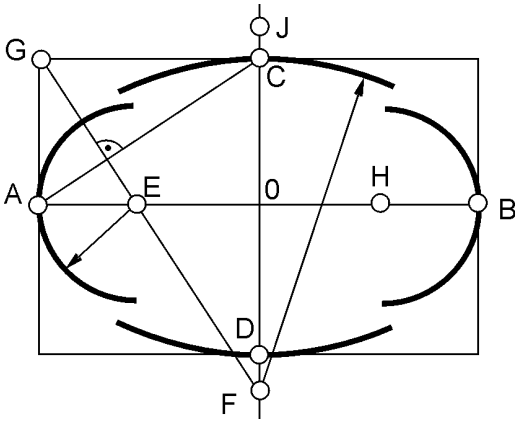
Na osnovu zadate vrednosti velike i male ose odrede se žiže F_1 i F_2 na osnovu uslova iz prethodne slike (sl. 4.25). Rastojanje F_1O podeli se na proizvoljan broj delova i obeleže sa 1, 2, 3... koji ne moraju biti međusobno jednaki (sl. 4.26). Takođe, rastojanje OF_2 se podeli na isti broj podeoka, ista međusobna rastojanja i obeleže sa 1', 2', 3... Iz žiža F_1 i F_2 se povlače šestarom lukovi rastojanja, npr. A4 iz tačke F_1 i B4 iz tačke F_2, te se dobija tačka 4'', koja predstavlja tačku na elipsi. Postupak se ponavlja za sve ostale podeone tačke 1, 2, 3... i 1', 2', 3...



Sl. 4.26: Crtanje elipse prema definiciji

Metoda šestara

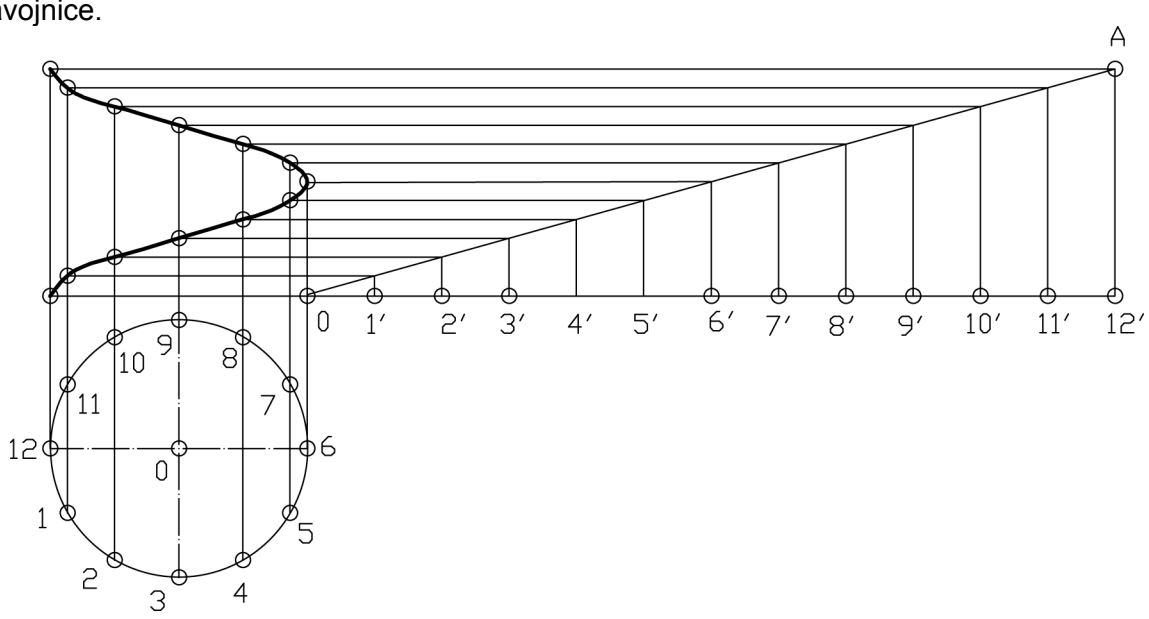
Nacrta se paralelogram na osnovu zadate velike i male ose (tačke AB i CD). Iz tačke G (sl. 4.27) povuče se normala na pravac AC i u preseku sa velikom osom daje tačku E, a sa malom osom tačku F. Tačke H i J dobijaju se simetrično u odnosu na tačku O. Iz tačke E nacrta se luk EA, koji predstavlja deo elipse. Iz tačke F nacrta se luk FC koji, takođe, predstavlja deo elipse. Simetrično ovome dobijaju se i ostala dva luka. Spajanjem ovih lukova sa krivuljarem dobija se elipsa.



Sl. 4.27: Crtanje elipse metodom šestara

4.3.3. Zavojnica

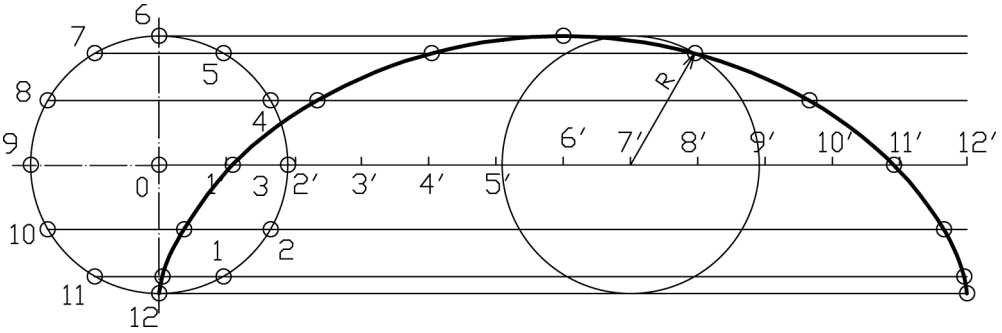
Zavojnica nastaje kada se pravougli trougao obrće oko valjka prečnika D. Duža kateta trougla jednaka je obimu kruga prečnika D, a kraća koraku (hodu) zavojnice. Pri obrtanju, tačka hipotenuze opisuje krivu po obimu valjka koja se zove zavojnica. Zavojnica se koristi za oblik žljeba na stablu vijka, pužnog valjka, zavojnih vretena itd. Postupak konstruisanja zavojnice dat je na sl. 4.28. Krug prečnika D podeli se na npr. 12 jednakih delova (1,2...,12) i obeleži kao na slici. Iznad kruga na proizvoljnom rastojanju nacrta se horizontalna linija na koju se nanese duž jednaka obimu kruga i podeli na 12 jednakih delova (1',2'...,12'), što predstavlja dužu katetu trougla. Iz podeoka 12' nacrta se kraća kateta provouglog trougla (12'A), koja je jednaka koraku zavojnice (zadata vrednost). Iz podeljaka 1',2'...,12' do hipotenuze povlače se vertikalne, a odatle horizontalne linije. U preseku linija iz istoimenih tačaka sa kruga i hipotenuze trougla (1-1', 2-2..., 12-12') dobijaju se tačke zavojnice.



Sl. 4.28: Postupak dobijanja zavojnice; 0'12' = Dπ; 12'A= korak zavojnice (zadato)

4.3.4. Cikloida

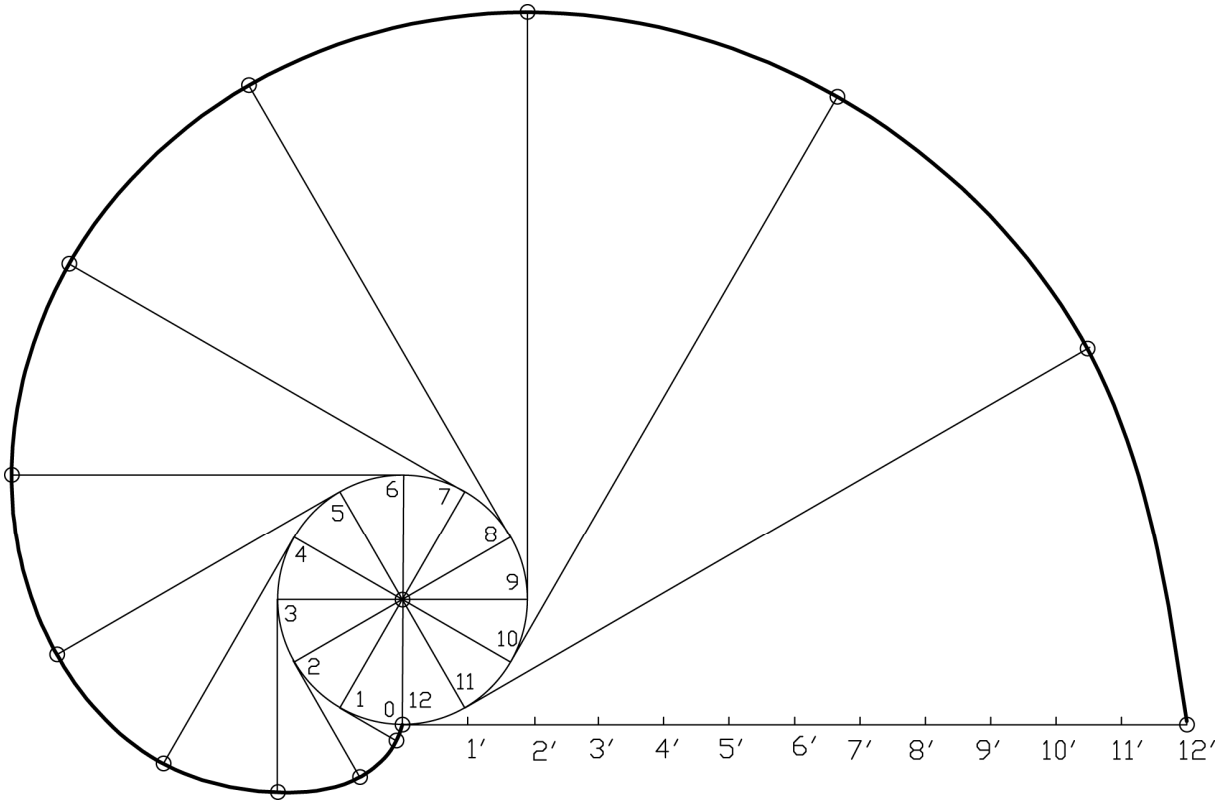
Cikloida nastaje kotrljanjem kruga po pravoj liniji bez klizanja. Pri tome tačka A na krugu za potpun obrtaj kruga (2π) ima putanju oblika cikloide (sl. 4.29). Primenjuje se za oblik boka zubaca nekih zupčanika, za rulete i centroide, za putanje tačaka mašinskih delova itd. Postupak konstruisanja dat je na sl. 4.29 Krug se podeli na 12 jednakih delova (1,2...,12) iz kojih se nacrtaju horizontalne linije. Na horizontalnu liniju iz središta kruga O nanese se duž jednaka obimu kruga i podeli na 12 jednakih delova (1',2'...,12'). Iz tačaka 1',2'...,12' se šestarom, čiji je otvor jednak poluprečniku kruga *R,* zasecaju se istoimene horizontalne linije i dobijaju tačke cikloide.



Sl. 4.29: Postupak dobijanja cikloide

4.3.5. Evolventa

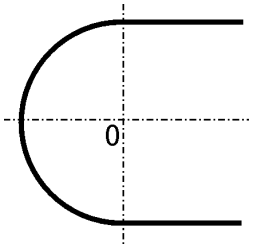
Evolventa nastaje rotacijom duži po krugu koji miruje. Drugačije rečeno, nastaje ″odmotavanjem″ obima kruga, pri čemu početna tačka obima opisuje evolventu. Ima široku primenu za oblik boka zubaca zupčanika. Postupak dobijanja evolvente dat je na sl. 4.30. Krug se podeli na 12 jednakih delova (1,2...,12) iz kojih se povuku tangente. Na tangentu podeoka 12 nanese se duž jednaka obimu kruga i podeli na 12 jednakih delova (1',2'...,12'). Iz svakog podeoka kruga nanose se odgovarajuće dužine obima na povučene tangente: iz podeoka 1 duž 01', iz podeoka 2 duž 02' itd.



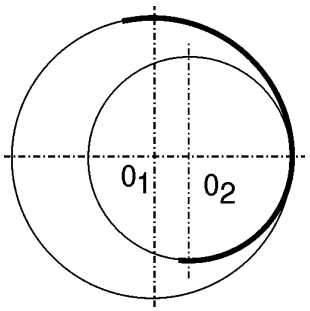
Sl. 4.30. Postupak dobijanja evolvente

4.3.6. Proizvoljne krive linije

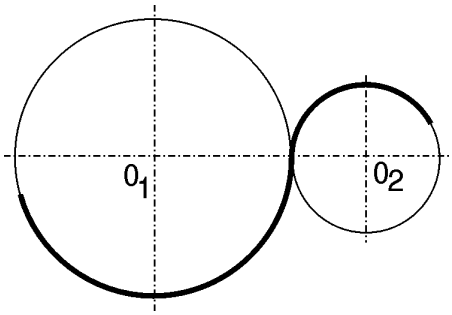
Osim matematičkih krivih linija i druge krive linije imaju široku primenu u tehnici. To su uglavnom krive linije dobijene: spajanjem pravih linija i delova kružnice, spajanjem delova kružnica itd. Na slikama od sl. 4.31 do 4.36 prikazane su neke od mnogobrojnih mogućnosti za dobijanja proizvoljnih krivih linija.



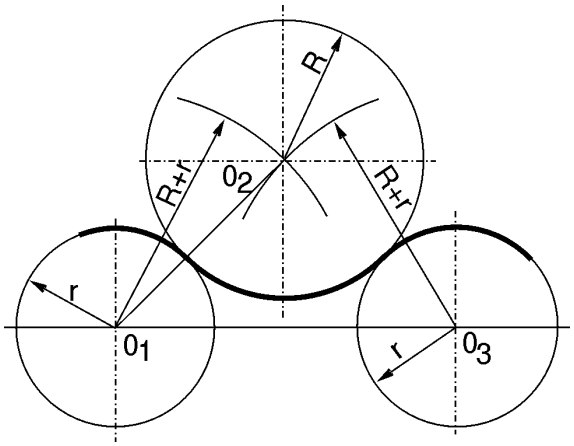
Sl. 4.31: Spajanje dela kružnice i pravih linija



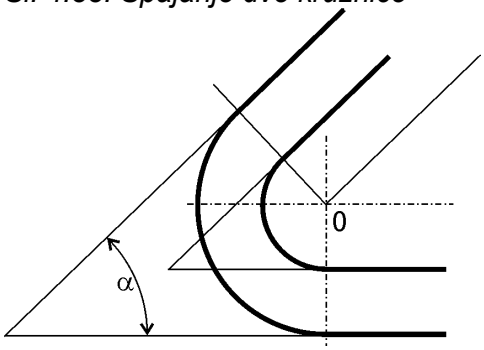
Sl. 4.32: Spajanje delova dve kružnice



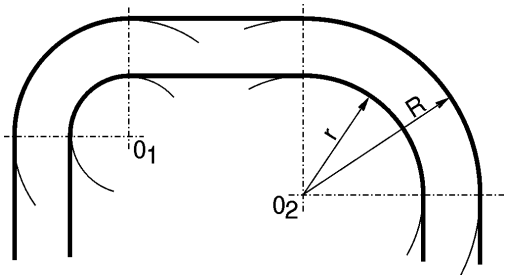
Sl. 4.33: Spajanje dve kružnice



Sl. 4.34: Spajanje tri kružnice



Sl. 4.35: Spajanje dela kružnice i pravih linija pod nekim uglom



Sl. 4.36: Spajanje više pravih linija i delova kružnice

4.4. RAZMERE

Razmera predstavlja odnos između mera (dimenzija) predmeta na crtežu i stvarnih mera na samom predmetu. Predmet se na crtežu može crtati u pravoj (prirodnoj) veličini koja se označava sa 1:1. Ako je predmet veći od formata papira, crta se sa umanjenjem koje se označava sa 1:X, a ako je manji, crta se sa uvećanjem koje se označava sa X:1. Jednostavno je zapamtiti na primeru razmere 1:2 (1:X). Ako se 1:2 napiše u vidu razlomka 1/2=0,5<1, znači umanjenje. Isto važi i za uvećanje 2:1 (X:1), gde je 2:1=2/1=2>1, što znači da je uvećanje. Vrednosti razmere za umanjenje i uvećanje date su u tabeli 4.4.

Tabela 4.4: Vrednosti standardnih razmera

Vrsta razmere	Vrednosti		
Stvarna veličina	1:1		
Razmere za umanjenje 1:X	1:2 1:20 1:200 1:2000	1:5 1:50 1:500 1:5000	1:10 1:100 1:1000 1:10000
Razmere za uvećanje X:1	2:1 20:1	5:1 50:1	10:1

Na jednom crtežu može se koristiti više razmera. Osnovna razmera se upisuje u odgovarajuću rubriku zaglavlja za crtež. Sitni detalji predmeta mogu se uvećati i pored tog uvećanog detalja označi se razmera (sl. 4.7), koja je u tom slučaju različita od osnovne razmere crteža. Ako je za posebne namene potrebna neka druga razmera od onih datih u tabeli 4.4, raspon razmera može biti uvećan u oba smera pod uslovom da ta nova razmera bude izvedena iz osnovnih množenjem sa 10.

Izbor razmere zavisi od veličine i složenosti predmeta koji se crta. Mora biti takva da je crtež dovoljno precizan i jasan i da je usklađena sa formatom papira.

4.5. VRSTE CRTEŽA

U tehnici se koriste različite vrste crteža, zavisno od načina crtanja, mesta korišćenja, šta je nacrtano, gde će se crtež koristiti itd. Dele se prema:

1. Sadržini;
2. Načinu prikazivanja;
3. Mestu korišćenja;
4. Nameni i
5. Načinu izrade.

1. Prema sadržini dele se na:
   - **Sklopne** crteže koji predstavljaju više različitih delova u sklopu (naležu jedni na druge) i imaju zajedničku ulogu i funkciju i
   - **Detaljne crteže**, koji predstavlja crtež jednog detalja (predmeta), koji se bez razaranja ne može razdvojiti.

2. Prema načinu prikazivanja dele se na:
   - **Aksonometrijski,** gde je predmet prikazan u tri dimenzije u jednom pogledu;
   - **Ortogonalni,** gde je predmet nacrtan u više ortogonalnih projekcija (pogleda) u dve dimenzije i
   - Š**ematski,** gde se delovi, uređaji i mašine prestavljaju standardnim simbolima.

3. Prema mestu korišćenja dele se na crteže za:
   - Konstrukcioni biro;
   - Tehnološki biro;
   - Biro kontrole;
   - Proizvodni pogon;
   - Transportnu službu;
   - Prodajnu službu;
   - Propagandnu službu i
   - Skladište gotovih proizvoda.

4. Prema nameni dele se na:

a) **Konstrukcione crteže**, koji mogu biti:

- **Sklopni** (ortogonalni, ređe aksonometrijski);
- **Montažni** (ortogonalni, aksonometrijski i šematski);
- **Instalacioni** (šematski) i
- **Radionički** (ortogonalni, ređe aksonometrijski crtež na osnovu kojeg se predmet u radionici izrađuje.

b) **Tehnološke crteže**, koji mogu biti:

- **Crtež obrade** (ortogonalni). Na ovom crtežu daje postupak izrade po tehnološkim operacijama i
- **Kontrolni crtež** (ortogonalni).

c) **Komercijalne crteže**, koji mogu biti:

- **Crtež za porudžbinu** (ortogonalni ili aksonometrijski). To je tehnički deo dogovorenog dokumenta između naručioca i izvršioca;
- **Crtež za ponudu** (ortogonalni ili aksonometrijski). Predstavlja dopunski tehnički dokument uz ponudu za traženje posla;
- **Crtež za odobrenje** (ortogonalni ili aksonometrijski). To je tehnički dokument, koji služi za utvrđivanje ugovorene izvedbe;
- **Crtež isporuke** (ortogonalni ili aksonometrijski) je tehnički dokument uz isporuku robe;
- **Kontrolno prijemni crtež** (ortogonalni, aksonometrijski ili šematski), na osnovu kojeg se kontrolišu samo oni elementi koji su bitni za prijem;
- **Opisni crtež** (ortogonalni, aksonometrijski ili šematski) je namenjen kupcu uz uputstvo za rukovanje**;**
- **Crtež pakovanja** (ortogonalni ili aksonometrijski, na kojem se daje način pakovanja pri skladištenju i transportu i
- **Crtež za publikaciju** (ortogonalni, aksonometrijski ili šematski) namenjen je za prospektni, kataloški i propagandno-marketinški materijal itd.

d) **Projektini i investiciono projektni crteži** predstavljaju početna okvirna tehničko-tehnološka rešenja. Na osnovu ovih dokumenata obezbeđuju se investiciona sredstva.

e) Ostale crteže, koji mogu biti:

- Patenti;
- Crteži uz proračune, dijagrame i nomograme itd.

5. Prema načinu izrade dele se na:

- **Originalni crtež** koji se crta tušem ili olovkom, na pausu, hameru, poluhameru ili bankpost papiru. Čuva se u arhivi, a koristi se njegova kopija;
- **Kopija** je umnoženi original i
- **Skica** predstavlja uprošćen crtež nacrtan slobodnom rukom. Može da se koristi i kao priprema za crtež.

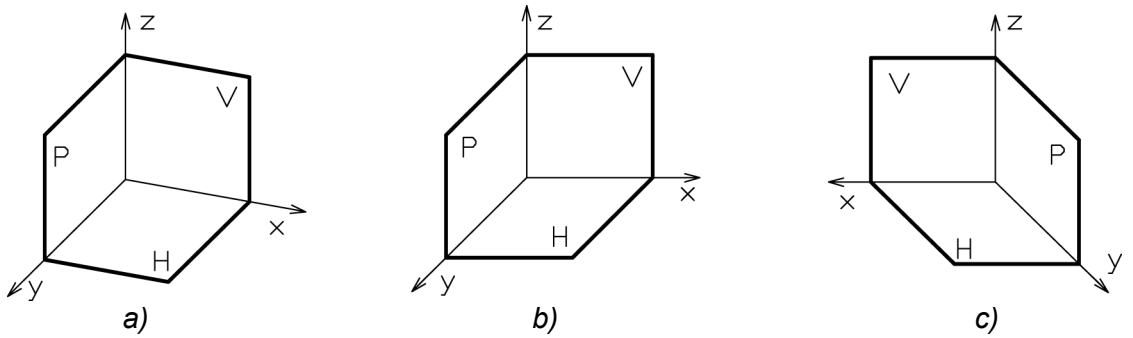
Navedeni crteži ne moraju se svi u svakoj prilici crtati. Jedan crtež može da ima više namena, npr. montažni crtež može ujedno biti i sklopni. Svaki crtež se crta na određen način, sa određenim elementima i podacima.

5. AKSONOMETRIJSKI CRTEŽI

Aksonometrijski crtež ili 3D (trodimenzionalni) je onaj crtež na kojem se **predmet predstavlja sa tri dimenzije na jednom pogledu.** Dobijena slika predmeta je **približno** onakva kakvu vidi naše oko. Pri tome se predmet na slici ″**deformiše**″ u odnosu na stvarni izgled. Površine predmeta se različito deformišu, neke više, neke manje, zavisno od njihovog položaja prema projekcijskim ravnima.

Predmet crtanja postavlja se u oktante čije su ose pod različitim uglom i različito usmerene (sl. 5.1). Zavisno od položaja projekcijskih ravni postoje sledeće vrste aksonometrijskog crteža:

1. Ortogonalna aksonometrija i
2. Kosa aksonometrija.



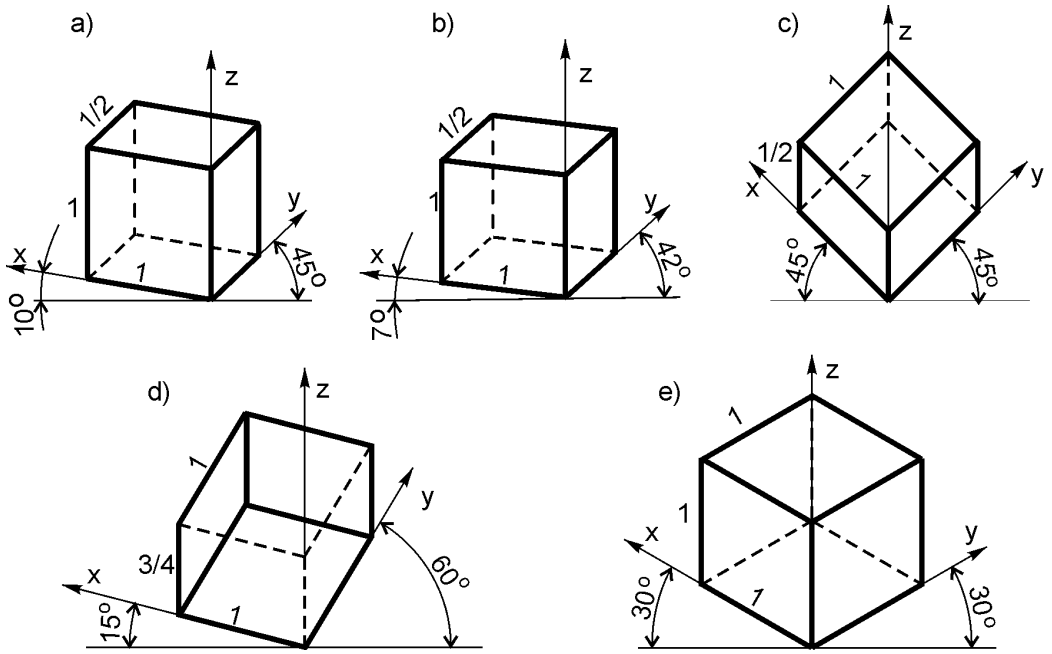
Sl. 5.1: Položaj osa kod aksonometrijskog crteža
a) za ortogonalnu aksonometriju, b i c) za kosu aksonometriju

5.1. ORTOGONALNA AKSONOMETRIJA

Ova metoda je pogodna za one predmete koji nemaju mnogo kružnih površina. Projektni zraci su međusobno paralelni i normalni na projektne ravni. Deli se na dimetriju i izometriju. Osa Z je uvek vertikalna, dok su ose X i Y pod različitim uglovima (sl. 5.1). Ivice predmeta koje su paralelne sa osama X, Y i Z crtaju se u pravoj veličini (označeno sa 1) ili se skraćuju na 1/2 i 3/4 (označeno sa 1/2, 3/4) što je prikazano u tabeli 5.1. Zavisno od položaja osa i skraćenja ivica predmeta, neke površine predmeta se ističu (bolje vide, tj. više ističu u odnosu na druge), a neke ne. Kocka nacrtana u različitim metodama dimetrije, sa uglovima osa koje se mogu koristiti prikazana je na sl. 5.2.

Tabela 5.1: Položaj osa i skraćenja kod ortogonalne aksonometrije

Metode aksonometrije	Položaj osa			Skraćenja po osama na			Vidljivost (istaknutost) površina predmeta
	X	Y	Z	X	Y	Z	
Dimetrija	10°	45°	90°	1	1/2	1	Istaknuta prednja površina predmeta
	7°	42°	90°	1	1/2	1	Istaknuta prednja površina predmeta
	45°	45°	90°	1	1	1/2	Istaknuta gornja površina predmeta
	15°	60°	90°	1	1	3/4	Istaknuta donja površina predmeta
Izometrija	30°	30°	90°	1	1	1	Podjednako istaknute sve površine predmeta



Sl. 5.2: Prikazivanje kocke u ortogonalnoj aksonometriji
a, b, c, d) dimetrija, e) izometrija

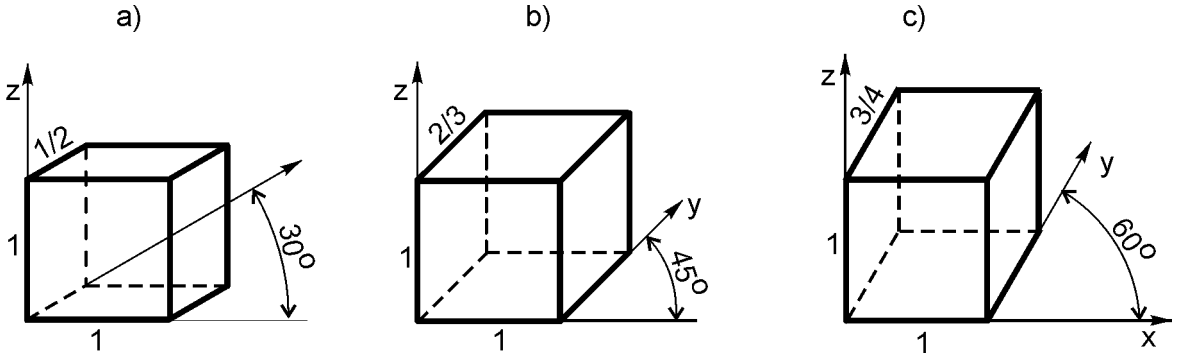
5.2. KOSA AKSONOMETRIJA (KOSA PROJEKCIJA)

Kosa aksonometrija **prikladna je za predmete sa kružnim površinama**, jer se one u jednoj ravni vide u pravoj veličini (nedeformisane). Projektni zraci su međusobno paralelni, normalni i pod uglom od 30°, 45° ili 60° prema vertikalnici. Osa Z je uvek vertikalna, X uvek horizontalna, a Y je pod uglovima 30°, 45° ili 60° u odnosu na X osu, što je dato u tabeli 5.2. Osa X je usmerena na levu ili desnu stranu (sl. 5.1,b,c).

Ivice predmeta paralelne sa osama X i Z ne skraćuju se (označene sa 1), a one paralelne sa Y osom se skraćuju na 1/2, 2/3 ili 3/4 od stvarne dužine (1/2, 2/3, 3/4¾). Pri tome se prednja površina uopšte ne deformiše, a bočna i gornja se različito deformišu. Kocka nacrtana u kosoj projekciji sa različitim uglom Y ose prikazana je na sl.5.3. Kada je ugao Y ose 30° deformacija gornje i bočne površine je najveća (sl. 5.3,a). Za ugao Y ose od 45°, manja je deformacija, s tim što se i bočna i gornja površina isto deformišu (sl. 5.3,b). Kada je ugao Y ose 60°, deformacija gornje površine je najmanja, a bočne najveća (sl. 5.3,c).

Tabela 5.2: Položaj osa i skraćenja kod kose aksonometrije

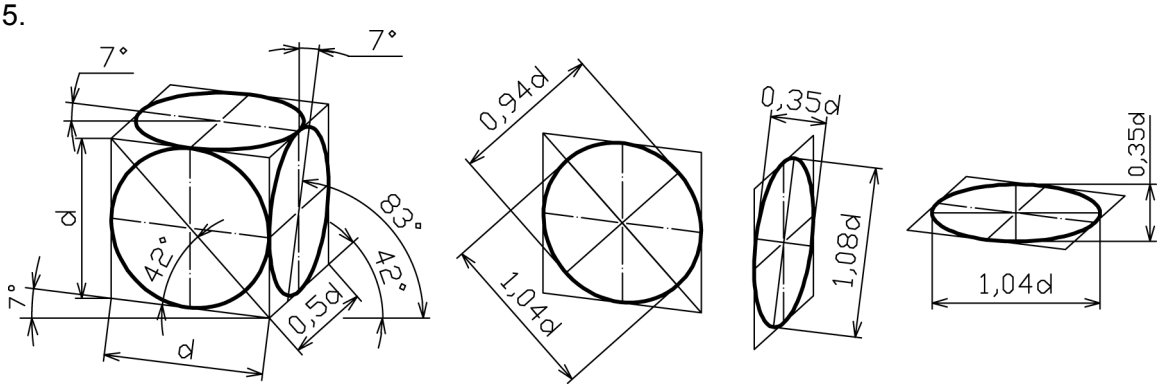
Metoda aksonometrije	Položaj osa			Skraćenja po osama			Vidljivost (istaknutost) površina predmeta
	X	Y	Z	X	Y	Z	
Kosa aksonometrija	0 °	30 °	90 °	1	1/2	1	Prednja površina predmeta sasvim nedeformisana, a bočna i gornja znatno.
	0 °	45 °	90 °	1	2/3	1	Prednja površina predmeta sasvim nedeformisana, a bočna i gornja manje.
	0 °	60 °	90 °	1	3/4	1	Prednja površina predmeta sasvim nedeformisana, bočna veoma, a gornja najmanje.



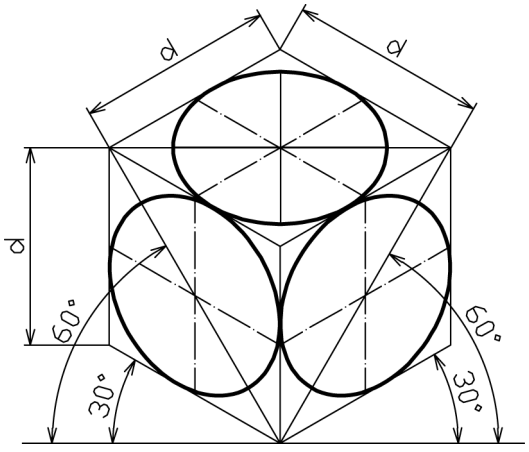
Sl. 5.3: Kocka u kosoj aksonometriji (kosoj projekciji)

5.3. CRTANJE KRUŽNIH POVRŠINA NA AKSONOMETRIJSKOM CRTEŽU

Kružne površine se projektuju kao krug samo u onim projektnim ravnima koje su paralelne sa tom površinom. Na projektnim ravnima koje su pod nekim uglom na kružnu površinu, krug se projektuje kao elipsa. Kod aksonometrijskog crteža samo kod kose projekcije i samo one kružne površine koje su paralelne sa vertikalnicom, projektuju se kao krugovi, dok u svim ostalim projektnim ravnima i kod svih ostalih metoda, projektuju se kao elipse. Crtanje kružnih površina, odnosno elipsi, kod dimetrije i izometrije dato je na sl. 5.4 i 5.5.

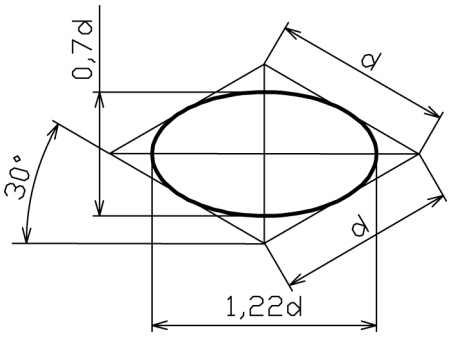


Sl. 5.4: Crtanje kružnica u dimetriji

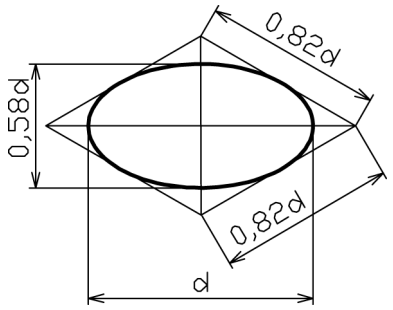


Sl. 5.5. Kružne površine u izometriji

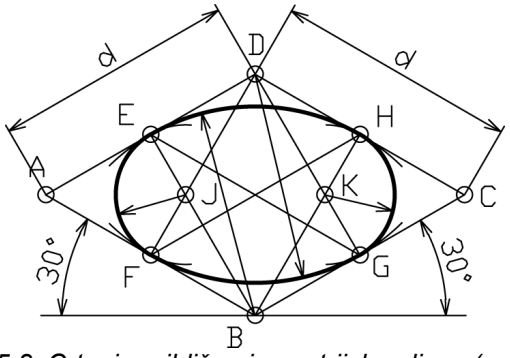
Prvi način dobijanja elipse na površinama predmeta nacrtanog u izometriji dat je na sl. 5.6. Nacrta se romb pod uglom od 30° stranica prečnika kruga d. Pravac velike i male ose nalazi se na dijagonalama romba. Veličina velike ose je 2a=1,22d, a male 2b= 0,7d. Drugi način dobijanja elipse u izometriji je isti, s tim što je velika osa 2a=d, a mala 2b=0,58d. Nekom od metoda konstruisanja elipse, kada su poznate velika i mala osa, može se nacrtati elipsa



Sl. 5.6: Crtanje elipse u izometriji gde je: 2a=1,22d; 2b=0,7d



Sl. 5.7: Crtanje elipse u izometriji gde je: 2a=d; 2b=0,58d

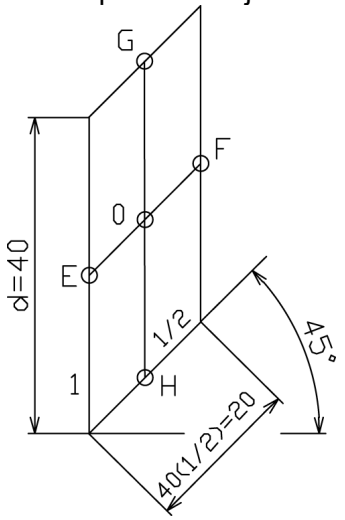


Sl. 5.8: Crtanje približne izometrijske elipse (ovala)

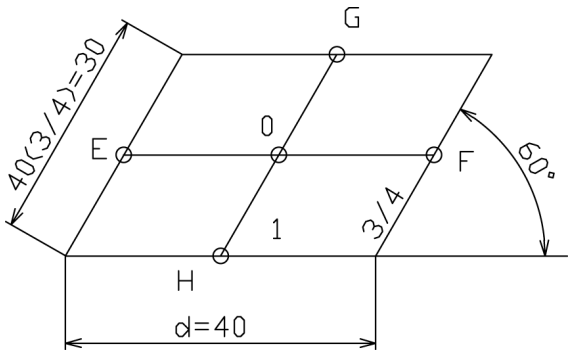
Konstruisanje i crtanje elipse je sporo, naročito kada su malih dimenzija. Približna elipsa (oval) može se jednostavnije nacrtati šestarom. Nacrta se romb stranice *d* pod uglom od 30° (sl. 5.8). Opiše se luk poluprečnika BE iz tačke B i D. Iz tačke J i K opiše se luk poluprečnika JE. Ovi lukovi daju približnu elipsu (oval).

Postupak dobijanja elipse na bočnoj površini predmeta nacrtanog u dimetriji pod uglom osa X i Y od 10° i 45° prikazan je na sl. 5.9. Nacrta se romb čija je vertikalna stranica jednaka prečniku kruga npr. *d*=4 cm, pošto nema skraćenja. Kraća stranica romba je 2 cm, pošto je skraćenje na 1/2. Tako se dobijaju spregnuti prečnici elipse EF i GH, čije je središte u tački O. Elipsa se konstruiše pomoću neke od ranije prikazanih metoda, kada su poznati spregnuti prečnici (poglavlje 4.3).

Postupak dobijanja spregnutih prečnika elipse na gornjoj površini predmeta nacrtanog u kosoj projekciji prikazan je na sl.5.10. Na primer potrebno je nacrtati krug prečnika *d*=4 cm, gde je osa Y pod uglom od 60°. Prvo se nacrta romb stranica *d*=4 cm i 3/4*d*=3 cm. Na taj način se dobiju spregnuti prečnici elipse EF i GH. Postupak je isti i za sve ostale kružne površine predmeta nacrtanog u dimetriji i kosoj projekciji, jer spregnute prečnike elipse određuju ose i odgovarajuća skraćenja.



Sl. 5.9: Postupak dobijanja konjugovanih prečnika elipse u dimetriji



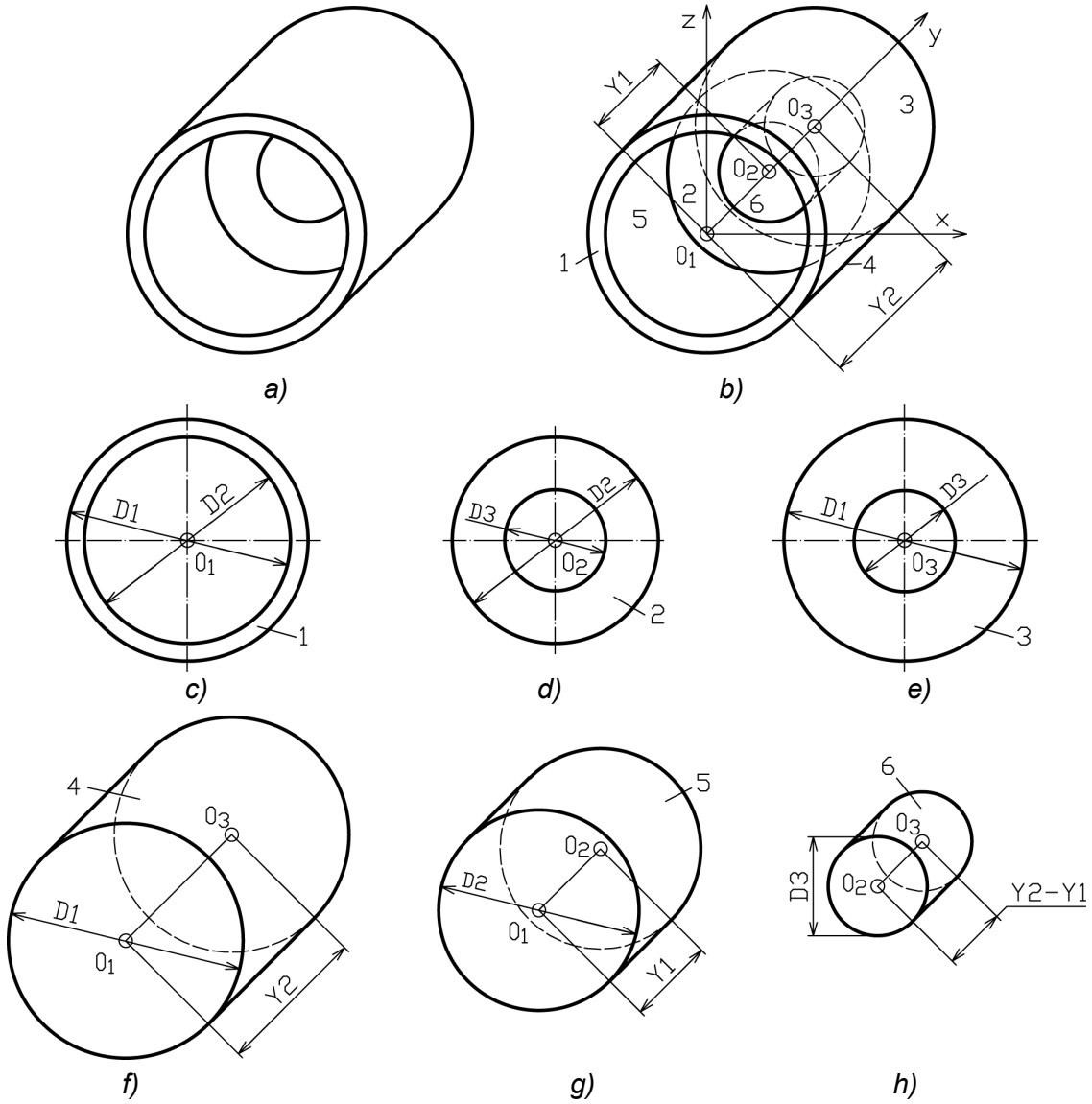
Sl. 5.10: Postupak dobijanja konjugovanih prečnika elipse u kosoj projekciji

5.4. POSTUPAK IZRADE AKSONOMETRIJSKOG CRTEŽA

Pre nego što se počne crtati predmet u aksonometriji usvoji se metoda. Pri tome se vodi računa da predmet na crtežu bude što jasniji i jednostavniji za crtanje. Zatim se predmet ″**pravilno postavi**″ u odnosu na projektne ravni. Predmet je pravilno postavljen, ako su površine predmeta (što je moguće više površina) paralelne ili normalne na projektne ravni. Osim toga predmet je pravilno postavljen ako dobijeni crtež ima što manje nevidljivih linija.

Postupak crtanja svodi se na **crtanje pojedinačnih površina predmeta**, a ne celog predmeta odjednom. Crtanje se sastoji iz faza i to određenim redosledom. Za predmet na sl. 5.11,a detaljno je opisan postupak crtanja po fazama. Crta se olovkom sa tankim linijama tipa B. Redosled je sledeći:

1. Nacrtaju se ose X, Y, i Z za odabrani metod aksonometrije. Za ovaj primer usvaja se kosa projekcija, pošto ima puno kružnih površina (sl. 5.11,b)
2. Prvo se crtaju one površine koje su paralelene se projektnim ravnima. Počinje se sa najbližom ili najudaljenijom površinom od crtača. Preglednije je za crtanje da to bude najbliža površina. Crtaju se prvo sve one površine koje su paralelne sa vertikalnicom, a zatim sve one koje su paralelne sa profilnicom ili obrnuto.



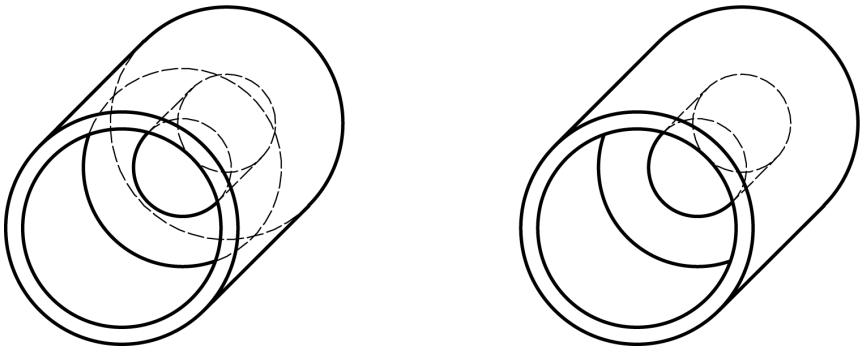
Sl. 5.11: Postupak dobijanja kose projekcije predmeta

Nakon toga se crtaju površine koje su paralelne sa horizontalnicom. Na kraju se crtaju površine koje su pod nekim uglom na projektne ravni, cilindrične površine itd. Najčešće su te površine već nacrtane, crtanjem prethodnih. Nacrta se, za početak, samo jedna od odabranih površina prema redosledu crtanja. Na datom primeru to je površina 1, koju čine dva kruga prečnika D_1 i D_2 (sl. 5.11,c). Središte te površine je označeno sa O_1. Ova površina se crta u koordinatnom sistemu (sl. 5.11,b).

3. Zatim se crta druga po redu površina. Ovde je to površina broj 2, koju čine krug D_2 i D_3 sa centrom u tački O_2 (sl. 5.11,d). Centar O_2 se nalazi na Y osi iza O_1 na rastojanju y_1. Nacrtana vrednost ovog rastojanja zavisi od stvarnog rastojanja, skraćenja tih ivica i od razmere crtanja. Na primer, ako je stvarna vrednost O_1O_2 na predmetu 2,3 cm, ugao nagiba Y ose 45°, što znači da je skraćenje na 2/3 i razmera 1:1, nacrtana vrednost rastojanja O_1O_2 biće 1,5 cm. Iz središta O_2 nacrtaju se ponovo ose X, Y i Z (sl. 5.11,b).
4. Iza središta drugonacrtane površine crta se središte površine 3. Nalazi se na Y osi pošto se i na predmetu nalaze na istoj, simetralnoj liniji predmeta. Središte površine 3, O_3 se nalazi na rastojanju y_2 od O_1 (sl. 5.11,b). Površinu 3 čine dva kruga prečnika D_1 i D_3 (sl. 5.11,e).
5. Pošto su nacrtane sve površine paralelne sa vertikalnicom, crtaju se druge po redu, u ovom slučaju, cilinindrične. To je površina 4 (sl. 5.11,f), koja se sastoji iz dve spojene kružnice prečnika D_1 na rastojanju y_2 sa središtima O_1 i O_3. Pošto su te dve kružnice već nacrtane, samo se spajaju sa dve tangente paralelne sa Y osom.
6. Nakon toga crta se površina 5 (sl. 5.11,g) koju čine dva kruga prečnika D_2, sa središtima u tačkama O_1 i O_2 na rastojanju y_1. Pošto su ta dva kruga već nacrtana (sl.5.11,b), samo se spoje tangentama paralelnim sa Y osom.
7. Crta se površina 6 koju čine dva kruga prečnika D_3 sa središtima u tačkama O_2 i O_3 na rastojanju $y_2 - y_1$ (sl. 5.11,h). Ta dva kruga su takođe već nacrtana samo se spoje tangentama kao prethodne dve (sl. 5.11,b).
8. Ovako nacrtan predmet daje nejasnu sliku. Da bi crtež bio jasan i pregledan, brišu se sve pomoćne linije (suvišne ose itd.). Nevidljive linije se crtaju isprekidanom linijom tipa E ili F (sl. 5.12,a). Međutim, crtež je i dalje nepregledan. Tada se nevidljive linije sasvim brišu (sl. 5.11,a) ili se neke od njih zadržavaju (sl. 5.12,b).

Koje će se nevidljive linije sasvim izbrisati, a koje nacrtati isprekidanom linijom, nema sasvim preciznog pravila. Opše pravilo je da **crtež treba da je što pregledniji i jasniji** za onog ko čita i koristi crtež. Ako se sve nevidljive linije izbrišu, a zadrže samo vidljive, koje se podebljavaju, (sl. 5.11,a) neće korisniku crteža biti sasvim jasno do koje dubine ide rupa prečnika D_3. Međutim, ako u ovom slučaju tako ostane nacrtan predmet, smatraće se da je ta rupa do kraja predmeta, tj. do površine sa središtem u tački O_3.

Ako se samo neke nevidljive linije zadrže na crtežu, u ovom slučaju to bi trebalo da bude cilindrična površina 6 (sl. 5.12,b). Sada je sa ovog crteža jasnije da je rupa do kraja predmeta.



a) *b)*

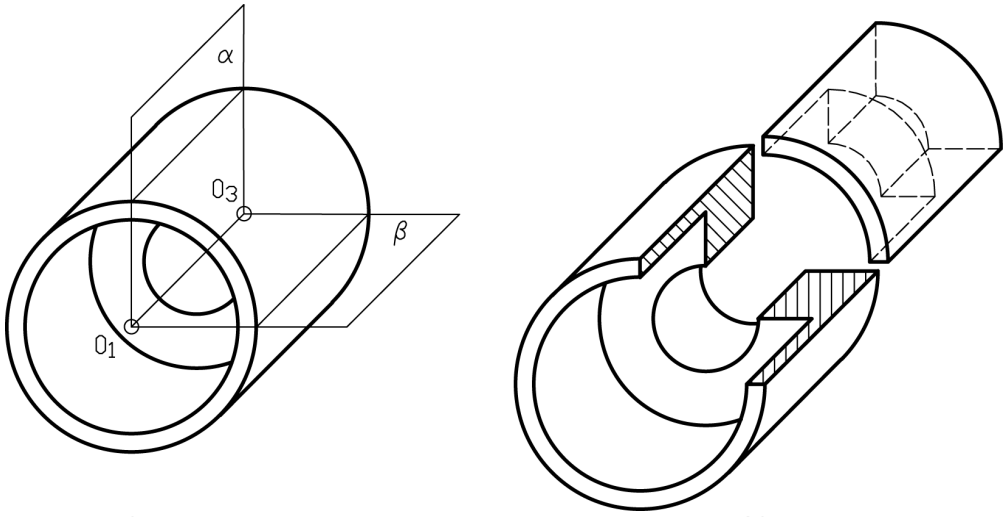
Sl. 5.12. Crtanje nevidljivih linija na aksonometrijskom crtežu
a) nacrtane sve nevidljive ivice i konture, b) nacrtane samo neke nevidljive ivice i konture

Ako je potrebno da se unutrašnji nevidljivi deo predmeta sasvim jasno i precizno definiše i predstavi na crtežu, tada se predmet mora **fiktivno (zamišljeno) odseći**. Zamišljeno odsecanje predmeta može biti različito: sa jednom ili više ravni. Najčeće se predmet fiktivno seče po simetralnim linijama na pola, četvrtinu, ili delimično, samo neki manji deo. Pri tome se mora imati na umu da se predmet ne sme toliko ″iseći″, da se na crtežu ne vidi kako on izgleda sa spoljašnje strane.

Na ovom primeru zamišljeno je odsečena četvrtina predmeta sa izlomljenom ravni, koju čine ravni α i β (sl. 5.13,a). Deo predmeta koji zaklanja unutrašnjost, zamišljeno se odstrani. Da bi bilo potpuno jasno da predmet nije odsečen stvarno, već fiktivno, deo predmeta koji je došao u dodir sa ravnima sečenja α i β se šrafira. Šrafiranje predstavlja crtanje tankih linija tipa B, koje su međusobno paralelne na malom rastojanju, najčešće pod uglom od 45°. Linije šrafure ne smeju biti paralelne sa konturnim linijama tipa A. Na aksonometrijskom crtežu, za razliku od ortogonalnog, površine predmeta koje su sečene različitim ravnima sečenja (α, β) šrafiraju se sa različitim nagibom linija iste gustine.

Sam postupak sečenja i crtanja preseka, svodi se na sečenje pojedinačnih površina, istim redom kao što su se i crtale. Ova faza crtanja radi se nakon nacrtanih svih površina predmeta (sl. 5.11,b).

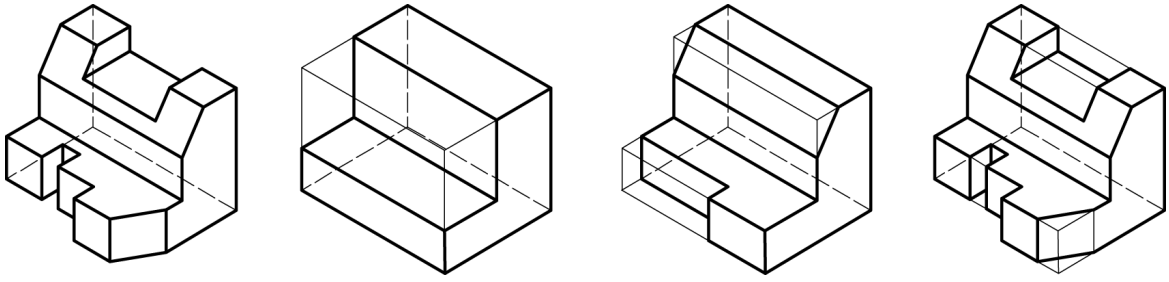
Crtanje aksonometrijskog crteža svodi se na crtanje na jednom mestu (sl.5.11,b) bez crtanja pojedinačnih rasčlanjenih površina, kao što je zbog objašnjenja postupka dato u ovom primeru.



a) *b)*

Sl. 5.13: Postupak dobijanja preseka predmeta: a) način sečenja, b) crtež sa presekom

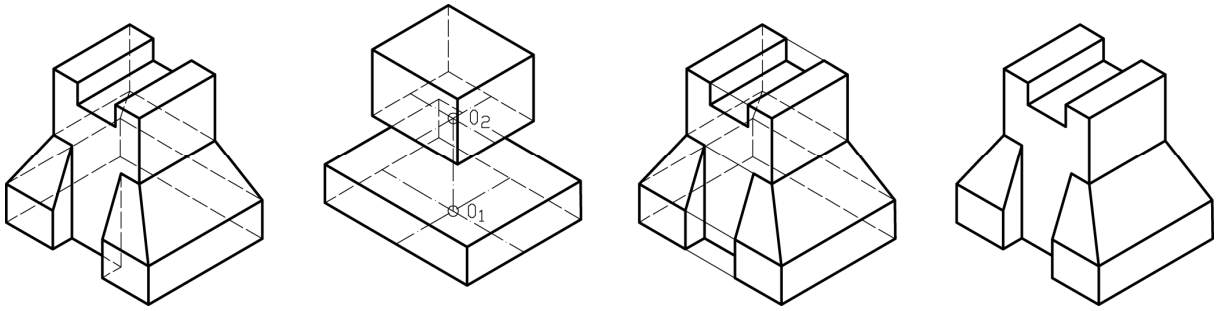
Drugi primer crtanja aksonometrijskog crteža predmata prikazan je na sl.5.14. Nacrtaju se pravci osa u izometriji. Uočava se da se predmet može dobiti odsecanjem od prizme čije su dimenzije određene gabaritima predmeta. Prvo se odseca prednji deo predmeta, takođe u vidu prizme, nacrtana tankom linijom (sl. 5.14,b). Odsečeni deo se briše gumicom i zavisno od predmeta nastavi se sa odsecanjem, što je prikazano na sl. 5.14,c,d.



a) *b)* *c)* *d)*

Sl. 5.14: Postupak dobijanja aksonometrijskog crteža odsecanjem

Sledeći primer postupnog crtanja prikazan je na sl. 5.15. Predmet ima kose površine, čije se ivice i konture na aksonometrijskom crtežu različito deformišu. Stoga kose površine treba crtati tako, ako je to moguće, da se dobijaju crtanjem površina predmeta koje su paralelne sa projektnim ravnima. Na ovom primeru to su gornje i donje površine paralelne sa horizontalnom projektnom ravni sa centrom u tački O_1 i O_2 (sl. 5.15,b). Spajanjem ovih površina dobijaju se kose. Odgovarajućim odsecanjem od nacrtanih površina (sl. 5.15,c) dobija se aksonometrijski crtež, kao na sl. 5.15,a ili d.



a) *b)* *c)* *d)*

Sl. 5.15: Postupak dobijanja aksonometrijskog crteža predmeta sa kosim površinama

5.5. PREDNOSTI I NEDOSTACI AKSONOMETRIJSKOG CRTEŽA

Zbog niza nedostataka **aksonometrijski crtež nije osnovni crtež u tehnici**. Nedostaci su sledeći:

- dobija se deformisana slika predmeta;
- nejasan je izgled zaklonjenih površina;
- nepogodan je za crtanje složenijih predmeta i sklopova;
- izrada je skupa, jer je potrebno mnogo vremena, naročito kod sklopova i složenijih predmeta i
- nepogodan je za crtanje ostalih podataka na crtežu (kote, oznake za tolerancije, kvalitet obrade površina itd.).

Prednost aksonometrijskog crteža u odnosu na ortogonalni je u tome što je **aksonometrijski crtež jasan i laiku**. Zbog toga se koristi u tehnici.

Na sl. 5.16 prikazan je predmet nacrtan u različitim metodama aksonometrije. Ako se usvoji izometrija (sl. 5.16,a) te se nacrtaju sve nevidljive konture predmeta, dobija se crtež koji je nepregledan i pretrpan nevidljivim linijama. Ako se nacrtaju samo neophodne nevidljive linije da bi se definisala zaklonjena strana sa krilcem (sl. 5.16,b) crtež je pregledniji. Ako se pak uopšte ne nacrtaju nevidljive ivice predmeta (sl. 5.16,c) neće biti jasno kako predmet izgleda sa desne, zaklonjene strane.

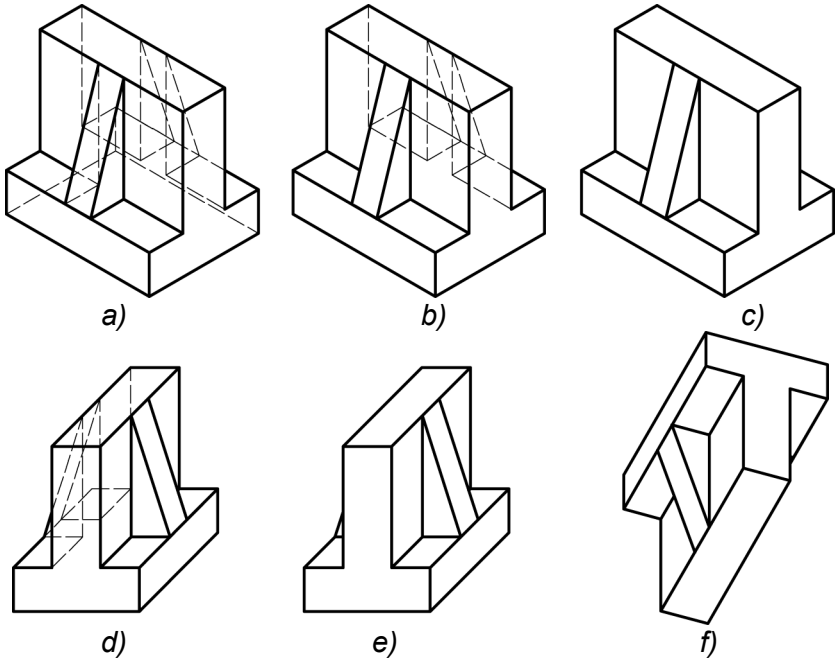
Ako se predmet nacrta u kosoj projekciji (sl. 5.16,d), pa se delimično nacrtaju nevidljive ivice dobiće se pregledan crtrež i predmet delimično definisan. Naime i dalje nisu definisane zaklonjene strane predmeta, zadnja i donja. Ako se na kosoj projekciji potpuno izostave nevidljive ivice predmeta (sl. 5.16,e) leva bočna strana predmeta je nedefinisana. Ako se usvoji dimetrija za isticanje donje površine predmeta i predmet okrene kao na (sl. 5.16,f), sada desna strana se neće na crtežu dovoljno videti.

Isto ili slično bi bilo i sa drugim metodama i položajima osa i položajima predmeta u odnosu na projektne ravni. Nijedna metoda aksonometrije neće dati crtež predmeta na kojem će upotpunosti biti definisane sve strane predmeta. Uvek će, dve ili tri strane biti zaklonjene ili deformisane. Ovaj problem se ne može rešiti ni jednom metodom aksonometrije.

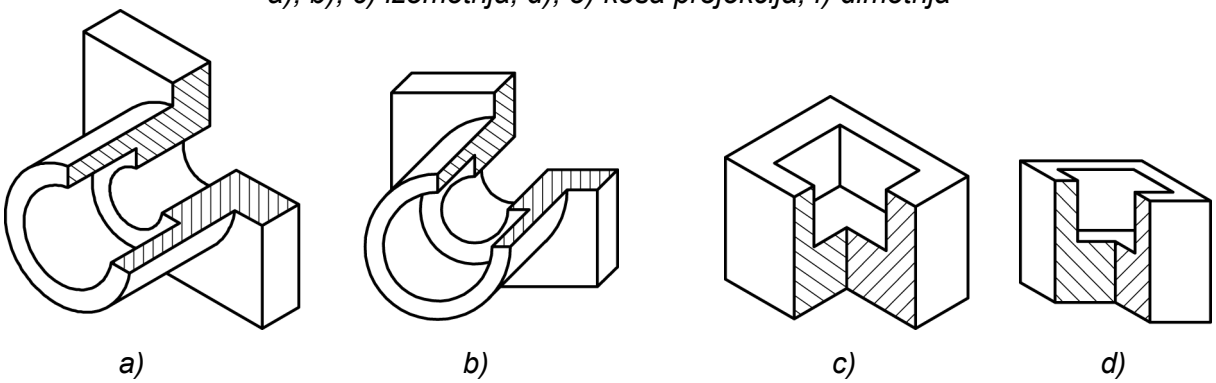
5.6. IZBOR METODA AKSONOMETRIJE

Delovi mašina, odnosno predmeti crtanja su vrlo različitih konstruktivnih oblika. Ako se crta aksonometrijski crtež, tada je važno odabrati najadekvatniju metodu aksonometrije, da bi predmet na crtežu bio što približniji slici koju vidi naše oko. Pravi izbor metode jasnije prikazuje predmet u aksonometriji, koliko je to moguće i skraćuje potrebno vreme za crtanje.

Na crtežu (sl. 5.17,a) prikazan je predmet nacrtan u izometriji sa četvrt presekom. Izgled predmeta je precizno definisan, izuzev zaklonjenih površina (donja, dalja bočna i zadnja), koje se ne mogu drugačije definisati ni jednom drugom metodom. Međutim, kružne površine predmeta se deformišu u elipse, koje se sporo crtaju, naročito ako su malih dimenzija. Stoga je za ovaj predmet, sa aspekta crtanja, prikladnija kosa projekcija (sl. 5.17,b). Usvoji se ugao ose Y od 30°, pošto nema nikakvih detalja na bočnoj površini. Na ovaj način predmet će se brže nacrtati, ali je više deformisan od crteža u izometriji.



Sl. 5.16: Predmet nacrtan u različitim metodama aksonometrije
a), b), c) izometrija, d), e) kosa projekcija, f) dimetrija



Sl. 5.17: Prikaz predmeta u: a) izometriji i b) kosoj projekciji

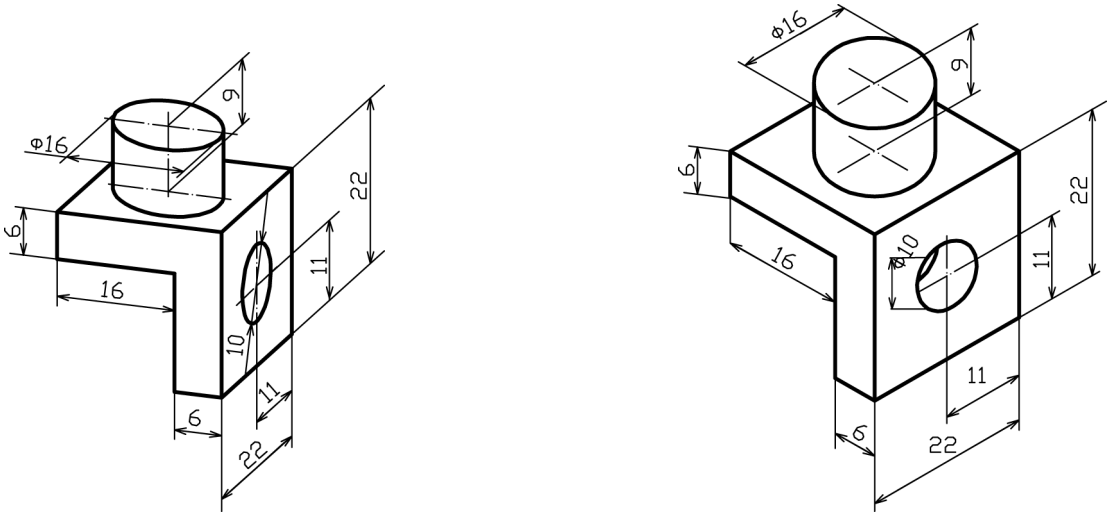
Predmet na sl.5.18,a nacrtan je u kosoj projekciji. Unutrašnji deo predmeta se ne vidi. Ako bi se unutrašnjost tog upusta nacrtala isprekidanim linijama crtež bi bio nepregledan. Isti predmet nacrtan u izometriji dat je na sl. 5.18,b na kojem se više vidi upust, te je u ovom slučaju izometrija prikladnija. Međutim, crtež predmeta u izometriji zauzima više prostora od njegove kose projekcije.

Na osnovu prethodnih primera može se uočiti da i kosa projekcija daje takvu sliku predmeta koja se razlikuje od slike predmeta koju vidi naše oko u prostoru. To je nedostatak

u odnosu na izometriju koja daje sliku predmeta bližu stvarnom izgledu u prostoru.

Predmet nacrtan u dimetriji sa uglom osa X i Y pod 7° i 42° daje najmanje deformisanu sliku predmeta. Na sl.5.19 prikazan je predmet nacrtan u dimetriji i izometriji. Dobijena slika u dimetriji je manja od izometrijske. Međutim, u dimetriji su skraćenja po Y osi, što je nepodobno za crtanje, za razliku od izometrije kod koje nema skraćenja.

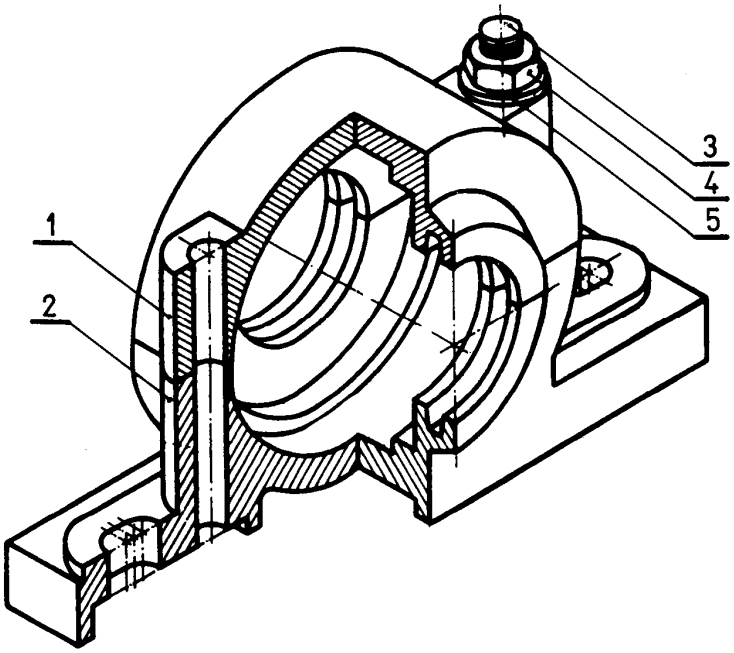
Iz prethodne analize i pokazanih primera jasno je da aksonometrijski crtež nije prikladan da bude osnovni crtež u tehnici.



a) *b)*

Sl. 5.19: Predmet nacrtan u: a) dimetriji i b) izometriji

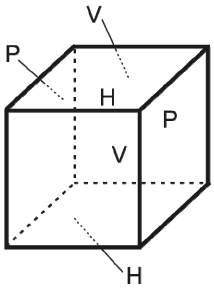
Sklop više delova nacrtan u aksonometriji zahteva mnogo vremena i dobijena slika često je nejasna i nepregledna. Postupak crtanja svodi se na crtanje svakog dela pojedinačno. Dodirne linije predmeta su zajedničke. Obavezno se koristi presek. Svaki predmet se šrafira različitom gustinom da bi se međusobno razlikovali. Osim toga ravni sečenja imaju različite nagibe linija štafure, što sve zajedno daje nepregledan crtež. Predmeti se označavaju pozicionim brojevima. Na sl. 5.20 prikazano je kućište kotrljajnog ležaja.



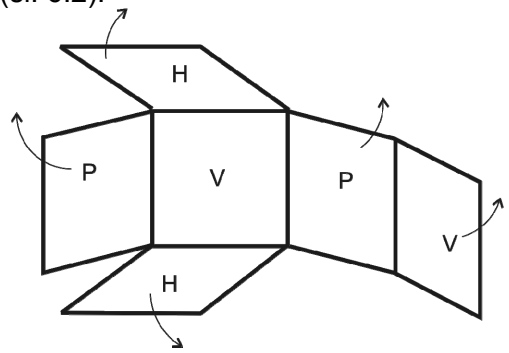
Sl. 5.20: Sklopni aksonometrijski crtež kućišta ležaja
1. gornji deo kućišta, 2. donji deo kućišta, 3. zavrtanj, 4. navrtka, 5. podloška

6. ORTOGONALNI CRTEŽI

Ortogonalni crtež ili 2D crtež je takav gde se predmet crta u **dve dimenzije u više ortogonalnih projekcija (pogleda).** Projektni zraci su međusobno paralelni i normalni na projektne ravni. Predmet crtanja postavlja se u prostor omeđen sa šest međusobno normalnih, odnosno paralelnih ravnih. Zbog toga se za svaki predmet može nacrtati šest osnovnih ortogonalnih pogleda. Prostor sa šest međusobno normalnih ravni je kocka sa svojih šest stranica (sl. 6.1). Kocka ima po dve paralelne stranice, odnosno po dve: horizontalne - H, vertikalne - V i profilne - P projektne ravni. Predmet crtanja se zamišljeno postavi unutar kocke, tako da su mu površine paralelne sa stranicama kocke. Stranice kocke (projektne ravni) obaranjem se, kao na sl. 6.2, dovode u jednu ravan - ravan crtanja, tj. vertikalnu ravan. Zadnja verikalna stranica (V) kocke je u sredini, dok su ostale oko nje. Horizontalne ravni se obaraju na dole i gore, a profilne sa strane, na levo i na desno. Prednja vertikalna ravan se obara na desnu stranu pored profilne. Na taj način svih šest stranica kocke (projektnih ravni) **obaraju se sve dotle dok se ne dovedu u jednu ravan**, zadnju vertikalnu ravan V, koja se nalazi u sredini (sl. 6.2).



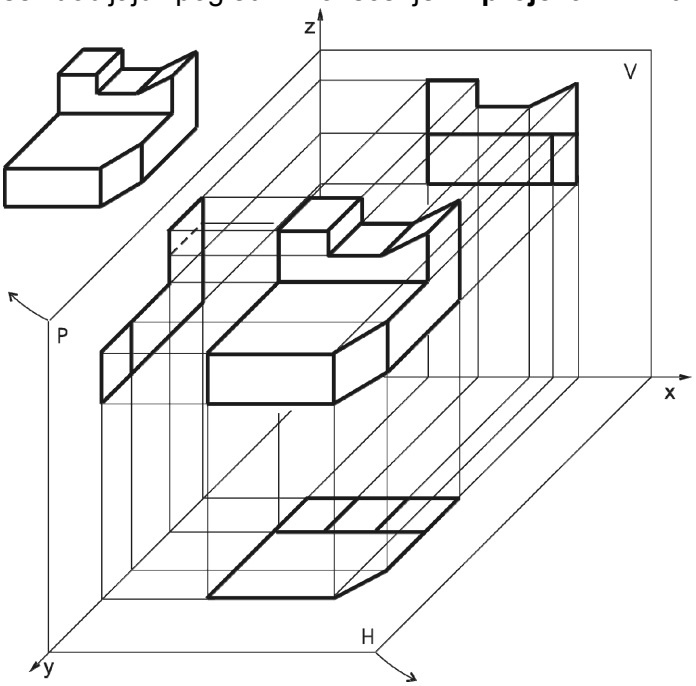
Sl. 6.1: Kocka, kao šest projektnih ravni



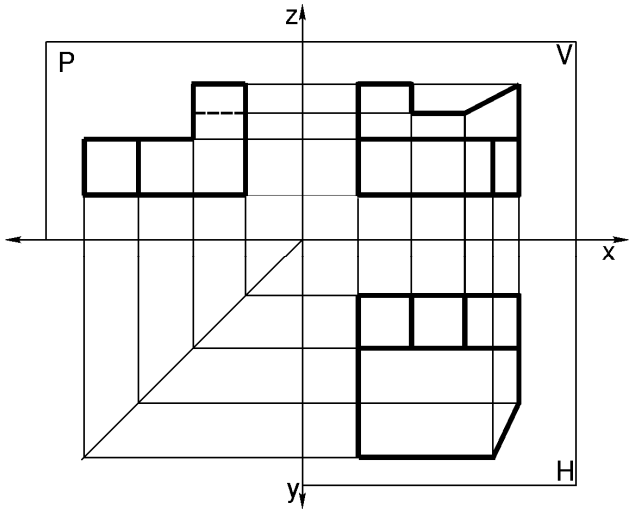
Sl. 6.2: Obaranje projektnih ravni

6.1. POSTUPAK DOBIJANJA ORTOGONALNOG CRTEŽA

Ortogonalne projekcije (ortogonalni pogledi) dobijaju se korišćenjem međusobno paralelnih projektnih zraka koji su normalni na projektne ravni. Postupak dobijanja ortogonalnih pogleda prikazan je na sl.6.3 i **zasniva se na principima nacrtne geometrije**. Projektni zraci obuhvataju predmet i gde probijaju projektne ravni daju tačke čijim spajanjem se dobijaju pogledi. Korišćenjem **projektnih zraka koji su normalni na vertikalnu, horizontalnu i profilnu ravan dobijaju se tri osnovna pogleda**. Svaki pogled predstavlja izgled predmeta samo sa jedne strane i to posmatrano normalno na tu stranu. Vidljive ivice i konture predmeta crtaju se debelom punom linijom (tip A), a nevidljive isprekidanom (tip E ili F). Da bi se ortogonalni pogledi nalazili u jednoj ravni, **obaraju se horizontalna i profilna projektna ravan** za 90° oko ose X i Z, kao na sl. 6.3, tako da se poklope sa vertikalnom ravni. Sa projektnim ravnima obaraju se i ortogonalni pogledi (sl. 6.4), kao i projektni zraci.



Sl. 6.3: Postupak dobijanja ortogonalnih projekcija (pogleda)



Sl. 6.4: Ortogonalni pogledi nakon obaranja ravni

Delovi projeknih zraka između projekcija nazivaju se sponama. Spone koje su prave, bilo vertikalne ili horizontalne nazivaju se direktnim sponama. Direktene spone spajaju poglede na horizontalnoj i vertikalnoj ravni. Izlomljene spone su one koje spajaju poglede na horizontalnoj i profilnoj ravni i nazivaju se indirektnim sponama.

Ortogonalni crtež se dobija kada se **zadrže samo ortogonalni pogledi, a sve ostalo se izbriše** (projektne ravni, spone, ose itd.). Zavisno od vrste crteža i od toga gde se koristi, na ove poglede se crtaju kote, oznake za kvalitet obrađenih površina, tolerancije itd. Na taj način dobija se ortogonalni crtež koji je za prethodni primer dat na crtežu broj 6.01.

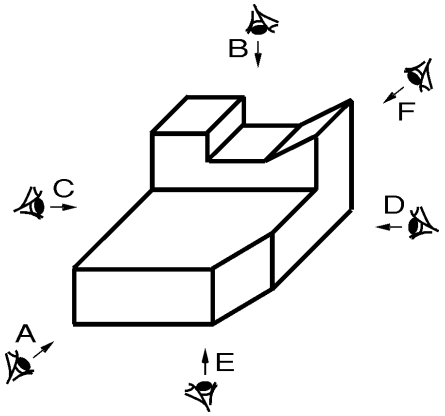
6.2. RASPORED PROJEKCIJA (POGLEDA)

Za svaki predmet može se nacrtati **šest osnovnih ortogonalnih projekcija (pogleda)**. Pogledi se raspoređuju na različite načine. U praksi se koristi:

1. Evropski raspored projekcija i
2. Američki raspored projekcija.

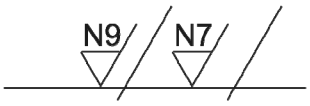
Osim ova dva načina rasporeda projekcija, u izuzetnim prilikama može se koristiti i proizvoljan raspored. Međutim, takav raspored projekcija veoma je nepovoljan za one koji čitaju crtež i treba ga izbegavati.

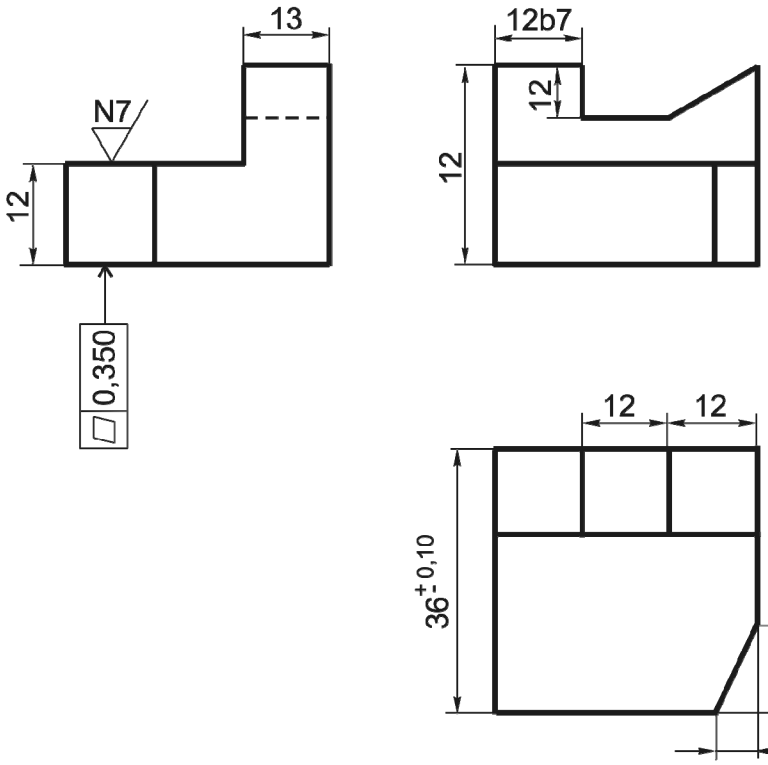
Bez obzira na to koji se raspored projekcija koristi predmet se pri crtanju posmatra kao što je prikazano na sl. 6.5. **Predmet crtanja postavi se u odabrani položaj u odnosu na projektne ravni i više se ne pomera**. Pomera se crtač i nalazi se u šest različitih položaja, od A do F, kako je to prikaazano na slici 6.5.



Sl. 6.5: Položaj crtača pri crtanju ortogonalnih projekcija A - pogled spreda (glavni), B - pogled odozgo, C - pogled sleva, D - pogled zdesna, E - pogled odozdo, F - pogled straga

12b7	-0,150
	-0,168



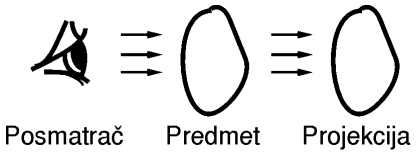


						Merilo: 1:1	
						Č.0545	
					Datum	Ime	
				Obradio	3.08.'96.	Obad	
				Ispitao		Srećko	KLIZAČ
				Stand.			
				Označio	5.11.'96.		
				Poljoprivredni fakultet Novi Sad			List
						6.01	
St.i	Izmene	Datum	Ime				

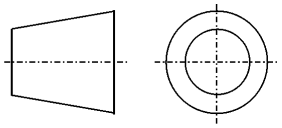
6.2.1. Evropski raspored projkekcija

Kod evropskog rasporeda projekcija, dobijene **projekcije se obaraju u smeru posmatranja**, znači suprotno od posmatrača, tako da se predmet crtanja nalazi u sredini, između oka crtača i dobijene projekcije (sl. 6.6). Oznaka (simbol) za evropski raspored projekcija dat je na sl. 6.7.

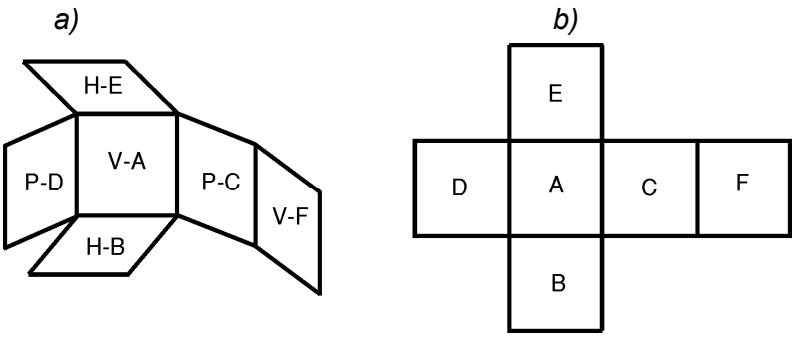
Pogled spreda je glavni pogled. Dobija se na zadnjoj vertikalnoj ravni V (sl. 6.8,a), crta se u sredini i obeležava sa A. Pogled odozgo je ispod A i obeležava se sa B. Pogled sa leve strane predmeta crta se na desnoj strani glavnog pogleda A i obeležava sa C. Pogled sa desne strane obeležava se sa D i nalazi se sa leve strane pogleda A. Pogled odozdo je pogled E i crta se iznad A. Pogled od straga označava se sa F i crta se sa desne strane pogleda A, a pored C. Raspored osnovnih pogleda nakon potpunog obaranja ravni dat je na sl. 6.8,b.



Sl. 6.6: Položaj predmeta, projekcije i posmatrača (crtača) kod evropskog rasporeda projekcija

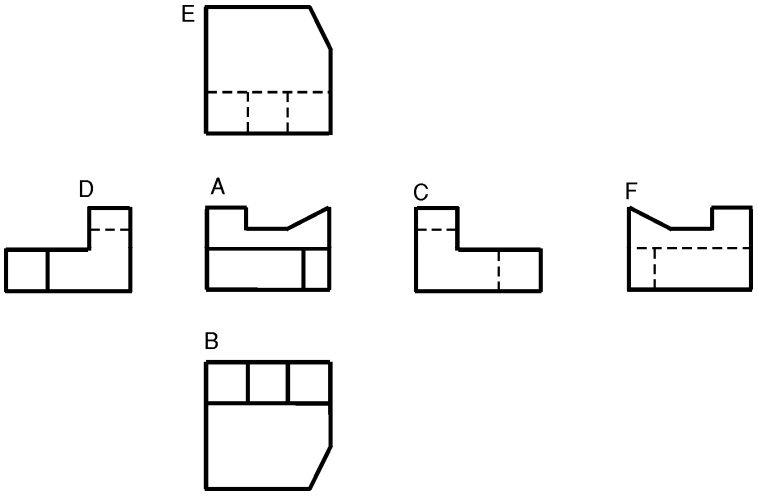


Sl. 6.7: Oznaka za evropski raspored projekcija



Sl. 6.8: Raspored projekcija po evropskom načinu rasporeda
a) pre obaranja ravni, b) nakon obaranja ravni
A - pogled spreda (glavni), B - pogled odozgo, C - pogled sleva, D - pogled zdesna, E - pogled odozdo, F - pogled straga

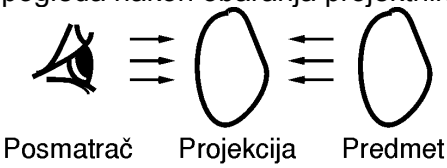
Za predmet sa sl.6.5 nacrtano je šest ortogonalnih pogleda i raspoređeni su po evropskom rasporedu (sl.6.9). Ako se ovakvi crteži koriste na američkom ili nekom drugom tržištu, tada se oznaka za evropski raspored projekcije nalazi na crtežu, obično iznad zaglavlja za crtež. Cela oznaka se crta linijom tipa B, na površini veličine oko 1,5 cm^2.



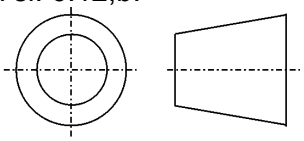
Sl. 6.9: Osnovni pogledi po evropskom rasporedu projekcija

6.2.2. Američki raspored projekcija

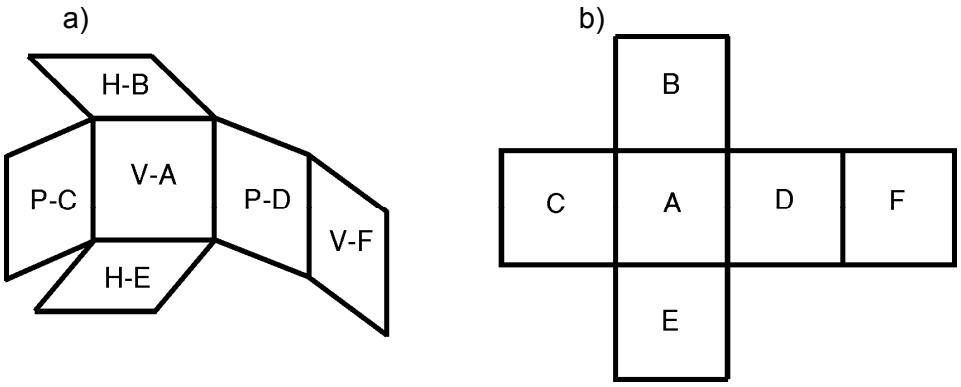
Kod američkog rasporeda projekcija dobijene **projekcije se obaraju prema crtaču**, suprotno od smera posmatranja, tako da se dobijena projekcija nalazi u sredini između oka crtača i predmeta crtanja (sl. 6.10). Oznaka za američki raspored projekcija prikazana je na sl. 6.11. Glavni pogled, takođe se obeležava sa A, nalazi se na zadnjoj vertikalnioj ravni u sredini (sl. 6.12,a), kao i kod evropskog rasporeda projekcija. Pogled odozgo B nalazi se iznad, a pogled odozdo E ispod pogleda A. Pogled sa leve strane C je na levoj, a sa desne strane D na desnoj strani pogleda A. Pogled od straga je desno od pogleda A, a pored D. U odnosu na evropski, kod američkog rasporeda zamenjena su mesta pogledima B i E i C i D. Raspored pogleda nakon obaranja projektnih ravni dat je na sl. 6.12,b.



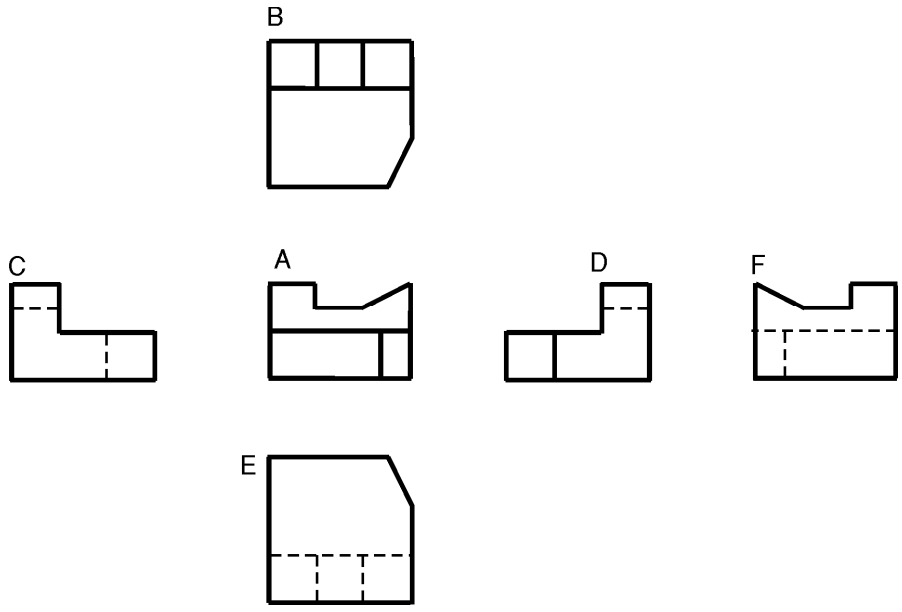
Sl. 6.10: Položaj predmeta, projekcije i posmatrača (crtača) kod američkog rasporeda projekcija



Sl. 6.11: Oznaka za američki raspored projekcija



Sl. 6.12: Raspored projekcija po američkom načinu rasporeda
a) pre obaranja, b) nakon obaranja
A - pogled spreda (glavni), B - pogled odozgo, C - pogled sleva, D - pogled zdesna, E - pogled odozdo, F - pogled straga



Sl. 6.13: Osnovni pogledi prema američkom rasporedu projekcija

Ako se crteži sa američkim rasporedom projekcija koriste na evropskom ili drugom tržištu, tada se oznaka za američki raspored projekcije crta na crtežu, iznad zaglavlja za crtež.

6.3. POVEZANOST ORTOGONALNIH PROJEKCIJA

Ortogonalni **pogledi (projekcije) su međusobno povezani projektnim zracima**, odnosno sponama. Pogledi A, B i E su povezani vertikalnim sponama, pogledi A, C, D i F horizontalnim, a pogledi D, B; D, E; C, B; C, E sa izlomljenim sponama. Primer povezanosti ortogonalnih pogleda dat je na sl.6.14 gde su pogledi raspoređeni po evropskom rasporedu. Glavni pogled A nalazi se u sredini. Ispod se nalazi pogled B. Svaka tačka, ivica i površina predmeta na ovim i svim ostalim pogledima, mora biti na zajedničkim sponama. Recimo tačka X u svim projekcijama mora biti u preseku vertikalne, horizontalne i izlomljene spone. Ako se uoči, npr. pravougaona tačkasta površina predmeta na pogledu B, praćenjem njenih spona vidi se da se ona različito projektuje na pojedinim pogledima. Na pogledima A, C i D projektuje se kao linija, pošto je ta površina paralelna sa H, a normalna na P i V ravan. Projekcije ove površine, kao i svih ostalih, moraju biti u preseku zajedničkih vertikalnih, horizontalnih i izlomljenih spona.

6.4. DOVOLJAN BROJ PROJEKCIJA

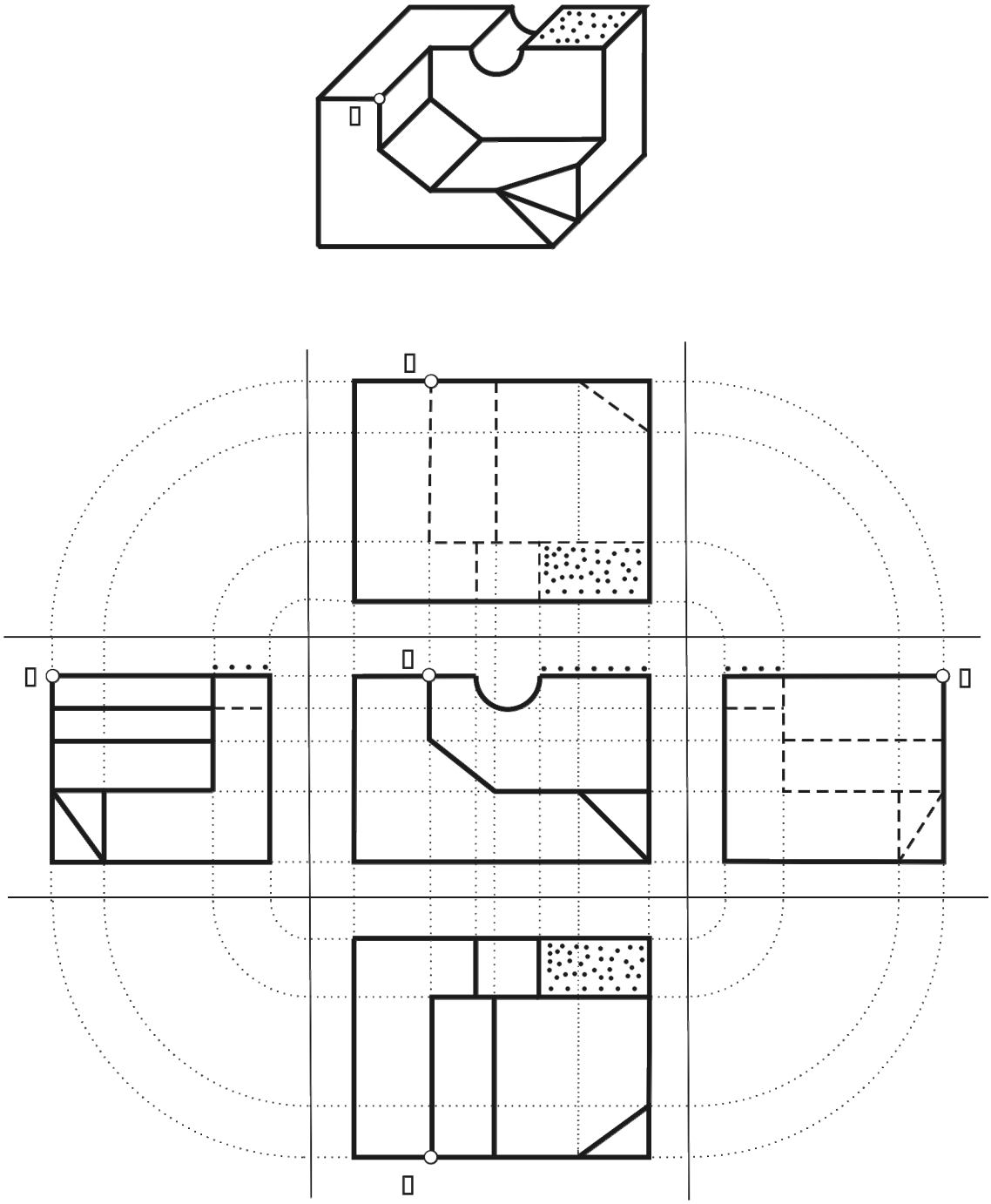
Sa sl. 6.9 vidimo da su ortogonalni pogledi B i E, zatim C i D, kao A i F međusobno slični, odnosno ponavljaju se sa malim razlikama u vidljivosti linija. To se odnosi i za primer sa sl. 6.14 i sl. 6.14. Prema tome nije ni potrebno crtati svih šest pogleda. Ma kako delovi mašina koje crtamo, bili složenih konstruktivnih oblika, ne zahtevaju crtanje svih šest pogleda. **Dovoljna su tri, dva ili jedan pogled**, zavisno od složenosti predmeta. Treba nacrtati **minimalan broj pogleda koji predmet jednoznačno određuju.**

Uvek **se prvo crta glavni pogled, pogled A**. Ako predmet sa pogledom A nije potpuno definisan, tada se uz pogled A crta još i pogled B ili C ili D. Ako nisu dovoljna dva pogleda (A i jedan od B, C i D) crta se treći koji može biti neki od preostalih iz grupe B, C ili D. Kombinaciju pogleda A sa E treba izbegavati, pošto se isto to može postići sa A i B. Pogled F se nikad ne crta. **Ortogonalni crtež se može nacrtati sa sledećim mogućnostima pogleda:**

$$(A);\quad \left(\begin{matrix}A\\B\end{matrix}\right);\quad (DA);\quad (AC);\quad \left(\begin{matrix}AC\\B\end{matrix}\right);\quad \left(\begin{matrix}DA\\B\end{matrix}\right).$$

Ne može se nacrtati crtež sa pogledima koji se ponavljaju npr. A sa F, jer se u tom slučaju ne bi mogla dati treća dimenzija predmeta i predmet ne bi bio potpuno definisan. Iz istih razloga se ne mogu koristiti kombinacije pogleda B sa E i C sa D. Ne može se nacrtati crtež sa pogledima D, A i C. Pogledi C i D su isti sa razlikama u vidljivosti linija i ovakav crtež bi bio neracionalan. Ne može se nacrtati ni crtež sa pogledima D i B. Ovakav crtež bi se teško čitao pošto pogledi nisu povezani direktnim, već izlomljenim sponama. **Ne mogu se koristiti sledeće kombinacije ortogonalnih pogleda:**

$$?\ (AF);\quad (CD);\quad \left(\begin{matrix}E\\B\end{matrix}\right);\quad (DAC);\quad \left(\begin{matrix}E\\A\\B\end{matrix}\right);\quad \left(\begin{matrix}D\\B\end{matrix}\right);\quad \left(\begin{matrix}C\\B\end{matrix}\right).\ ?$$

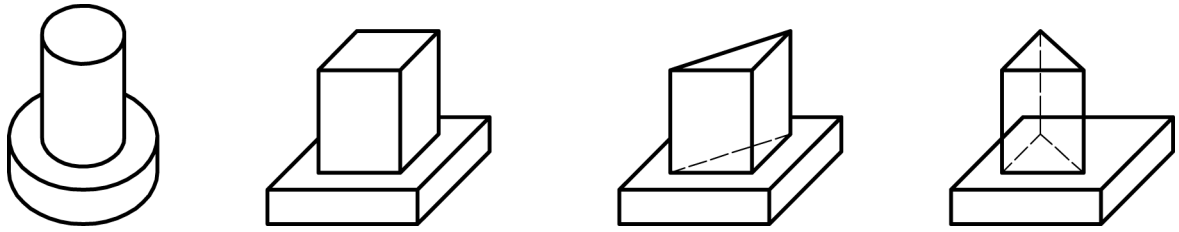


Sl. 6.14: Povezanost ortogonalnih pogleda

Postupak izbora minimalnog broja pogleda (karakterističnog broja pogleda) dat je za predmete sa sl. 6.15. Ako se za prvi predmet naznačen sa ″a)″ nacrta samo pogled spreda-A (sl. 6.16,a), vidi se da je taj pogled isti za sve različite predmete sa sl. 6.16,b,c,d. Znači da u ovom slučaju nije dovoljan samo pogled A jer ne definiše jednoznačno prvi predmet. Ako se uz pogled A nacrta i pogled C ili D (sl. 6.16,b) situacija je ponovo ista, pošto su i ova dva pogleda ista za sva četiri različita predmeta. Da bi se bilo koji od četiri predmeta jednoznačno definisao uz ova dva pogleda trebalo bi nacrtati i pogled odozgo B. Tek sa kombinacijom od ta tri pogleda predmeti bi bili jednoznačno definisani. Međutim, ako se usvoji da se uz pogled A nacrta pogled B (sl. 6.16,c,d) tada je to dovoljno da se predmeti jednoznačno definišu. Na taj način (izborom pogleda) smanjuje se broj potrebnih pogleda na minimalan, što je bitno, pošto je izrada tehničke dokumentacije skupa, jer zahteva puno vremena. Treba **crtati samo**

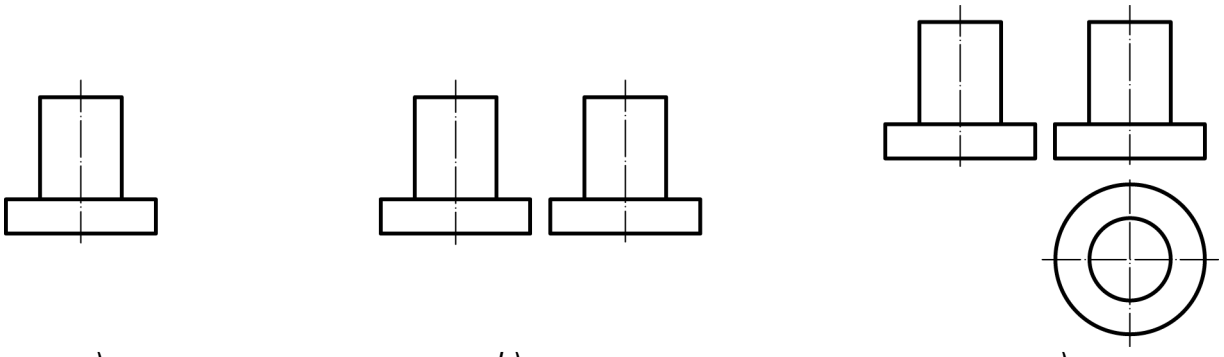
neophodan, minimalan broj pogleda. Odgovarajućim kotiranjem za prva dva predmeta sa sl.6.16 bio bi dovoljan samo jedan pogled, glavni A.

Krajnje merilo izbora minimalno potrebnog broja pogleda su kote (dimenzije), o čemu će biti reči i poglavlju 8.

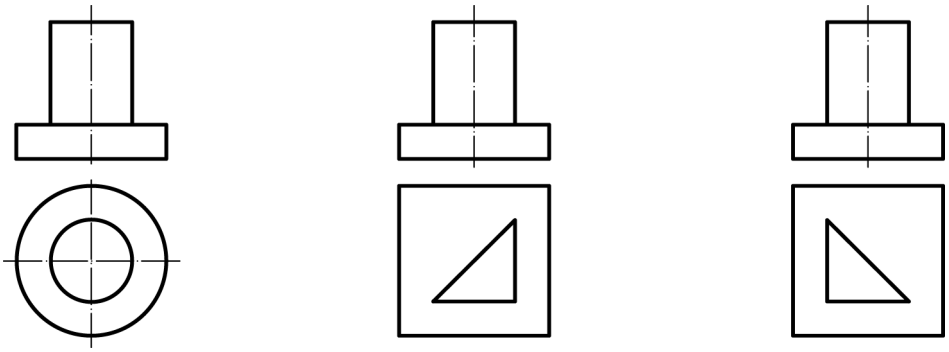


a) *b)* *c)* *d)*

Sl. 6.15: Različiti predmeti sa istim pogledom A, C i D



a) *b)* *c)*



d) *e)* *f)*

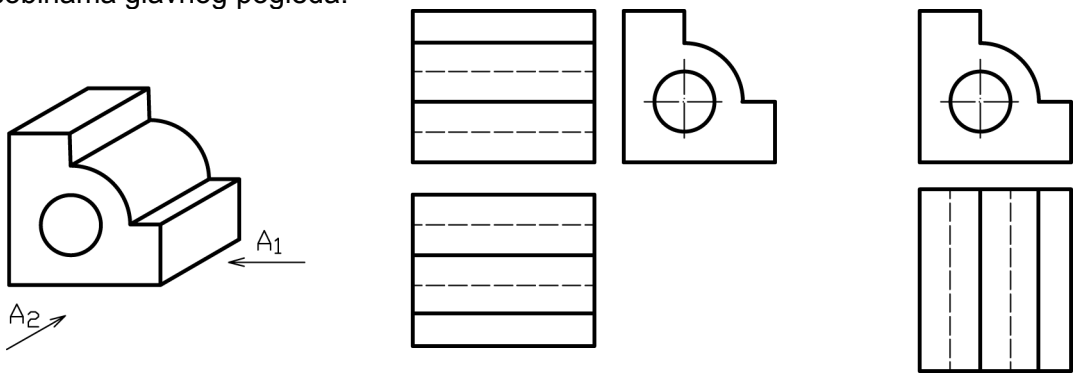
Sl. 6.16: Izbor dovoljnog broja pogleda

6.5. KARAKTERISTIKE GLAVNOG ″A″ POGLEDA

Glavni pogled je važan pogled, pošto su njegovim izborom određeni svi ostali pogledi. Pri izboru glavnog pogleda A, odnosno pri izboru položaja predmeta za glavni pogled, treba se rukovoditi sledećim:

- da taj pogled najviše i najjasnije pokazuje predmet,
- da njegovim izborom najviše površina predmeta bude paralelno, odnosno normalno na projektne ravni,
- da se maksimalno smanji broj potrebnih pogleda,
- da se što više, koliko je to moguće, smanji broj nevidljivih linija predmeta,
- da se olakša crtanje i čitanje takvog crteža i
- da u ovom pogledu predmet stoji u funkcionalnom položaju (npr. traktor), ako je to bitno ili u položaju izrade predmeta.

Ako se za predmet sa sl. 6.17,a izabere kao glavni pogled u smeru strelice A_1, tada je potrebno nacrtati tri pogleda A, B i C (sl. 6.18,b). Međutim, ako se za glavni usvoji pogled u smeru A_2, tada su potrebna samo dva pogleda A i B (sl. 6.17,c). Ovakav izbor je u skladu sa osobinama glavnog pogleda.

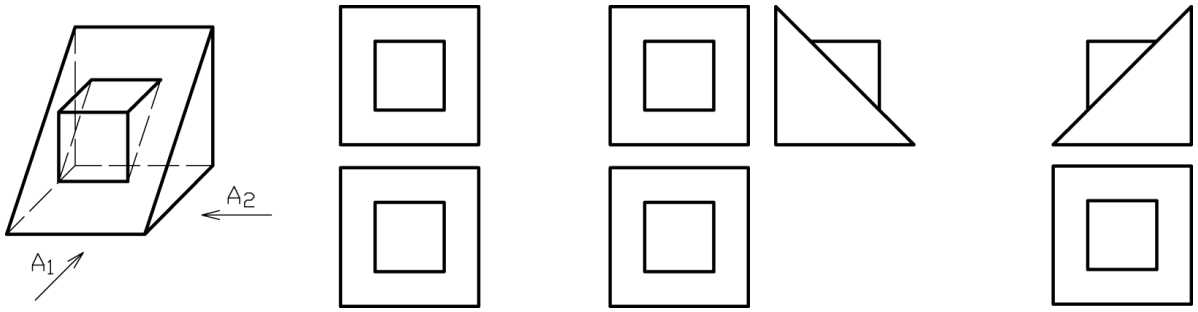


a) *b)* *c)*

Sl. 6.17: Izbor glavnog pogleda: b) nepravilno, c) pravilno

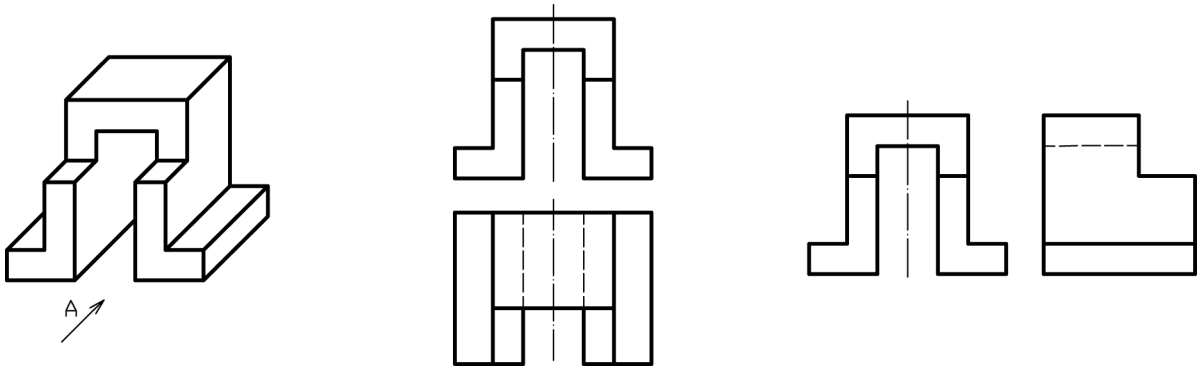
Još jedan primer analize izbora glavnog pogleda dat je za predmet sa sl. 6.18,a. Ako se usvoji kao glavni pogled u pravcu A1, i nacrtaju dva pogleda, glavni i odozgo, predmet nije jednoznačno definisan (sl. 6.18,b). Da bi se predmet potpuno definisao, potrebna su tri pogleda (sl. 6.19,c), a ako se usvoji da je glavni pogled u pravcu A2, potrebna su dva pogleda (sl. 6.18,d).

Za predmet sa sl. 6.19,a nacrtana su dva pogleda A i B, sl. 6.19,b što je dovoljno da se premet jednoznačno definiše. Međutim, za ovaj predmet bolje je nacrtati pogled A i C, sl. 6.19,c, jer ovakav izbor pogleda omogućava lakše čitanje predmeta.



a) *b)* *c)* *d)*

Sl. 6.18: Smanjenje broja pogleda izborom glavnog pogleda

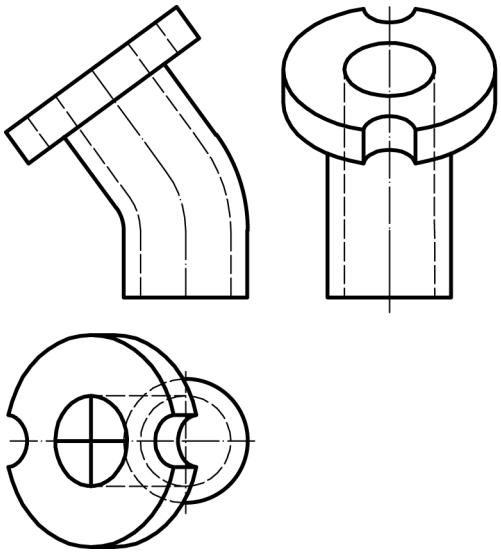


a) *b)* *c)*

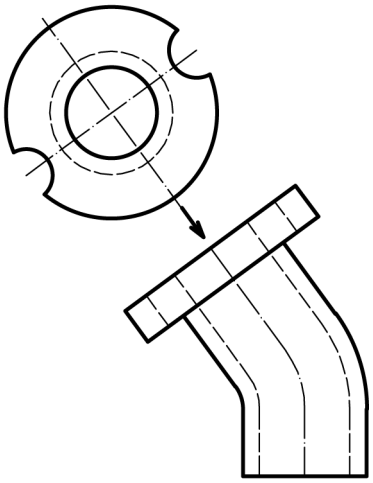
Sl. 6.19: Izbor potrebnog broja pogleda

6.6. SPECIJALNI ORTOGONALNI POGLEDI

Površine predmeta koje stoje pod nekim proizvoljnim uglom u odnosu na projektne ravni (kose površine) projektuju se u svih šest ortogonalnih pogleda deformisano, što je vrlo nepovoljno i za crtanje i za čitanje ortogonalnog crteža (sl. 6.20).



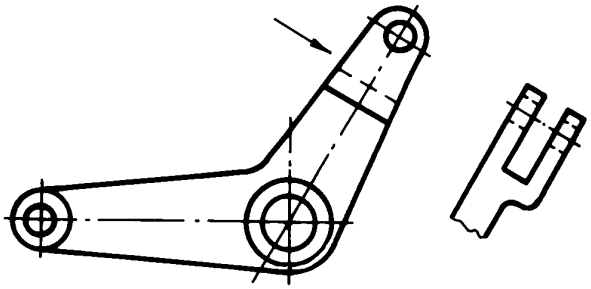
Sl. 6.20: Ortogonalne projekcije kosih površina predmeta



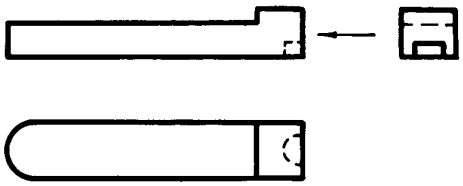
Sl. 6.21: Specijalni ortogonalni pogled

Za takve predmete crtaju se specijalni ortogonalni pogledi. Dobijaju se tako što se postavljaju **nove projektne ravni koje su paralelne sa kosim površinama predmeta**. Dobijene ortogonalne projekcije na tim projektnim ravnima daju nedeformisane slike tih kosih površina predmeta. Za predmet na sl. 6.20 nacrtan je specijalni ortogonalni pogled na ravni koja je paralelna sa gornjom kosom površinom (sl. 6.21). Dobijena projekcija može da se obara na jednu ili drugu stranu od pravca posmatranja, zavisno od prostora na crtežu, što se označava strelicom (sl. 6.22). Pri tome se crta samo ta kosa površina, bez ostalih delova predmeta.

Specijalni pogled se može nacrtati i za površine koje nisu pod nekim proizvoljnim uglom u odnosu na projektne ravni (sl. 6.23). Pogled D u ovom primeru je nacrtan na desnoj strani pogleda A, a ne na levoj, kako bi trebalo po evropskom rasporedu, pošto su pogled A i B po ovom rasporedu nacrtani. Da bi se to naznačilo stavlja se strelica koja govori o pravcu posmatranja te površine. Tako pogled D postaje specijalni pogled, pošto se ne nalazi na mestu na kojem bi treblo da bude po odabranom rasporedu projekcija. Ova mogućnost koristi se vrlo retko, kada prostor na crtežu to zahteva.



Sl. 6.22: Specijalni pogled



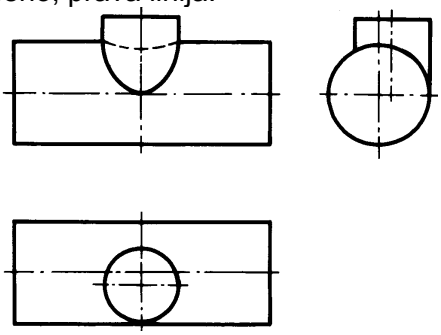
Sl. 6.23: Pogled D kao specijalni pogled

6.7. UPROŠĆENJA NA ORTOGONALNOM CRTEŽU

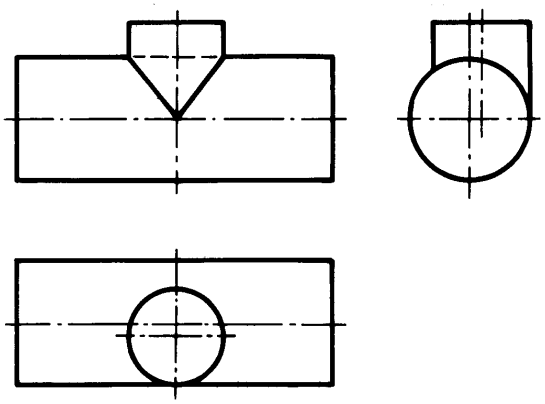
Pri crtanju ortogonalnih crteža koriste se neka uprošćenja radi bržeg i racionalnijeg crtanja. **Uprošćenja ne smeju ići na uštrb jasnoće crteža**.

Linije stvarnog geometrijskog prodora crtaju se punom debelom linijom (tipa A) ako su vidljive ili isprekidanim linijama ako su nevidljive (sl. 6.24). Stvarna linija prodora dva valjka datih prečnika je kriva linija. Međutim, zbog bržeg crtanja, može se uprošćeno nacrtati tako da je taj prodor prava linija (sl. 6.25).

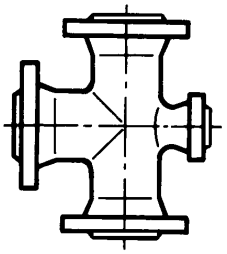
Linije imaginarnih prodora, kao što su zaobljeni uglovi i blagi konturni prelazi, crataju se punom tankom linijom (tipa B) koja ne dodiruje konture kao na sl. 6.26. Može biti kriva, kako stvarno izgleda ili uprošćeno, prava linija.



Sl. 6.24: Linije stvarnog geometrijskog prodora



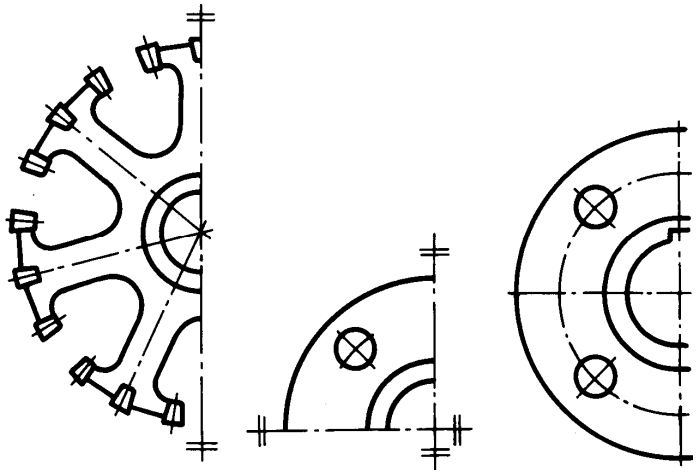
Sl. 6.25: Uprošćeno crtanje linija stvarnog geometrijskog prodora



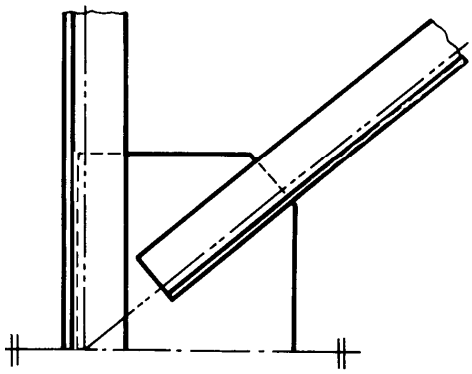
Sl. 6.26: Linije imaginarnih prodora i zaobljenja

Potpuno simetrični delovi uprošćeno se mogu nacrtati tako da se crta samo polovina ili čak četvrtina pogleda (sl. 6.27). Tada na osnim linijama stoje dve kratke paralelne tanke linije pod uglom od 90° na simetralnu liniju. Druga mogućnost za oznaku ovog uprošćenja je ta, da se malo produže konture preko simetralne linije. Po istom principu, uprošćeno, mogu se crtati i neokrugli delovi (sl. 6.28).

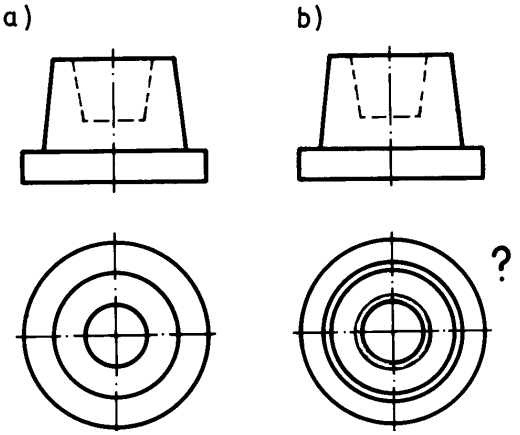
Crtanje blagih koničnih površina uprošćava se tako šte se ne crtaju sve konture. Ne crtaju se one koje su blizu jedna drugoj, bliže od 0,7 mm (sl. 6.29). Koja će se kontura crtati, a koja ne, zavisi od površina. Treba nacrtati one koje imaju veći funkcionalni značaj.



Sl. 6.27: Uprošćeno crtanje okruglih potpuno simetričnih predmeta

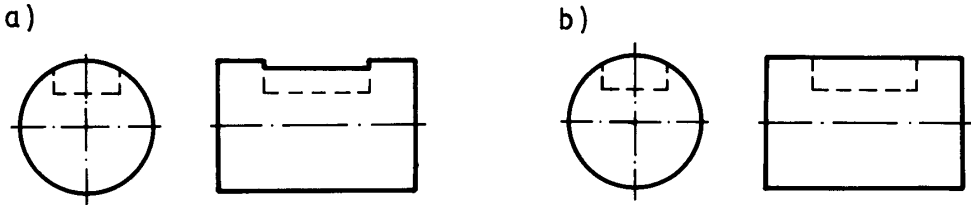


Sl. 6.28: Uprošćeno crtanje simetričnih predmeta

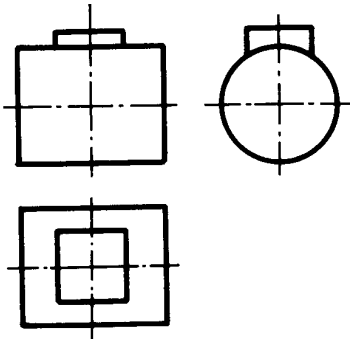


Sl. 6.29: Uprošćeno crtanje blagih konusa a) pravilno, b) nepravilno

Uprošćenja se mogu koristiti i u prilikama kao na sl. 6.30, kada odstupanje od pravila projiciranja (nacrtne geometrije) ne dovodi do zabune pri čitanju, a jednostavnije je za crtanje.



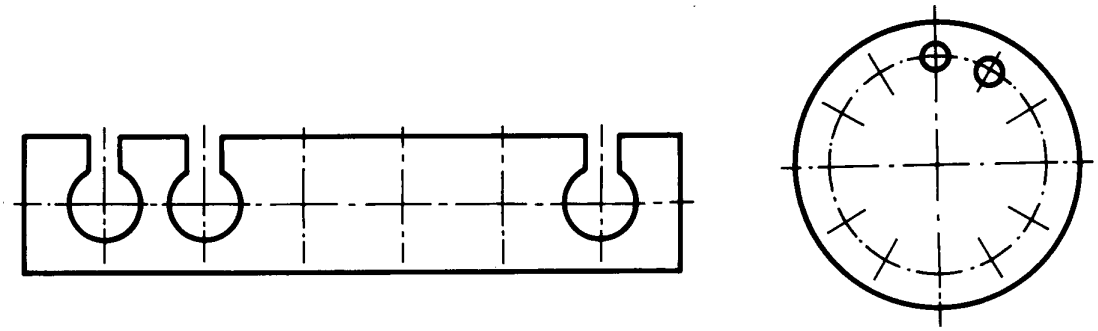
Sl. 6.30: Uprošćeno prikazivanje dubine žljeba za klin a) pravilno, b) pravilno-uprošćeno



Sl. 6.31: Uprošćeno prikazivanje prodora prizme i valjka

Predmet na sl. 6.31 nastao je spajanjem prizme i valjka. Prodor (spoj) ova dva tela može se uprošćeno nacrtati, odnosno mogu se izostaviti linije prodora.

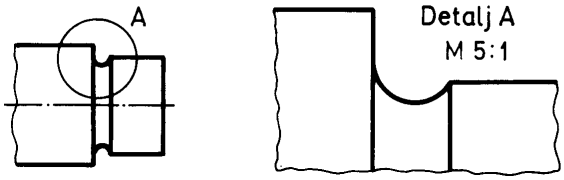
Kada se isti detalji predmeta ponavljaju, takođe se crtaju uprošćeno. Nacrta se prvi i poslednji isti detalj, dok se ostali samo predstave osnom linijom kao na sl. 6.32.



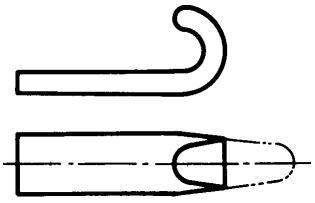
Sl. 6.32: Uprošćeno prikazivanje predmeta sa istim detaljima koji se ponavljaju

Ukoliko predmet ima sitnih detalja koji se ne mogu kotirati, crtaju se uvećano kako je to prikazano na sl. 6.33. Sitan detalj predmeta zaokruži se tankom linijom tipa B i označi identifikacionom oznakom, npr. A. Na istom crtežu, gde ima mesta, crta se uvećan detalj sa identifikacionom oznakom i razmerom.

Za predmete koji se dobijaju savijanjem, bitan je početni oblik pre definitivnog oblikovanja. Početni oblik se crta tankom linijom tipa K (sl. 6.34).



Sl. 6.33: Uvećan sitni detalj predmeta



Sl. 6.34: Crtanje početnog oblika pre definitivnog oblikovanja

Ako je predmet sa ravnim ili kosim (koničnim) površinama, kvadratnog ili pravougaonog poprečnog preseka, može se izbeći crtanje jednog pogleda, ako se te površine označe tankim dijagonalama kao na sl. 6.35. Međutim, ako se crta više pogleda na kojima se vidi da su to ravne površine, označavanje sa tankim dijagonalama nije potrebno.



Sl. 6.35: Označavanje ravnih i koničnih površina kvadratnog i pravougaonog poprečnog preseka

Svi delovi od providnog materijala crtaju se kao da su neprovidni. Boje na tehničkim konstrukcionim crtežima se ne primenjuju. Mogu se koristiti u ostaloj tehničkoj dokumentaciji, s tim da se njihovo korišćenje precizno označi.

6.8. PREDNOSTI I NEDOSTACI ORTOGONALNOG CRTEŽA

Zbog niza prednosti **ortogonalni crtež je osnovni crtež u tehnici**. Te prednosti su sledeće:

- Lako i brzo se crta;
- Predmet na ortogonalnom crtežu je precizno jasan;
- Površine predmeta se na crtežu vide nedeformisane;
- Pogodan je za crtanje i najsloženijih predmeta i sklopova i
- Pogodan je za označavanje svih parametara bitnih za izradu i funkcionisanje (kote, tolerancije, kvalitet obrade itd.) predmeta.

Nedostatak ortogonalnog crteža je taj što **nije jasan laiku**.

6.9. POVEZANOST ORTOGONALNOG I AKSONOMETRIJSKOG CRTEŽA

Ortogonalne projekcije i aksonometrijski crtež predmeta međusobno su povezani, što je pokazano na početku ovog poglovalja. U ovom delu će se još jednom ukazati na ovu uzajamnu zavisnost, kao i način dobijanja aksonometrije (kose projekcije, dimetrije i izometrije) kada su poznate ortogonalne projekcije.

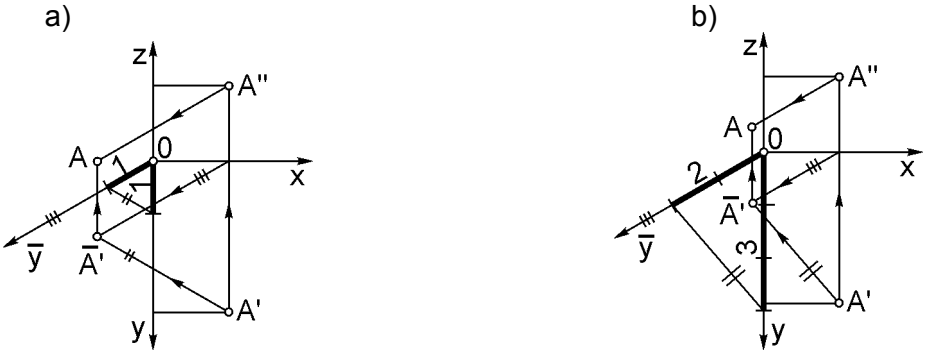
6.9.1. Kosa projekcija tačke

Neka je zadata tačka A sa koordinatama X, Y i Z, odnosno sa prvom (A') i drugom (A'') projekcijom (sl. 6.36). U kosoj projekciji ose X i Z zadržavaju položaj kakav su imale u paru ortogonalnih projekcija, dok se osa Y pomera u položaj definisan pod nekim proizvoljnim uglom prema osi X i obležava sa $\overline{Y}$ (Y nadvučeno). Na taj način vertikalna projekcijska ravan (V) ostaje na istom mestu kao kod ortogonalnih projekcija, dok se horizontalna ravan (H) "podiže" u horizontalan položaj, a profilna ravan (P) se pomera u položaj upravan na H i V ravan.

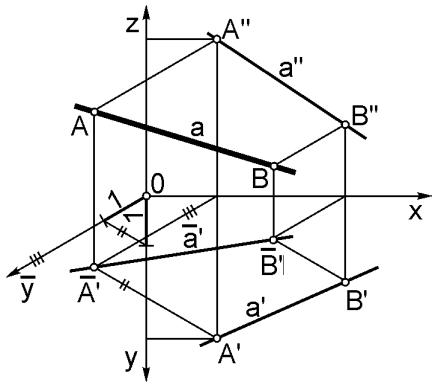
U kosoj projekciji sve ivice paralelne sa osom X i Z crtaju se bez skraćenja (1:1) dok se one paralelne sa osom $\overline{Y}$ mogu crati bez ili sa skraćenjem od 1:1 do 1:2. Kada nema skraćenja, usvoji se jedan proizvoljan podeok koji se nanese na osu Y i na osu $\overline{Y}$ (sl. 6.36,a).

Linija koja spaja ova dva podeoka predstavlja sponu izmeću prve (A') i prve kose projekcije ($\overline{A'}$) tačke A. Prva kosa projekcija ($\overline{A'}$) određena je ovom sponom i linijom paralelnom sa osom $\overline{Y}$ koja polazi sa mesta gde vertikalna spona prve i druge projekcije seče osu X. Kosa projekcija tačke A ili tačka A u prostoru dobija se u preseku linije paralelne sa osom Z (vertikalne linije) koja polazi iz tačke $\overline{A'}$ i linije paralelne za osom $\overline{Y}$ koja prolazi iz druge projekcije A'' tačke A.

Ako se usvoji skraćenje npr. 3:2 tada se tri ista podeoka nanesu na osu Y, a dva na osu $\overline{Y}$ i tako se dobija linija koja spaja prvu (A') i prvu kosu projekciju $\overline{A'}$) tačke A (sl. 6.37,b). Kosa projekcija tačke A se dobija isto kao u prethodnom primeru sa sl. 6.36,a.



Sl. 6.36: Crtanje kose projekcije tačke A na osnovu njenih ortogonalnih projekcija a) bez skraćenja 1:1, b) sa skraćenjem 3:2



Sl. 6.37: Crtanje kose projekcije prave "a" na osnovu njenih ortogonalnih projekcija

6.9.2. Kosa projekcija prave

Princip dobijanja kose projekcije prave je isti kao i za tačku, s obzirom na to da pravu definišu dve tačke kroz koje prolazi. Na osnovu zadate prve (a') i druge (a'') projekcije prave koja prolazi kroz projekcije tačaka A i B odrede se prve kose projekcije tačaka A i B čijim spajanjem se dobija prva kosa projekcija $\overline{a'}$ prave a. Na isti način kao za tačku, na osnovu prve kose projekcije ($\overline{a'}$) i druge projekcije (a'') prave *a* dobija se kosa projekcija prave *a* (sl. 6.37).

6.9.3. Kosa projekcija tela

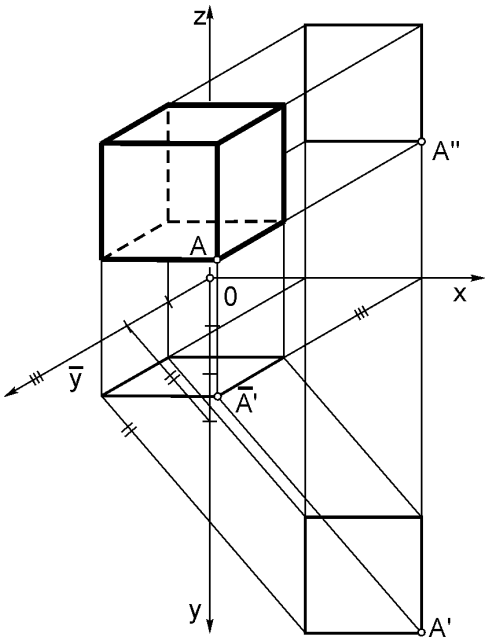
Princip crtanja kose projekcije tela na osnovu njenih ortoganalnih projekcija je isti kao za tačku i pravu, jer se svako telo, ma kako bilo složeno može se nacrtati na osnovu njegovih tačaka i prava (duži).

Kocka je najjednostvnije pravilno geometrijsko telo. Prva i druga ortogonalna projekcija kocke su kvadrati (sl. 6.38). Kosa projekcija kocke dobija se spajanjem kose projekcije rogljeva (tačaka). Rogalj A u kosoj projekciji se dobija na način kako se određuje kosa projekcija bilo koje tačke. Na isti način se odrede kose projekcije i ostalih rogljeva čijim spajanjem se dobija kosa projekcija kocke.

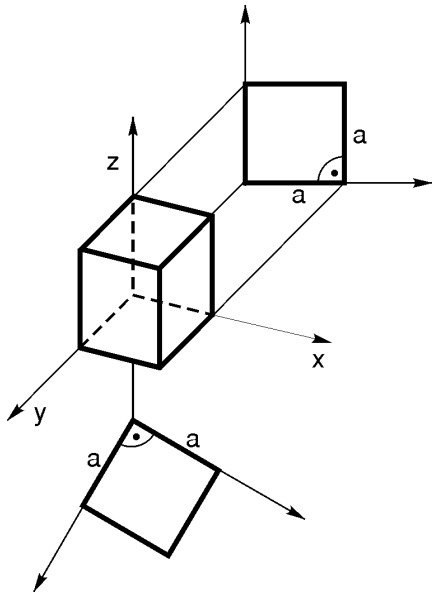
Bočne strane kocke, kao donja i gornja različito se deformišu, što zavisi od skraćenja po osi $\overline{Y}$. Prednja i zadnja strana se vide u pravoj veličini jer su paralelne sa V ravni.

6.9.4. Aksonometrijska projekcija tela

Aksonometrijska projekcija tela dobija se kada se osa X ″izvede″ iz horizontalnog položaja pod određenim uglom, osa Y je pod nekim uglom prema horizontalnoj liniji (kao kod kose projekcije), a osa Z ostaje i dalje vertikalna. Ivice tela paralelne sa osom Z se ne skraćuju (1:1), a one koje su paralelne sa osom X i Y se skraćuju za različite vrednosti od 1:1 do 1:2. Skraćenja ivica tela paralelnih sa osom X i Y mogu se definisati i zarotiranim položajem prve projekcije tela (sl. 6.39). Nakon rotiranja osa X i Y, prva projekcija kocke je i dalje kvadrat ivica a. Na osnovu prve i druge projekcije kocke, tj. u preseku spona paralelnih sa osom Y i Z iz istih tačaka (rogljeva) dobija se aksonometrijski crtež kocke. Zavisno od ugla rotiranja prve projekcije i uglova pod kojima se nalaze ose X i Y, dobijaju se različite vrste aksonometrijskog crteža: trimetrija, dimetrija i izometrija.



Sl. 6.38: Kosa projekcija kocke

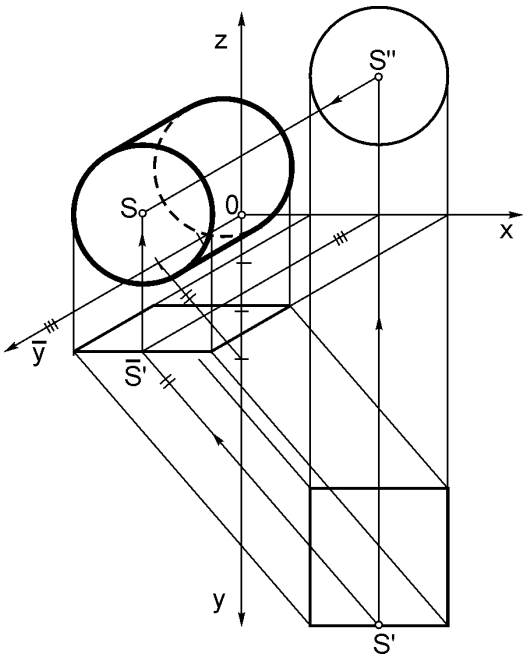


Sl. 6.39: Aksonometrijska projekcija kocke

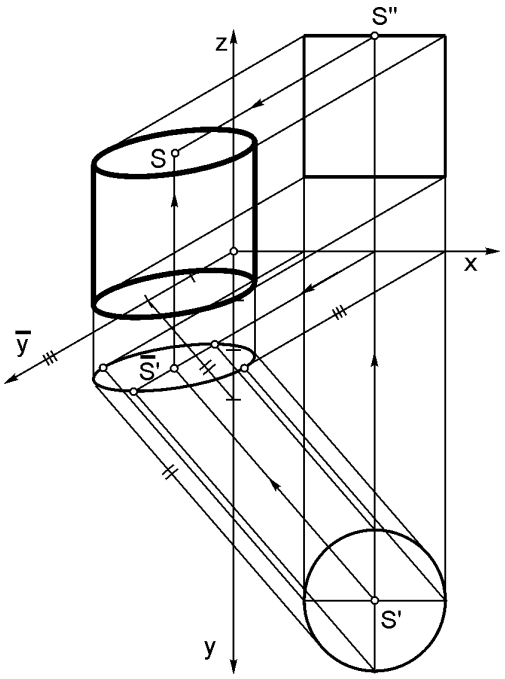
Na isti način kako je nacrtana kosa projekcija kocke sa sl. 6.38, crtajući tačku po tačku, crta se i kosa projekcija bilo kojeg pravilnog i nepravilnog geometrijskog tela.

Kosa projekcija valjka koji je različitim položajima u odnosu na projekcijske ravni prikazan je na narednim slikama. U prvom slučaju bazis valjka je paralelan sa vertikalnom projekcijskom ravni (V) (sl. 6.40) u drugom je bazis paralelan sa horizontalnom ravni (H) (sl. 6. 41), a u treće je paralelan sa profilnom projekcijskom ravni (P) (sl. 6.42).

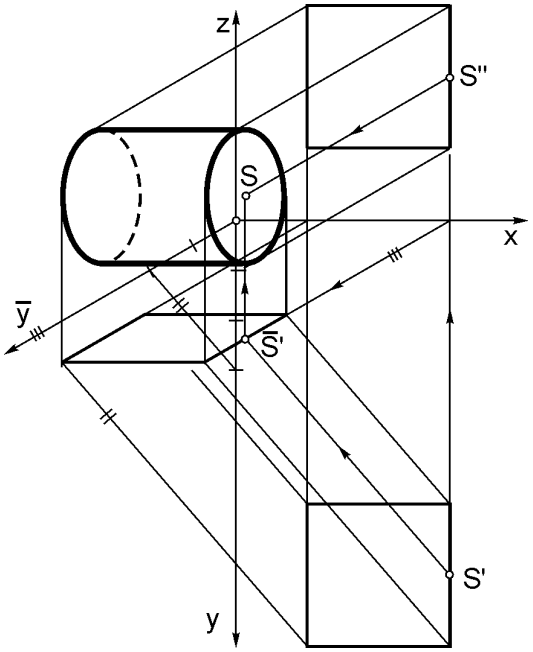
Na ortogonalnim projekcijama kružnica se vidi kao kružnica na onim ravnima sa kojim je paralelna, dok se na aksonometrijskom crtežu uvek vidi kao elipsa, različito deformisana.



Sl. 6.40: Kosa projekcija valjka (bazis je paralelan sa V ravni)



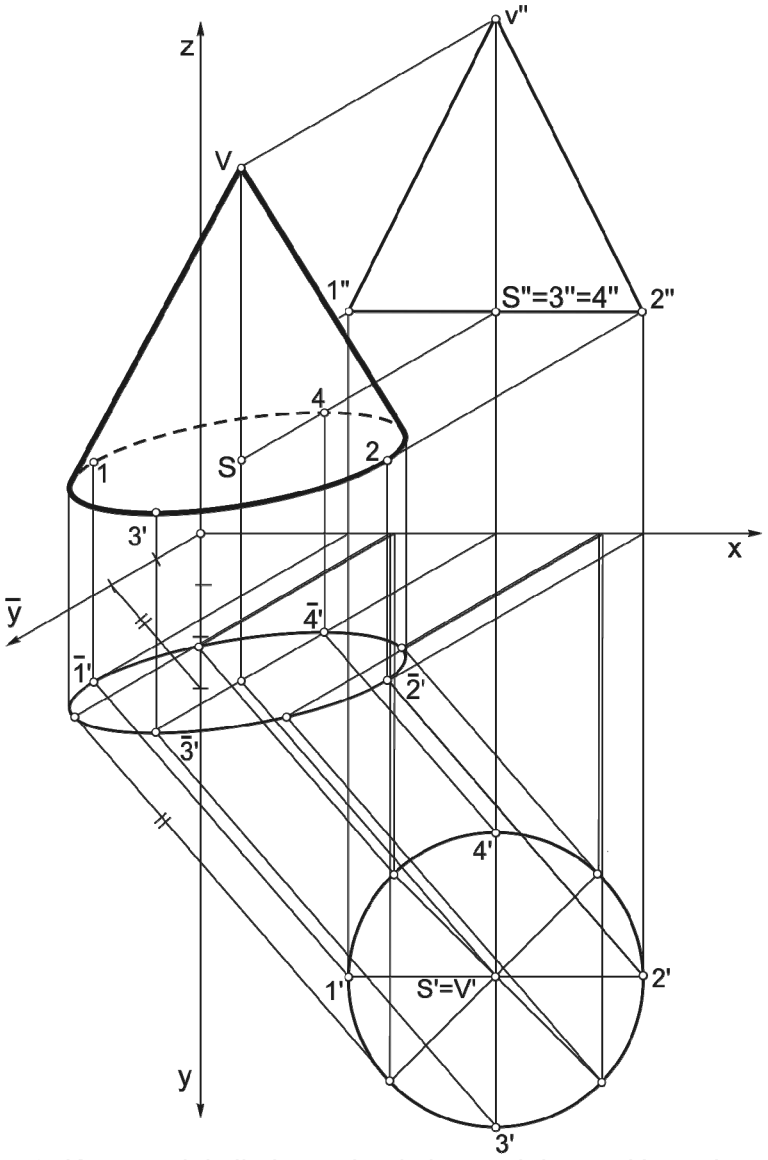
Sl. 6.41: Kosa projekcija valjka (bazis je paralelan sa H ravn)i



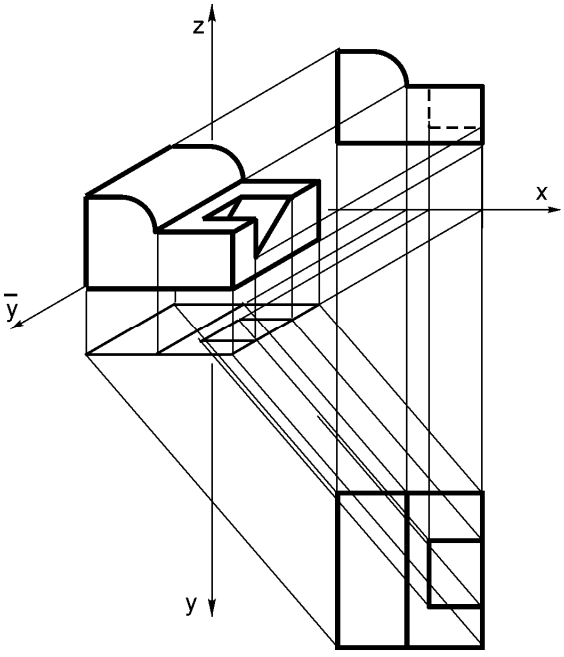
Sl. 6.42: Kosa projekcija valjka (bazis je paralelan sa P ravni)

Kosa projekcija kupe čiji je bazis paralelan sa horizontalnom projekcijskom ravni prikazan je na sl. 6.43. Osa Y je pod uglom od 30°, a skraćenje je 3:2.

Prvo se nacratju ortogonalne projekcije kupe. Pošto je bazis paralelan sa H ravni kupa se u prvoj projekciji vidi kao krug zadatog poluprečnika, a u drugoj projekciji kupa se projicira kao trougao zadate visine. Na isti način kao i pri crtanju kose projekcije kocke, odredi se prva kosa projekcija kupe, najjednostavnije pomoću tačaka koje se dobijaju crtanjem spregnutih prečnika kruga (tačaka 1, 2, 3 i 4). Što se više ovih tačaka usvoji, elipsa kao prva kosa projekcija bazisa (kruga) biće pravilnije nacrtana.



Sl. 6.43: Kosa projekcija kupe: bazis je paralelan sa H ravni



Na sl. 6.44 zadat je par ortogonalnih projekcija ″složenijeg″ tela na osnovu kojeg treba nacrtati kosu projekciju. Osa Y je pod uglom od 30°, a skraćenje je 3:2.

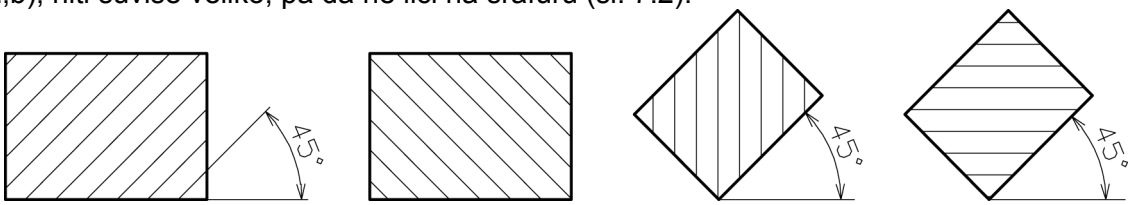
Iz svih tačaka i ivica zadatih ortogonalnih projekcija povuku se linije koje spajaju prvu ortogonalnu projekciju i prvu kosu projekciju. Prva kosa projekcija tela je ista kao prva ortogonalna projekcija. U preseku vertikalnih linija iz svake tačke i ivice prve kose projekcije tela i linija paralelnih sa osom $\overline{Y}$ iz istoimenih tačaka druge ortogonalne projekcije, dobijaju se tačke i ivice kose projekcije tela.

Sl. 6.44: Crtanje kose projekcije složenijeg tela na osnovu zadatih ortogonalnih projekcija

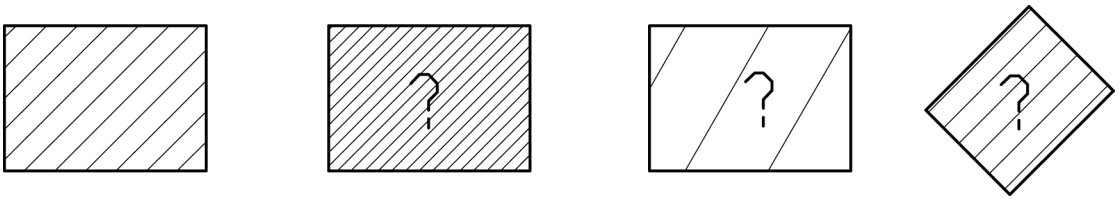
7. PRESECI NA ORTOGONALNOM CRTEŽU

Sve zaklonjene (nevidljive) ivice i konture predmeta na ortogonalnom crtežu crtaju se na svim pogledima. Međutim, **nevidljive konture se ne mogu kotirati** niti se na njih mogu stavljati druge oznake potrebne za izradu predmeta, kao npr. oznake za tolerancije, kvalitet izrade površina itd.

Da bi unutrašnji (zaklonjeni) detalji predmeta postali vidljivi, **predmet se, zamišljeno odseca** i deo predmeta koji je smetao da se unutrašnjost vidi, zamišljeno se odstrani pre crtanja. Da bi se dalo do znanja da predmet nije stvarno, već zamišljeno (imaginarno) odsečen, **deo predmeta koji je došao u dodir sa ravni sečenja se šrafira**. Šrafuru čine međusobno paralelne tanke linije tipa B, prvenstveno pod uglom od 45° ili 135°. Ako su konturne linije pod uglom od 45° u odnosu na horizontalnu liniju, tada su šrafurne linije pod uglom od 30°, 150°, 90° ili 0° (sl. 7.1). Šrafurne linije ne mogu biti paralelne sa konturnim (sl. 7.2,d). Nagib i rastojanje između linija šrafure treba da je na jednom predmetu isto u svim projekcijama. Rastojanje ne sme biti suviše malo, pa da se šrafirana površina zatamni (sl. 7.2,b), niti suviše veliko, pa da ne liči na šrafuru (sl. 7.2).



Sl. 7.1: Nagib linija šrafure



a) b) c) d)

Sl. 7.2: Pravilno i nepravilno nacrtana šrafura: a) pravilno, b) c) d) nepravilno

Zamišljeno odsecanje predmeta može biti izvedeno na razne načine sa različitim ravnima odsecanja, tako da se preseci vide u svim projekcijama. Ravni odsecanja se označavaju velikim slovima latinice A, B, C... Kada se tragovi ravni odsecanja poklope sa simetralnim linijama predmeta, onda se ne označavaju. Ako tragovi ravni nisu na simetralnim linijama predmeta, tada se označavaju linijama tipa H, C ili D, zavisno od vrste sečenja.

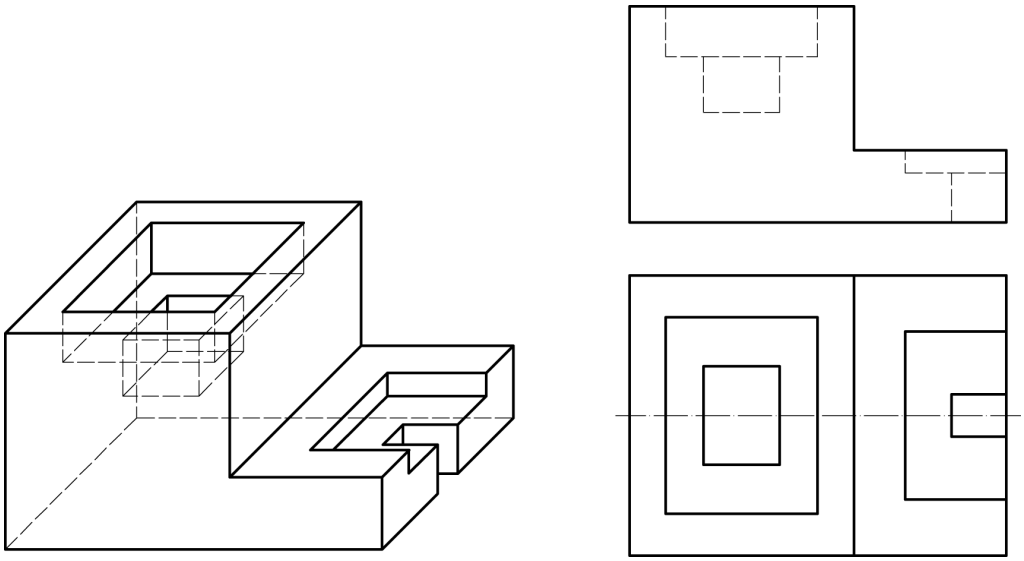
7.1 VRSTE PRESEKA

Zavisno od načina odsecanja predmeta postoje sledeći preseci:

- potpun uzdužni,
- poprečni,
- polovičan (četvrt),
- delimičan,
- kombinovan četvrt i delimičan,
- stepenast (izlomljen),
- zarotiran,
- okrenut (zaokrenut),
- mestimičan (razrez) i
- kombinovan presek.

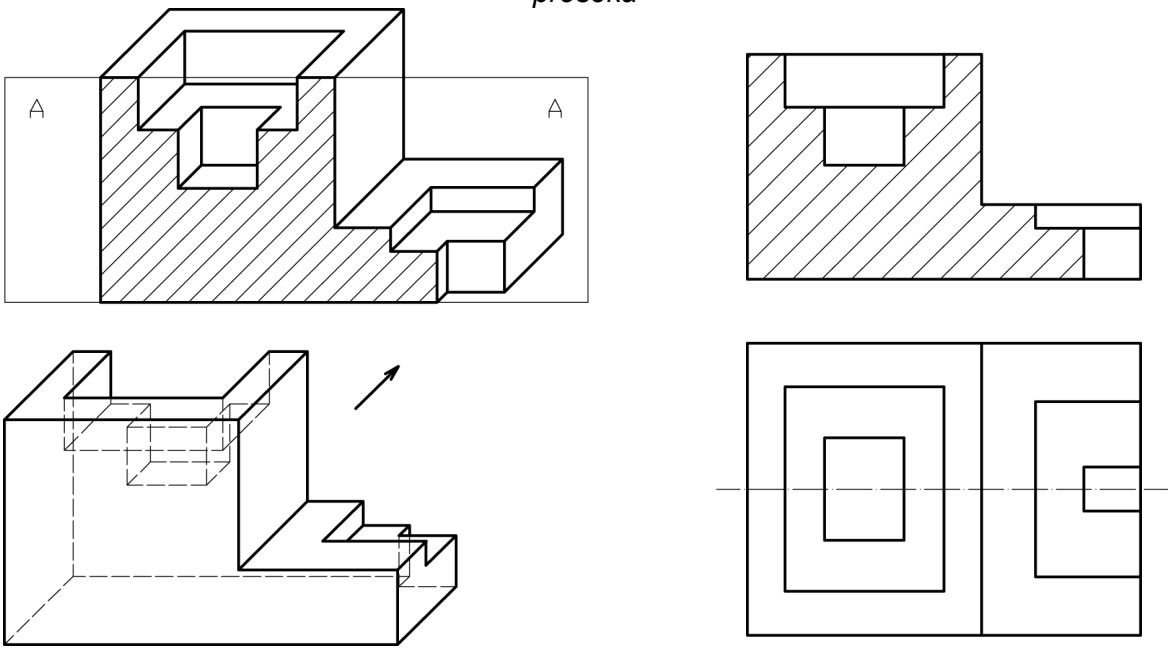
7.1.1. Potpun uzdužni presek

Ako se predmet sa sl. 7.3,a nacrta bez preseka, unutrašnji detalji predmeta na glavnom pogledu se ne vide i crtaju se isprekidanom linijom (sl. 7.3,b). Ovi detalji se ne bi videli niti u pogledu sa strane, odnosno crtali bi se isprekidanom linijom. Dubina unutrašnjih detalja se ne može kotirati, pošto se isprekidane linije ne kotiraju. Zbog toga se predmet zamišljeno potpuno preseče na pola sa ravni A-A, koja je paralelna sa vertikalnom projektnom ravni po dužoj simetralnoj liniji (sl. 7.4,a). Trag ravni odsecanja projektuje se u pogledu odozgo (pogled B) kao linija koja se poklapa sa simetralnom linijom i ne crta se. Dobijeni presek se vidi u glavnom pogledu (sl. 7.4,b). Razlika glavnog pogleda bez i sa presekom je u tome što su nevidljive linije postale vidljive, a pogled B je ostao isti sa i bez preseka. Pošto je sečenje zamišljeno, šrafira se površina predmeta koja je došla u dodir sa ravni sečenja A-A. Potpun poprečni presek koristi se **za nesimetrične predmete.**



a) *b)*

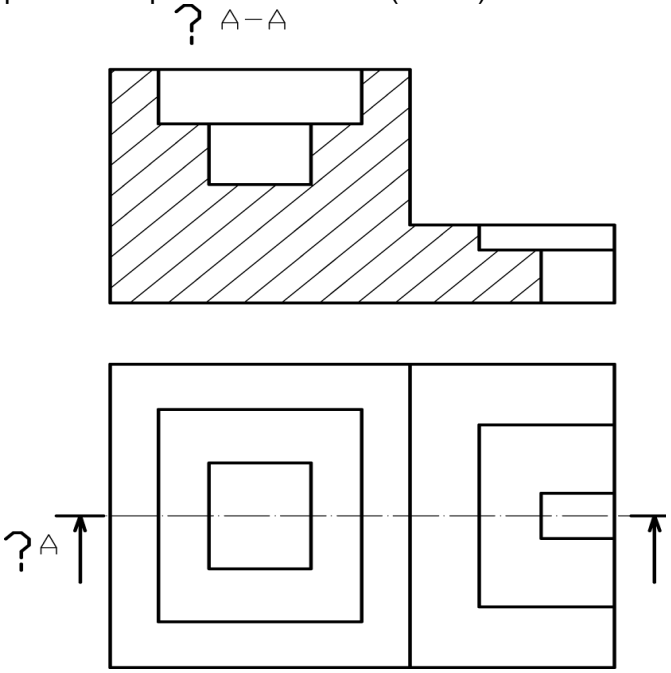
Sl. 7.3: Predmet prikladan za potpun uzdužni presek: a) predmet crtanja, b) pogled A i B bez preseka



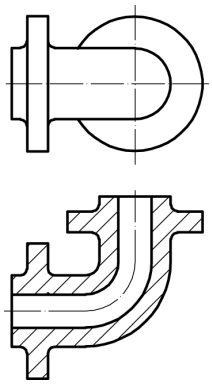
a) *b)*

Sl. 7.4: Potpun presek u pogledu A: a) način sečenja za potpun presek, b) pogled A i B sa presekom

Pogrešno je kada se kod potpunog uzdužnog preseka označi trag ravni sečenja (sl. 7.5) jer se nalazi na simetralnoj liniji. Predmet se može zamišljeno seći tako da se potpun presek dobije na pogledu spreda ili odozgo. Primer potpunog uzdužnog preseka koji se vidi u pogledu odozgo prikazan je na sl. 7.6. Ako je predmet malih debljina, ne šrafira se, već se presečene površine zatamne (sl. 7.7).



Sl. 7.5: Nepotrebno označen trag ravni sečenja (A-A)

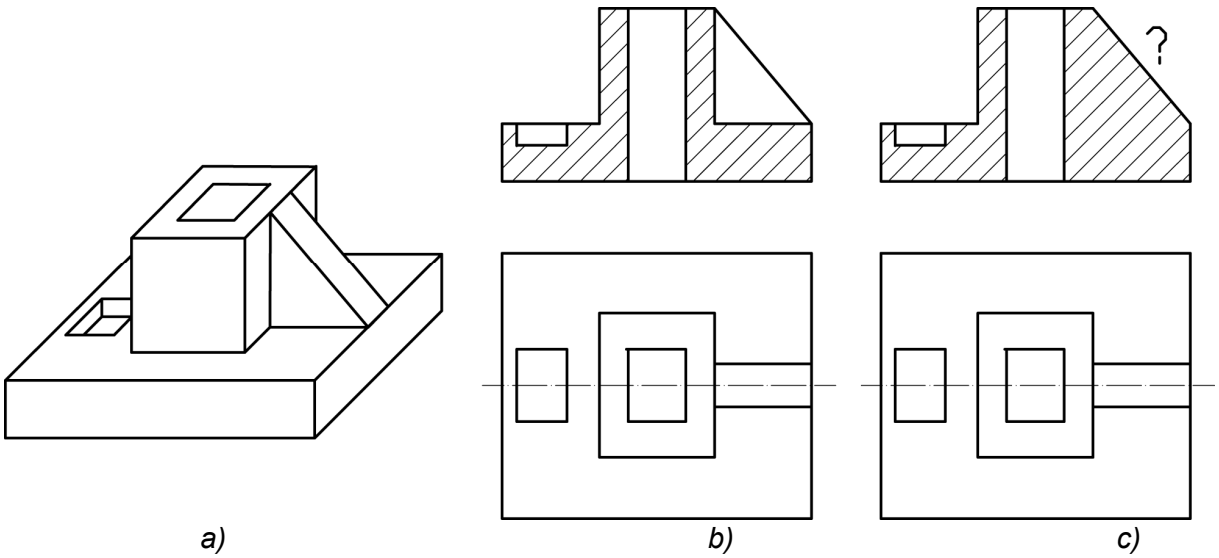


Sl. 7.6: Potpun presek u pogledu B



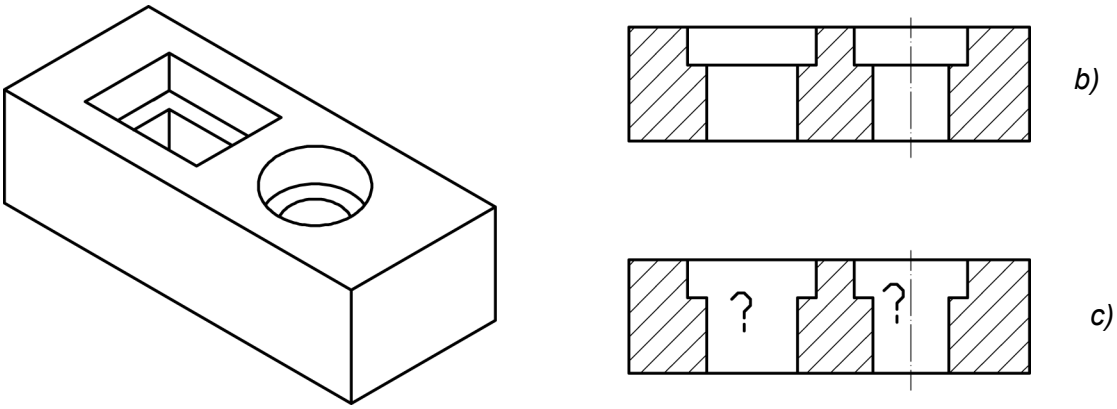
Sl. 7.7: Presek tankih površina

Kada se seku tanka rebra, krilca, paoci itd. ne šrafiraju se, tj. preskaču sa sa sečenjem. Na sl. 7.8,a prikazan je predmet u kosoj projekciji, koji je pogodan za potpun uzdužni presek. Krilce koje se nalazi sa desne bočne strane, ne seče se (ne šrafira se), kao što je prikazano na sl. 7.8,b. Pogrešno nacrtan potpun presek ovog predmeta dat je na sl. 7.8,c.



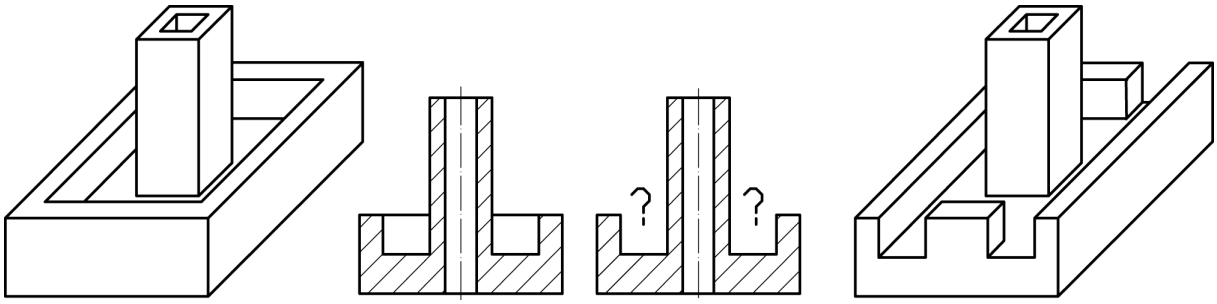
Sl. 7.8: Potpun presek sa izuzetkom sečenja; a) kosa projekcija, b) pravilno, c) nepravilno

Pri crtanju preseka prave se ″početničke″ greške, gde se izostave linije površina koje se nalaze iza ravni sečenja što je prikazano na sl. 7.9. Za predmet sa sl. 7.9,a pravilno i nepravilno je nacrtan glavni pogled, gde su izostavljene linije kontura iza ravni sečenja.



Sl. 7.9: Pravilno i nepravilno nacrtan uzdužni presek: a) predmet, b) pravilno, c) nepravilno

Posledica izostavljanja ovih linija dovodi do pogrešnog čitanja crteža, što je ilustrovano na primeru (sl. 7.10). Ako se greškom izostave ove linije (sl. 7.10,c) predmeti će se međusobno razlikovati (sl. 7.10,a i 7.10,d).

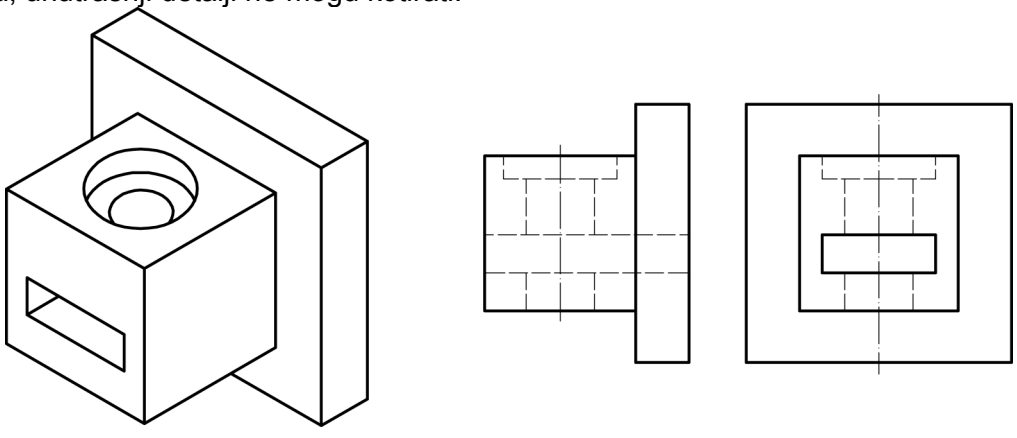


a) *b)* *c)* *d)*

Sl. 7.10: Posledica izostavljanja linija iza ravni odsecanja
a) zadati predmet, b) pravilan glavni pogled, c) nepravilan glavni pogled,
d) izgled predmeta kao posledica greške

7.1.2. Potpun poprečni presek

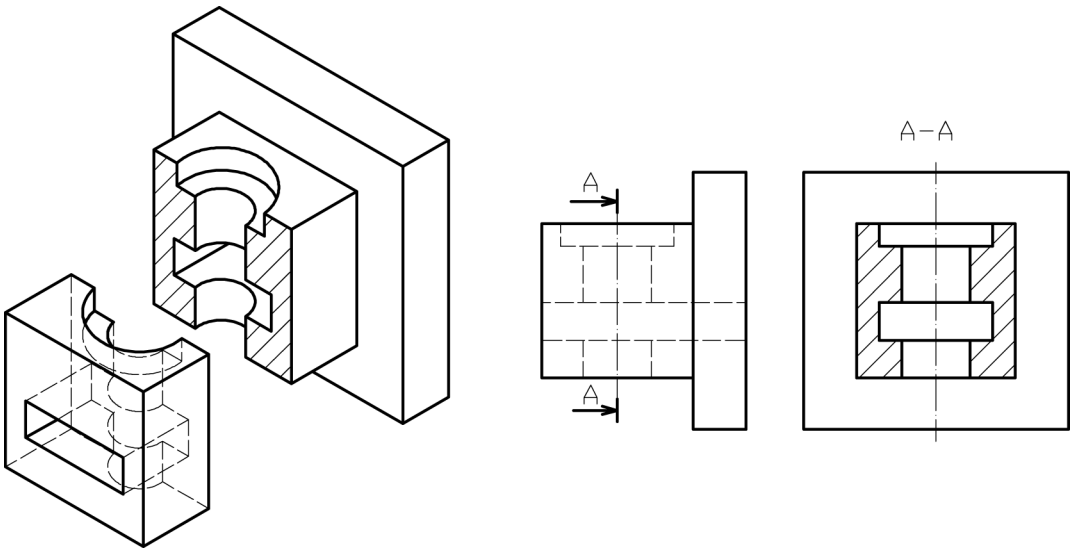
Potpun poprečni presek koristi se **za predmete sa unutrašnjim detaljima koji stoje normalno na dužu simetralnu osu** predmeta. Predmet sa sl. 7.11,a pogodan je za ovaj presek. Na osnovu pogleda spreda (A) i sleva (C) (sl. 7.11,b) može se zaključiti da se bez preseka, unutrašnji detalji ne mogu kotirati.



a) *b)*

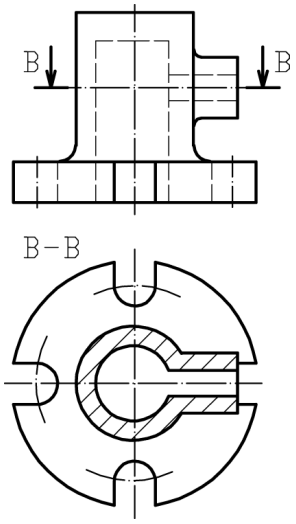
Sl. 7.11: Predmet prikladan za poprečni presek: a) izometrijska slika, b) ortogonalni pogledi

Predmet se zamišljeno odseče sa ravni koja stoji pod uglom od 90° na uzdužnu osu (popreko na dužu osu predmeta) na mestu gde se nalaze unutrašnji detalji predmeta (sl. 7.12,a). Pre crtanja zamišljeno se odstrani prednji deo predmeta. Trag ravni sečenja crta se linijom tipa H i označi strelicom koja pokazuje pravac posmatranja predmeta nakon zamišljenog sečenja (sl. 7.12,b). Na liniji sa strelicom stoji oznaka ravni sečenja A, kao i na dobijenom poprečnom preseku u pogledu C (A-A). Predmet se može seći tako da se poprečni presek vidi u pogledima A, B, C i D.



a) *b)*

Sl. 7.12: Poprečni presek; a) način sečenja za poprečni presek, b) pogled A i C sa presekom



Primer poprečnog preseka koji se vidi u pogledu odozgo prikazan je na sl. 7.13. Predmet se seče sa poprečnom ravni B-B, koja stoji pod uglom od 90° u odnosu na vertikalnu osu, odnosno sa ravni koja je paralelna sa horizontalnom projektnom ravni.

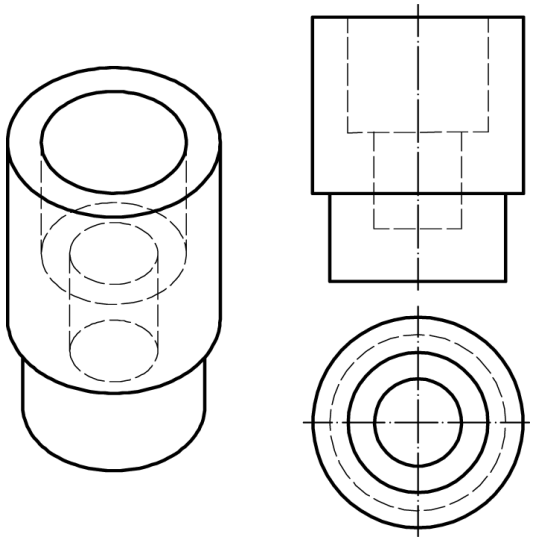
Sl. 7.13: Poprečni presek u pogledu odozgo

7.1.3. Polovičan (četvrt) presek

Polovičan ili četvrt presek koristi se **za predmete koji su potpuno simetrični i po spoljašnjosti i po unutrašnjosti i po svim osama simetrije**. Predmet prikazan na sl. 7.14,a je upravo takav. Sa glavnim pogledom (spreda) i odozgo predmet je jednoznačno definisan (sl. 7.14,b).

Međutim, ne mogu se kotirati dubine rupa. Zbog toga se predmet zamišljeno iseče sa dve izlomljene ravni pod uglom od 90° i to po dvema simetralnim osama predmeta. Praktično, zamišljeno se odseca četvrtina predmeta (sl. 7.15,a). Na desnoj strani predmeta

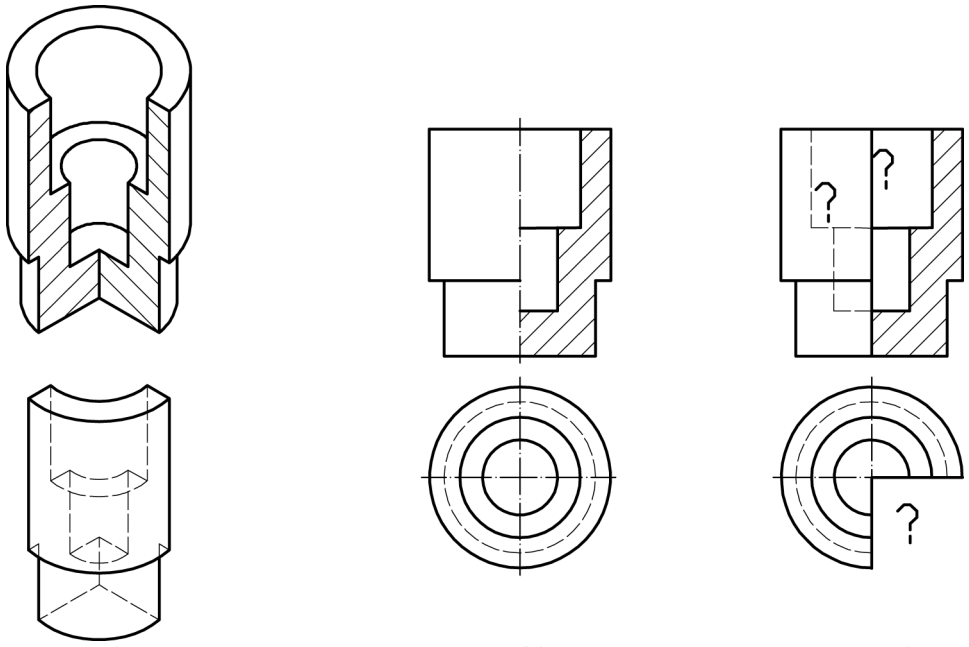
na pogledu A crta se unutrašnjost predmeta (pošto se nakon zamišljenog sečenja vidi), a na levoj strani samo spoljašnjost predmeta (sl. 7.15,b).



a) *b)*

Sl. 7.14: Predmet prikladan za polovičan (četvrt) presek
a) izometrijska slika, b) ortogonalni pogledi

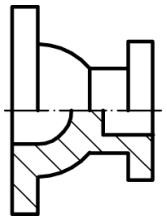
Iako leva polovina predmeta na pogledu A ima untrašnjih nevidljivih detalja, koji su isti kao i na desnoj, oni se ne crtaju, ali se podrazumeva da postoje. Takođe se podrazumeva da je spoljašnjost desne strane predmeta ista kao i leve. Trag ravni se ne označava pošto se predmet seče po osama simetrije. **Četvrt presek je racionalan**, pošto na jednom pogledu obuhvata i spoljašnost i unutrašnjost predmeta.



a) *b)* *c)*

Sl. 7.15: Polovičan (četvrt presek):
a) način sečenja za četvrt presek, b) pravilan presek, c) nepravilan presek

Na sl. 7.15,c namerno su napravljene greške. Ne crtaju se nevidljive linije na onoj četvrtini predmeta koja se ne seče iako postoje, zato što se to podrazumeva, jer je predmet simetričan. Takođe, greška je što je pogled odozgo nacrtan bez četvrtine kruga, pošto je predmet zamišljeno, a ne stvarno tako odsečen. Osim toga, na glavnom pogledu je pogrešno nacrtana konturna linija umesto osne. Bilo bi to pravilno kada bi se predmet tako stvarno odsekao, a ne fiktivno.

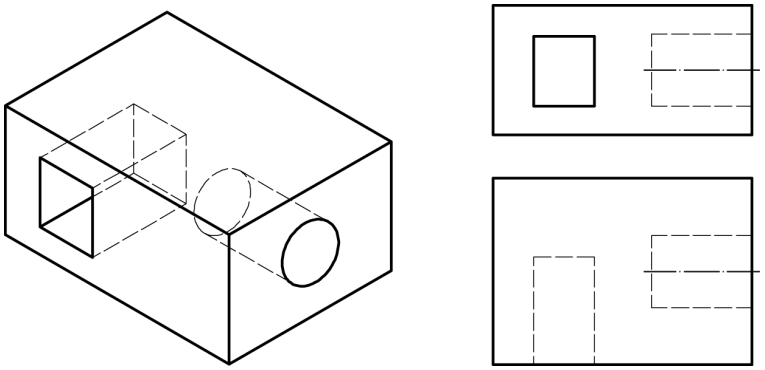


Sl. 7.16: Četvrt presek na pogledu odozgo

Predmet se može seći tako da se četvrt presek vidi i u pogledima B, C i D. Treba težiti da se četvrt presek vidi na desnoj ili donjoj polovini pogleda (sl. 7.16).

7.1.4. Delimičan presek

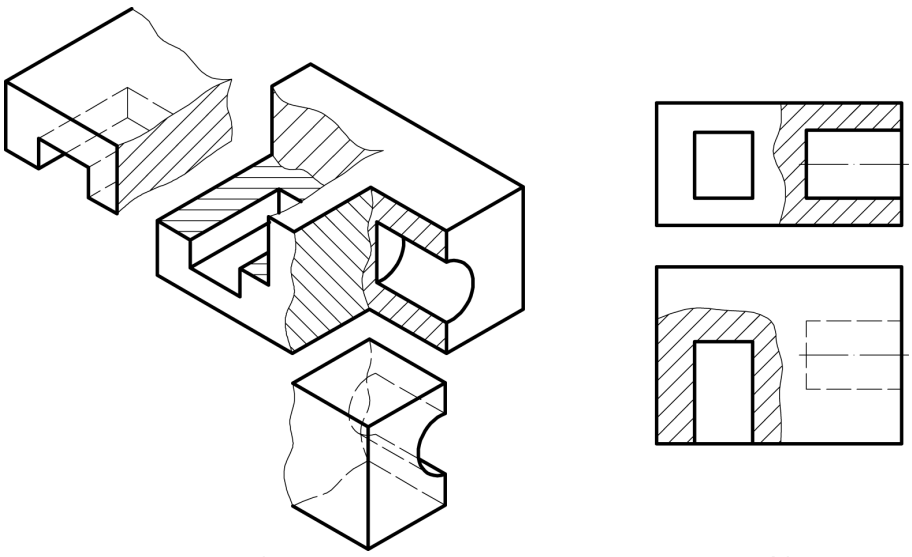
Delimičan presek koristi se za prikazivanje **sitnih unutrašnjih detalja predmeta**, koji se ne mogu ubuhvatiti jednom ravni sečenja. Predmet prikazan na sl. 7.17,a pogodan je za četvrt presek pošto se na ortogonalnim pogledima (sl. 7.17,b) unutrašnji detalji ne vide, a ne mogu se seći jednom ravni.



a) *b)*

Sl. 7.17: Predmet prikladan za delimičan presek: a) izometrijska slika, b) ortogonalni pogledi

Predmet se zamišljeno delimično odseče po osnoj liniji otvora i žljeba tako da se vide po celoj dubini (sl. 7.18,a). Ukoliko se deo unutrašnjeg detalja i nakon delimičnog odsecanja ne vidi, crta se isprekidanom linijom tipa E ili F. Trag ravni sečenja označava se se linijom tipa C ili D (sl. 7.18,b). Šrafurne linije na aksonometrijskom crtežu su različite za isti predmet. Za svaku ravan sečenja bira se druga šrafura različita po nagibu ili gustini (sl. 7.18,a). Na svim ortogonalnim pogledima jednog predmeta šrafura je ista i po gustini i po nagibu (sl. 7.18,b).

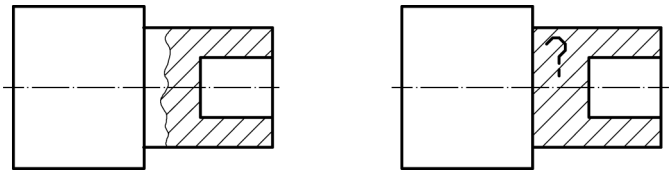


a) *b)*

Sl. 7.18: Delimičan presek: a) način sečenja za delimičan presek, b) pogledi A i B sa

delimičnim presekom

Pri sečenju za delimičan presek treba voditi računa da se predmet ne seče po konturnim linijama, već tako da se vidi trag ravni sečenja, tj. mora postojati linija tipa C ili D. Na sl. 7.19 dat je paravilno i nepravilno nacrtan delimični presek.



a) *b)*

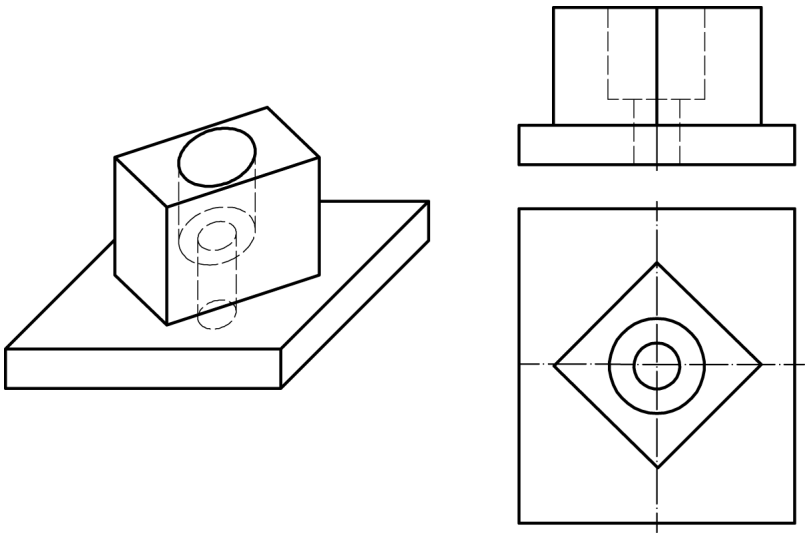
Sl. 7.19: Pravilno i nepravilno nacrtan delimičan presek: a) pravilno, b) nepravilno

7.1.5. Kombinovan četvrt i delimičan presek

Ako predmet **ima unutrašnju ili spoljašnju konturnu liniji koja pada na osnu liniju predmeta po kojoj se seče za četvrt presek,** a predmet je podesan za ovaj presek, koristi se kombinacija delimičnog i četvrt preseka. Zamišljeno se predmet seče po jednoj osi simetrije, a nešto pre ili posle ose, paralelno drugoj osi simetrije, ali slobodnoručno.

Predmet prikladan za ovaj presek dat je na sl. 7.20,a. Konturna linija koja se nalazi sa spoljašnje strane poklapa se sa vertikalnom osom simetrije na glavnom pogledu (sl. 7.20,b).

Predmet se seče po horizontalnoj osnoj liniji, zatim nešto pre druge osne linije, seče se proizvoljno tako da se vidi spoljašnja kontura koja se poklapa sa osnom linijom (sl. 7.21,a). Na taj način ta kontura se vidi i u glavnom pogledu (sl. 7.21,b).

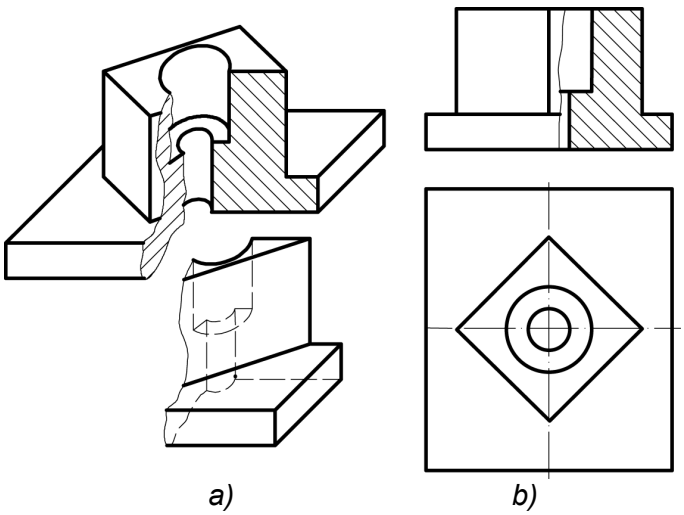


a) *b)*

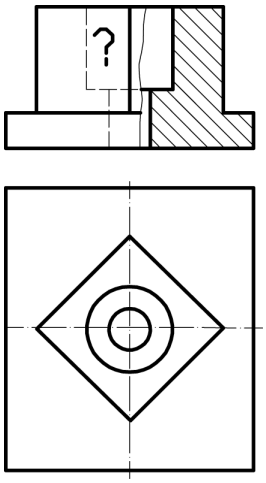
Sl. 7.20: Predmet prikladan za kombinovan četvrt i delimičan presek
a) kosa projekcija, b) ortogonalni pogledi

Nevidljive linije sa leve strane predmeta se ne crtaju, kako je to pogrešno urađeno na sl. 7.22.

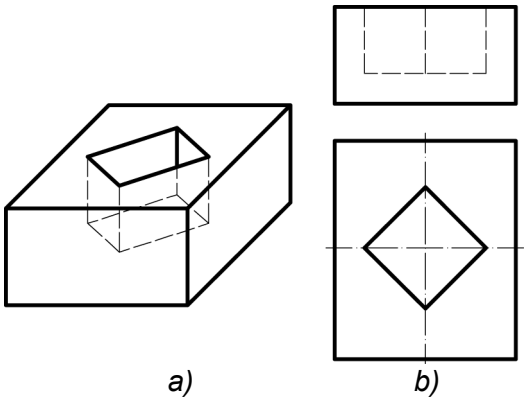
Kada se kontura predmeta, koja se poklapa sa osnom linijom nalazi unutar predmeta (sl. 7.23), javlja se isti problem kao kada se nalazi spolja. Predmet se slično odseca, znači po horizontalnoj osi simetrije, ali malo dalje od preseka sa drugom osom, odakle se seče delimično, ali paralelno sa osom simetrije (sl. 7.24).



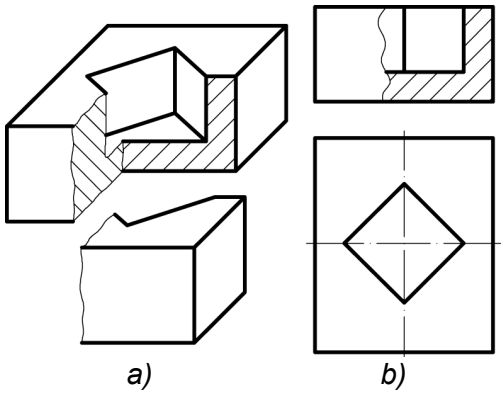
Sl. 7.21: Kombinovan delimičan i četvrt presek kada je kontura spolja; a) način sečenja, b) ortogonalni pogledi sa presekom



Sl. 7.22: Pogrešno nacrtan kombinovan četvrt i delimičan presek



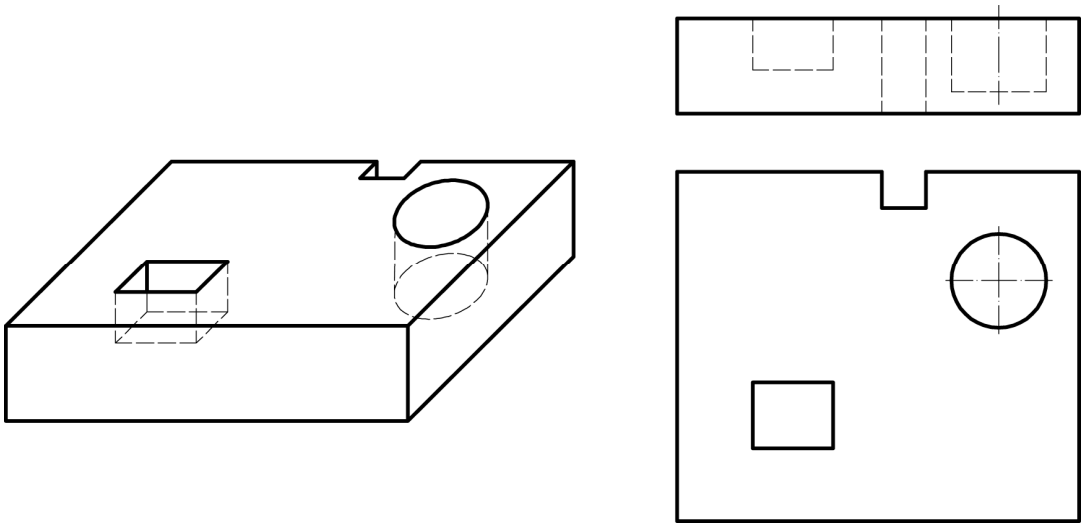
Sl. 7.23: Predmet prikladan za kombinovan četvrt i delimičan presek; a) kosa projekcija, b) ortogonalni pogledi



Sl. 7.24: Kombinovan delimičan i četvrt presek kada je kontura unutra; a) način sečenja, b) ortogonalni pogledi sa presekom

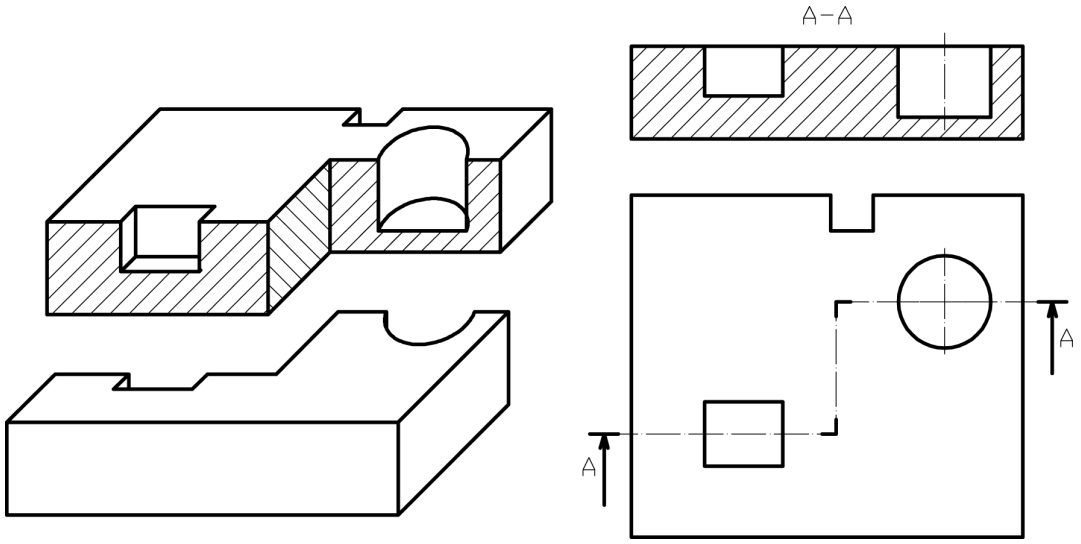
7.1.6. Stepenast (izlomljen) presek

Stepenasti ili izlomljeni presek koristi se **za predmete sa unutrašnjim detaljima koji se ne mogu obuhvatiti sa jednom ravni sečenja**. Ravan sečenja je izlomljena tako da preseče i obuhvati unutrašnje detalje po njihovim pojedinačnim osnim linijama. Trag ravni sečenja označava se linijom tipa H. Predmet na sl. 7.25 je prikladan za stepenast presek. Način sečenja pokazan je na sl. 7.26,a, a pogledi sa stepenastim presekom na sl. 7.26,b.



a) *b)*

Sl. 7.25: Predmet prikladan za stepenast presek; a) kosa projekcija, b) ortogonalni pogledi

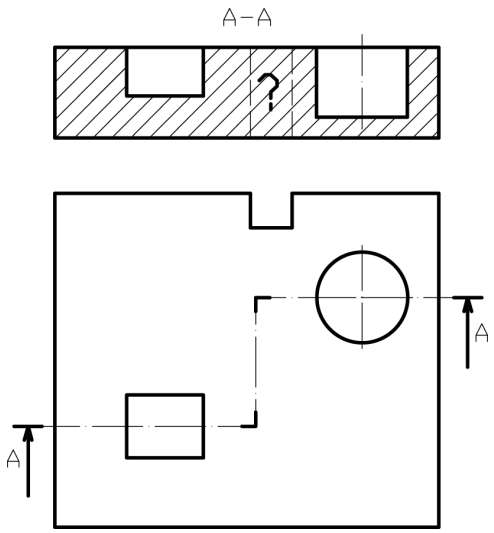


a) *b)*

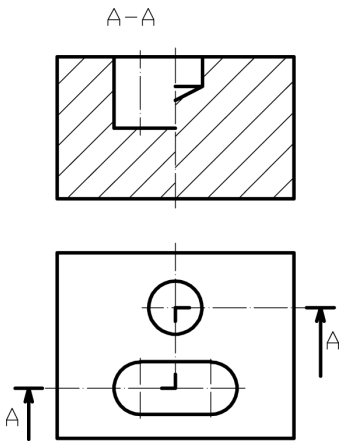
Sl. 7.26: Stepenast presek
a) način sečenja predmeta za stepenast presek, b) pogled sa presekom

Ako neki unutrašnji detalj predmeta nije obuhvaćen sa ravni sečenja, a nalazi se iza ravni sečenja, on se više ne crta (**ne mogu preko šrafurnih linija da se crtaju isprekidane**). Njegovo definisanje se rešava na drugi način. Pogrešno nacrtan stepenast presek, gde su iza ravni sečenja nacrtane isprekidane linije dat je na sl. 7.27.

Kada je ravan sečenja tako izlomljena da se detalji predmeta koji se seku poklapaju kao na sl. 7.28, tada se crta po polovina presečenih detalja. Pri tome se šrafura ″smiče″ na osnoj liniji. Ovakav stepenasti presek može se koristiti ako su presečeni detalji simetrični u odnosu na ravan sečenja.



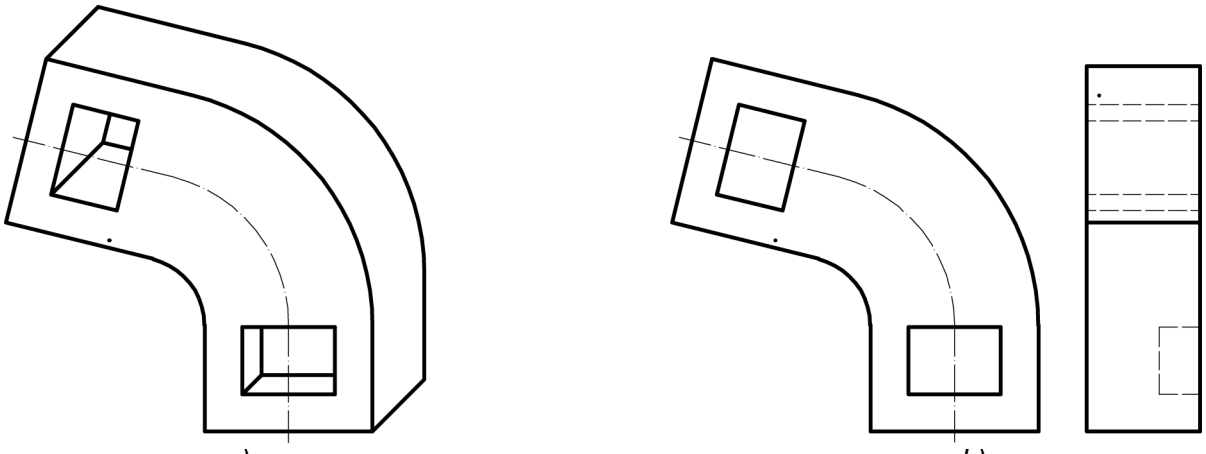
Sl. 7.27: Pogrešno nacrtan stepenast presek



Sl. 7.28:Stepenast presek detalja koji se poklapaju

7.1.7. Zarotiran presek

Zarotiran presek koristi se **za unutrašnje detalje predmeta koji se nalaze pod nekim uglom u odnosu na projektne ravni**, jer projekcije takvih detalja bez ovakvog načina sečenja su deformisane. Stoga se takvi detalji seku pomoću ravni koja prati osnu liniju predmeta, ali se pre crtanja deo ravni sečenja zarotira, sve dok cela ne bude paralelna sa nekom od projektnih ravni. Na taj način se i detalji koji su pod uglom na projektne ravni projektuju nedeformisano. Trag ravni sečenja označava se linijom tipa H. Na sl. 7.29 prikazan je predmet kod kojeg je potreban ovakav presek. Žljeb na gornjem delu predmeta je deformisan na ortogonalnom pogledu (sl. 7.29,b) pošto se nalazi na delu predmeta koji je pod nekim uglom u odnosu na profilnu projektnu ravan.

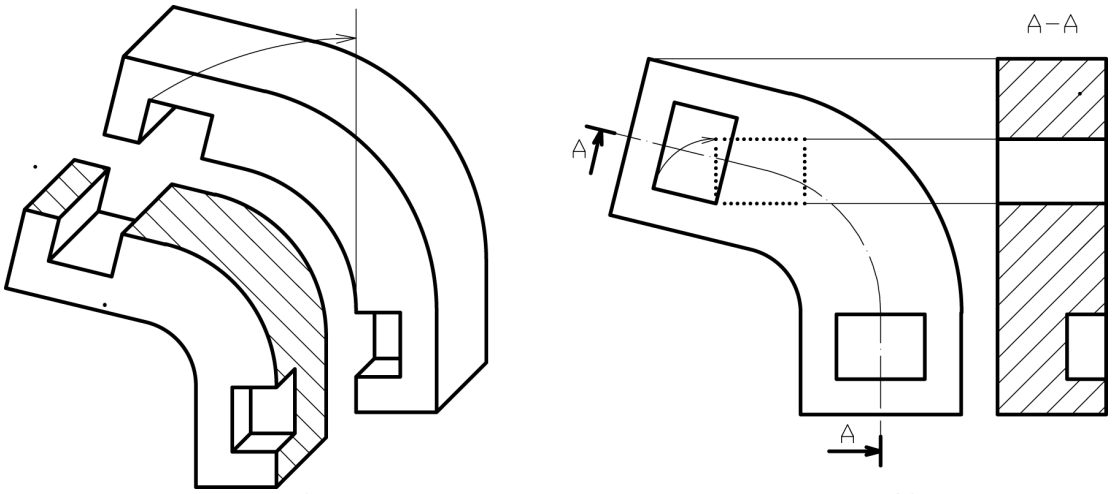


a) *b)*

Sl. 7.29: Predmet prikladan za zarotiran presek; a) kosa projekcija, b) ortogonalni pogledi

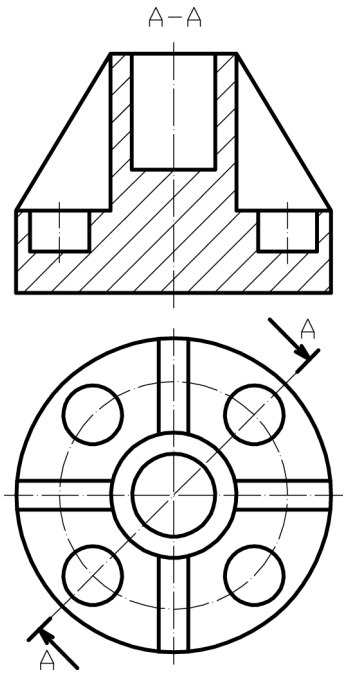
Način sečenja ovog predmeta i dobijanje zarotiranog preseka prikazan je na sl. 7.30,a. Pre nego što se nacrta pogled sa leva, zamišljeno se zarotira deo odsečenog predmeta koji se želi videti u pravoj veličini tako da se nađe na vertikalnoj osnoj liniji (sl. 7.30,b). Položaj žljeba nakon zamišljenog rotiranja prikazan je tačkastom linijom.

Na primeru sa sl. 7.31 rotira se položaj otvora, tako da se i na glavnom pogledu vidi prava (nedeformisana) vrednost osnog kruga. Podrazumeva se da se predmet seče i po simetralnoj liniji preko krilaca, koji se ne šrafiraju. Crtanje zarotiranog preseka pokazano je i na sl. 7.32.

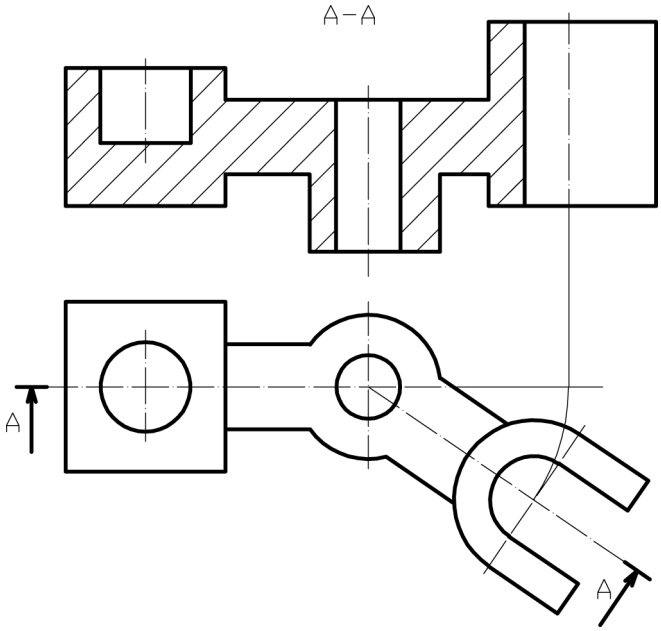


a) *b)*

Sl. 7.30: Princip dobijanja zarotiranog preseka
a) način sečenja, b) ortogonalni pogledi u preseku

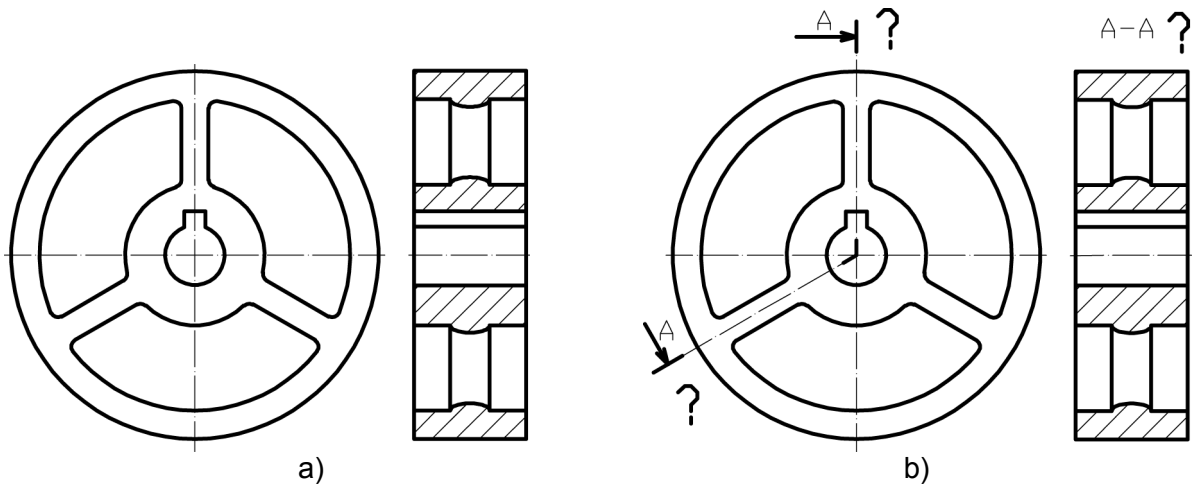


Sl. 7.31: Zarotiran presek zbog položaja krugova



Sl. 7.32: Zarotiran presek

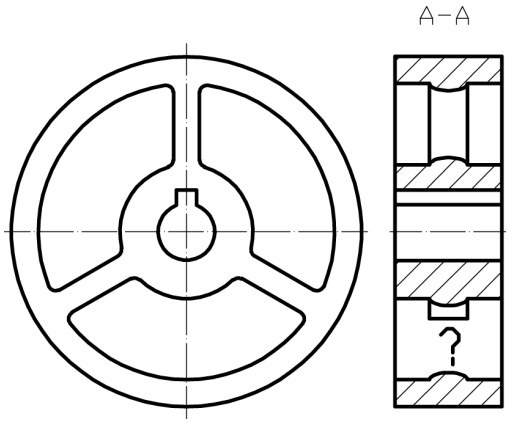
Pri korišćenju zarotiranog preseka kod prenosnika, točkova itd, kada se seku po paocima, čini se izuzetak i trag ravni sečenja se ne označava (sl. 7.33,a). Osim toga, pri sečenju paoka izuzetak je i da se oni ne šrafiraju, odnosno preskaču se pri sečenju i crtaju se onako kako izgledaju spolja. Pogrešno je ako se na ovom predmetu označi trag ravni sečenja, kao što je dato na sl. 7.33,b.



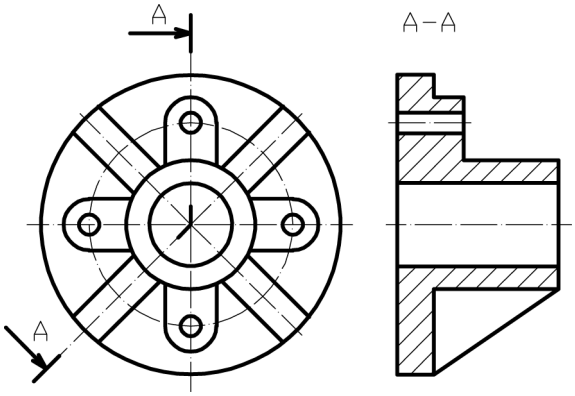
Sl. 7.33: Zarotiran presek kaišnika; a) pravilno, b) nepravilno

Kada bi se za ovaj primer koristio poprečni presek dobijeni pogledi bi bili kao na sl. 7.34. Na osnovu pogleda sa leva moglo bi se pogrešno zaključiti da su paoci kraći nego što stvarno jesu.

Još jedan primer primene zarotiranog preseka prikazan je na sl. 7.35. Predmet je tako sečen i ravan sečenja tako zarotirana da se na gornjoj strani pogleda A-A vidi rupa i prava vrednost poluprečnika osnog kruga, a na donjoj vidi se pravi položaj krilaca. U ovom primeru predmet je sečen samo po označenim ravnima, a ne i po simetralnoj liniji.



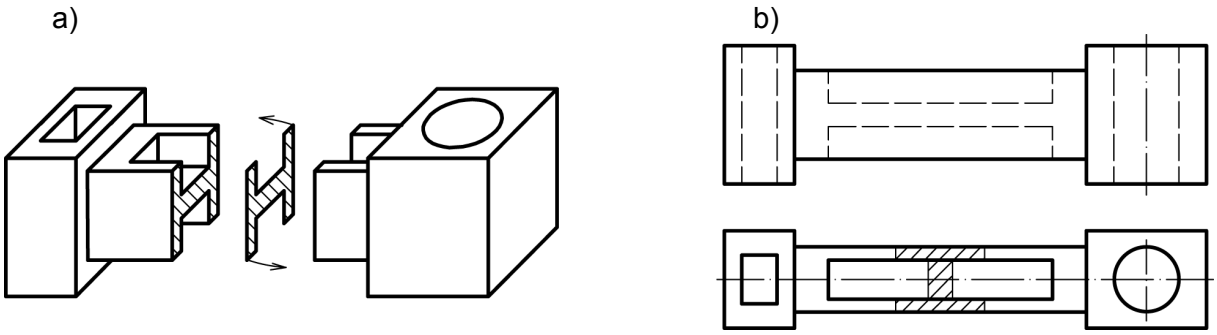
Sl. 7.34: Pogrešno izabrana vrsta preseka



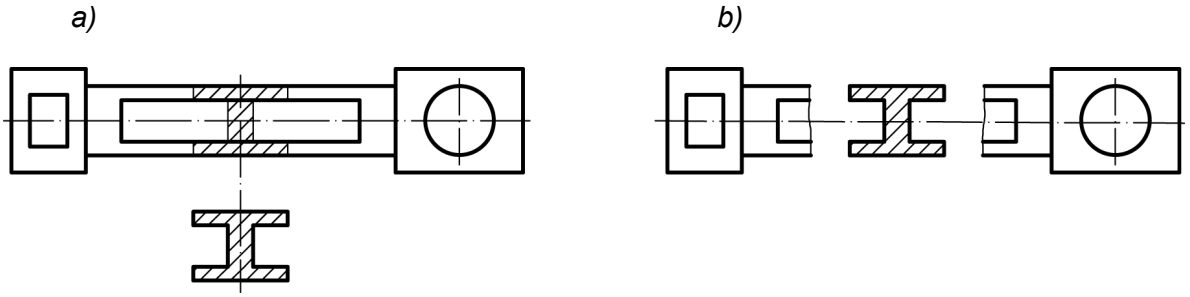
Sl. 7.35: Zarotiran presek zbog rupe i krilaca

7.1.8. Okrenut presek

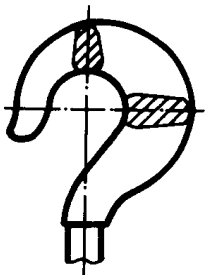
Okrenut presek koristi se **za definisanje poprečnih preseka detalja predmeta**. Detalj predmeta se seče jednom ravni, koja se okrene za 90° i dovede u ravan crtanja. Na primeru sa sl. 7.36,a pokazan je princip dobijanja okrenutog preseka. Površina koja se dodirne sa ravni sečenja okrene se i crta na mestu gde se taj detalj stvarno nalazi ili van tog mesta. Kada se crta na mestu gde se nalazi, crta se tankom linijom tipa B, šrafira se i ima prednost nad konturama na tom mestu (sl. 7.36,b). Okrenut presek, iako je nacrtan tankom linijom, može se kotirati i označiti sa ostalim potrebnim oznakama za toleranciju, hrapavost itd. Ako na tom mestu ima spoljašnjih kontura ili je malo prostora, okrenut presek se može nacratati i izvan pogleda, ali tada debelom linijom tipa A. Presek i projekcija su spojeni osnom linijom tipa G (sl. 7.37,a). Okrenut presek se može nacrtati na mestu gde se nalazi, tako što se skrati pogled na tom mestu. Tada se takođe, crta debelom linijom (sl. 7.37,b).



Sl. 7.36: Princip dobijanja okrenutog preseka
a) način sečenja, b) ortogonalni pogledi sa presekom



Sl. 7.37: Različiti položaji crtanja okrenutog preseka
a) van mesta gde se stvarno nalazi, b) na mestu gde se stvarno nalazi

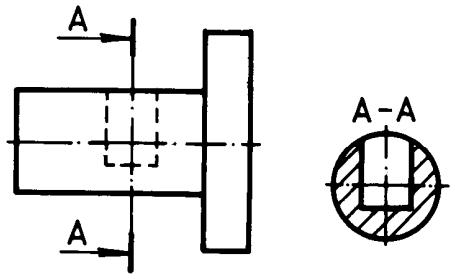


Sl. 7.38: Okrenut presek kuke

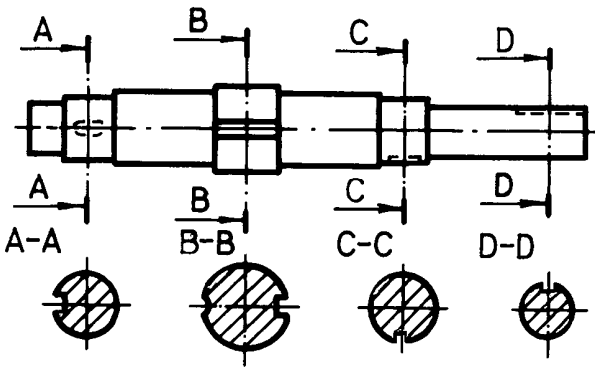
Poprečni presek kuke (sl. 7.38) najjednostavnije se prikazuje okrenutim presekom. Na ovaj način se smanjuje potreban broj pogleda.

7.1.9. Mestimičan presek (razrez)

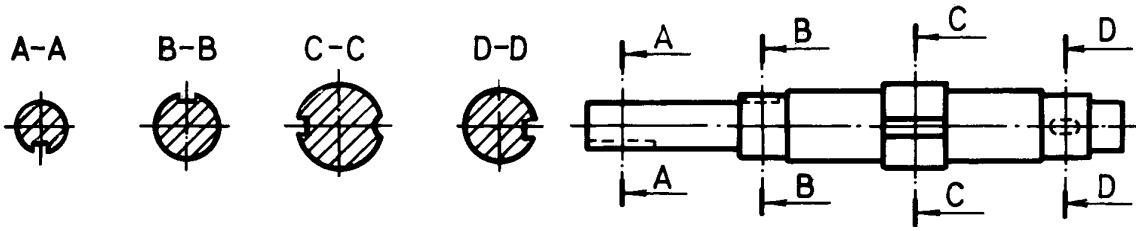
Mestimičan presek ili razrez dobija se tako što **se predmet zamišljeno preseče (kao i za presek) i nacrta se samo onaj deo predmeta, koji je došao u dodir sa ravni sečenja, bez ostale pozadine predmeta.** Dobijeni razrez može se nacrtati na proizvoljnom mestu na formatu, a ne po tačno određenom rasporedu pogleda, evropskom ili američkom. Označava se linijom tipa H. Način dobijanja mestimičnog preseka (razreza) prikazan je na sl. 7.39, a drugi primeri na sl. 7.40 i 7.41.



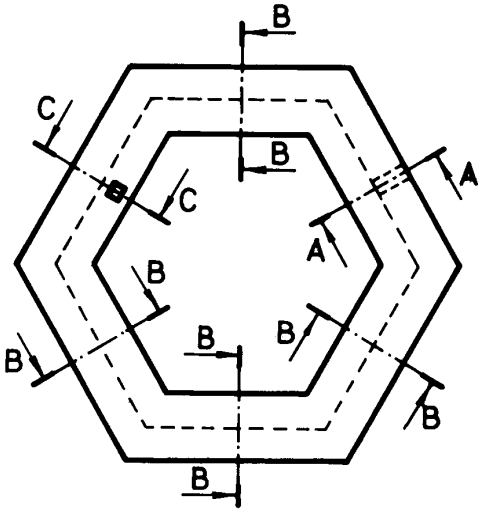
Sl. 7.39: Način dobijanja mestimičnog preseka (razreza)



Sl. 7.40: Korišćenje razreza



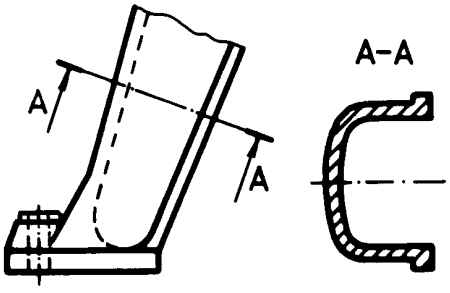
Sl. 7.41: Primena razreza



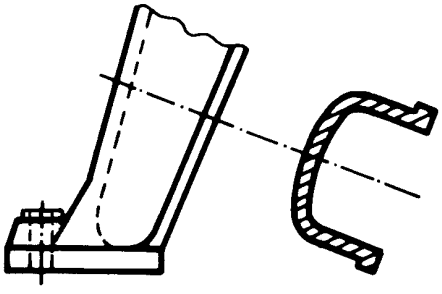
Ako su dobijeni razrezi na različitim mestima isti, crtaju se kao na sl. 7.42, bez ponavljanja.

Poprečni presek predmeta sa sl. 7.43 pokazan je korišćenjem razreza sa ravni A-A. To isto se moglo rešiti i okrenutim presekom na tom mestu (sl. 7.44). Dobija se ista slika poprečnog preseka, samo u drugom položaju u odnosu na predmet.

Sl. 7.42: Isti razrezi na različitim mestima



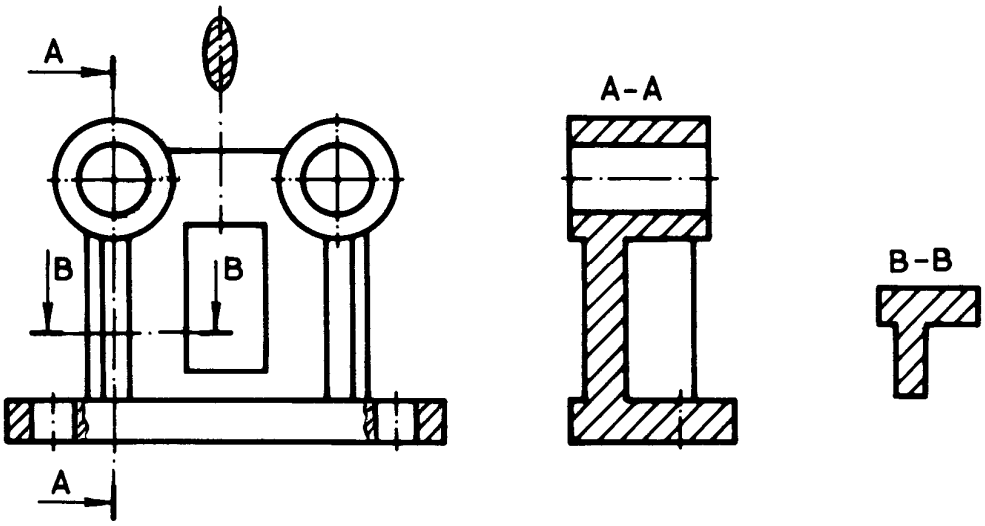
Sl. 7.43: Korišćenje razreza



Sl. 7.44: Korišćenje okrenutog preseka

7.1.10. Kombinovani preseci

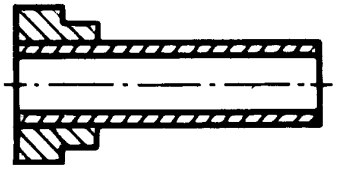
Kombinovani preseci su r**azličite kombinacije svih preseka,** zavisno od izgleda predmeta. Kombinuju se oni preseci koji će jasno jednostavno i racionalno jednoznačno definisati izgled predmeta i po spoljašnjosti i po unutrašnjosti. **Preseke ne treba praviti bez određene namene i potrebe**, već samo onda kada se unutrašnji detalji ne mogu bez preseka kotirati, označiti kvalitet površina itd. Primer kombinacije preseka prikazan je na sl. 7.45. Kombinovan je poprečni presek sa ravni A-A, mestimični (razrez) sa ravni B-B, okrenut, koji je nacrtan van mesta gde se on stvarno nalazi i delimičan.



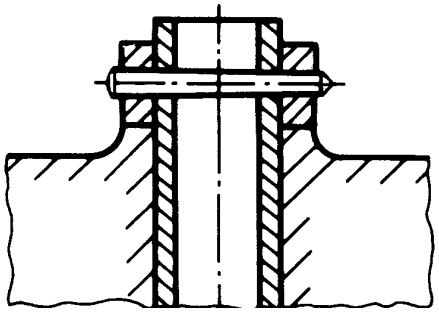
Sl. 7.45: Kombinovani presek (poprečni, delimični, okrenuti i razrez)

7.2. PRESEK VIŠE DELOVA U SKLOPU

Kada se predmeti nalaze u sklopu (naležu jedan na drugi) i kada imaju neku zajedničku funkciju, obavezno se crtaju koristeći neki od preseka. Pri tome se različiti predmeti šrafiraju različitim šrafurama, bilo po nagibu, bilo po gustini. Na sl. 7.46 nacrtana su dva predmeta u sklopu, korišćenjem uzdužnog preseka. Na sl. 7.47 prikazana su 4 predmeta u sklopu, takođe, korišćenjem uzdužnog preseka. Na ovom primeru čivija nije šrafirana, pošto se svi elementi za vezu (čivije, klinovi, zavrtnjevi, zakivci, podloške, osigurači itd.) ne seku se (ne šrafiraju se), odnosno preskaču se pri sečenju i crtaju se kako izgledaju spolja. Ovaj izuzetak važi i za druge mašinske elemente u sklopu: vratila, osovine, osovinice, kotrljajni elementi, ležaja itd. Izuzetak mogu činiti i drugi mašinski delovi čije su površine velike za šrafiranje, čijim bi šrafiranjem crtež bio jako šaren i nepregledan. Površina, koja je velika za šrafiranje, može se šrafirati samo uz konturu, a ostali deo da ostane nešrafiran (sl. 7.47).

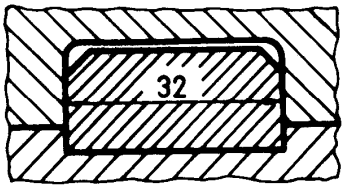


Sl. 7.46: Presek dva predmeta u sklopu

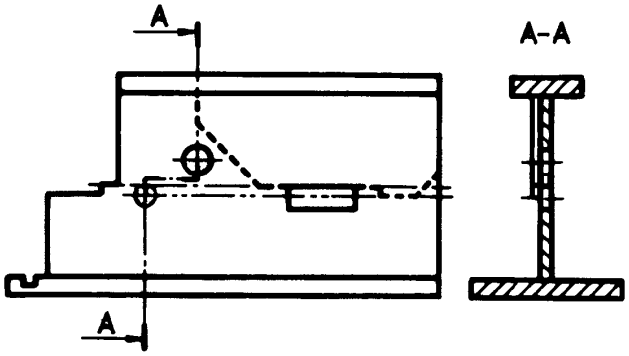


Sl. 7.47: Presek četiri predmeta u sklopu

Presek tri predmeta u sklopu kada se daje kota prikazan je na sl. 7.48. Obično je to kota sa tolerancijom naleganja. Primena stepenastog preseka za četiri dela u sklopu pokazana je na (sl. 7.49).



Sl. 7.48: Presek tri dela u sklopu sa kotom



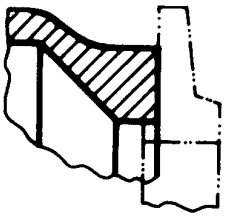
Sl. 7.49: Stepenast presek četiri dela u sklopu

Kada su predmeti uskih površina u sklopu, ne šrafiraju se, već se zatamne (sl. 7.50). Pri tome se crtaju tako, kao da se ne dodiruju, odnosno ostaje belina između zatamnjenih površina.

Presek sklopa dva predmeta, od kojih za jedan nije bitno kako izgleda i koji je nacrtan linijom tipa K, crta se kao na sl. 7.51. Šrafira se samo jedan predmet, a onaj koji je nacrtan linijom tipa K ne šrafira se.



Sl. 7.50. Šrafiranje tankih predmeta u sklopu



Sl. 7.51: Presek dva dela od kojh je jedan nacrtan linijom tipa K

Tri predmeta u sklopu nacrtana primenom potpunog preseka data su na sl. 7.52,a i kada je korišćen četvrt presek (sl. 7.52,b).

a) *b)*



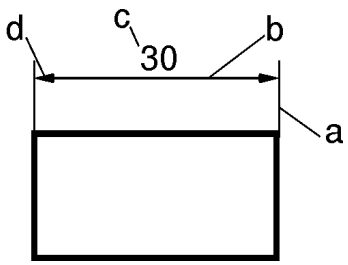
Sl. 7. 52. Crtanje sklopa primenom potpunog i četvrt preseka

8. KOTIRANJE (DIMENZIONISANJE)

8.1. OSNOVNI ELEMENTI KOTIRANJA

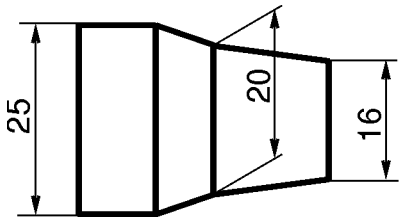
Kotiranje ili dimenzionisanje predstavlja **označavanje dimenzija predmeta na crtežu**. Da bi se crtež kotirao koriste se odgovarajući elementi za kotiranje. Elementi za kotiranje su: pomoćna kotna linija, kotna linija, kotni završetak (strelica) i kotni broj (sl. 8.1). Osim ovih elemenata mogu se koristiti: pokazna linija, početni kružić, tačka i crtica.

Pomoćna kotna linija crta se u produžetku konturnih linija predmeta koji se kotiraju ili, ako je malo mesta, može i pod proizvoljnim uglom (sl. 8.2). Mogu izostati pomoćne kotne linije (sl. 8.3), ako unutar kontura predmeta ima mesta za ostale elemente kotiranja.

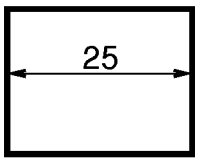


a) pomoćna kotna linija
b) kotna linija
c) kotni broj
d) kotni završetak (strelica)

Sl. 8.1: Osnovni elementi kotiranja

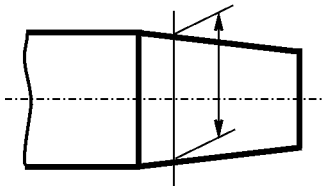


Sl. 8.2: Pomoćne kotne linije

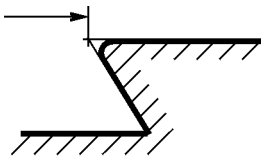


Sl. 8.3: Izostavljene pomoćne kotne linije

Ako se kotira neki od prečnika konične površine, tada se pomoćne kotne linije povlače od pokazne linije pod nekim proizvoljnim uglom (sl. 8.4). Kada se kotira neka fiktivna površina predmeta, tada se pomoćne kotne linije seku sa pokaznim linijama fiktivnih površina (sl. 8.5).



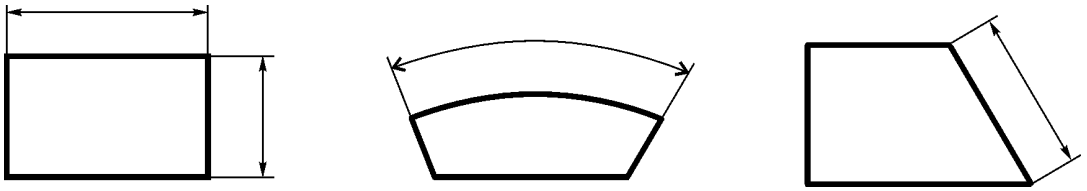
Sl. 8.4: Kotiranje jednog od prečnika konične površine



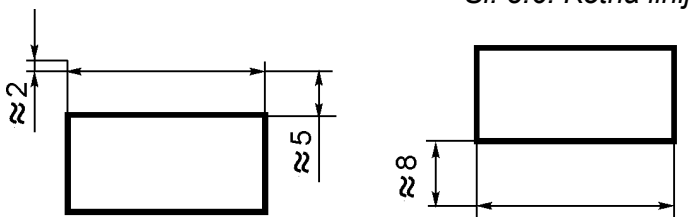
Sl. 8.5: Kotiranje fiktivnih površina

Kotna linija je paralelna sa konturom predmeta koja se kotira (sl. 8.6). Rastojanje između konturne i kotne linije kreće se približno od 5 do 8 mm, zavisno od visine kotnog broja i od toga gde se on nalazi (sl. 8.7). Pomoćna kotna linija prelazi glavnu linije za oko 2 mm. Ako se skraćuje pogled, kotna linija se ne prekida (sl. 8. 8).

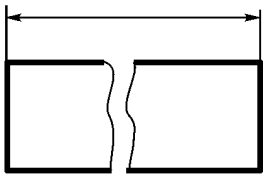
Pomoćna i kotna linija crtaju se linijom tipa B.



Sl. 8.6: Kotna linija



Sl. 8.7: Odstojanje kotne linije od konturne

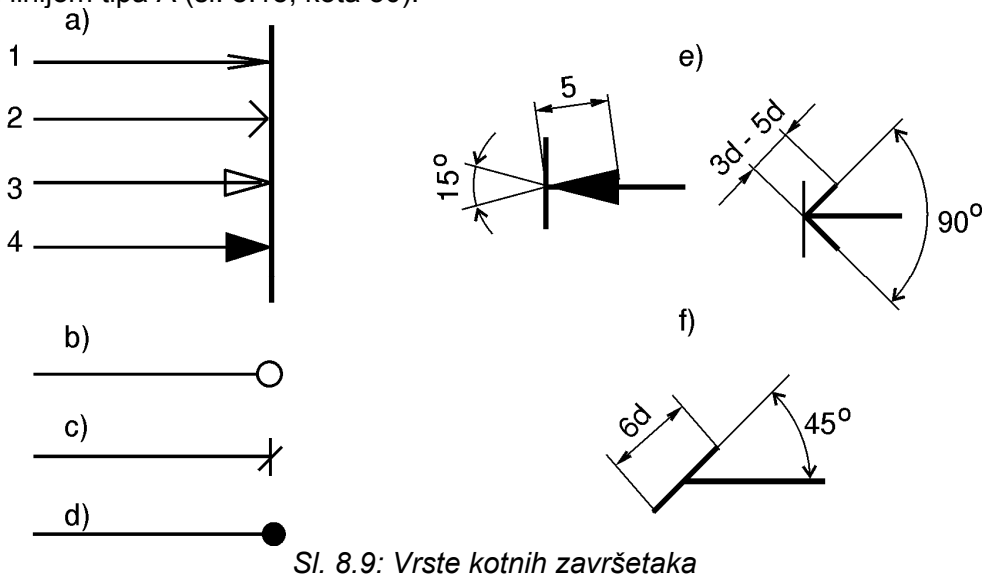


Sl. 8.8: Kotna linija kod skraćenog pogleda

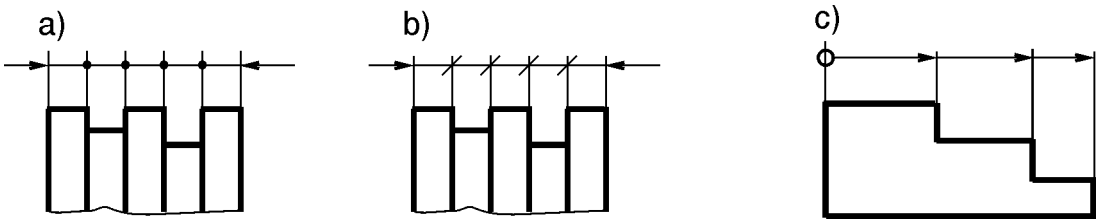
Kotni završetak je obično strelica različitih oblika (sl. 8.9,a). Na jednom crtežu koristi se jedna od mogućnosti. Prednost ima prvi oblik strelice (sl. 8.9,a broj 1). Površina predmeta koja predstavlja bazu paralelnog kotiranja označava se početnim kružićem (sl. 8.9,b). Ako su mala rastojanja između pomoćnih kotnih linija, umesto strelice može se koristi kosa crtica ili tačka (sl. 8.10,c,d). Strelice se ne crtaju priborom, već rukom. Različite su veličine, zavisno od predmeta crtanja. Dimenzije strelica date su na sl. 8.9,e. Kose crtice se crtaju priborom i dimenzija su kao na sl. 8.9,f. Kotna strelica može da se piše unutar pomoćnih kotnih linija ili sa spoljašnje strane (sl. 8.11).

Kotni broj predstavlja vrednost dimenzije na predmetu u **mm** (na crtežima u mašinstvu), bez obzira na to koja je razmera crtanja. Piše se tako da se može čitati sleva na desno (sl. 8.12), i to prevenstveno na sredini kotne linije. Ako je kotna linija vertikalana, kotni broj se piše kao na sl. 8.12,b, što proizilazi iz principa obrtanja crteža pri posmatranju. Crtež se posmatra tako da je zaglavlje dole desno ili se obrne iz tog položaja samo jednom za 90° u smeru kazaljke na satu (sl. 8.13). Kotni broj se može pisati i horizontalno na vertikalnoj kotnoj liniji, ali tada se mora prekinuti kotna linija, pošto broj ima prednost (sl. 8.12,c). Kotni broj se ne može pisati kao na sl. 8.12,d.

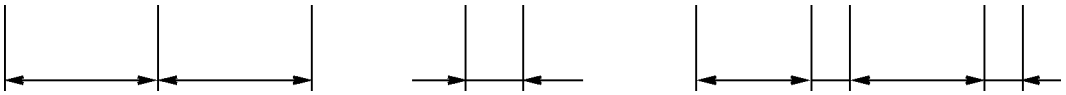
Kada su kotne linije pod nekim proizvoljnim uglovima, položaj kotnog broja treba da je kao na sl. 8.14. Ako nema dovoljno mesta na kotnoj liniji kotni brojevi se mogu pisati kao što je na sl. 8.15. Ako se neka kota nacrta mimo razmere crtanja, ona se podvuče punom debelom linijom tipa A (sl. 8.15, kota 30).



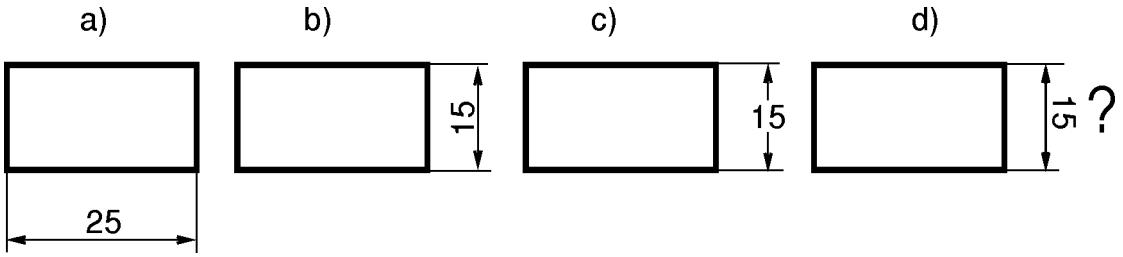
Sl. 8.9: Vrste kotnih završetaka



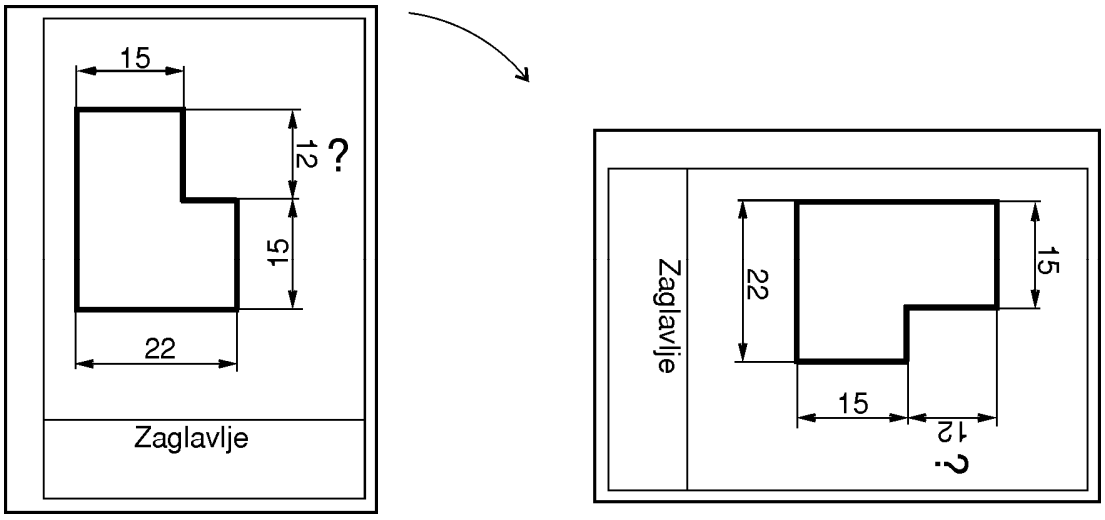
Sl. 8.10: Tačka, crtica i početni kružić umesto kotne strelice
a) tačka umesto strelice, b) crtica umesto strelice, c) početni kružić umesto ctrelice



Sl. 8.11: Položaj kotnih strelica u odnosu na pomoćne kotne linije

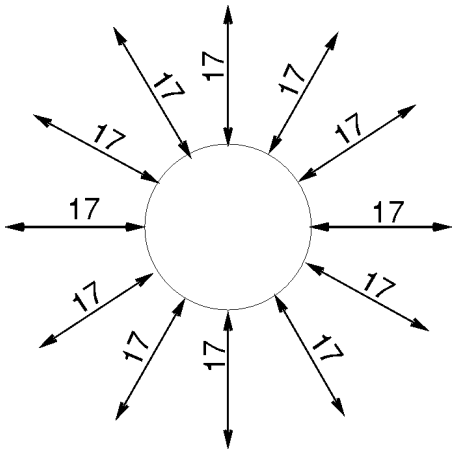


Sl. 8.12: Kotni brojevi
a) na horizontalnoj kotnoj liniji, b)c) na vertikalnoj kotnoj liniji,
d) nepravilno pisanje kotnog broja

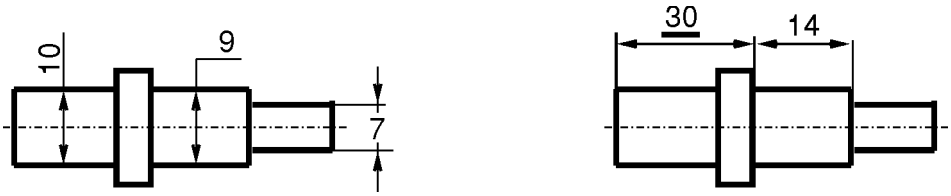


Sl. 8.13: Princip obrtanja crteža pri kotiranju

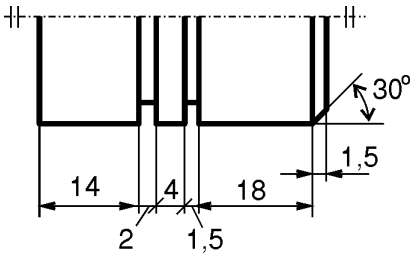
Ako nema dovoljno mesta na kotnoj liniji za ispisivanje kotnog broja, koristi se pokazna linija pored koje stoji kotni broj ispisan horizontalno (sl. 8.16). Kotni broj se piše, pre svega, paralelno sa kotnom linijom ili, ako to nije zgodno zbog ugla pod kojim je kotna linija, tada su kotni brojevi horizontalni na prekinutoj kotnoj liniji. Može se na jednom crtežu koristititi samo jedna od dve alternative (sl. 8.17).



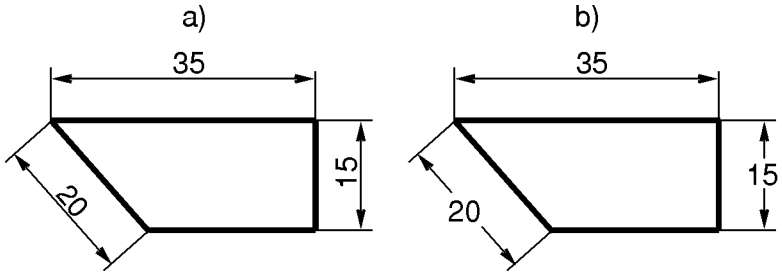
Sl. 8.14: Položaji kotnih brojeva



Sl. 8.15. Mogući položaji kotnih brojeva i podvučen kotni broj

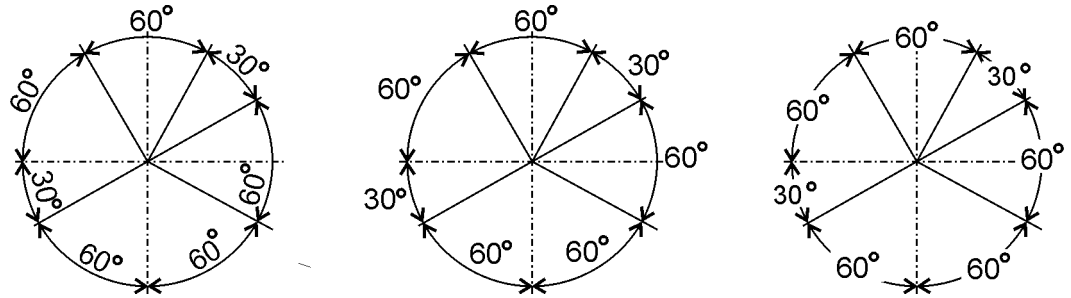


Sl. 8.16: Pokazna linija za pisanje kotnih brojeva



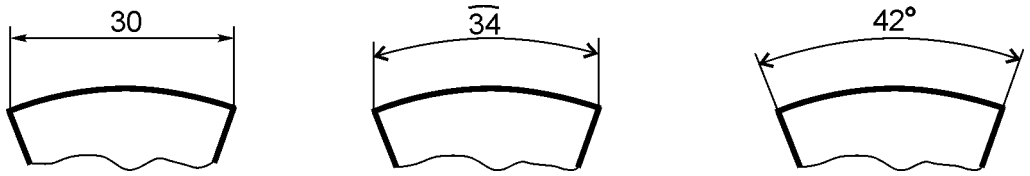
Sl. 8.17: Alternative ispisivanja kotnih brojeva a) prioritetan način, b) alternativni

Uglovi se kotiraju tako da kotni broj predstavlja vrednost ugla u stepenima. Za pisanje kotnih brojeva uglova koristi se jedan od načina pokazan na sl. 8.18. Prednost ima jedan od prva dva načina.

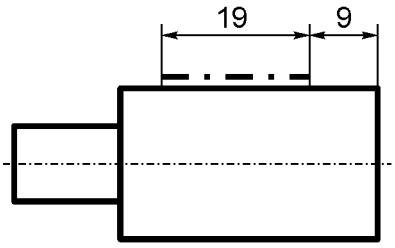


Sl. 8.18: Kotiranje uglova i način pisanja kotnih brojeva uglova

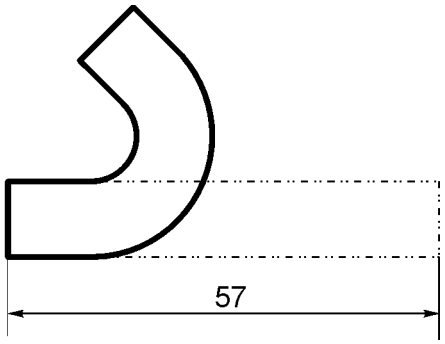
Način kotiranja tetive, luka i ugla luka dat je na sl. 8.19. Kotiranje dela predmeta sa nekim posebnim zahtevom, definisanim linijom tipa J pokazano je na sl. 8.20. Kotiranje dela predmeta pre definitivnog oblikovanja pokazano je na sl. 8.21. U ovom slučaju linija tipa K ima status linije tipa A, što znači da se može kotirati.



Sl. 8.19: Kotiranje tetive, luka i ugla luka

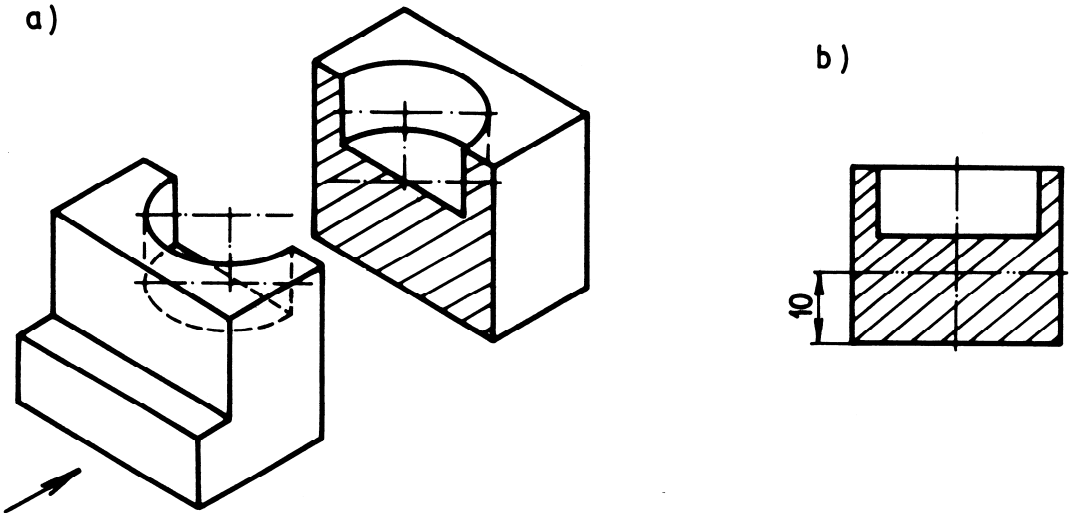


Sl. 8.20: Kotiranje dela predmeta definisanog linijom tipa F



Sl. 8.21: Kotiranje predmeta pre konačnog oblikovanja

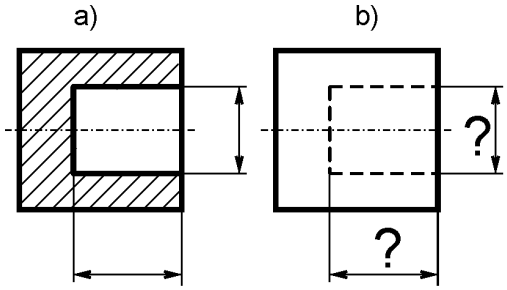
Kotiranje dela predmeta koji se nalazi ispred ravni sečenja, a nacrtan je linijom tipa K, kotira se isto kao da je linija tipa A (sl. 8.22). Na taj način se smanjuje broj potrebnih pogleda.



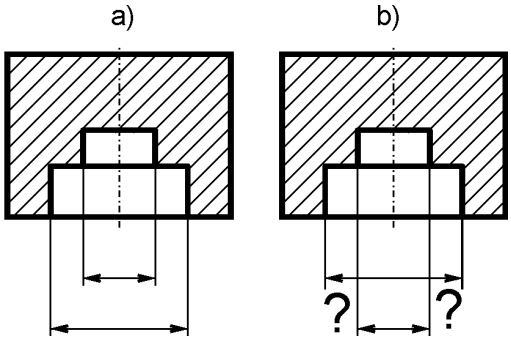
Sl. 8.22: Kotiranje dela predmeta koji je nacrtan linijom tipa K
a) način sečenja predmeta b) glavni pogled

8.2. OSNOVNA PRAVILA KOTIRANJA

Pomoćne kotne linije ne mogu polaziti od isprekidanih linija (sl. 8.23), ne mogu se bezpotrebno seći (sl. 8.24) i ne treba da budu suviše dugačke (sl. 8.25).

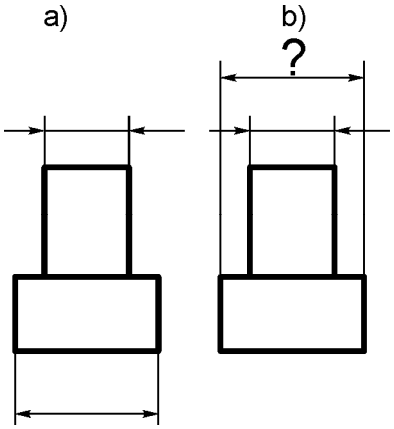


Sl. 8.23: Pomoćne kotne linije na unutrašnjim konturama a) pravilano, b) nepravilno

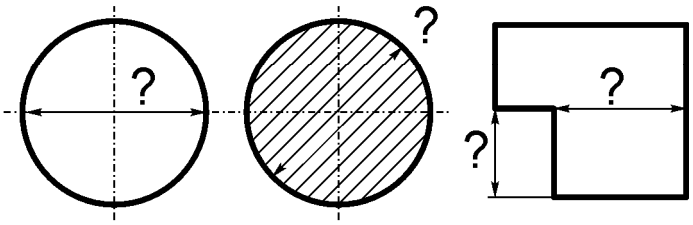


Sl. 8.24: Sečenje pomoćnih kotnih linija a) pravilno, b) nepravilno

Kotna linija ne sme da leži na osnoj, na konturnoj, niti da je u produžetku konturne linije i ne sme da bude paralelna sa šrafurnim linijama (sl. 8.26).

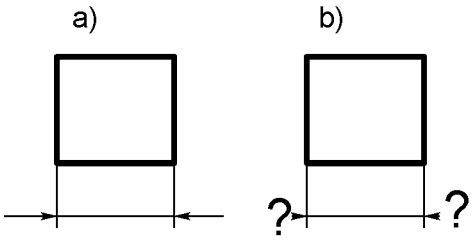


Sl. 8.25: Dužine kotnih linija a) pravilno, b) nepravilno

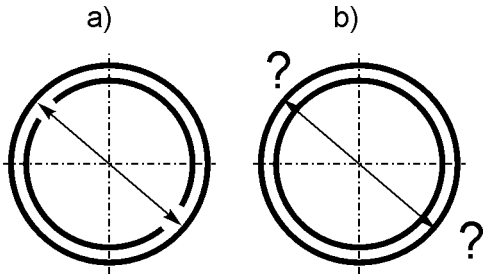


Sl. 8.26: Nedozvoljeni položaji kotne linije

Kotna strelica ne sme biti sama bez kotne linija (sl. 8.27,b). Ako mora da se seče kotna strelica i konturna linija, prednost ima strelica i na tom mestu se prekine konturna linija (sl. 8.28,a).

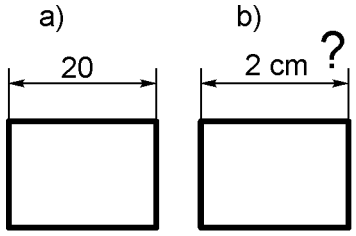


Sl. 8.27: Kotna strelica i pomoćna kotna linija a) pravilano, b) nepravilano

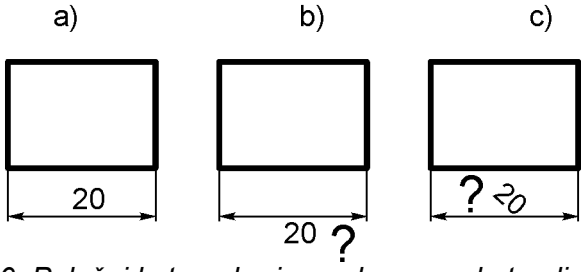


Sl. 8.28: Presek konturne i kotne linije a) pravilno, b) nepravilno

Kotni broj ne može biti u drugim jedinicama na crtežima u mašinstvu, osim u mm (sl. 8.29). Kotni broj treba da leži na horizontalnoj kotnoj liniji i da je paralelan sa njom. Pri tome ne sme da dodirne niti kotnu, nitu konturnu liniju (sl. 8.30).



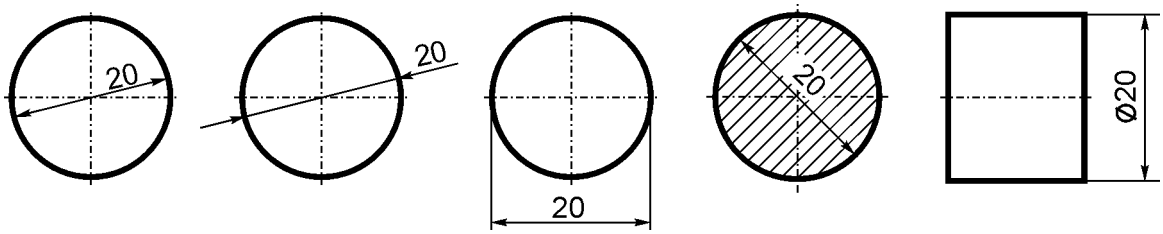
Sl. 8.29: Jedinica kotnog broja a) pravilno, b) nepravilno



Sl. 8.30: Položaj kotnog broja u odnosu na kotnu liniju a) pravilno, b, c) nepravilno

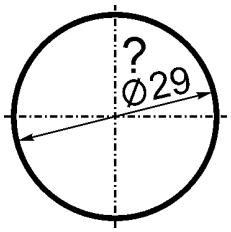
8.2.1. Kotiranje kružnih površina

Kotiranje kružne površine prikazano je na sl. 8.31. Kotni broj predstavlja vrednost prečnika. Kada se kružnica ne projektuje kao kružnica, ispred kotnog broja stavlja se oznaka Ø.

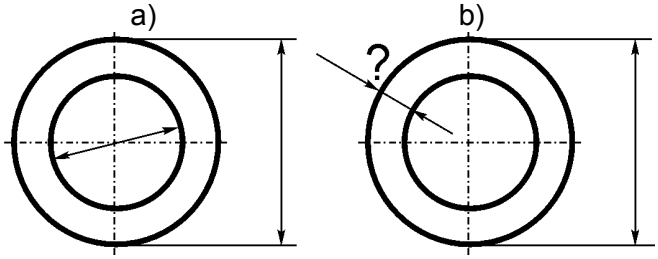


Sl. 8.31: Mogućnosti za kotiranje kružne površine

Oznaka Ø se ne stavlja ispred prečnika kruga na pogledu kada se projektuje kao krug (sl. 8.32). Ako su dve kružnice na istoj osnoj liniji, naprimer kod cevi, kotiraju se tako da se daju vrednosti prečnika obeju kružnica, a ne debljina cevi (sl. 8.33).

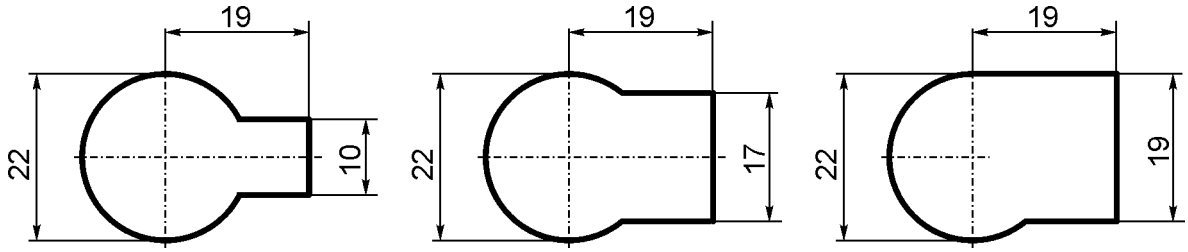


Sl. 8.32: Nepravilno stavljena oznaka Ø



Sl. 8.33: Kotiranje dveju kružnica na jednoj osnoj liniji a) pravilno, b) nepravilno

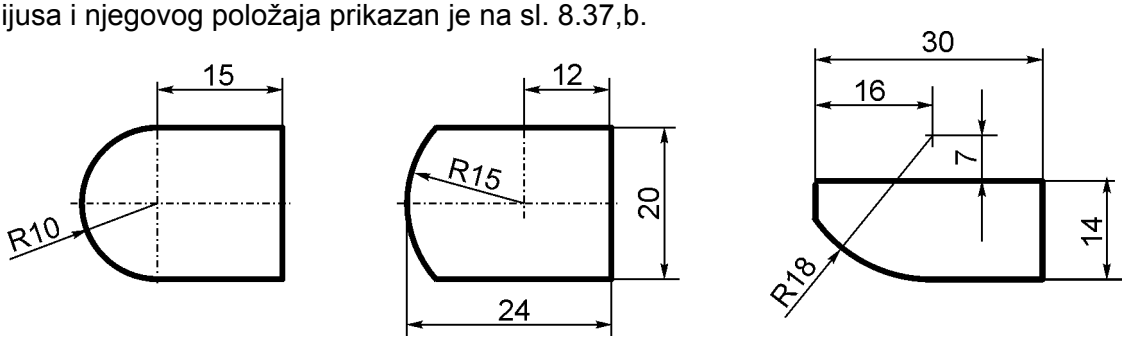
Kružne površine kotiraju se zavisno od toga da li je cela kružnica ili deo kružnice. Ako je kružnica cela ili manja od cele (do polovine kružnice) kotira se tako što se daje vrednost prečnika (sl. 8.34).



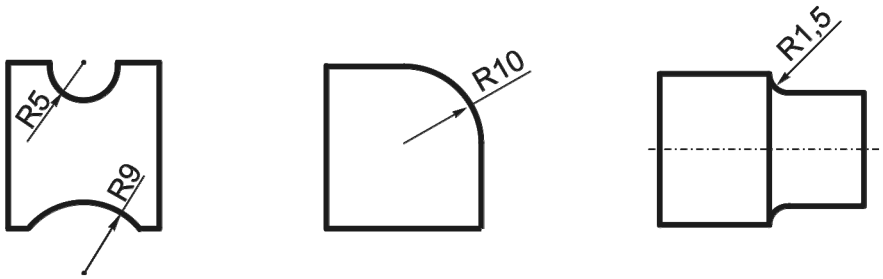
Sl. 8.34: Kotiranje kružnice koja nije potpuna

Ako je polovina kružnice i manja od polovine, kotni broj predstavlja poluprečnik kružnice, ispred kojeg stoji oznaka R. Na sl. 8.35 prikazano je kotiranje polovine kružnice i manje od polovine, kao i kotiranje položaja delova kružnice, odnosno radijusa. Položaj centra kružnice se ne kotira kada su radijusi mali, odnosno kada je blizu (sl. 8.36). Ako je centar kružnice daleko, kotna linija je izlomljena, kao kota R60 na sl. 8.37,a. Primer kotiranja

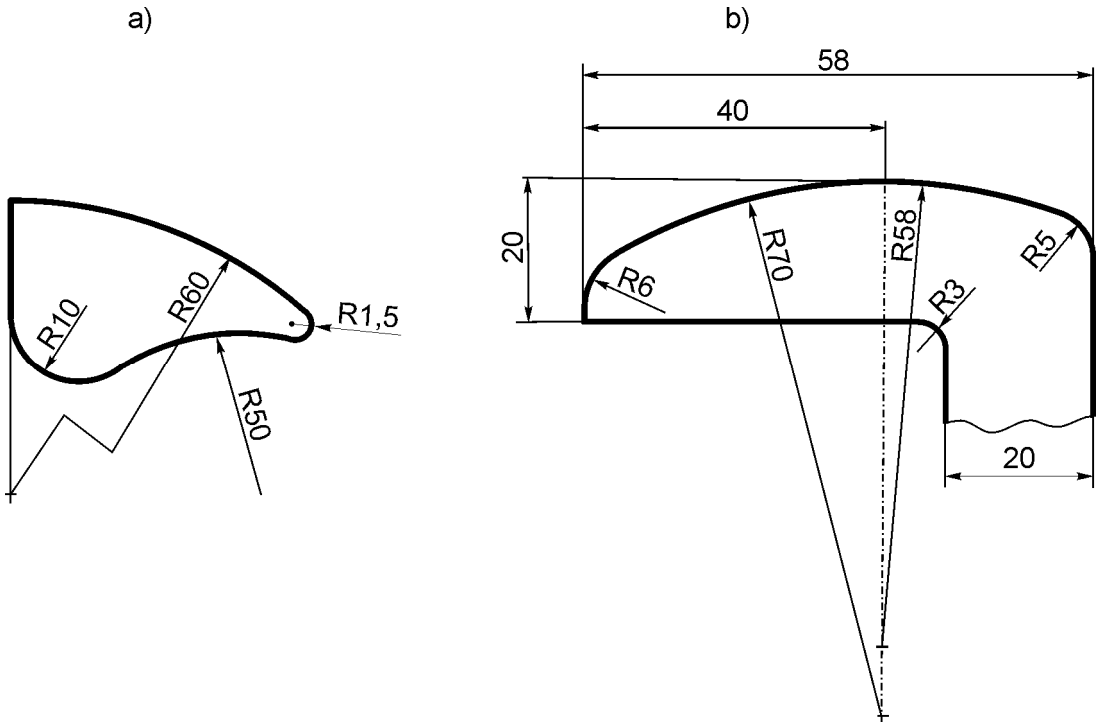
radijusa i njegovog položaja prikazan je na sl. 8.37,b.



Sl. 8.35: Kotiranje polovine kružnice i radijusa



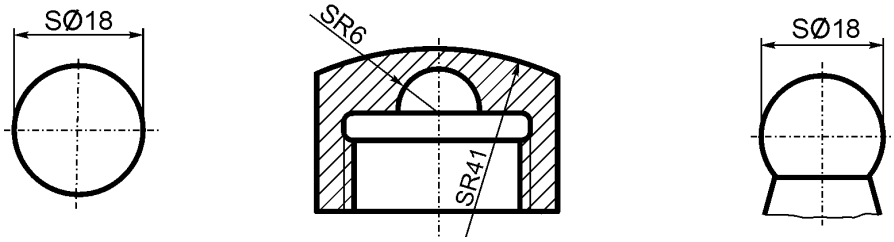
Sl. 8.36: Kotiranje radijusa



Sl. 8.37: Primer kotiranja radijusa i položaja radijusa
a) izlomljena kotna linija (R60), b) neizlomljene kotne linije

8.2.2. Kotiranje kugle (sfere)

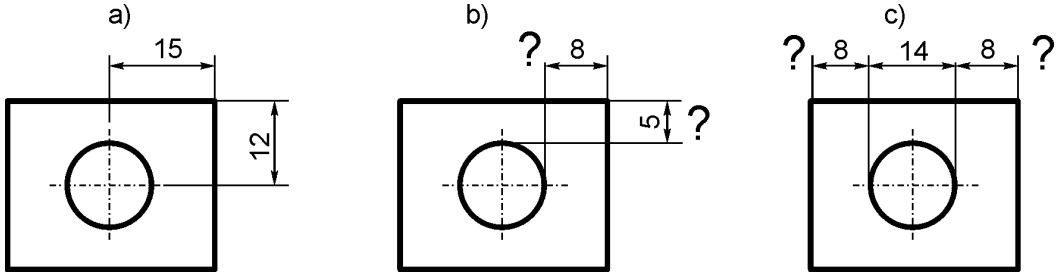
Kugla se kotira tako što se ispred kotnog broja stavlja oznaka S (sfera). Vrednost kotnog broja zavisi od toga da li je cela kugla ili njen manji deo. Ako je cela kugla ili deo kugle, sve do polovine, ispred kotnog broja stoji oznaka Ø i daje se vrednost prečnika. Ako je polovina kugle ili manje od polovine, ispred kotnog broja stoji oznaka R i daje se vrednost poluprečnika. Način kotiranja kugle i delova kugle prikazan je na sl. 8.38.



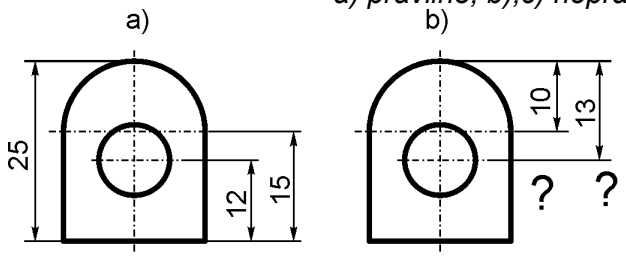
Sl. 8.38: Kotiranje kugle i delova kugle

8.2.3. Kotiranje položaja kružnih površina

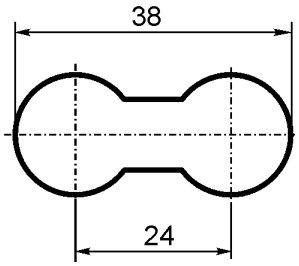
Kotiranje položaja kružnih površina je pravilno kada su kote do osnih linija (do centra kruga) što je dato na sl. 8.39. Kotiranje ne može da bude od krivih površina već samo od ravnih (sl. 8.40). Ako nema ravnih površina položaj se kotira od osnih linija (sl. 8.41). Mogu se kotirati i krive površine samo ako su gabaritne (najveće), kota 25 na sl. 8.40 i kota 38 na sl. 8.41.



Sl. 8.39: Kotiranje položaja kružnih površina
a) pravilno, b),c) nepravilno

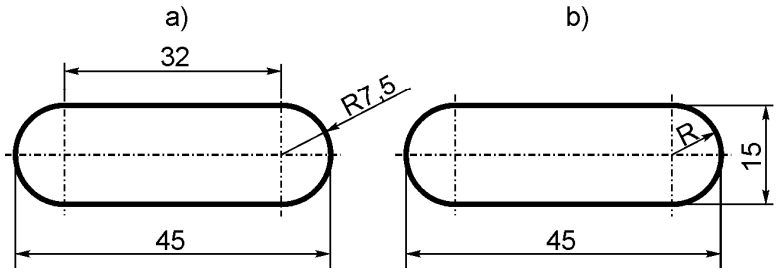


Sl. 8.40: Pravilno i nepravilno kotiranje položaja kruga
a) pravilno, b) nepravilno

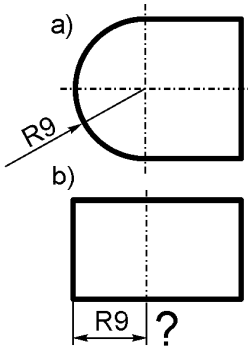


Sl. 8.41: Kotiranje položaja krugova između osa

Kotiranje kružnih površina (na primer klinova i žljebova za klinove) može biti na jedan od načina prikazan na sl. 8.42. Radijus se kotira samo u onom pogledu gde se vidi kao radijus, što znači da je kotiranje u pogledu odozgo na sl. 8.43 nepravilno.

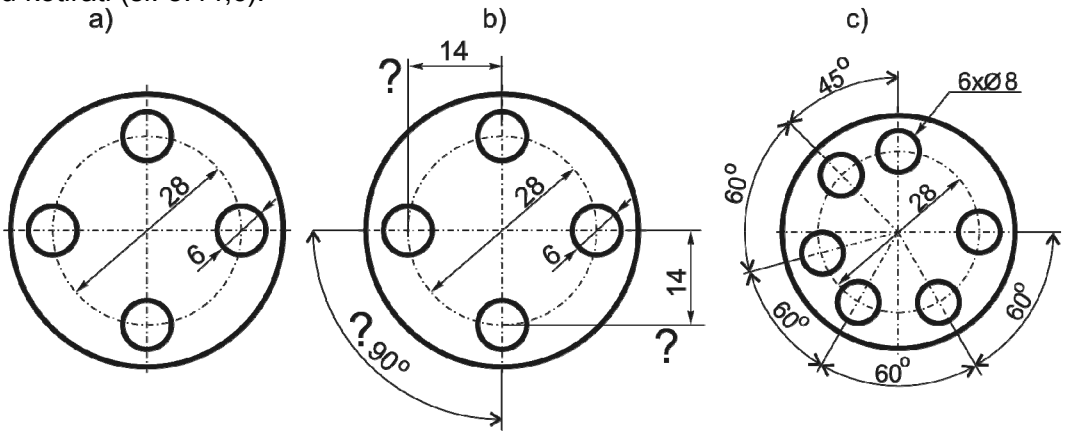


Sl. 8.42: Kotiranja kružnih površina
a) sa kotom poluprečnika, b) bez kote poluprečnika



Sl. 8.43. Pravilno i nepravilno kotiranje radijusa
a) pravilno, b) nepravilno

Položaj kružnih površina kada se nalaze na osnom krugu kotiraju se tako što se daje prečnik osnog kruga, kao na sl. 8.44,a. Nepravilno kotirani krugovi na osnom krugu pokazani su na sl. 8.44,b. Ako se jasno vidi ugao položaja krugova (npr. na osnim linijama), tada se ne kotira (sl. 8.44,a). Međutim, ako su krugovi pod različitim međusobnim uglovima tada se moraju kotirati (sl. 8.44,c).



Sl. 8.44: Kotiranje položaja krugova na osnom krugu a,c) pravilno, b) nepravilno

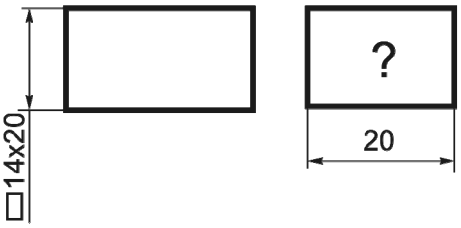
8.3. DODATNE OZNAKE ISPRED KOTNIH BROJEVA

Ispred kotnih brojeva, osim oznaka: *Ø, R i S* koje su u prethodnim tačkama objašnjene koriste se i oznake u vidu kvadratića i pravougaonika i to za ravne površine. Ako je površina poprečnog preseka kvadrat, ispred kotnog broja stoji oznaka □ (sl. 8.45).

Na ovaj način nepotrebno je crtati pogled sa strane (pogled C). Isti je slučaj kada je površina poprečnog preseka pravougaonik, tada ispred kotnog broja stoji oznaka, ▭ kao na sl. 11.46. I u ovom slučaju, pogled sa strane je suvišan.



Sl. 8.45: Korišćenje oznake □ za kvadratni poprečni presek

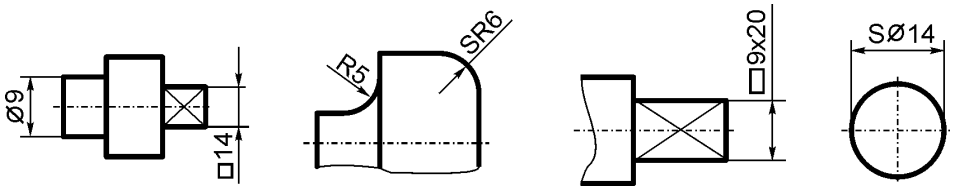


Sl. 81.46: Korišćenje oznake ▭ za pravougaoni poprečni presek



Sl. 8.47: Korišćenje oznake Ø za kružni poprečni presek

Korišćenjem oznake Ø za kružnu površinu, smanjuje se potreban broj pogleda (sl. 8.47). Pogled sa znakom ? je suvišan. Na sl. 8.48 prikazani su primeri za sve oznake koje se mogu koristiti ispred kotnog broja.

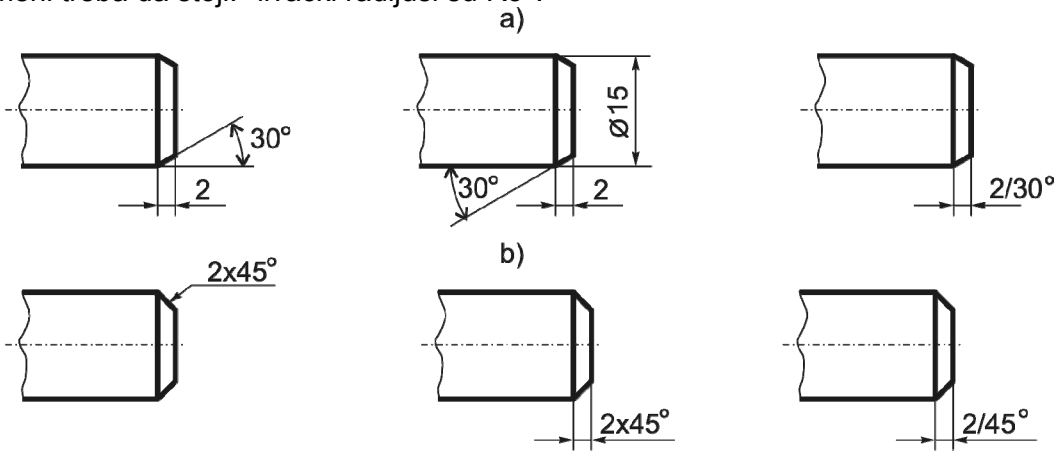


Sl. 8.48: Različite oznake ispred kotnog broja

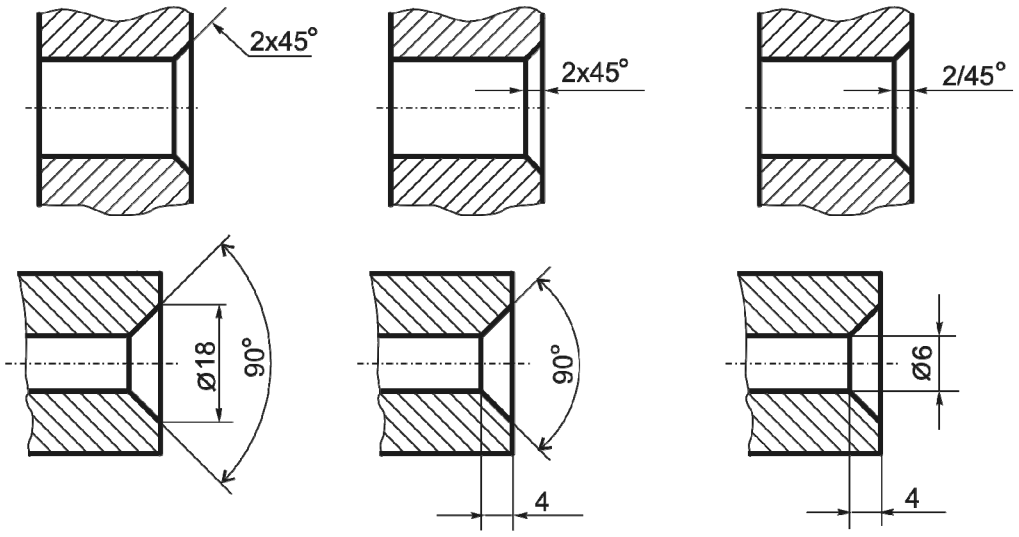
8.4. KOTIRANJE OBORENIH IVICA (ZAKOŠENJA)

Kotiranje oborenih ivica na spoljašnjem delu predmeta pod nekim proizvoljnim uglom pokazano je na sl. 8.49,a. Ako je ugao obaranja ivica pod 45°, tada je kotiranje jednostavnije (sl. 8.49,b). Mogućnosti kotiranja unutrašnjih oborenih ivica i upusta prikazano je na sl. 8.50.

Ako oborene ivice nemaju neku određenu ulogu i funkciju na predmetu, već su potrebne samo da bi se skinule oštre ivice koje bi mogle povrediti ruke pri montaži ili za vreme rada, one se ne moraju nacrtati. Tada se ispod crteža u napomeni napiše: ″oštre ivice oboriti sa 1/45°″. To važi i za livačke radijuse. Ako ih ima mnogo, da se ne bi crtali i kotirali, u napomeni treba da stoji: ″livački radijusi su R3″.



Sl. 8.49: Kotiranje oborenih ivica na spoljašnjem delu predmeta
a) zakošenje pod uglom od 30°, b) zakošenje po uglom od 45°



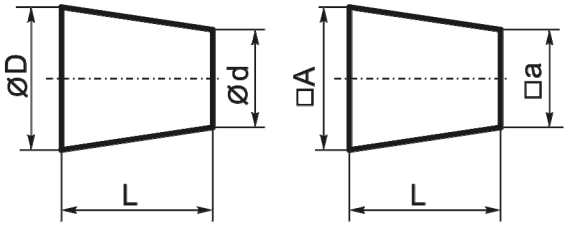
Sl. 8.50: Kotiranje oborenih ivica na unutrašnjem delu predmeta

8.5. KOTIRANJE NAGIBA, KONUSA I SUŽENJA

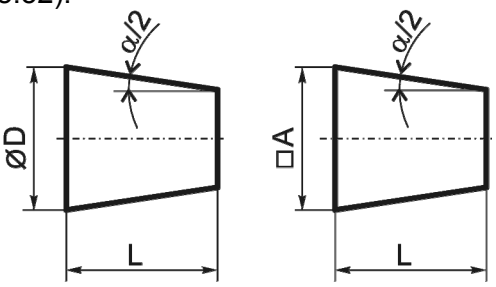
Kotiranje nagiba i suženja na crtežima može biti na više načina, zavisno od: toga za koje je kote bitno da budu tačne (u okviru tolerancija), od načina izrade, funkcije predmeta itd.

Prvi način je da se kotiraju oba prečnika, veći i manji (ØD i Ød) i dužina predmeta na kojoj se javlja suženje (*L*) (sl. 8.51). Ako su ravne površine, daju se dimenzije ivice kvadrata ili dimenzije pravougaonika (□ *A i* □ *a ili* ▭ *axb).*

Drugi način je kotiranje pomoću ugla $\alpha/2$ (sl. 8.52).



Sl. 8.51: Kotiranje nagiba sa ØD, Ød ili □ A, □ a



Sl. 8.52: Kotiranje nagiba sa uglom $\alpha/2$

Treći način je kotiranje vrednosti nagiba (sl. 8.53). Vrednost nagiba računa se prema jednačini:

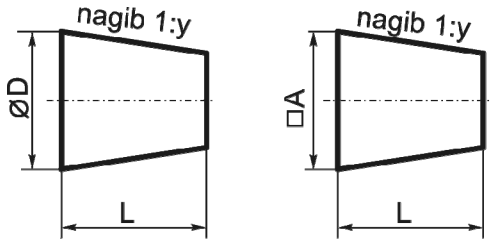
$$1:\mathrm{Y}=1:\frac{\frac{\mathrm{D}-\mathrm{d}}{2}}{\mathrm{L}}=\frac{\frac{\mathrm{A}-\mathrm{a}}{2}}{\mathrm{L}}=1:\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2}.$$

Dobijena vrednost piše se na nagnutoj površini rečima kao na sl. 8.53. Ako se dobije npr. vrednost 1:100, to znači da je na dužini $\mathrm{L}=100\,\mathrm{mm}$, smanjenje visinske razlike između kota (*D-d* ili *A-a*) 1 mm. Za ovaj primer na nagnutoj površini bi pisalo: nagib 1:100.

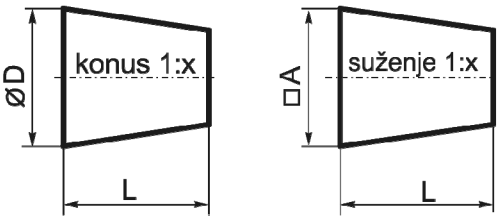
Četvrti način je kotiranje konusa ili suženja (sl. 8.54). Konus, odnosno suženje se određuje prema jednačini:

$$1:\mathrm{X}=1:\frac{\mathrm{D}-\mathrm{d}}{\mathrm{L}}=\frac{\mathrm{A}-\mathrm{a}}{\mathrm{L}}=1:2\mathrm{tg}\frac{\alpha}{2}.$$

Dobijena vrednost piše se na horizontalnoj liniji. Ako se dobije npr. 1:100, na osnoj liniji treba stoji: konus 1:100.



Sl. 8.53: Kotiranje pomoću vrednosti nagiba



Sl. 8.54: Kotiranje nagiba pomoću vrednosti konusa i suženja

8.6. NAČINI KOTIRANJA

Način kotiranja predmeta na crtežu zavisi od: konstruktivnog izgleda predmeta, načina izrade, funkcije predmeta u nekom sklopu, tačnosti izrade itd. Postoje tri načina kotiranja: redni, paralelni i kombinovani.

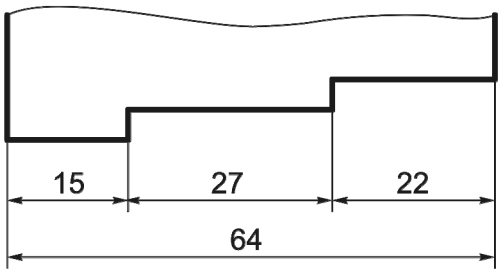
8.6.1. Redno kotiranje

Kod rednog kotiranja kote su u jednom redu (lancu) (sl. 8.55). Koristi se onda kada je bitno da svaka međusobna kota bude tačna u granicama zadatih tolerancija, a ne ukupna dužina. Vrednost kote ukupne dužine zavisiće od grešaka i odstupanja pojedinačnih kota u lancu.

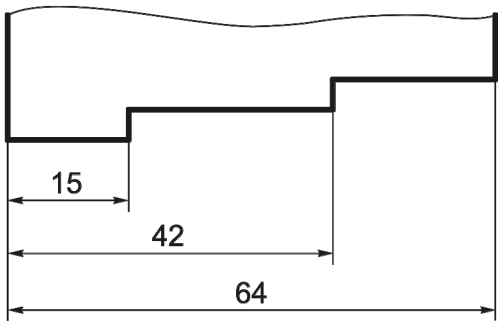
8.6.2. Paralelno kotiranje

Kod paralelnog kotiranja pojedinačne kote se daju u odnosu na jednu površinu

predmeta, koja se zove baza kotiranja (sl. 8.56). Koristi se kada je bitna tačnost pojedinačnih mera od baze kotiranja, a ne međusobna rastojanja. Tačnost međusobnih rastojanja zavisiće od tačnosti i grešaka mera od baze kotiranja.

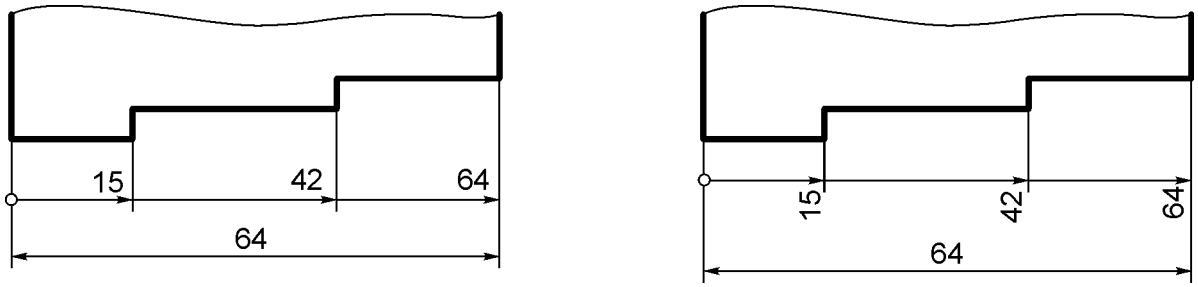


Sl. 8.55: Redno kotiranje



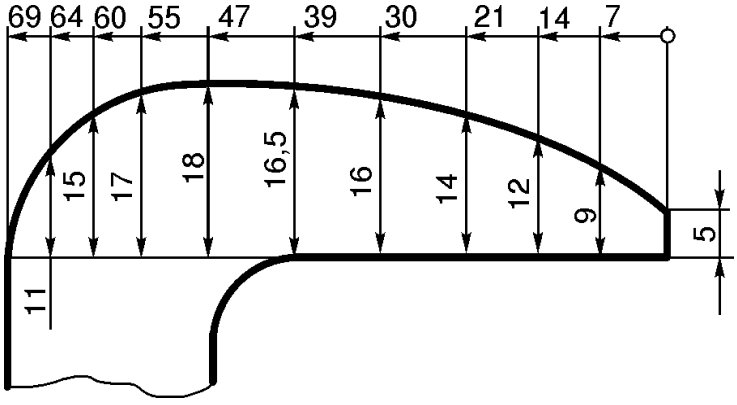
Sl. 8.56: Paralelno kotiranje

Da bi se izbegao veliki prostor koji je potreban za paralelno kotiranje može se kotirati uprošćeno paralelno, kao što je dato na sl. 8.57. Kotna linija je jedna u lancu, kao kod rednog kotiranja, s tim da je pisanje kotnih brojeva drugačije. Kotni brojevi se pišu bliže strelici, a ne na sredini, ili pored strelice. Baza kotiranja je označena početnim kružićem.

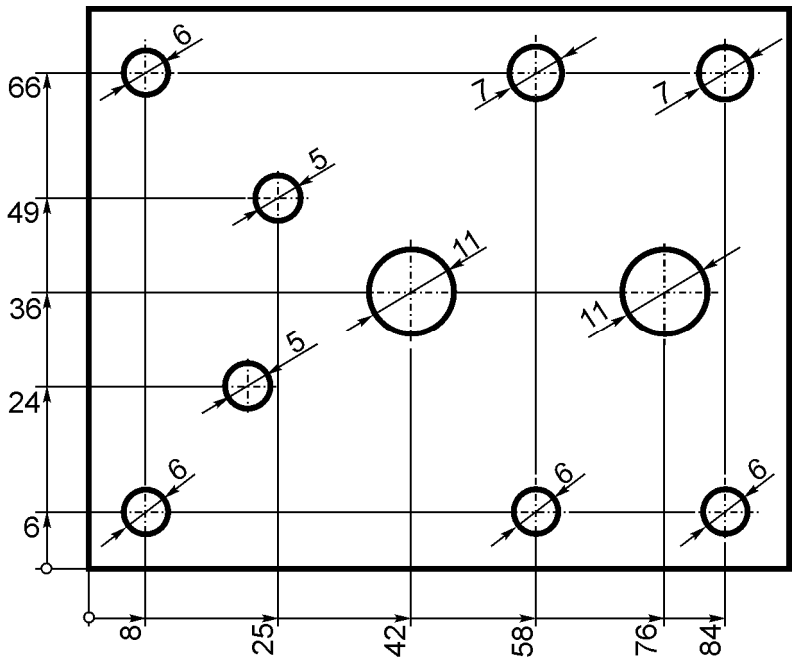


Sl. 8.57: Uprošćeno paralelno kotiranje
a) kotni brojevi blizu strelice, b) kotni brojevi pored strelice

Takav način uprošćenog paralelnog kotiranja naročito je prikladan za kotiranje predmeta prikazanih na sl. 8.58 i sl. 8.59.



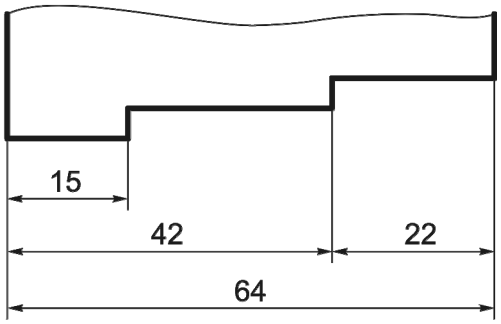
Sl. 8.58: Primer uprošćenog paralelnog kotiranja



Sl. 8.59: Uprošćeno paralelno kotiranje sa dve baze kotiranja

8.6.3. Kombinovano kotiranje

Očigledno je da i redna i paralelna metoda kotiranja imaju nedostataka u tačnosti izrade pojedinih mera. Stoga se koristi i kombinovani način, gde su kote i u redu i paralelne (sl. 8.60.).

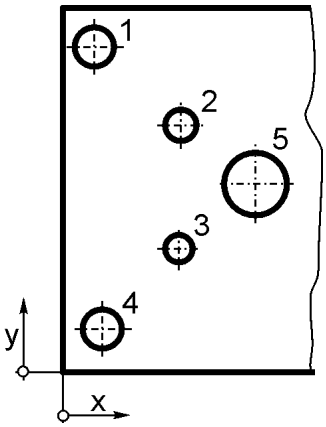


Sl. 8.60: Kombinovano kotiranje

8.7. UPROŠĆENJA PRI KOTIRANJU

Da bi kotiranje bilo jednostavnije, crtež pregledniji i izrada crteža racionalnija koriste se razna uprošćenja pri kotiranju. Jedno od uprošćenja je koordinatno kotiranje (sl. 8.61). Položaji otvora obeleženi brojevima su kotirani uprošćeno paralelno, pomoću koordinata x, y. Pored ovog crteža daje se tablica sa vrednostima kota (tab. 8.1).

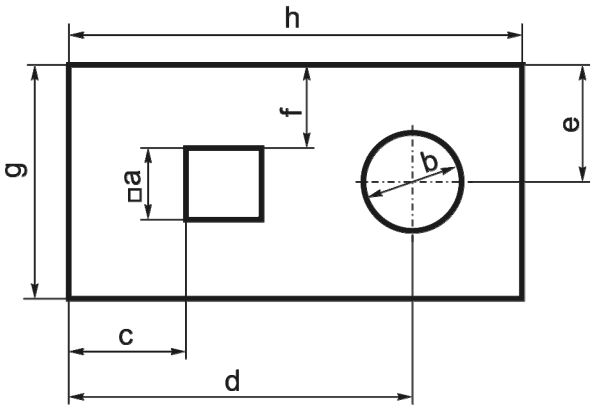
Ako se jedan predmet istog konstruktivnog oblika radi u više varijanti vrednosti kota, radi racionalizacije, kote su označene slovima (sl. 8.62). Uz ovako kotiran predmet daje se tablica (tab.8.2) sa vrednostima mera. Na taj način za, recimo tri različite varijenate vrednosti mera predmeta, crta se jedan crtež, a ne tri.



Sl. 8.61: Koordinatno kotiranje

Tabela 8.1: Vrednosti kota

Detalji predmeta	Kote		
	d	x	y
1	4,5	4,5	40
2	3	14	30
3	4	14	15
4	4	4,5	4,5
5	8	24	23

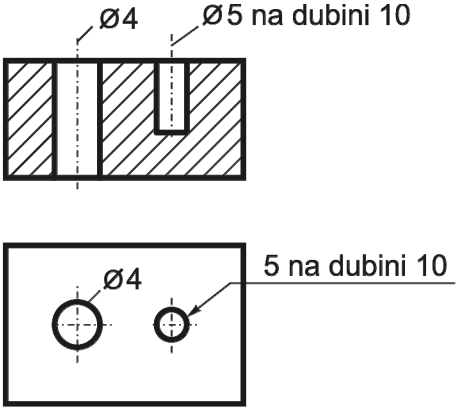


Sl. 8.62: Kotiranje opštim oznakama

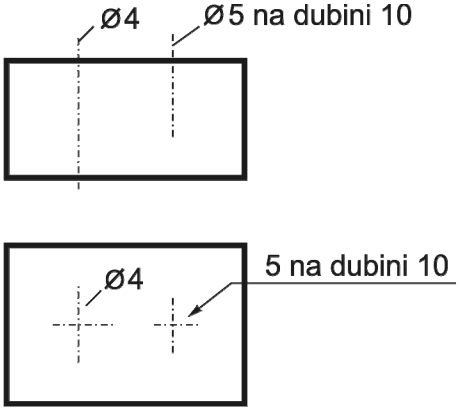
Tabela 8.2: Vrednosti kota označene opštim brojevima

Parametri	Varijante		
	1	2	3
a	10	12	6
b	12	16	8
c	15	20	10
d	45	60	40
e	15	26	20
f	10	20	14
g	30	52	40
h	60	80	52

Otvori malih dimenzija mogu se kotirati tako da se ne crtaju pomoćne kotne i kotne linije, odnosno da ih zameni pokazna linija pored koje stoji kotni broj (sl. 8.63). Crtanje malih otvora može biti još uprošćenije, tako što se ne crtaju, već se prikazuju samo osnom linijom, a kote pojašnjavaju šta osne linije predstavljaju (sl. 8.64) u bilo kom pogledu.



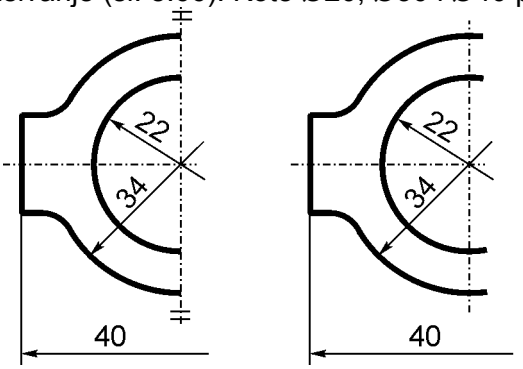
Sl. 8.63. Uprošćeno kotiranje malih otvora



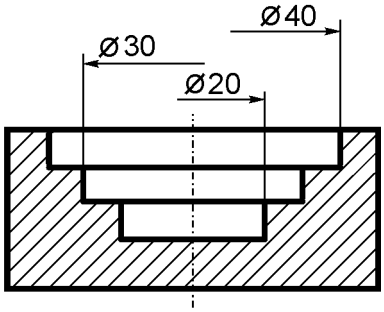
Sl. 8.64: Uprošćeno crtanje i kotiranje malih otvora

Kotiranje simetričnih, uprošćeno nacrtanih predmeta (kada se crta samo polovina pogleda) prikazano je na sl. 8.65. Kotne linije prelaze osnu liniju, a kote imaju vrednost koja se odnosi na celu konturu, a ne nacrtanu. Na datom primeru kota 22 i 34 su prečnici, a ne poluprečnici.

Kada ima potrebe za manjim razmakom između kotnih linija, tada se može izostaviti druga strelica (iako bi je trebalo nacrtati, pošto je nacrtan drugi deo konture). Tada kotni brojevi nisu na sredini, već bliže strelicama, tako da se dobije potreban prostor za njihovo ispisivanje (sl. 8.66). Kote Ø20, Ø30 i Ø40 predstavljaju vrednosti prečnika.



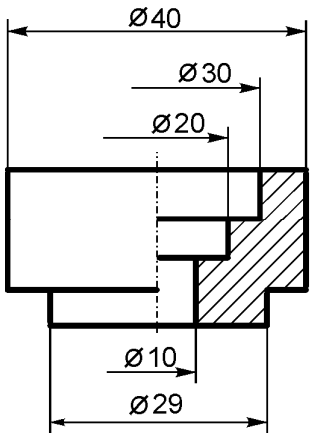
Sl. 8.65: Uprošćeno crtanje polovine pogleda



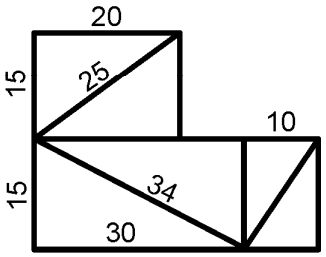
Sl. 8.66: Uprošćeno kotiranje izostavljanjem jedne strelice

Druga strelica se izostavlja uvek pri kotiranju unutrašnjih detalja polovičnog preseka (sl. 8.67), zato što se druga polovina i ne crta. Naravno, vrednosti kota su za ceo unutrašnji detalj, a ne nacrtane polovine. Na predmetu (sl. 8.67) kote Ø10, Ø20 i Ø30 prestavljaju prečnike, a ne poluprečnike.

Mogu se, osim pomoćnih i kotnih linija izostaviti i pokazne linije i kotni završeci, znači svi elementi kotiranja osim kotnih brojeva. Takav primer dat je na uprošćenom prikazu rešetkastog nosača (sl. 8.68). Kotni brojevi se tada pišu iznad konturnih linija i paralelni su sa njima. Kada bi se ovaj crtež kotirao sa svim elementima, bez uprošćenja, bio bi vrlo nepregledan.

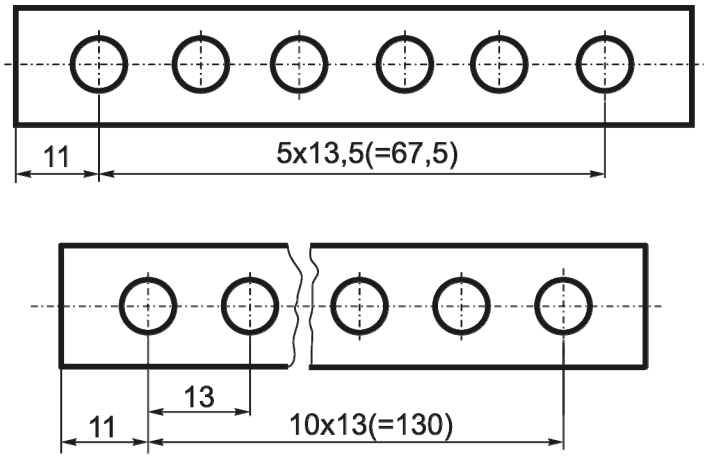


Sl. 8.67: Kotiranje unutrašnjih kontura kod polovičnog preseka

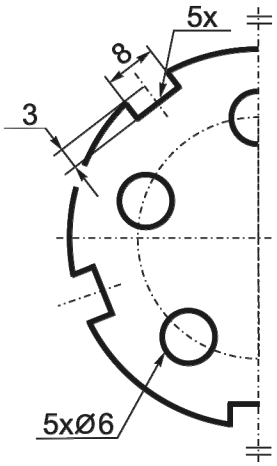


Sl. 8.68: Kotiranje samo kotnim brojem

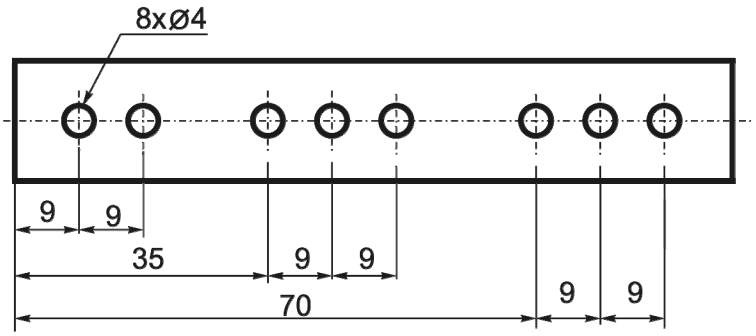
Uprošćeno redno kotiranje razmaka istih detalja predmeta koji se ponavljaju dato je na sl. 8.69. Isto se odnosi i na detalje predmeta prikazanog na sl. 8.70. Kada su detalji predmeta isti i grupisani, kotiraju se kao na sl. 8.71.



Sl. 8.69: Kotiranje razmaka detalja koji se ponavljaju

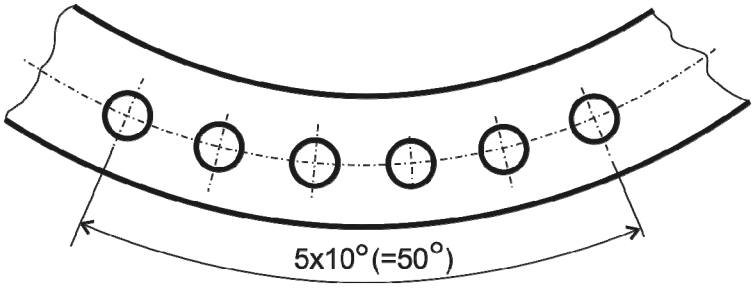


Sl. 8.70: Kotiranje detalja koji se ponavljaju



Sl. 8.71: Kotiranje istih i grupisanih detalja predmeta

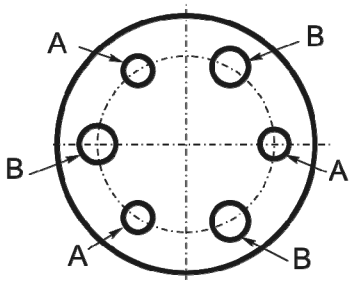
Isti princip uprošćenog kotiranja važi i za položaj detalja predmeta koji su definisani uglom (sl. 8.72).



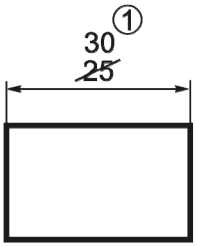
Sl. 8.72: Kotiranje ugla položaja delova koji se ponavljaju

Uprošćenja mogu biti i u vidu označavanja kotnog broja sa slovima (sl. 8.73). Tada pored crteža moraju stajati vrednosti mera označene slovima.

Ako na postojećem crtežu dođe do izmene kotnog broja, a konstruktivni oblik predmeta se ne menja, kotni broj se može izmeniti kako je to prikazano na sl. 8.74. Kotni broj koji se menja, prevuče se tankom linijom, tako da bi se on mogao i dalje pročitati, a iznad toga piše se novi kotni broj (30). Pored novog kotnog broja, koji je sada merodavan, u krugu stoji broj izmene (1) pod kojim se u odgovarajućoj rubrici zaglavlja za crtež ova izmena potvrdi. Takve ispravke mogu se koristiti za manji broj kota. **Na ovaj način se ne mogu ispravljati tehničke greške crtanja.**



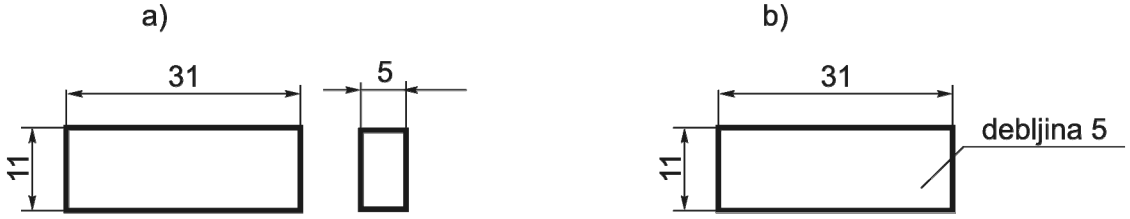
Sl. 8.73: Označavanje kotnog broja slovima



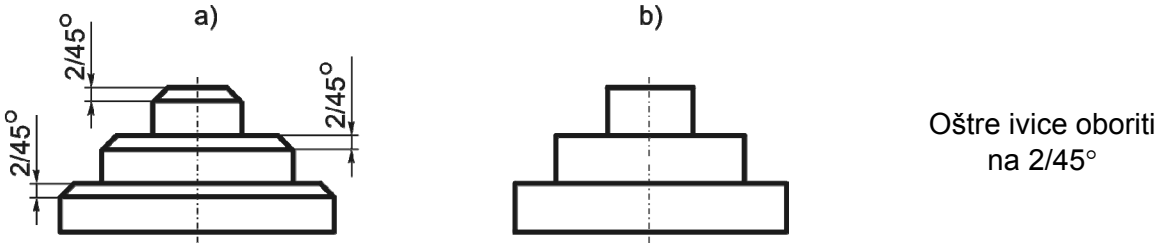
Sl. 8.74: Izmena kote

Ako je predmet jednostavnog konstruktivnog oblika kao na sl. 8.75 može se debljina predmeta (5 mm) uprošćeno kotirati (sl. 8,75,b) čime se uštedi na jednoj projekciji. Takva mogućnost može da se koristi samo za predmete koji nemaju drugih detalja.

Uprošćeno nacrtane i kotirane zakošene ivice date su na sl. 8.76,b. Ako pored crteža stoji: "Sve oštre ivice oboriti na 2x45°", pojednostavljuje se crtanje i kotiranje takvih predmeta.



Sl. 8.75: Uprošćeno prikazivanje debljine predmeta
a) bez uprošćenja, b) sa uprošćenjem



Sl. 8.76: Kotiranje oborenih ivica; a) bez uprošćenja, b) sa uprošćenjem

8. 8. OPŠTI PRINCIPI KOTIRANJA

Pored datih pravila kotiranja treba se pridržavati još nekih opštih principa kotiranja.

- Crtež treba da je tako iskotiran da je jednoznačan, jasan, precizan i pregledan, bez ikakve mogućnosti zabune, sa svim potrebnim kotama, zavisno od vrste crteža i njegove namene.

- Na crtežu je najvažniji predmet, odnosno njegovi pogledi. Zato sve pomoćne linije i oznake treba crtati i rasporediti tako da ne zasenjuju poglede. Drugim rečima, kada se crtež pogleda, prvo treba da se uoče pogledi, a sve ostalo da ostane manje uočljivo u pozadini. Iz toga razloga strelice ne smeju biti suviše velike, zatamnjene i napadne. Pomoćnih linija i svih ostalih oznaka ne treba da bude bezpotrebno mnogo itd.

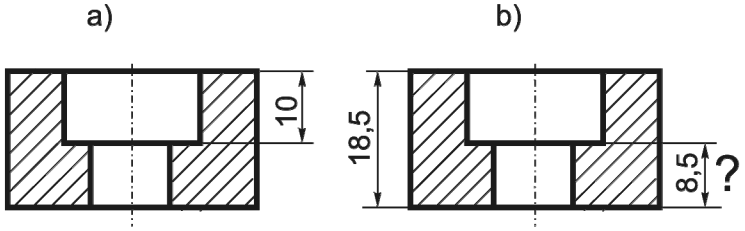
- Crtež treba da zadovolji i osnovne zahteve estetike. Pogledi treba da su simetrično raspoređeni na formatu. Ne smeju biti suviše krupni, pa da popune ceo format, niti suviše sitni, pa da su nepregledni i da ih je teško iskotirati. Moraju biti tehnički korektno urađeni.

- Svaka kota trebalo bi da se može neposredno izmeriti standardnim mernim instrumentima: npr. dubina unutrašnjeg detalja na sl. 8.77,a (kota 10) je pravilno kotirana,

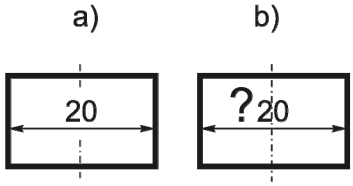
dok je taj detalj na sl. 8.77,b nepravilno kotiran. Kota 8,5 dobija se kada se izmeri ukupna visina 18,5, zatim kota 10 i oduzimanjem se dobija označena 8,5.

- Linije (konturne, osne, pomoćne itd.) ne mogu da seku kotni broj. Ako se ovo ne može postići, u tom slučaju kotni broj ima prednost i na tom mestu prekidaju se sve ostale linije (sl. 8.78).

- Ne treba prepustiti radniku, koji izrađuje predmet prema datom crtežu, da do nekih važnih mera dođe računanjem, naročito ako te mere nisu celi brojevi (sl. 8.79). Zato je dobro što je nacrtana kota 42,3, bez obzira na to što se ne bi morala dati ta ukupna dužina.



Sl. 8.77: Kotiranje dubine detalja predmeta
a) pravilno, b) nepravilno

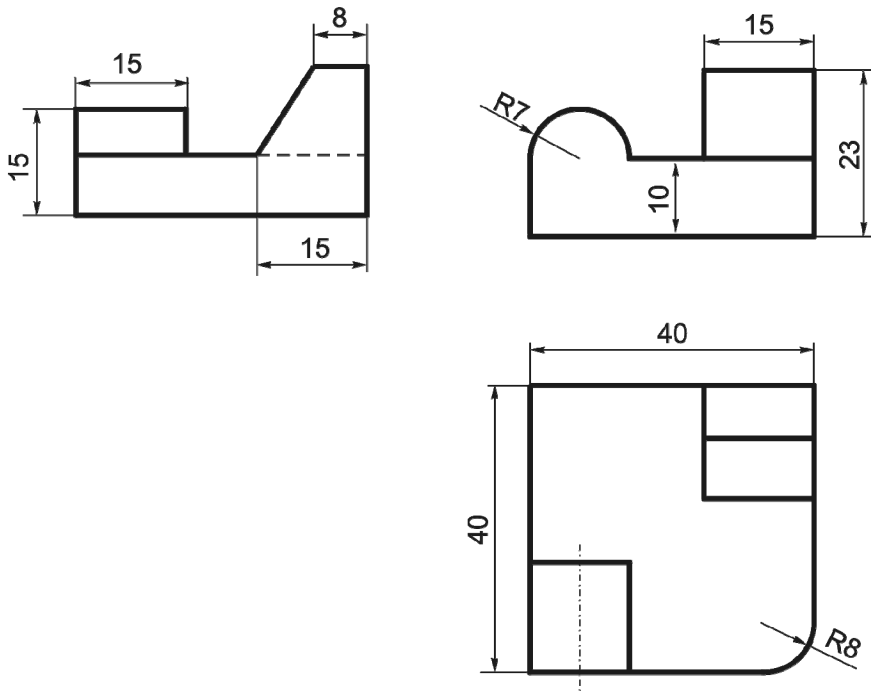


Sl. 8.78: Prednost kotnog broja
a) pravilno, b) nepravilno

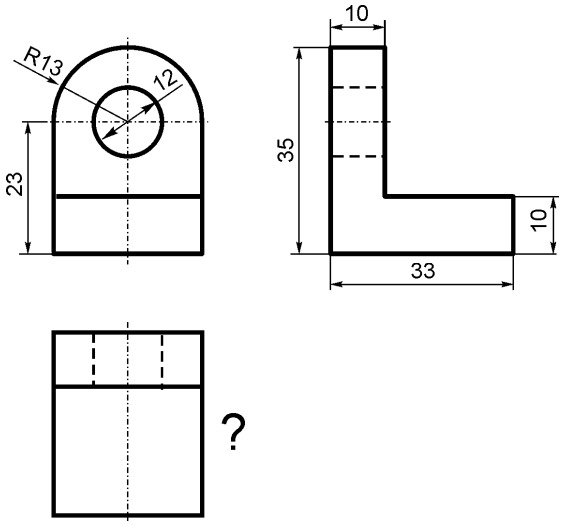


Sl. 8.79: Kotiranje kote koja se dobija računanjem
a) pravilno, b) nepravilno

- Kote treba, koliko je moguće, ravnomerno rasporediti po nacrtanim pogledima (sl. 8.80). Ne sme se desiti da pogled ostane bez ijedne kote, jer to onda znači da je nepotreban (sl. 8.81).



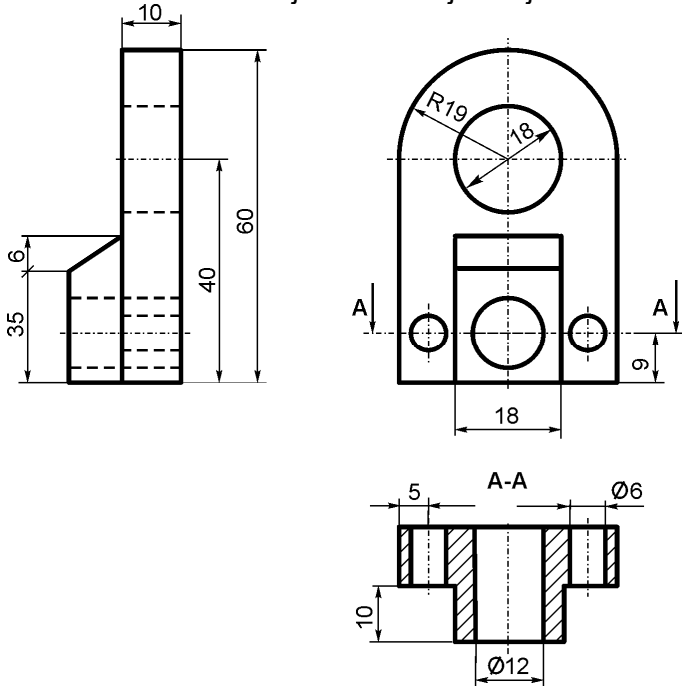
Sl. 8.80: Ravnomerno raspoređene kote po pogledima



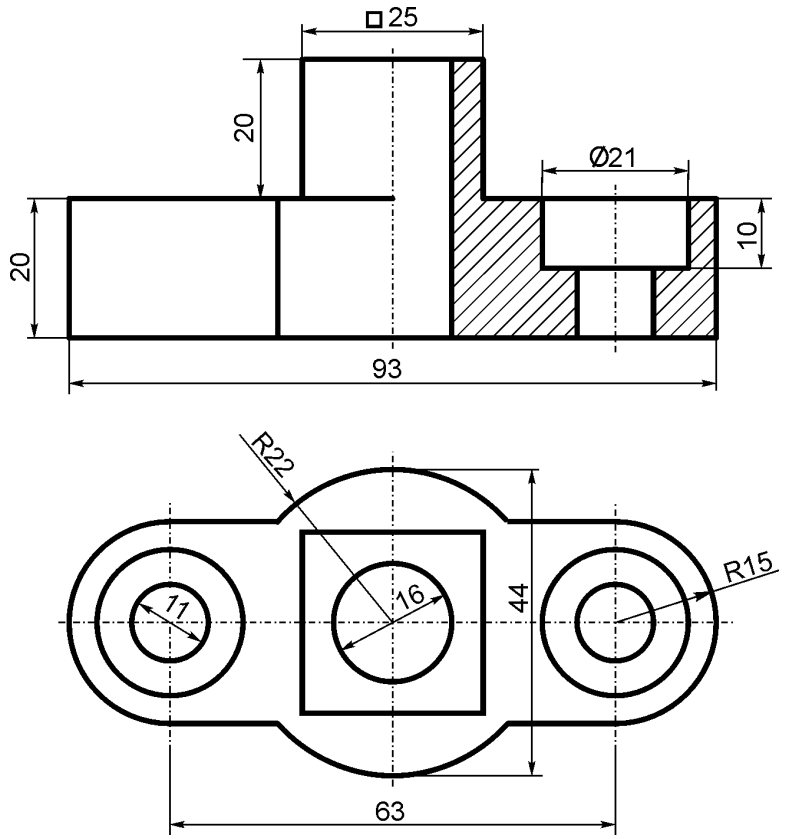
Sl. 8.81: Nepotreban pogled kada je bez ijedne kote

– Ako je potrebno, zbog preglednosti kotiranja, može se nacrtati i jedan pogled više nego što je to potrebno zbog čitanja ortogonalnog crteža. Na primeru (sl. 8.82) to je pogled odozgo (B), dobijen presekom sa ravni A-A.

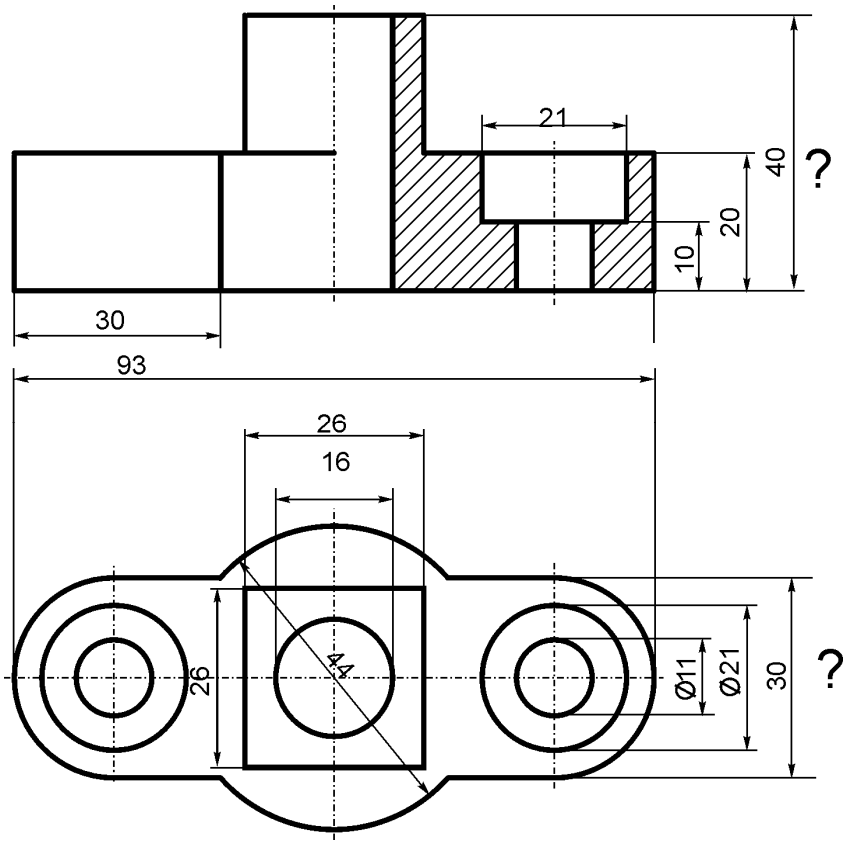
Predmet prikazan na sl. 8.83 je primer pravilnog kotiranja, gde su ispoštovana sva navedena pravila i principi. Na sl. 8.84 isti taj predmet je sasvim nepravilno iskotiran. Svaka nacrtana kota je pogrešna. Na glavnom pogledu ispred kote 21 treba da stoji oznaka Ø pošto je to kružna površina, a ne projektuje se kao krug. Kota 10 se ne može neposredno izmeriti. Kota 40 ima suviše dugačke pomoćne kotne linije. Kota 30 na glavnom pogledu je nepotrebna jer je data od krivih površina i ne može se meriti i kontrolisati. Na pogledu odozgo (B) ispred kota Ø11 i Ø21 ne treba da stoji oznaka Ø, pošto se krug vidi kao krug. Kota 30 na pogledu odozgo je pogrešna, jer predstavlja vrednost prečnika, a za polovinu kruga kotira se vrednost poluprečnika. Kote 16, 26 i 93 imaju suviše dugačke pomoćne kotne linije. Vrednost kote 44 je pogrešna, pošto treba da bude kotiran poluprečnik, a ne prečnik. Kota 26 je suviše blizu konturne i kotne linije. Kotni broj 93 nije na sredini linije.



Sl. 8.82: Crtanje dodatnog pogleda radi kotiranja



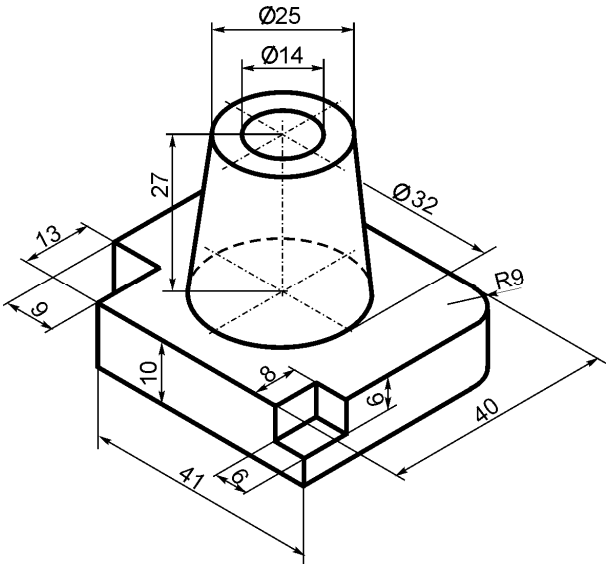
Sl. 8.83: Pravilno iskotiran predmet



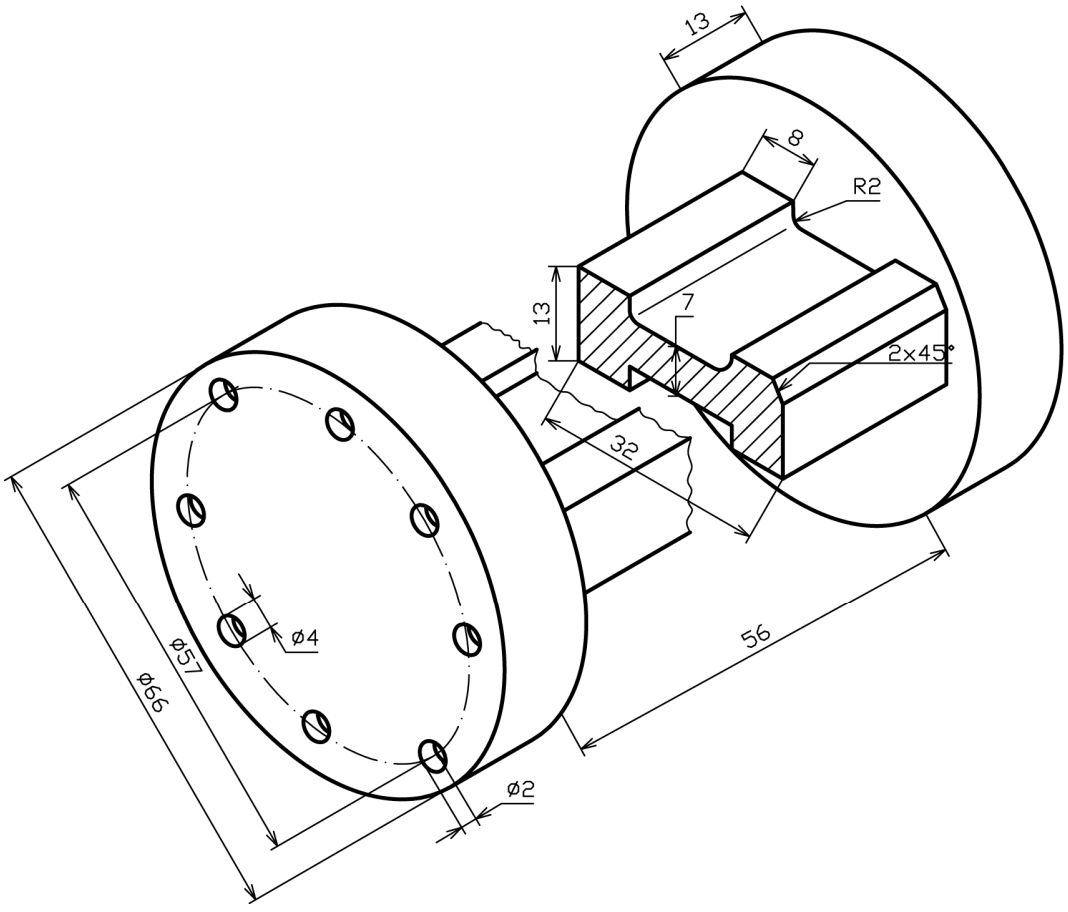
Sl. 8.84: Nepravilno iskotiran predmet

8.9. KOTIRANJE AKSONOMETRIJSKOG CRTEŽA

Pri kotiranju aksonometrijskog crteža važe ista pravila i principi kao i za ortogonalni crtež. Ima nekih izuzetaka i razlika. Na primer, pri kotiranju kružnih površina kada se projektuju kao elipse, ispred vrednosti kota prečnika treba staviti oznaku Ø. Ako je to elipsa, koja se na aksonometrijskom crtežu projektuje kao neka deformisana elipsa, treba dati vrednosti male i velike ose i napisati rečima da je to elipsa itd. Primer pravilno kotiranog aksonometrijskog crteža dat je na sl. 8.85 i 8.56.



Sl. 8.85: Kotiranje aksonometrijskog crteža



Sl. 8.86: Kotiranje aksonometrijskog crteža

9. ČITANJE ORTOGONALNIH CRTEŽA

Ortogonalni crtež **može pročitati samo onaj ko poznaje principe crtanja ortogonalnih crteža.** Pod čitanjem ortogonalnog crteža podrazumeva se mogućnost za sagledavanje prostornog izgleda predmeta na osnovu ortogonalnih pogleda i crtanje predmeta u nekoj od metoda aksonometrije. Čitanje ortogonalnog crteža je obrnut postupak od crtanja. Čitanje je teže od crtanja, pošto zahteva sposobnost zamšljanja predmeta u prostoru i znanje tehnike crtanja aksonometrijskog crteža. Čitanje ortogonalnog crteža je lakše onima koji imaju prirodan dar i "osećaj" za prostor. Ova veština može da se savlada uz korišćenje nekih od metoda čitanja:

- metoda rasčlanjavanja na sastavne površine,
- metoda odsecanja od osnovnog tela i
- kombinovana metoda.

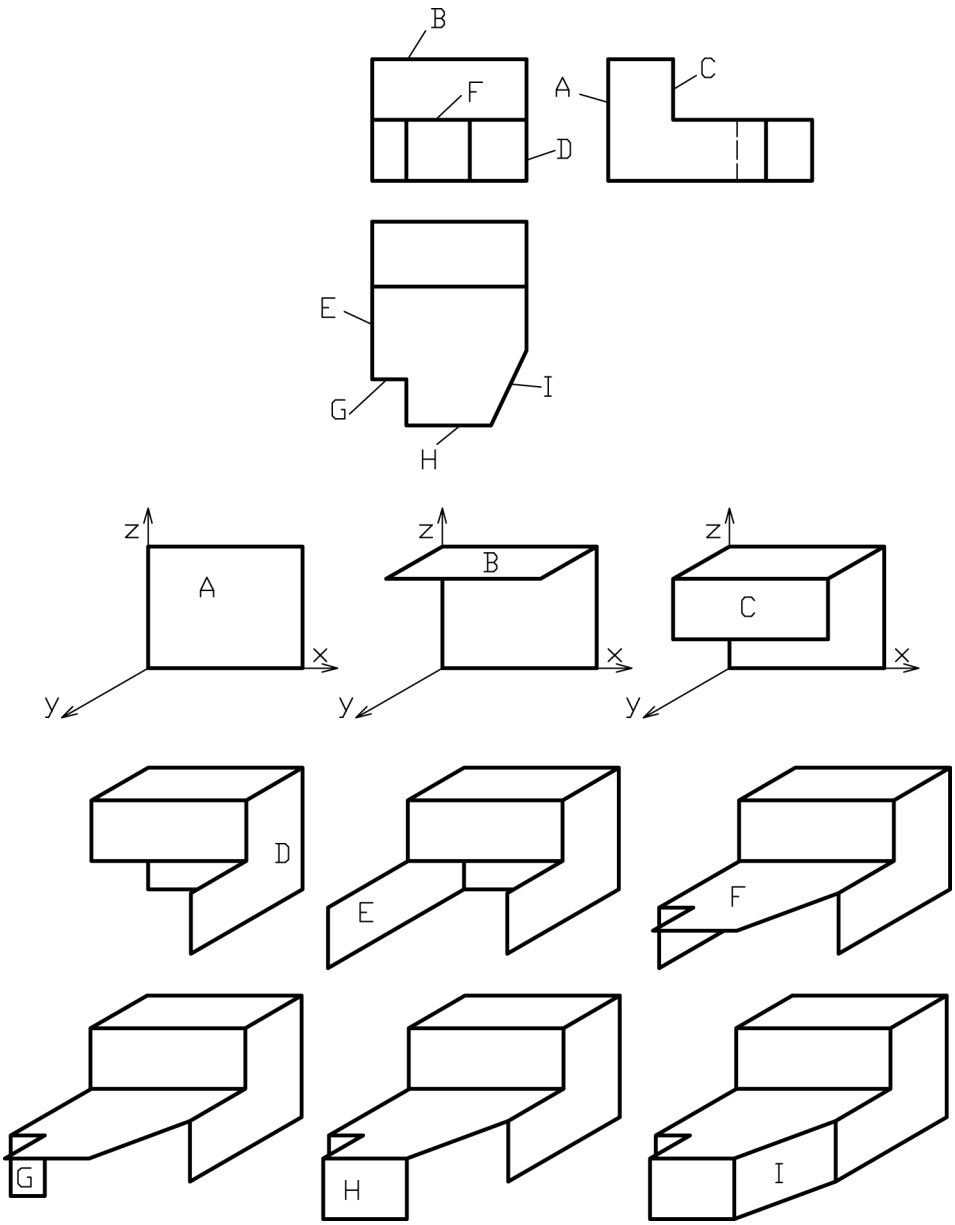
Koriste se i druge metode, ali, ove su najjednostavnije. Izbor metode zavisi od konstruktivnog izgleda predmeta, odnosno od zadatih ortogonalnih pogleda i od naklonosti onog ko čita poglede i crta predmet u aksonometriji.

9.1. METODA RASČLANJAVANJA NA SASTAVNE POVRŠINE

Ova metoda sastoji se od **rasčlanjavanja tela na sastavne površine i crtanja tih pojedinačnih površina**. Na svim zadatim ortogonalnim **pogledima obeleži se svaka pojedinačna površina** (A, B, C...) (sl. 9.1,a). Analiziranjem pogleda odredi se položaj svake označene površine u odnosu na projektne ravni. Usvoji se metoda aksonometrijskog crteža i nacrtaju odgovarajuće ose.

Čitanje ortogonalnog pogleda sastoji se iz crtanja predmeta u aksonometriji po fazama. Prvo se crtaju one površine koje su jednostavnijeg oblika (ravne površine) i koje su paralelne sa projektnim ravnima (pošto se vide nedeformisane). Najbolje je da to bude neka krajnja površina (gornja, donja, prednja, zadnja, ...). Zatim se crtaju površine koje stoje pod uglom na projektne ravni. Nakon toga se crtaju cilindrične i druge krive površine. Treba odabrati takav redosled crtanja površina da se one površine koje su "teže" za crtanje, već dobiju crtanjem prethodnih, "lakših".

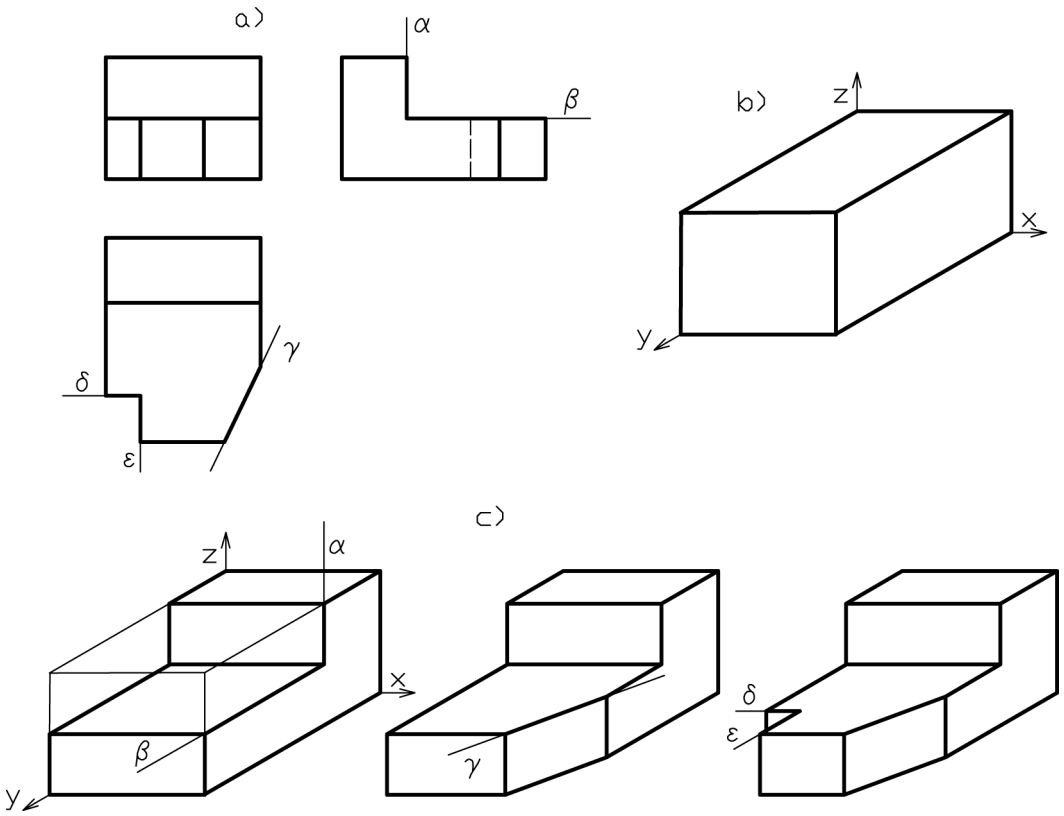
Za ovaj primer neka to bude površina A koja će se prvo nacrtati. Ova površina je provougaona, paralelna je sa vertikalnom, a normalna na horizontalnu i profilnu ravan. Prava veličina i oblik ove površine vidi se u glavnom pogledu (od napred). Oivičena je spoljašnjim konturama glavnog pogleda. Ivice površine A su paralelne sa X i Z osom. Crtanje površine A je prva faza čitanja i označena je brojem 1 (sl. 9.1,b). Dalji redosled crtanja površina označen je brojevima 2,3... i 9. Bitno je uočiti pravi oblik svake nacrtane površine. Pravi, nedeformisani oblik površine vidi se samo u onom pogledu sa čijom projektnom ravni je površina paralelna. Posle nacrtane površine A crta se neka od površina koje se naslanjaju na ovu. To može biti površina B, D ili E. Neka druga faza bude čitanje i crtanje površine B. Sledeće su površine koje mogu sada da se čitaju i crtaju a to su površine C, D ili E. Usvaja se površina C, koja je paralelna sa površinom A. Nakon toga sledi crtanje površine D, zatim površina E, F, G i H. Površina I dobija se na osnovu već nacrtanih površina D i H. Površine J i K su dobijene na osnovu prethodnih. Sam proces čitanja i crtanja odvija se na jednom mestu (sl. 9.1b na mestu 1), što ubrzava i čitanje i crtanje.



Sl. 9.1: Metoda rasčlanjavanja na sastavne površine
a) zadati ortogonalni pogledi, b) faze čitanja i crtanja

9.2. METODA ODSECANJA OD OSNOVNOG TELA

Metoda odsecanja sastoji se **u odsecanju od prvobitnog, osnovnog tela**. Osnovno telo definisano je konturama i gabaritnim merama datih ortogonalnih pogleda. Za prethodni primer osnovno telo je prizma koja je nacrtana u kosoj projekciji (sl. 9.2,b). Prateći ortogonalne poglede (sl. 9.2,a), postepeno se odseca osnovno telo. Na sl. 9.2,c pokazan je postupak odsecanja, prvo sa ravni $\alpha\beta$, zatim sa ravni γ i sa ravni $\delta\varepsilon$. Ceo postupak odvija se na jednom mestu (sl. 9.2,b). Redosled odsecanja nije bitan.

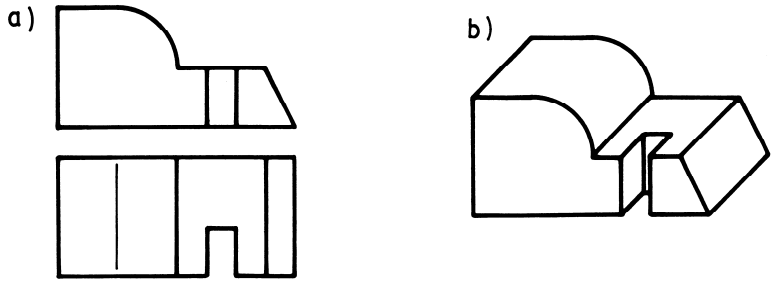


Sl. 9.2: Metoda čitanja odsecanjem od osnovnog tela
a) zadati ortogonalni pogledi, b) osnovno telo, c) faze čitanja i crtanja odsecanjem

9.3. KOMBINOVANA METODA

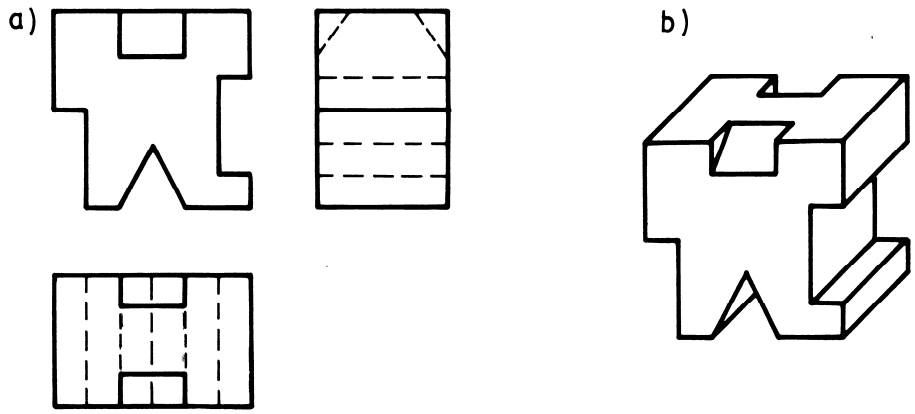
Kombinovana metoda se **sastoji iz prethodne dve**. Proces čitanja odvija se u glavi čitaoca. Posmatrajući zadate ortogonalne poglede čitalac zamišlja predmet. Pri tome koristi i metodu rasčlanjavanja na sastavne površine i metodu odsecanja. Tek kada kompletno sagleda predmet, odluči se za metodu aksonometrije i nacrta ga. Ova metoda nije prikladna za početnike. Koristi se kada se savladaju prethodne dve.

Za primer sa sl. 9.3,a prikazan je postupak čitanja i crtanja kombinovanom metodom. Na osnovu glavnog pogleda jasno je da se predmet sastoji iz horizontalnog i vertikalnog dela. Horizontalni deo je na kraju zakošen, dok je vertikalni zaobljen. Iz glavnog pogleda i pogleda odozgo vidi se da predmet ovaj oblik ima po celoj svojoj dubini. Dve vertikalne linije na horizontalnom delu predmeta (pogled A) predstavljaju žljeb u obliku prizme i to samo do neke dubine, što se vidi u pogledu odozgo. Pri samom crtanju koristi se metoda odsecanja od osnovnog tela (sl. 9.3,b).



Sl. 9.3: Postupak čitanja kombinovanom metodom
a) zadati ortogonalni pogledi, b) aksonometrijski izgled zadatog predmeta

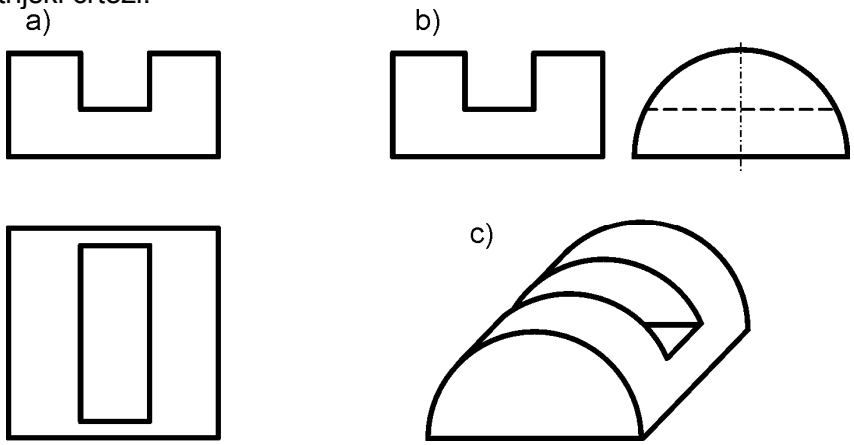
Crtanje i čitanje kombinovanom metodom brže je od prethodne dve. Može se koristiti kada se potpuno savlada postupak crtanja ortogonalnog i aksonometrijskog crteža. Još jedan primer čitanja ortogonalnog crteža pogodnog za čitanje kombinovanom metodom, dat je na sl. 9.4.



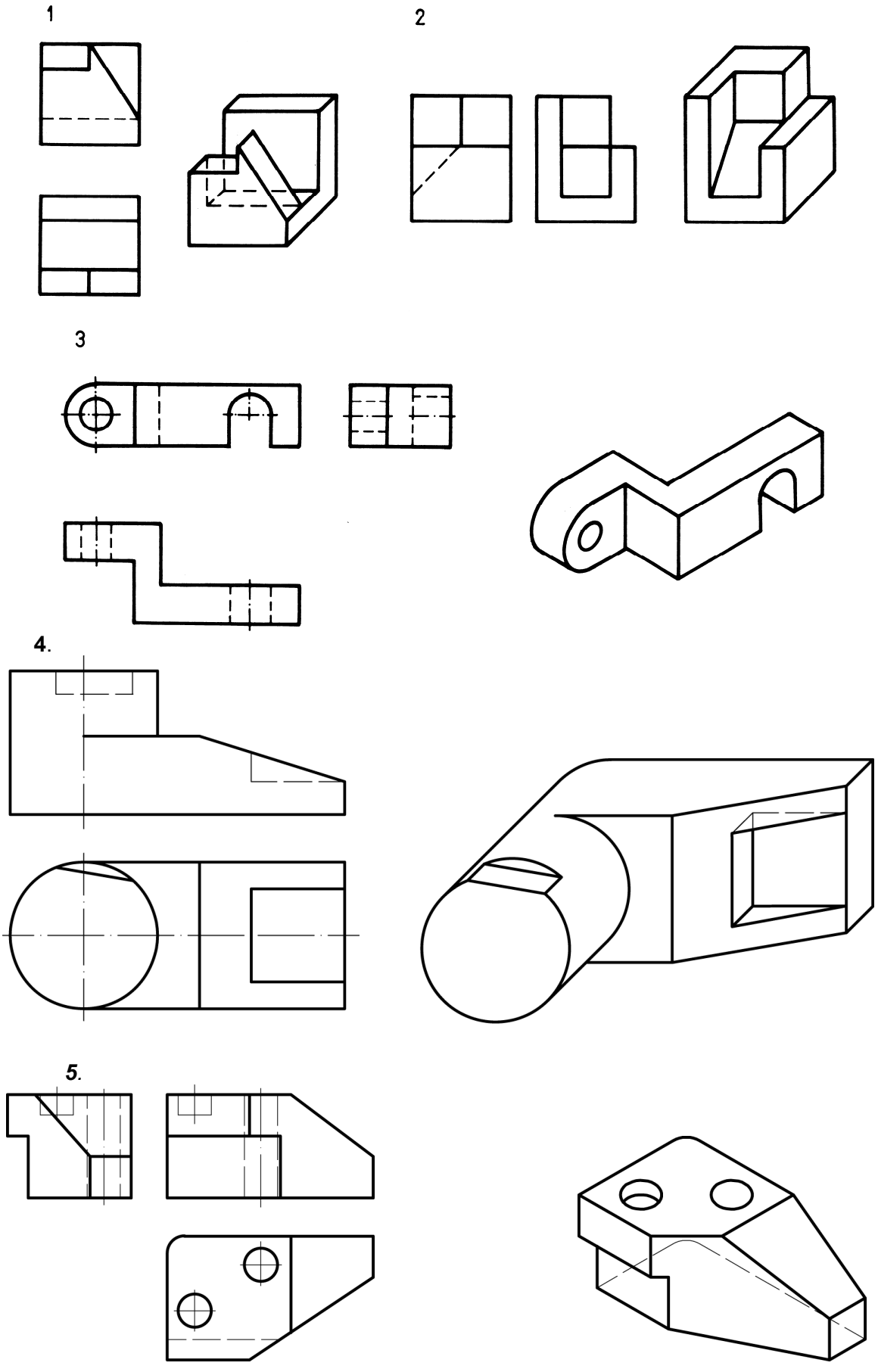
Sl. 9.4: Kombinovana metoda čitanja ortogonalnih pogleda
a) zadati ortogonalni pogledi, b) aksonometrijski crtež zadatog predmeta

Čitanje ortogonalnih pogleda može biti "teže" i "lakše". To zavisi, ne samo od komplikovanosti predmeta već i od izbora nacrtanih ortogonalnih pogleda. Ako je npr. predmet predstavljen sa glavnim pogledom i pogledom odozgo (sl. 9.5,a), čitaocu će biti veoma teško da ga pročita Me|utim, ako se nacrta glavni pogled i pogled sa leva na desno (sl. 9.5,b) problem čitanja je jednostavan (sl. 9.5,c).

Za sledećih pet primera (sl. 9.6), korišćenjem kombinovane metode čitanja, nacrtani su aksonometrijski crteži.



Sl. 9.5: Čitanje ortogonalnih pogleda zavisno od zadatih pogleda
a) zadati pogledi A i B, b) zadati pogledi A i C, c) aksonometrijski izgled predmeta



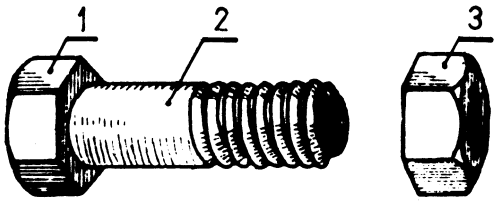
Sl. 9.6: Primeri korišćenja kombinovane metode

10. CRTANJE MAŠINSKIH ELEMENATA

Mašinski elementi **su elementarni sastavni delovi mašina** čiji su konstruktivni oblici, dimenzije i materijal definisani nacionalnim i međunarodnim standardima (zavrtnji, čivije, osigurači, ležišta...) ili su neki njihovi parametri definisani standardima (zupčanici, lančanici...). Prilikom crtanja mašinskih elemenata, pored svih principa i pravila tehničkog crtanja, o kojima je napred bilo reči, **radi racionalizacije crtanja, koriste se različita uprošćenja.**

10.1. ZAVRTNJI

Zavrtnji **služe za razdvojivo spajanje mašinskih delova**. Najčešće se upotrebljava zavrtanj **sa šestougaonom glavom** koji ima stablo sa zavojnicom na koje dolazi navrtka. Aksonometrijski izgled zavrtnja i navrtke dat je na sl. 10.1.



1. glava zavrtnja
2. stablo sa zavojnicom
3. navrtka

Sl. 10.1: Aksonometrijski izgled zavrtnja sa šestougaonom glavom

Vitalni deo na zavrtnju je **zavojnica**. To je žleb na stablu zavrtnja i u otvoru navrtke i ploča u obliku krive linije - zavojnice koja ih spaja.

10.1.1. Crtanje zavojnica

Izgled zavojnice na stablu zavrtnja i u rupi navrtke, bez uprošćenja sa najelementarnijim kotama prikazan je na sl. 10.2,a,b. Ovakav način prikazivanja iziskivao bi mnogo vremena **te se zavojnica crta uprošćeno** kao na sl. 10.2,c,d. Način kotiranja zavojnice na svoj tehničkoj dokumentaciji prikazan je na sl. 10.2,e,f. Označava se samo vrednost nominalnog prečnika (*d,D*) ispred kojeg stoji slovna oznaka vrste zavojnice (M, Tr itd.) i aktivna dužina zavojnice (*l,L*). Crtanje zavojnice u sklopu zavrtnja u rupi prikazan je na sl. 10.2,g.

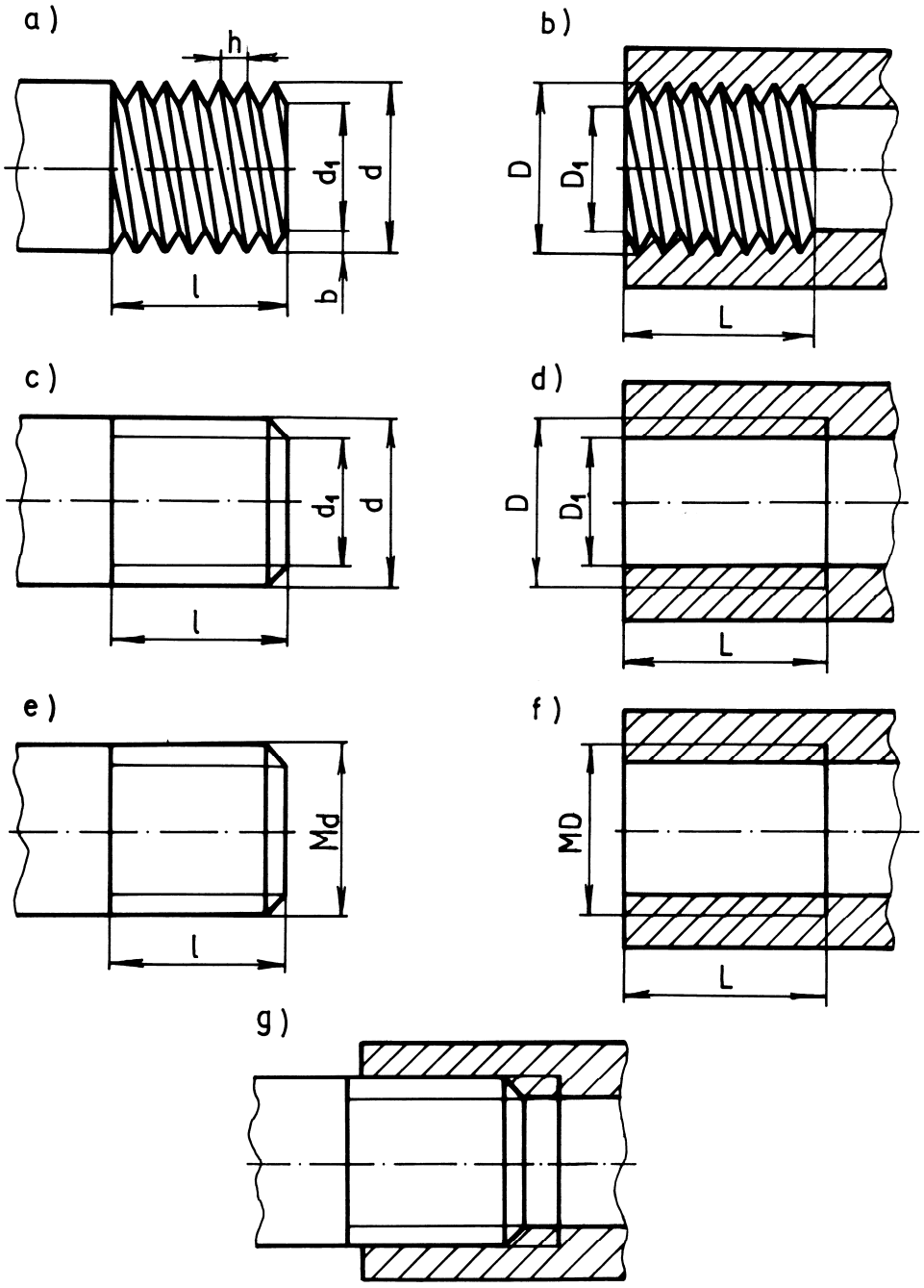
Zavojnica može biti: metrička, trapezna, obla, kosa itd. Kada je metrička, ispred vrednosti nominalnog prečnika stoji slovo M (sl. 10.3,a). Ako je metrička zavojnica sitnog koraka, tada se kotira i korak (*h*) (M12x1,5) kao na sl. 10.3,b. Zavojnica može biti desne i leve kosine. Ako je desna, ne piše se uz kotu (to se podrazumeva), a ako je leva, tada se to i napiše (M12 leva) (sl. 10.3,c). Zavojnica može biti jednohoda i višehoda. Ako je jednohoda, to se ne piše (podrazumeva se), a ako je višehoda, piše se (M12 dvohoda) (sl. 10.3,d).

Metrička zavojnica može biti i konična (stablo je cilindrično, a sama zavojnica je konična). Koristi se za dobro zaptivanje cevnih spojeva. Kotira se tako što se ipred predašnje oznake doda skraćenica "kon" (kon M16) (sl. 10.3,e).

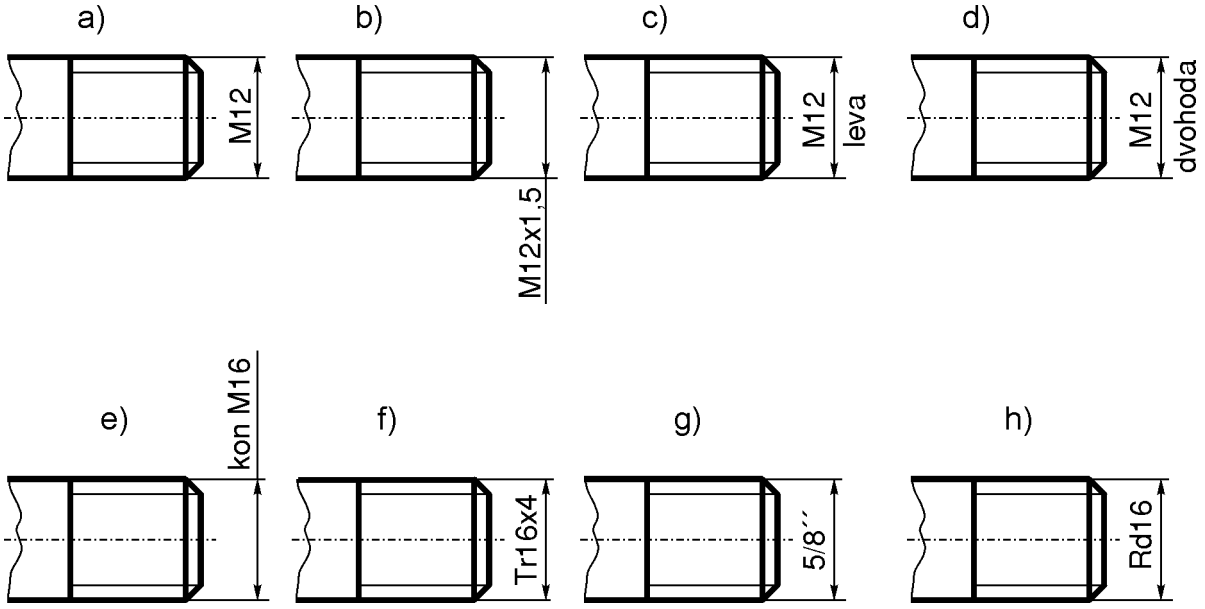
Kada je zavojnica trapezna kotira se kao na sl. 10.3,f (Tr16x4), gde je d=16 mm, a korak h=4 mm. Bez obzira da li je trapezna zavojnica obična ili fina pri kotiranju se unosi i korak zavojnice.

Vitvortova zavojnica se kotira tako što se daje vrednost nominalnog prečnika u colovima, bez slovne oznake (5/8") (sl. 10.3,g). Ako je fina vitvortova zavojnica dodaje se i korak u colovima. Vitvortova cevna zavojnica se kotira tako što se ispred vrednosti unutrašnjeg prečnika cevi u colovima stavlja oznaka R, na primer R2".

Za obli navoj se koristi oznaka Rd i vrednost prečnika u mm (Rd 16) (sl. 10.3,h).



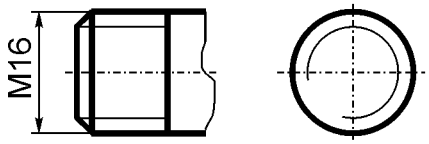
Sl. 10.2: Crtanje i kotiranje zavojnice na zavrtnju i u rupi
a) bez uprošćenja na stablu zavrtnja, b) bez uprošćenja u rupi, c) uprošćeno na zavrtnju, d) uprošćeno u rupi, e) kotiranja na zavrtnju, f) kotiranja u rupi, g) zavojnica u sklopu



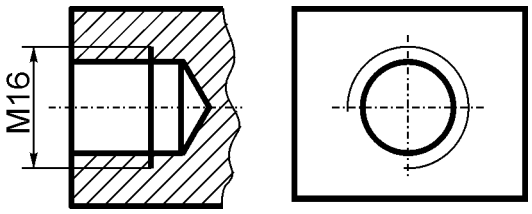
Sl. 10.3: Kotiranje različitih vrsta zavojnica
a) metrička b) metrička fina, c) metrička leva, d) metrička dvohoda,
e) metrička konična, f) trapezna, g) vitvortova, h) obla

Postoje i druge vrste zavojnica: kosa, različite vrste oble, za drvo, za lim itd. i slično prethodnim se kotiraju i označavaju.

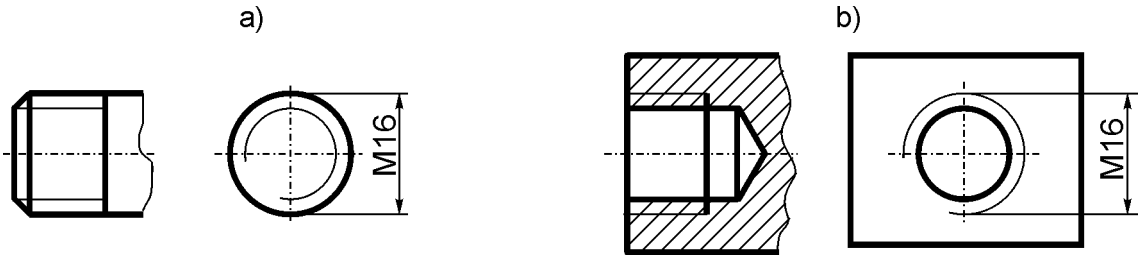
Crtanje i kotiranje zavojnice na stablu zavrtnja u dva pogleda prikazan je na sl. 10.4, a u rupi na sl. 10.5. Zavojnica se kotira prevenstveno u onom pogledu gde se ne projektuje kao krugovi. Ako je to neizvodljivo može se kotirati i na pogledima gde se projektuje kao krug, ali to treba izbegavati (sl. 10.6). Tanak, ne potpun krug koji označava dubinu zavojnice kod zavrtnja je unutar nominalnog (nazivnog) prečnika, a kod rupe je spolja.



Sl. 10.4: Zavojnica na zavrtnju u dva pogleda

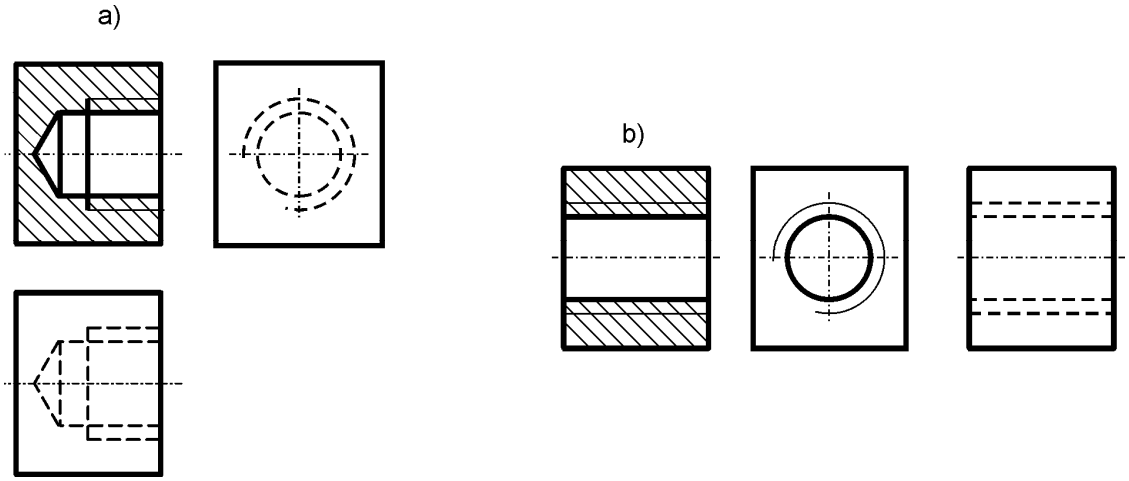


Sl. 10.5: Zavojnica u rupi u dva pogleda

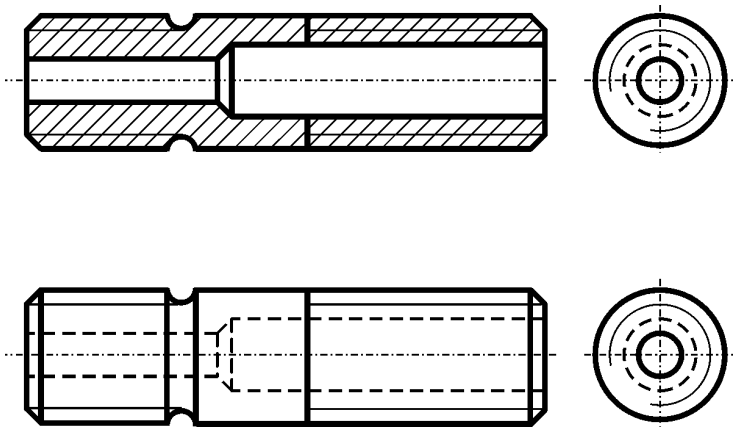


Sl. 10.6: Alternativno kotiranje zavojnice (kada se projektuje kao krug)
a) na osovini, b) u rupi

Crtanje zavojnice u rupi sa presekom i bez preseka prikazano je na sl. 10.7, a na stablu zavrtnja ili nekog drugog mašinskog dela na sl. 10.8

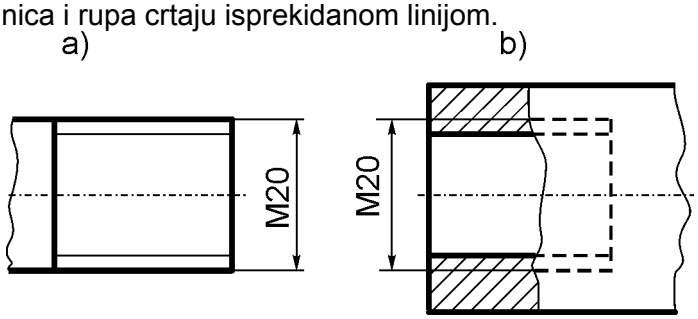


Sl. 10.7: Crtanje zavojnice u rupi sa presekom i bez preseka
a) rupa do neke dubine, b) rupa po celoj dužini otvora



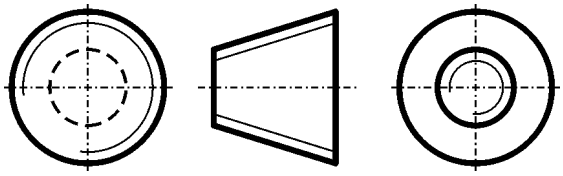
Sl. 10.8 Crtanje zavojnice na stablu zavrtnja sa i bez preseka

Na sl. 10.9 uporedo je prikazan način crtanja zavojnica na stablu i u rupi, kada se koristi delimičan presek. Na stablu se zavojnica crta isto sa i bez preseka, dok kod rupe drugačije. Na delu rupe koji se zamišljeno seče, zavojnica se vidi, a na nesečenom delu se ne vidi, te se i zavojnica i rupa crtaju isprekidanom linijom.



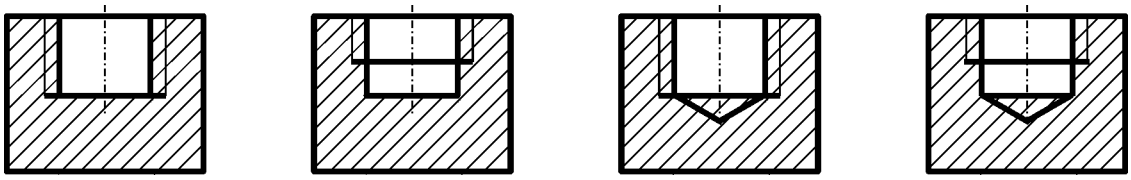
Sl. 10.9: Crtanje zavojnice na stablu i u rupi korišćenjem delimičnog preseka
a) na stablu zavrtnja, b) u rupi

Kada je stablo zavrtnja ili otvor koničan zavojnica se crta kao na sl. 10.10. Pri tome se zavojnica crta samo na jednom kraju i to na onom koji je bliži posmatraču.

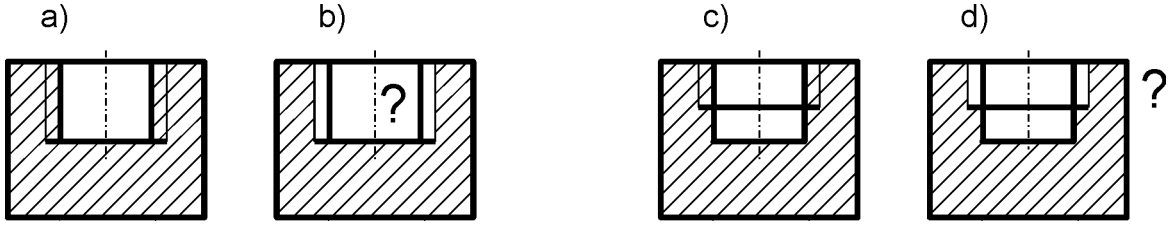


Sl. 10.10: Zavojnica na koničnoj površini

Načini crtanja zavojnice u rupu u različitim varijantama dubine rupe i zavojnice prikazan je na sl. 10.11. Pravilno i nepravilno šrafiranje zavojnice u preseku prikazano je na sl. 10.12.



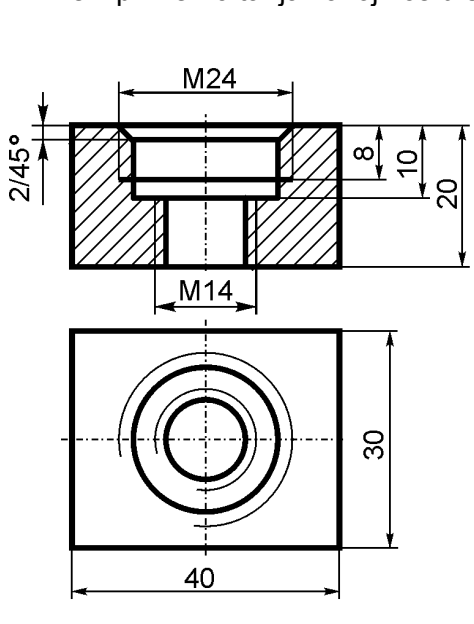
Sl. 10.11: Zavojnica u rupu

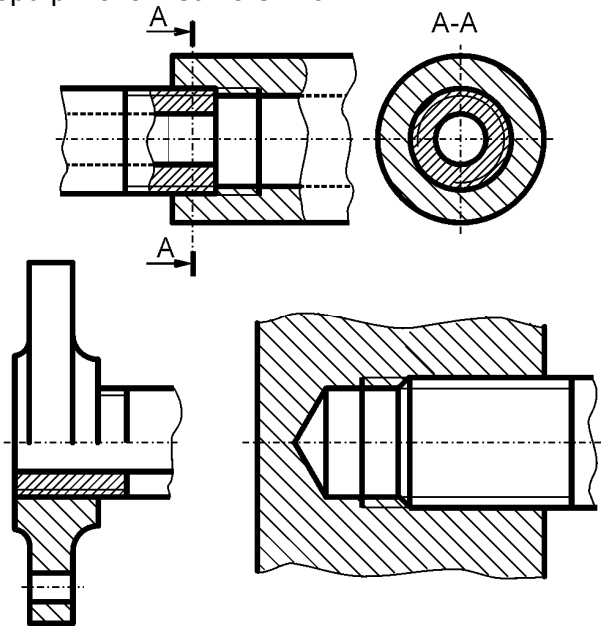


Sl. 10.12: Pravilno i nepravilno šrafiranje zavojnice
a),c) pravilno, b),d) nepravilno

Ivice stabla i rupe sa zavojnicom su oborene, bilo da se to namerno čini ili se tako već dobiju izradom zavojnice. Kada se konture oborene ivice i linija zavojnice poklope, zavojnica ima prednost nad konturom oborene ivice (sl. 10.13). U pogledu odozgo crta se zavojnica na većoj rupi M20 (tanak nepotpun krug), a ne oborena ivica.

Neki primeri crtanja zavojnice u sklopu prikazani su na sl. 10.14.



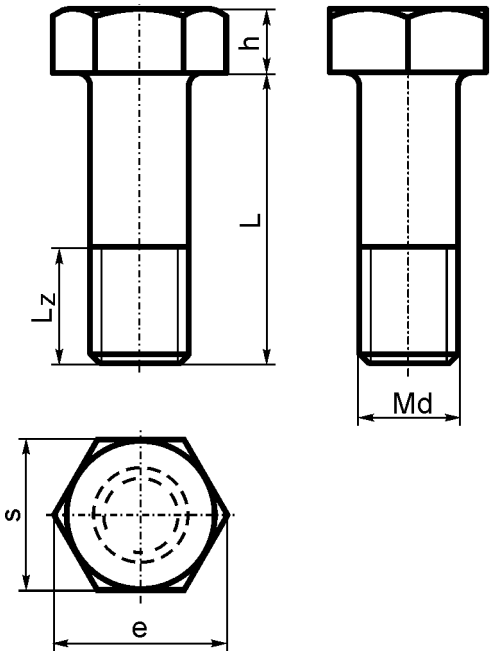


Sl. 10.13: Crtanje zavojnice i oborene ivice

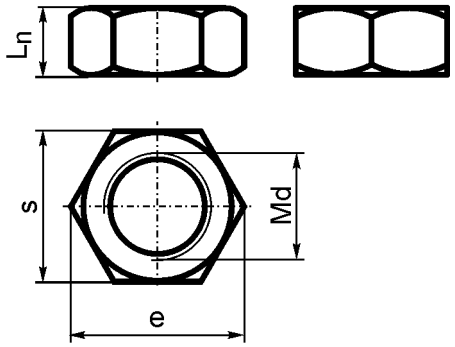
Sl. 10.14: Primeri crtanja zavojnice u sklopu

10.1.2. Konstruktivni oblici zavrtnja

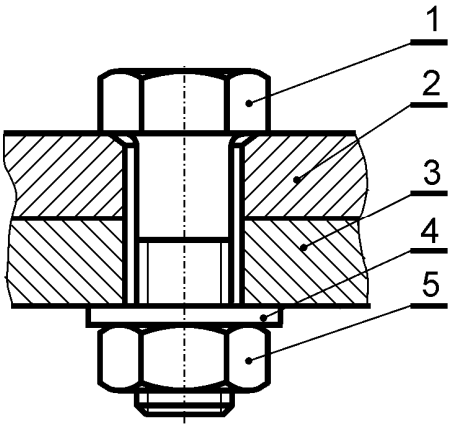
Ortogonalni crtež i način kotiranja zavrtnja sa sl. 10.1, prikazan je na sl. 10.15, a navrtke na sl. 10.16. Zavrtanj zajedno sa navrtkom ima funkciju kada spaja dve ploče ili neka druga dva mašinska dela. Na sl. 10.17 prikazan je zavrtanj sa navrtkom i podloškom u sklopu sa dve ploče. Zavrtanj se može koristiti i bez navrtke (sl. 10.18), tada ulogu navrtke ima donja ploča.



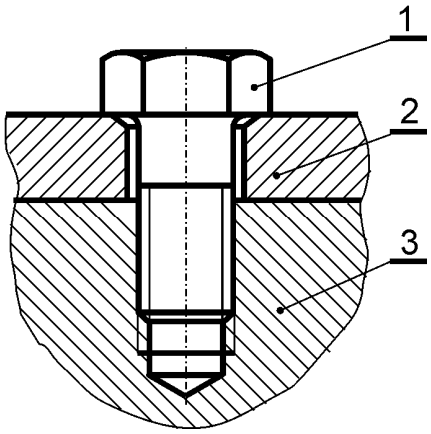
Sl. 10.15. Zavrtanj sa šestougaonom glavom



Sl. 10.16: Šestougaona navrtka



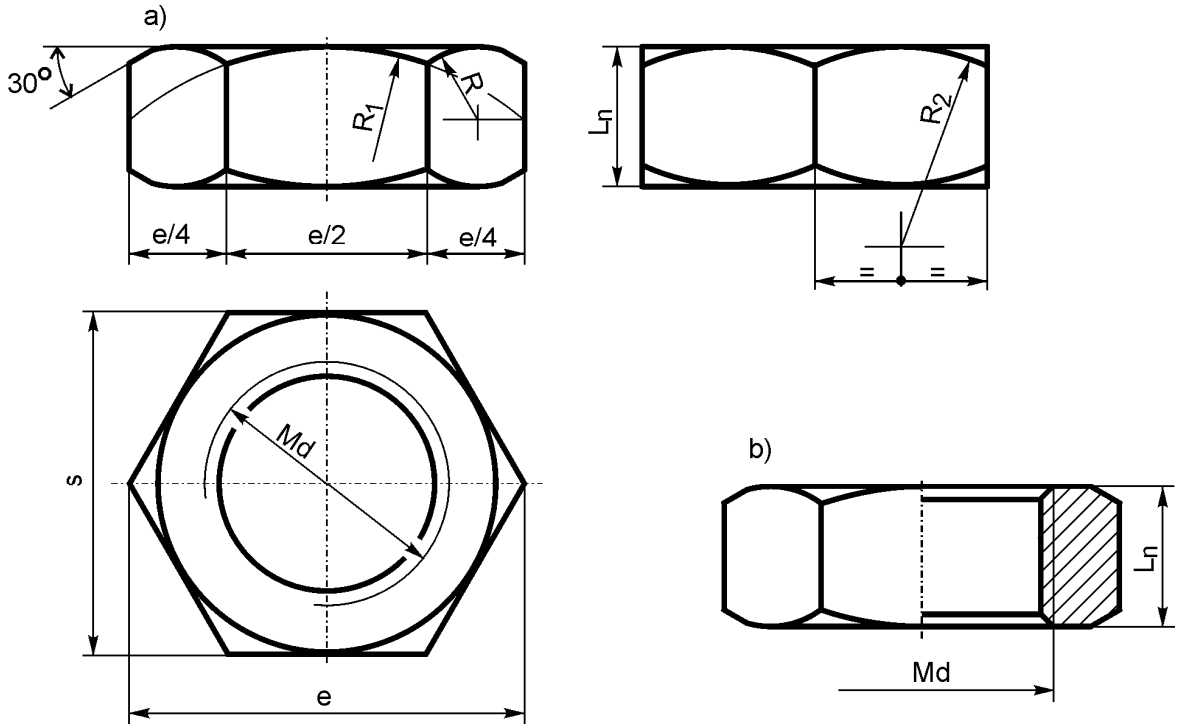
Sl. 10.17: Zavrtanj i navrtka u sklopu sa dve ploče
1. zavrtanj sa šestouganom glavom
2. gornja ploča, 3. donja ploča
4. podloška, 5. navrtka



Sl. 10.18: Zavrtanj bez navrtke u pločama
1. zavrtanj sa šestougaonom glavom
2. gornja ploča, 3. donja ploča

Zavrtanj **se označava sa Mdxl i broj SRPS -a**, a navrtka sa Md i broj SRPS-a. Na primer: M10x35 SRPS M.B1.050 je zavrtanj sa šestougaonom glavom, srednje klase izrade, sa prečnikom stabla 10 mm, dužine stabla 35 mm, sa zavojnicom dužine l_z=25 mm. Oznaka M10 SRPS M.B1.601 predstavlja navrtku sa šestougaonom glavom, srednje klase izrade, normalne visine, nominalnog prečnika rupe 10 mm.

Ivice glave zavrtnja i navrtke se obaraju pod uglom od 30°. Način konstruisanja i crtanja oblika šestougaone glave zavrtnja i navrtke prikazan je na sl. 10.19. Kote koje su date na ovom crtežu se ne crtaju, već su potrebne samo radi konstruisanja oblika glave. Zavrtanj i navrtka se kotiraju kao na sl. 10.15 i 10.16. Crtanje i kotiranje navrtke sa presekom prikazan je na sl. 10.19,b.

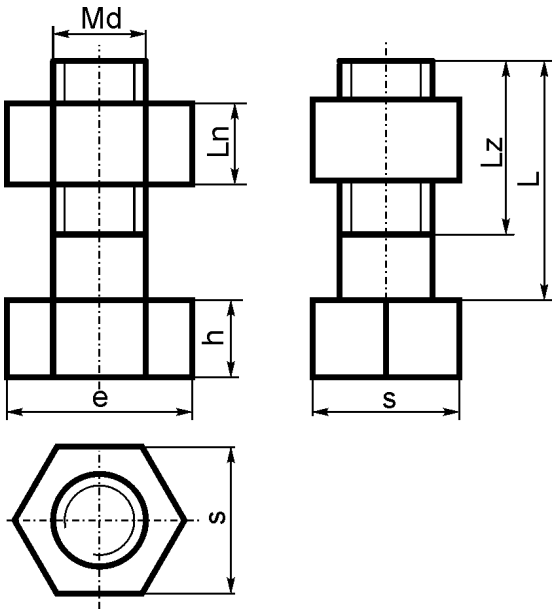


Sl. 10.19: Konstrukcija šestougaone glave zavrtnja i navrtke sa oborenim ivicama a) bez preseka, b) sa presekom

Radijusi R_1 i R_2 računaju se prema izrazima: $R_1 = \frac{3}{4}e;\ R_2 = \frac{e}{2}$. Radijus R se dobija konstruktivno kao na sl. 10.19.

Na crtežima gde su moguća veća uprošćenja, radi racionalizacije crtanja, zavrtanj i navrtka sa šestougaonim oblikom mogu se prikazati bez zaobljenja nastalih obaranjem ivica (sl. 10.20).

Dimenzije osnovnih parametara šestougaonog zavrtnja i navrke date su u tabeli 10.1. Ove dimenzije su propisane našim SRPS i međunarodnim ISO standardima.

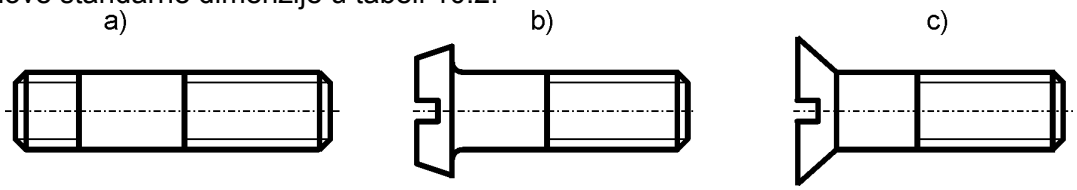


Sl. 10.20: Uprošćeno crtanje šestougaonog oblika glave zavrtnja i navrtke

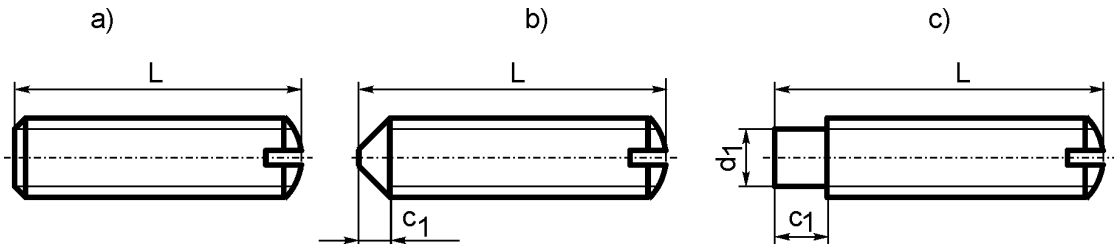
Tabela 10.1: Osnovne dimenzije zavrtnjeva i navrtki sa šestougaonom glavom (izvod)

Nazivni prečnik navoja (d)	Otvor ključa (s)	Maksi. mera (e)	Visina glave (h	Visina navrtke (l_n)	Visina niske navrtke (l_n)	Prečnik otvora ploča za zavrtnje (D_o)		
						fini	srednji	grubi
1	-	-	-	-	-	1,1	1,2	1,3
1,2	-	-	-	-	-	1,3	1,4	1,5
1,4	-	-	-	-	-	1,5	1,6	1,8
1,6	3,2	-	1,1	1.3	1	1,7	1,8	2
1,8	3,5	3	1,3	1,5	1,1	1,9	2	2,3
2	4	4,6	1,4	1,6	1,2	2,2	2,4	2,6
2,2	4,5	5,2	1,5	1,8	1,2	2,4	2,6	2,8
2,5	5	5,8	1,7	2	1,6	2,7	2,9	3,1
3	5,5	6,4	2	2,4	1,6	3,2	3,4	3,6
3,5	6	6,9	2,4	2,8	2	3,7	3,9	4,1
4	7	8,1	2,8	3,2	2	4,3	4,5	4,8
5	8	9,2	3,5	4	2,5	5,3	5,5	5,8
6	10	11,5	4	5	3	6,4	6,6	7
8	13	15	5,5	6,5	5	8,4	9	10
10	16	19,6	7	8	6	10,5	11	12
12	19	21,9	8	10	7	13	14	15
14	22	25,4	9	11	8	15	16	17
16	24	27,7	10	13	8	17	18	19
18	27	31,2	12	15	9	19	20	21
20	30	34,6	13	16	9	21	22	24
22	32	36,9	14	18	10	23	24	26
24	36	41,6	15	19	10	25	26	28
27	41	47,3	17	22	12	28	30	32
30	46	53,1	19	24	12	31	33	35
33	50	57,7	21	26	14	34	36	38
36	55	63,5	23	29	14	37	39	42
39	60	69,3	25	31	16	40	42	45

Veliki je broj standardnih zavrtnjeva sa vrlo različitim konstruktivnim izgledom. Neki od tih prikazani su na sl. 10.21. Uvrtni zavrtnji ili zavrtnji za podešavanje dati su na sl. 10.22, a njihove standarne dimenzije u tabeli 10.2.



Sl. 10.21: Različite vrste zavrtnjeva
a) bez glave, b) sa konično-cilindričnom glavom, d) sa upuštenom glavom



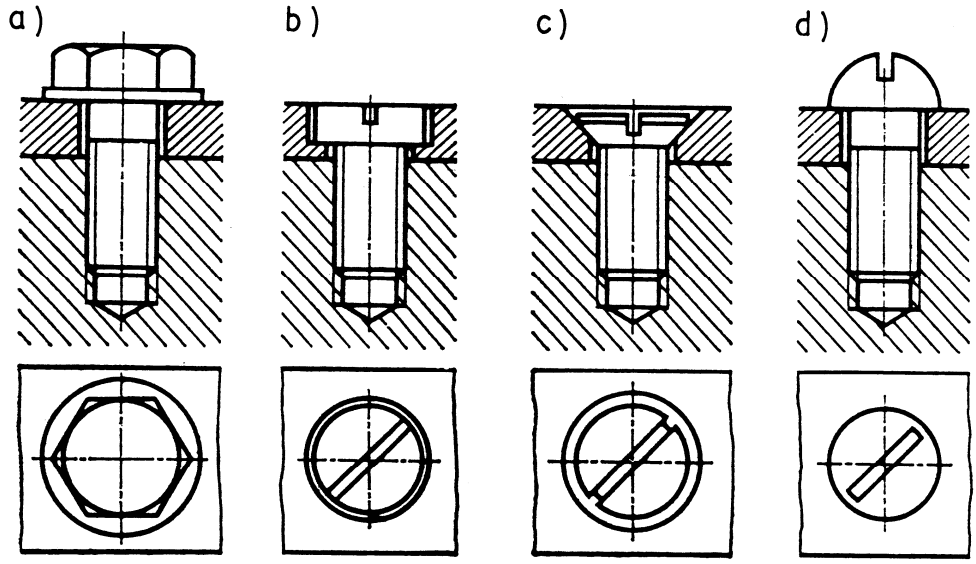
Sl. 10.22: Uvrtni zavrtnji (za podešavanje)
a) bez završetka, b) sa šiljkom, c) sa cilindričnim završetkom

Tabela 10.2: Uvrtni zavrtnji (za podešavanje) (izvod)

Navoj	SRPS M.B1.280 l (mm)	Sa šiljkom SRPS M.B1.290		Sa cilindričnim završetkom SRPS M.B1.291		
		c_1 (mm)	l (mm)	c_1 (mm)	d_1 (mm)	l (mm)
M1	2-4	0,5	2-4	-	-	-
M1,2	2-4	0,6	2-4	-	-	-
(M1,4)*	2-5	0,7	2-5	-	-	-
M1,6	2-6	0,8	2-6	-	-	-
M2	3-8	1	3-8	1,5	1,4	3-6
(M2,2)	3-10	1,15	3-10	2	1,5	4-8
M2,5	3-10	1,3	4-10	2	1,7	4-10
M3	3-10	1,5	4-12	2,5	2	5-12
(M3,5)	3-12	1,75	5-12	2,5	2,5	5-15
M4	4-12	2	6-15	3	2,5	6-15
M5	4-15	2,5	8-18	3	3,5	8-18
M6	5-18	2,5	8-22	3,5	4,5	8-22
M8	6-25	3	10-28	5	6	10-28
M10	10-30	4	15-35	5,5	7	12-35
M12	12-40	5	15-45	7	9	18-45
M16	18-50	6	22-55	9	12	22-55
M20	20-55	7	28-60	9	15	28-60

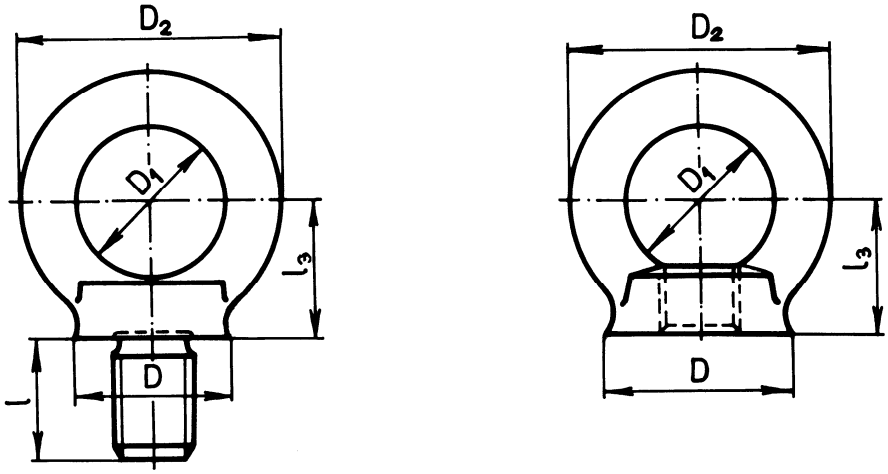
* Dimenzije zavrtnjeva u zagradi (M1,4) treba izbegavati.

Način crtanja nekih od standardnih zavrtnjeva u sklopu sa pločama prikazan je na sl. 10.23. Bez obzira u kojem se trenutnom položaju nalazi glava ili navrtka, uvek se crta u onom položaju kao na sl. 10.23. Žleb u glavi koji služi za zavrtanje-odvrtanje uvek je na vertikalnoj osi u pogledu spreda, a u pogledu odozgo uvek pod uglom od 45°.



Sl. 10.23: Zavrtnji u sklopu sa pločama
a) sa šestougaonom glavom, b) sa cilindričnom glavom, c) sa upuštenom glavom, d) sa poluokruglom glavom

Zavrtanj i navrtka sa prstenastom glavom prikazan je na sl. 10.24, a dimenzije su date u tabeli 10.3.



Sl. 10.24: Prstenasti zavrtanj i navrtka

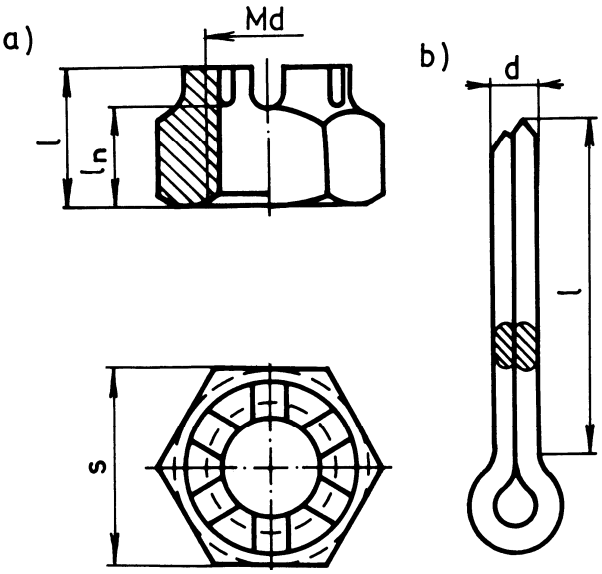
Navrtke, takođe, mogu biti različitih konstruktivnih izgleda. Na sl. 10.25 prikazana je krunasta navrtka koja zajedno sa rascepkom osigurava vezu od odvrtanja. Standardne dimenzije krunaste navrtke i rascepke date su u tabeli 10.4.

Tabela 10.3: Zavrtnji (SRPS M.B1.210) i navrtke (SRPS M.B1.690) sa prstenastom glavom (izvod)

Navoj	D (mm)	D_1 (mm)	D_2 (mm)	l (mm)	l_3 (mm)
M8	20	20	36	14	18
M10	25	25	45	16	22
M12	30	30	54	20	26
M16	35	35	63	25	30
M20	40	40	72	28	35
M24	50	50	90	35	45
M30	65	60	108	42	55
M36	75	70	126	50	65
M42	85	80	144	58	75
M48	100	90	184	75	95
M64	120	110	206	85	105
M72x6	150	140	260	100	130
M80x6	170	160	296	115	150
M100x6	190	180	330	125	165

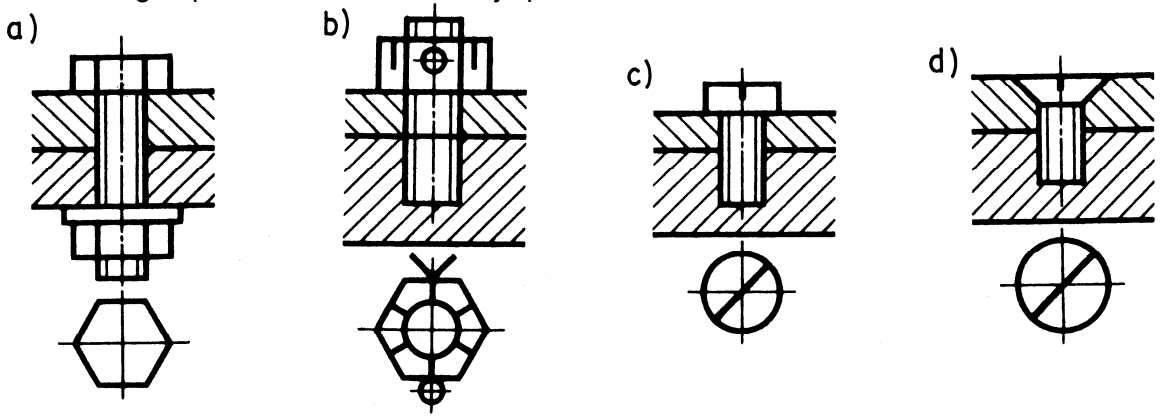
Tabela 10.4: Krunasta navrtka i rascepka
SRPS M.B1.631, SRPS M.B2.300 (izvod)

Nazivni prečnik navoja d (mm)	s (mm)	l_n (mm)	l (mm)	Rascepka dxl (mmxmm)
4	7	3,2	5	
5	8	4	5,5	1x10
6	10	5	7,5	1x12
8	13	6,5	9,5	1,5x15
10	17	8	11	2x18
12	19	9,5	14	2x22
14	22	11	16	3x25
14	24	13	19	4x32
18	27	15	21	4x35
20	30	16	22	4x40
22	32	17	25	5x40
24	36	18	26	5x45
27	41	20	28	5x50
30	46	22	31	6x55
33	50	25	34	6x60
36	55	28	37	6x65
39	60	30	42	8x70
42	65	32	44	8x75
45	70	35	47	8x75
48	75	38	50	8x80
52	80	40	52	8x90



Sl. 10.25: Krunasta navrtka i rascepka
a) navrtka, b) rascepka

Za crtanje zavrtanjskih veza potrebno je mnogo vremene, zato se na sklopnim crtežima mogu uprošćeno crtati kao što je prikazano na sl. 10.26.



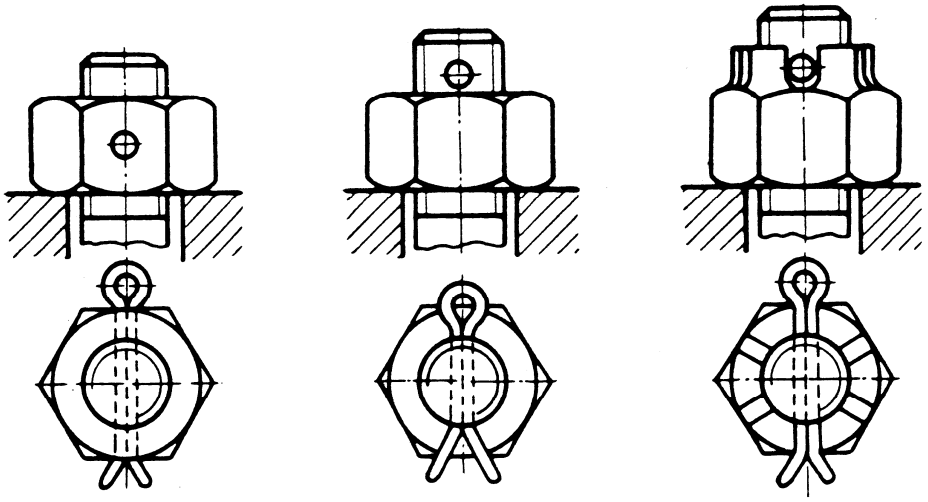
10.26: Uprošćeno crtanje zavrtanjskih veza
a) sa šestougaonom glavom i navrtkom, b) sa krunastom navrtkom i rascepkom,
c) sa cilindričnom glavom, d) sa ukopanom glavom

10.2. ELEMENTI ZA OSIGURANJE

Mašinski elementi za osiguranje imaju ulogu da obezbede navrtku od samoodvrtanja, kao i ostale mašinske elemente ili delove mašina od pomeranja. To su: rascepka, navrtka za osiguranje, navrtka sa osiguračem, podloška, unutrašnji i spoljašnji uskočnik, prsten sa vijkom, čivija itd.

Rascepka

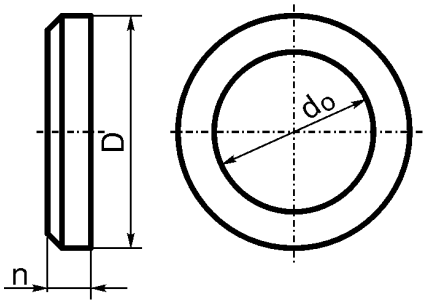
Na sl. 10.25,b prikazana je rascepka čije su dimenzije date u tabeli 10.4. Rascepka u sklopu sa šestougaonom i krunastom navrtkom prikazana je na sl. 10.27. Na sklopnim crtežima se može uprošćeno nacrtati (sl. 10.26,b). Standardna oznaka rascepke je **dxl SRPS M.B2.300.**



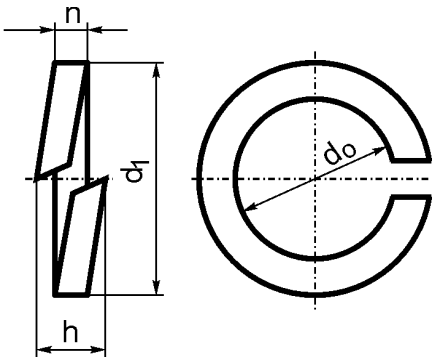
Sl. 10.27: Osiguranje zavrtanjske veze rascepkom

Podloška

Podloška povećava površinu naleganja navrtke, a time i trenje između dodirnih površina, čime osigurava zavrtanjsku vezu od samoodvrtanja. Na sl. 10.28 prikazana je obična podloška, a na sl. 10.29 elastična. Standardne vrednosti običnih podloški date su u tabeli 10.5. Standardna oznaka podloški je $\mathbf{d_o}$ ***SRPS*** **M.B2. ....** Poslednja tri broja oznake zavise od konstruktivnog oblika podloške.

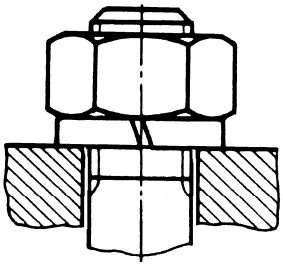


Sl. 10.28: Obična podloška

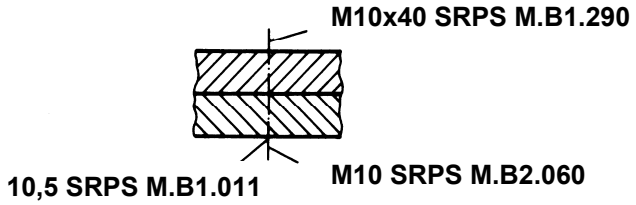


Sl. 10.29: Elastična podloška

Način crtanja elastične podloške u sklopu sa zavrtnjem, navrtkom i pločama prikazan je na sl. 10.30. Sasvim uprošćeno (sl. 10.31), samo sa osnom linijom i odgovarajućim oznakama veličine i vrste mašinskih elemenata za vezu i osiguranje, moguće je prikazati na skicama, proračunima i sklopnim crtežima.



Sl. 10.30: Elastična podloška u sklopu



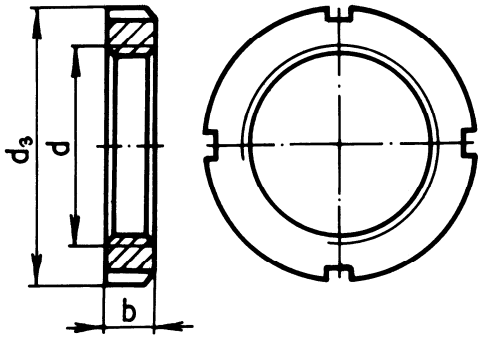
Sl. 10.31: Uprošćeno prikazan zavrtanj, podloška i navrtka (sa osnom linijom)

Tabela 10.5: Standardne dimenzije običnih podloški (izvod)

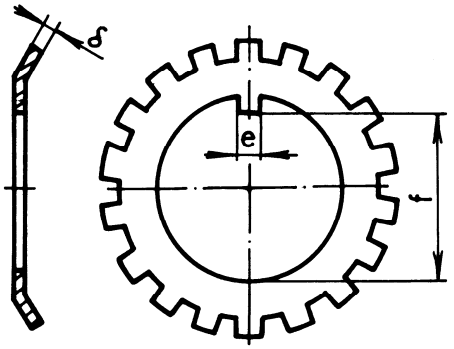
Nazivni prečnik zavrtnja	Unutrašnji otvor podloške	Za zavrtnje sa šestougaonom glavom SRPS M.B2.011		Za zavrtnje sa cilindričnom i poluokruglom glavom SRPS M.B2.013		Sa velikim spoljašnjim prečnikom SRPS M.B2.014	
d (mm)	d_o (mm)	D (mm)	n (mm)	D (mm)	n (mm)	D (mm)	n (mm)
2	2,2	5,5	0,5	4,5	0,5	-	-
3	3,2	7	0,5	6	0,5	9	0,8
3,5	3,7	8	0,5	7	0,5	11	0,8
4	4,3	9	0,8	8	0,5	12	1
5	5,3	11	1	10	1	15	1,5
6	6,4	12	1,5	11	1,5	18	1,5
8	8,4	17	2	15	1,5	25	2
10	10,5	21	2,5	18	1,5	30	2,5
12	13	24	3	20	2	40	3
14	15	28	3	25	2	45	3
16	17	30	3	27	2	50	3
18	19	34	4	30	2,5	56	4
20	21	36	4	33	2,5	60	4
22	23	40	4	34	3	-	-
24	25	44	4	-	-	-	-
27	28	50	5	-	-	-	-
30	31	56	5	45	5	-	-
36	37	68	6	-	-	-	-
39	40	72	6	-	-	-	-
42	43	78	7	-	-	-	-

Navrtka sa osiguračem

Navrtka sa osiguračem koristi se za aksijalno osiguranje prenosnika i unutrašnjih prstenova ležaja na vratilu. Jedan od standardnih oblika navrtke dat je na sl. 10.32, a osigurača na sl. 10.33.



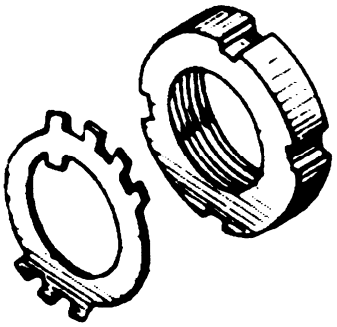
Sl. 10.32: Navrtka za osiguranje



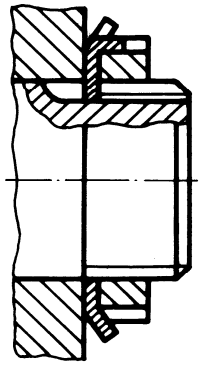
Sl. 10.33: Osigurač za navrtku

Aksonometrijski izgled navrtke i osigurača dat je na sl. 10.34. Način crtanja navrtke sa osiguračem na vratilu prikazan je na sl. 10.35. Crta se u položaju kako je to prikazano na slici, bez obzira u kojem je trenutno.

Strandardne dimenzije navrtke i osigurača date su u tabeli 10.6. Standardna oznaka za sigurnosnu navrtku je **KM d SRPS M.B1.709.** Parametar d predstavlja prečnik vratila u mm.



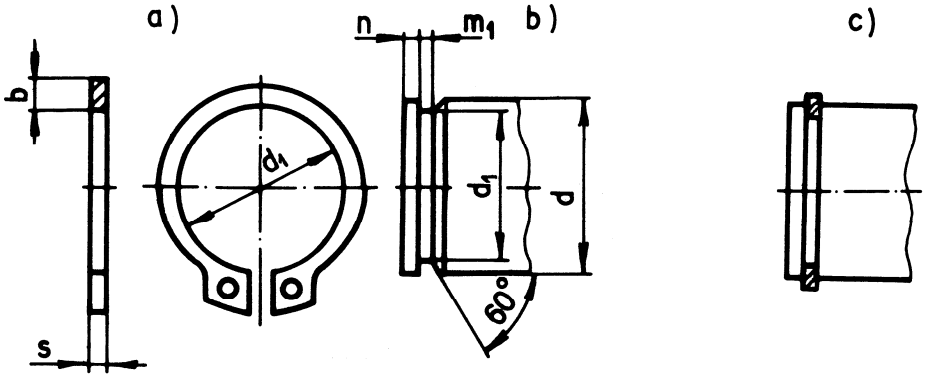
Sl. 10.34: Aksonometrijski izgled navrtke i osigurača



Sl. 10.35: Sklop navrtke, osigurača, vratila i dela koji se osigurava

Unutrašnji i spoljašnji uskočnik

Koristi se za osiguranje prstenova ležajeva i prenosnika od aksijalnog pomeranja na vratilu. Spoljašnji uskočnik je prikazan na sl. 10.36, a unutrašnji na sl. 10.37.

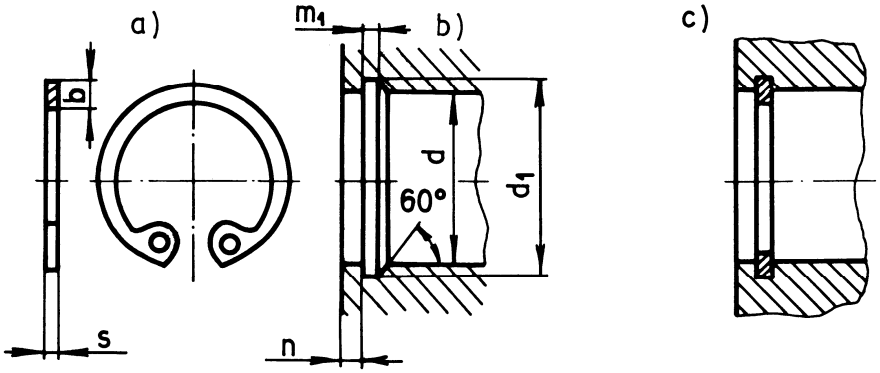


Sl. 10.36: Spoljašnji uskočnik
a) izgled i standardne mere, b) izgled i mere žleba na vratilu za spoljašnji uskočnik, c) spoljašnji uskočnik u sklopu sa vratilom

Tabela 10.6: Standardne dimenzije navrtki sa osiguračem (izvod)

Navrtka SRPS M.B1.709				**Osigurač SRPS M.B2.139**			
Oznaka	Navoj, Md	d_3	b	Oznaka	e	f	δ
KM 4	M20x1	32	6	MB 4	4	18,5	1
KM 5	M25x1,5	38	7	MB 5	5	23	1,2
KM 6	M30x1,5	45	7	MB 6	5	28	1,2
KM 7	M35x1,5	52	8	MB 7	6	33	1,2
KM 8	M40x1,5	58	9	MB 8	6	38	1,2
KM 9	M45x2	65	10	MB 9	6	43	1,2
KM 10	M50x2	70	11	MB 10	6	48	1,2
KM 11	M55x2	75	11	MB 11	8	53	1,2
KM 12	M60x2	80	11	MB 12	8	58	1,5
KM 13	M65x2	85	12	MB 13	8	63	1,5
KM 14	M70x2	92	12	MB 14	–	–	–
KM 15	M75x2	98	13	MB 15	8	72	1,5
KM 16	M80x2	105	15	MB 16	10	77	1,7
KM 17	M85x2	110	16	MB 17	10	82	1,7

KM 18	M90x2	120	16	MB 18	10	87	1,7
KM 19	M95x2	125	17	MB 19	10	92	1,7
KM 20	M100x2	130	18	MB 20	12	97	1,7
KM 21	M105x2	140	18	MB 21	–	–	–
KM 22	M110x2	145	19	MB 22	12	106	1,7
KM 23	M115x2	150	19	MB 23	–	–	–
KM 24	M120x2	155	20	MB 24	14	115	2
KM 25	M125x2	160	21	MB 25	–	–	–
KM 26	M130x2	165	21	MB 26	14	125	2
KM 28	M140x2	180	22	MB 28	16	135	2
KM 30	M150x2	195	24	MB 30	16	145	2
KM 32	M 160x2	210	25	MB 32	–	–	–
KM 34	M 170x2	220	26	MB 34	18	165	2,5



Sl. 10.37: Unutrašnji uskočnik
a) izgled i standardne mere, b) izgled i mere žleba u kućištu za unutrašnji uskočnik, c) unutrašnji uskočnik u sklopu sa kućištem

Standardne vrednosti dimenzija (jednog dela) spoljšnjeg i unutrašnjeg uskočnika date su u tabeli 10.7.

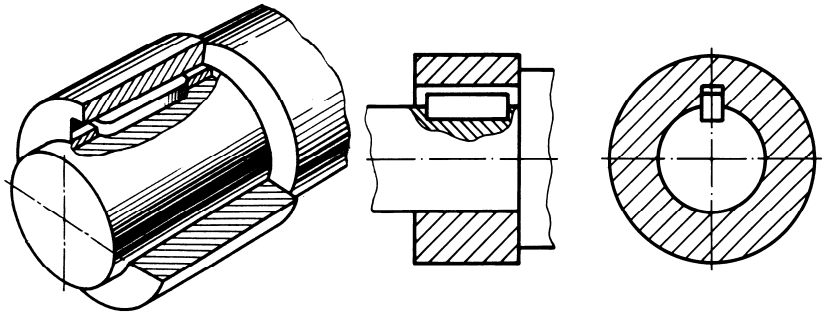
Tabela 10.7: Standardne dimenzije uskočnika SRPS M.C2.400 (izvod)

Spoljašnji uskočnik						**Unutrašnji uskočnik**					
d	**s**	**b**	**d_1**	**m_1**	**n**	**d**	**s**	**b**	**d_1**	**m_1**	**n**
20	1,2	2,6	19	1,3	1,5	20	1	2,3	21	1,1	1,5
21	1,2	2,7	20	1,3	1,5	21	1	2,4	22	1,1	1,5
22	1,2	2,8	21	1,3	1,5	22	1	2,5	23	1,1	1,5
24	1,2	3	22,9	1,3	1,7	24	1,2	2,6	25,2	1,3	1,8
25	1,2	3	23,9	1,3	1,7	25	1,2	2,7	26,2	1,3	1,8
26	1,2	3,1	24,9	1,3	1,7	26	1,2	2,8	27,2	1,3	1,8
28	1,5	3,2	26,6	1,6	2,1	28	1,2	2,9	29,4	1,3	2,1
29	1,5	3,4	27,6	1,6	2,1	30	1,2	3	31,4	1,3	2,1
30	1,5	3,5	28,6	1,6	2,1	32	1,2	3,2	33,7	1,6	2,6
32	1,5	3,6	30,3	1,6	2,6	34	1,5	3,3	35,7	1,6	2,6
34	1,5	3,8	32,3	1,6	2,6	35	1,5	3,4	37	1,6	3
35	1,5	3,9	33	1,6	2,6	36	1,5	3,5	38	1,6	3
36	1,75	4	34	1,85	3	37	1,5	3,6	39	1,6	3
38	1,75	4,2	36	1,85	3	38	1,5	3,7	40	1,6	3
40	1,75	4,4	37,5	1,85	3,8	40	1,75	3,9	42,5	1,85	3,8
42	1,75	4,5	38,5	1,85	3,8	42	1,75	4,1	44,5	1,85	3,8

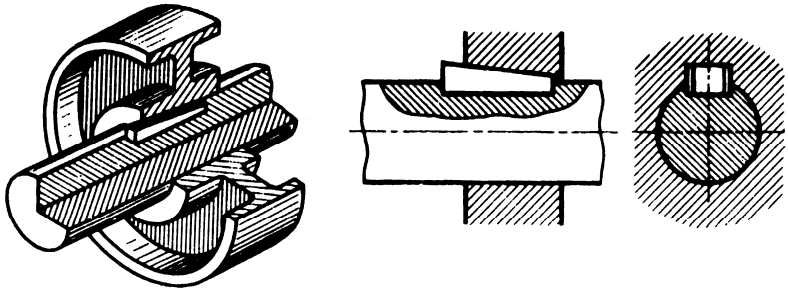
45	1,75	4,7	42,5	1,85	3,8	45	1,75	4,3	47,5	1,85	3,8
48	1,75	5	45,5	1,85	3,8	47	1,75	4,4	49,5	1,85	3,8
50	2	5,1	47	2,15	4,5	48	1,75	4,5	50,5	1,85	3,8
52	2	5,2	49	2,15	4,5	50	2	4,6	53	1,85	3,8
55	2	5,4	52	2,15	4,5	52	2	4,7	55	2,15	4,5
56	2	5,5	53	2,15	4,5	55	2	5	58	2,15	4,5
58	2	5,6	55	2,15	4,5	56	2	5,1	59	2,15	4,5
60	2	5,8	57	2,15	4,5	58	2	5,2	61	2,15	4,5
62	2	6	59	2,15	4,5	60	2	5,4	63	2,15	4,5
63	2	6,2	60	2,15	4,5	62	2	5,5	65	2,15	4,5
65	2,5	6,3	62	2,65	4,5	63	2	5,6	66	2,15	4,5
68	2,5	6,5	65	2,65	4,5	65	2,5	5,8	68	2,65	4,5
70	2,5	6,6	67	2,65	4,5	68	2,5	6,1	71	2,65	4,5
72	2,5	6,8	69	2,65	4,5	70	2,5	6,2	73	2,65	4,5
75	2,5	7	72	2,65	4,5	72	2,5	6,4	75	2,65	4,5
78	2,5	7,3	75	2,65	4,5	75	2,5	6,6	78	2,65	4,5
80	2,5	7,4	76,5	2,65	5,3	78	2,5	6,8	81	2,65	5,3

10.3. KLINOVI

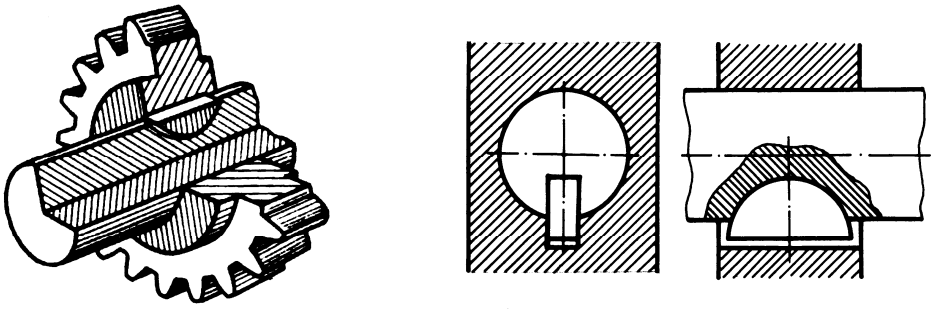
Klinovi **služe za spajanje prenosnika i drugih mašinskih elemenata za vratilo,** što omogućava zajedničko obrtanje. Ima više standardnih oblika. Aksonometrijski izgled nekih standardnih klinova u vratilu i u glavčini prikazan je na sl. 10.38, 10.39 i 10.40.



Sl. 10.38: Aksonometrijski i ortogonalni crtež normalnog zaobljenog klina u vratilu i glavčini



Sl. 10.39: Aksonometrijski i ortogonalni crtež klina sa nagibom u vratilu i glavčini

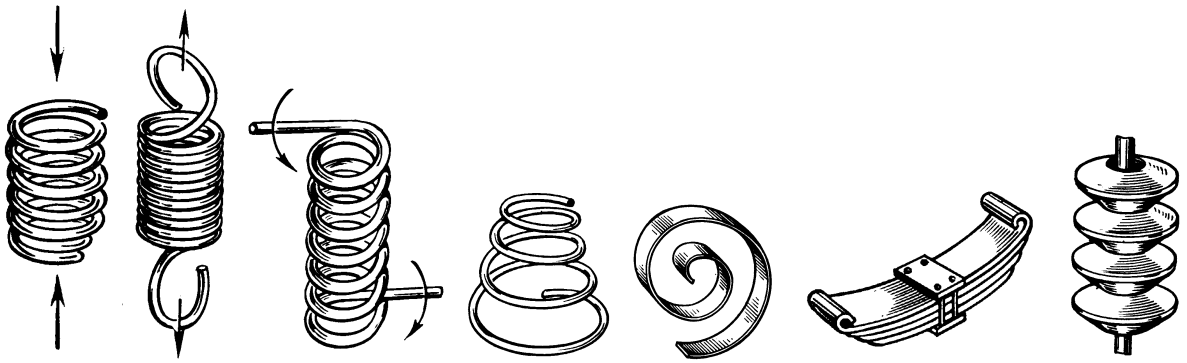


Sl. 10.40: Aksonometrijski i ortogonalni crtež segmentnog klina u vratilu i glavčini

10.4. OPRUGE

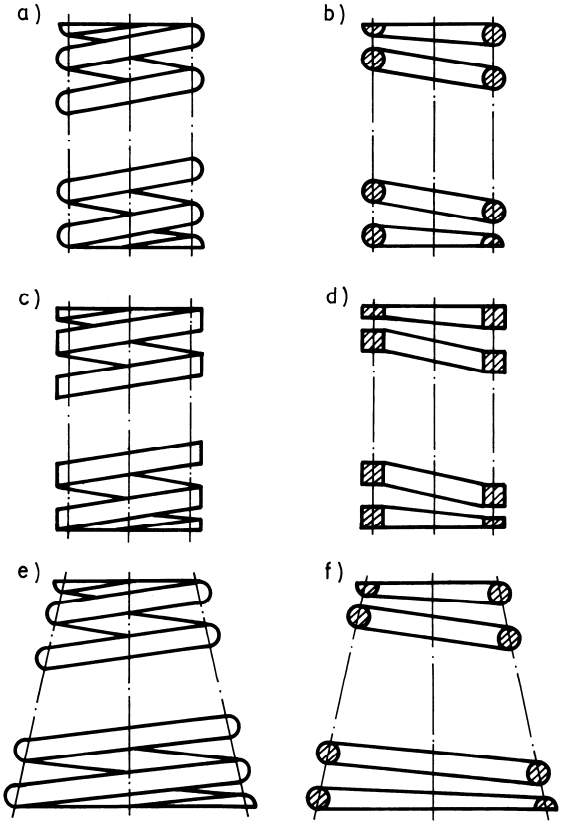
Osnovna **namena opruga je da elastično spoje dva dela**. Postoji veliki broj različitih konstruktivnih oblika. Na sl. 10.41 prikazane su u aksonometriji neke od opruga.

a) b) c) d) e) f) g)



Sl. 10.41: Aksonometrijski izgled različitih vrsta opruga
a) torziona pritisna, b) torziona istežuća, c) torziona zavojna, d) torziona konična, e) spiralna, f) fleksiona (gibanj), g) tanjirasta

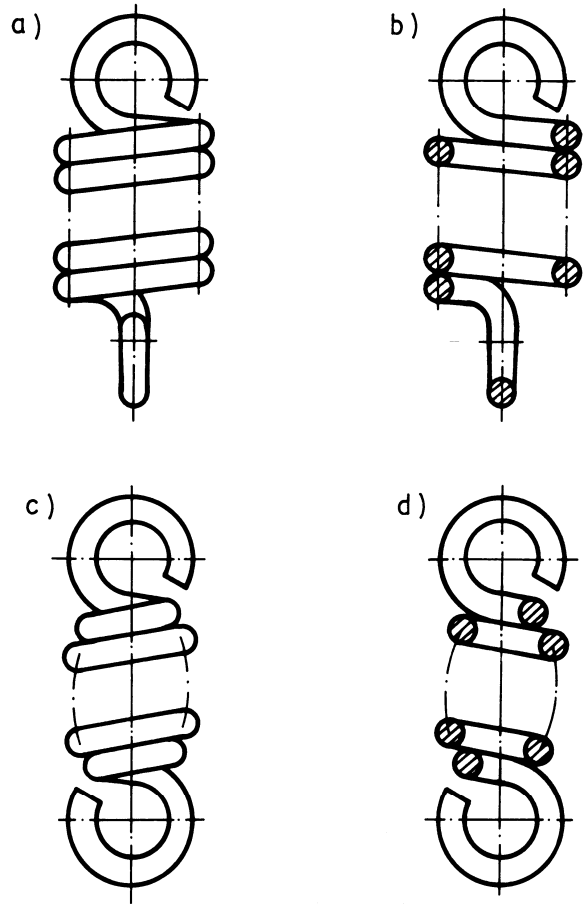
Opruge se crtaju uglavnom sa skraćenim pogledom, ali bez označavanja tog skraćenja. Crtaju se sa ili bez preseka zavisno od toga da li se želi pokazati poprečni presek žice ili ne. Na sl. 10.42 prikazan je način crtanja torzionih pritisnih opruga. Cilindrična opruga, sa krugom kao poprečnim presekom žice, nacrtana ja bez preseka na sl. 10.42,a, a sa presekom na sl. 10.42b. Kada je poprečni presek žice kvadrat, način crtanja bez preseka je pokazan na sl. 10.42,c, a sa presekom na sl. 10.42,d. Crtanje konične torzione opruge dato je na sl. 10.42,e,f.



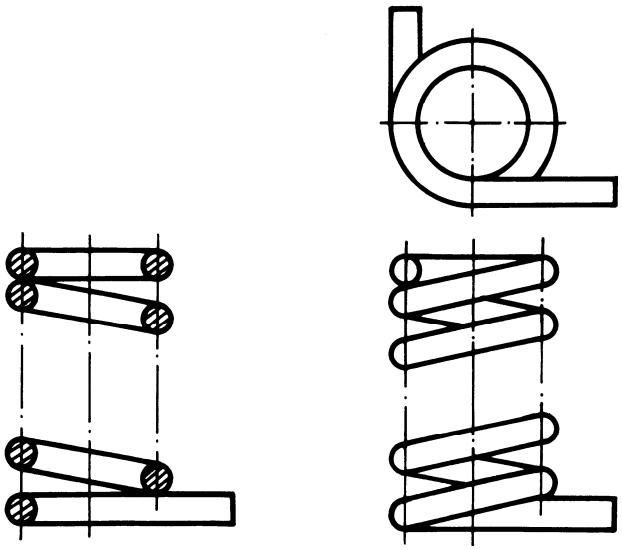
Sl. 10.42: Torzione opruge izložene sabijanju
a,b) cilindrična sa kružnim poprečnim presekom žice, c,d) cilindrična sa kvadratnim poprečnim presekom žice, e,f) konična sa kružnim poprečnim presekom žice

Torzione opruge namenjene za opterećenja na istezanje prikazane su na sl. 10.43. Crtaju se uvek u položaju kako je to dato na slici, bez obzira na trenutni položaj.

Zavojna opruga bez i sa presekom prikazana je na sl. 10.44.



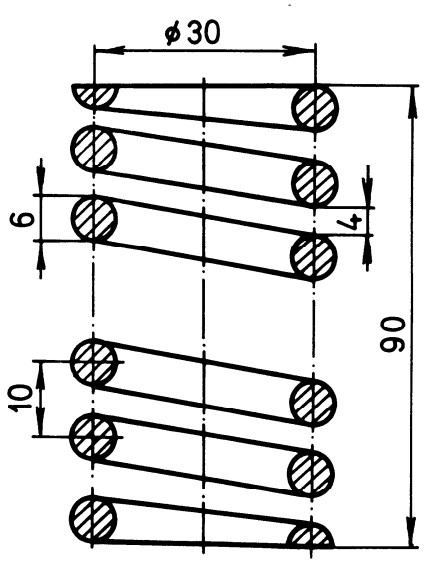
Sl. 10.43: Torzione opruge izložene istezanju
a,b) cilindrična opruga c,d) bačvasta torziona opruga



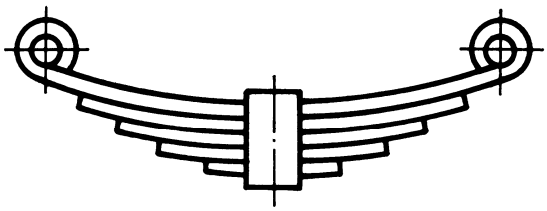
Sl. 10.44: Zavojna opruga

Način kotiranja torzione opruge prikazan je na sl. 10.45.

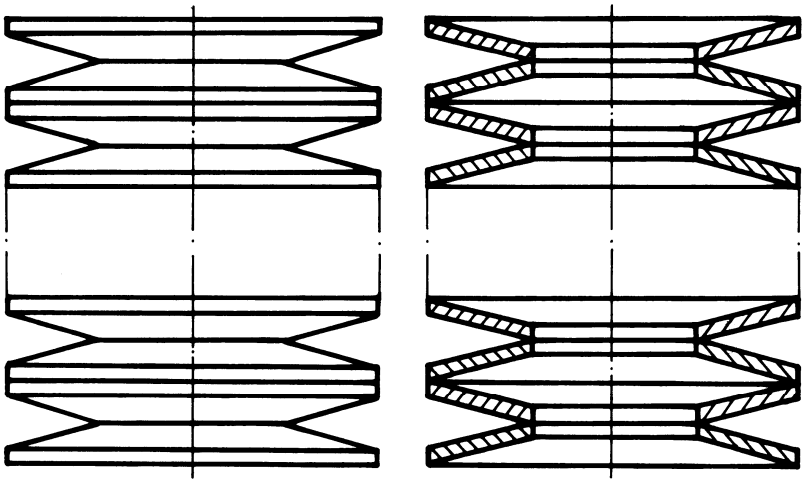
Jedna od različitih vrsta fleksionih opruga (gibnjeva) data je na sl. 10.46, a tanjirasta sa i bez preseka na sl. 10.47.



Sl. 10.45: Kotiranje torzione opruge



Sl. 10.46: Fleksiona opruga (gibanj)



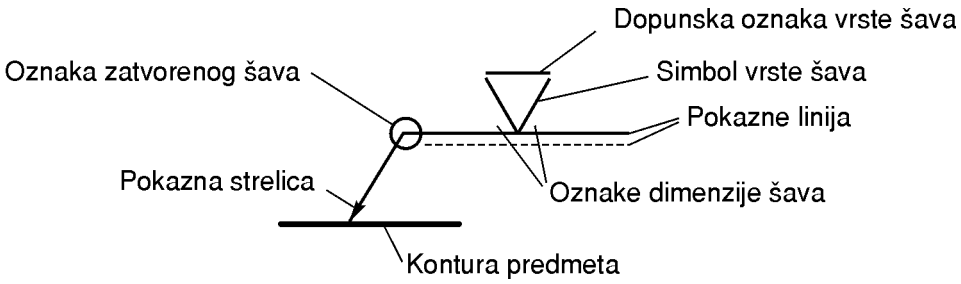
Sl. 10.47: Tanjirasta opruga

10.5. ZAVARENI SASTAVCI

Zavareni sastavci se koriste za spajanje različitih delova i elemenata nanošenjem vara odgovarajućim tehnološkim postupkom. **Zavareni sastavci na crtežu se predstavljaju simbolima i oznakama**.

Oznaka zavarenog sastavka na crtežu (SRPS C.T3.011 i SRPS C.T3.012) (sl. 10.48) sastoji se iz:

1. Pokazne strelice;
2. Pokazne linije;
3. Simbola vrste šava;
4. Dopunske oznake vrste šava i
5. Oznake dimenzija šava.



Sl. 10.48: Elementi za označavanje zavarenog sastavka

Pokazna strelica

Pokazna strelica **upućuje na mesto (stoji na mestu) gde se nalazi šav**. Može da stoji na konturnoj ili osnoj liniji predmeta.

Pokazna linija

Na pokaznoj liniji stoji simbol vrste šava. To je tanka puna ili isprekidana linija. Ako je puna znači da se šav nalazi na toj strani gde je strelica, a ako je isprekidana šav je na suprotnoj strani od strelice (sl. 10.49). Isprekidana pokazna linija može da bude ispod ili iznad pune linije. Simbol na punoj pokaznoj liniji, takođe, može da bude iznad ili ispod linije.



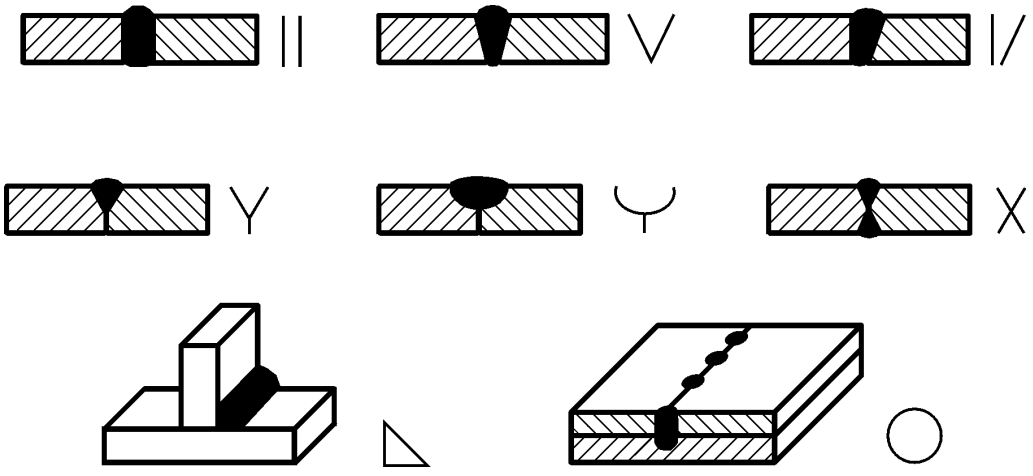
Sl. 10.49: Pokazna linija

Simbol vrste šava

Simbol vrste šava je **oznaka koja predstavlja vrstu sastavka i oblik šava**. Svojim izgledom asocira na oblik šava. Na sl. 10.50 dati su simboli nekih vrsta sastavaka i oblika šava.

Dopunska oznaka vrste šava

Dopunska oznaka vrste šava **služi da se preciznije definiše oblik šava** i stoji iznad simbola vrste šava. Dopunske oznake su date na sl. 10.51.



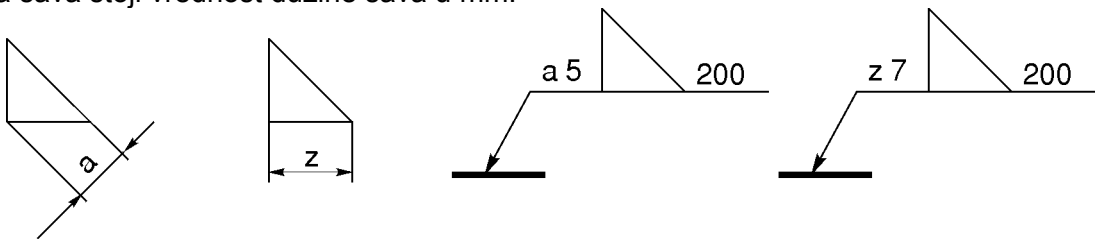
Sl. 10.50: Neki od simbola vrste šava



Sl. 10.51: Dopunske oznake vrste šava

Oznaka dimenzije šava

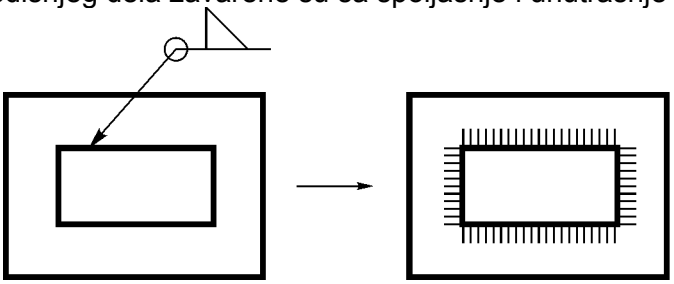
Dimenzije šava označavaju se slovnim i brojčanim oznakama. Slovna oznaka može biti slovo *a*, što predstavlja računsku širinu šava i slovo *z*, što predstavlja širinu šava (sl. 10.52). Uz slovnu oznaku stoji broj koji predstavlja tu vrednost u mm. Slovna oznaka sa vrednošću u mm može biti samo *a* ili *z* i stoji sa leve strane simbola šava. Sa desne strane simbola šava stoji vrednost dužine šava u mm.



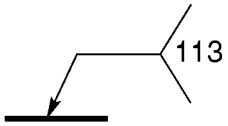
Sl. 10.52: Oznake dimenzije šava

Osim navedenih oznaka može se upotrebljavati i kružić koji stoji ispred simbola vrste šava (sl. 10.53) i znači da je taj šav u zatvorenoj konturi. Ako se na crtežu želi dati i tehnološki postupak zavarivanja, tada se na kraju pokazne linije nalazi broj postupka zavarivanja (sl. 10.54). Primeri označavanja zavarenog sastavka na crtežu dati su na sl. 10.55.

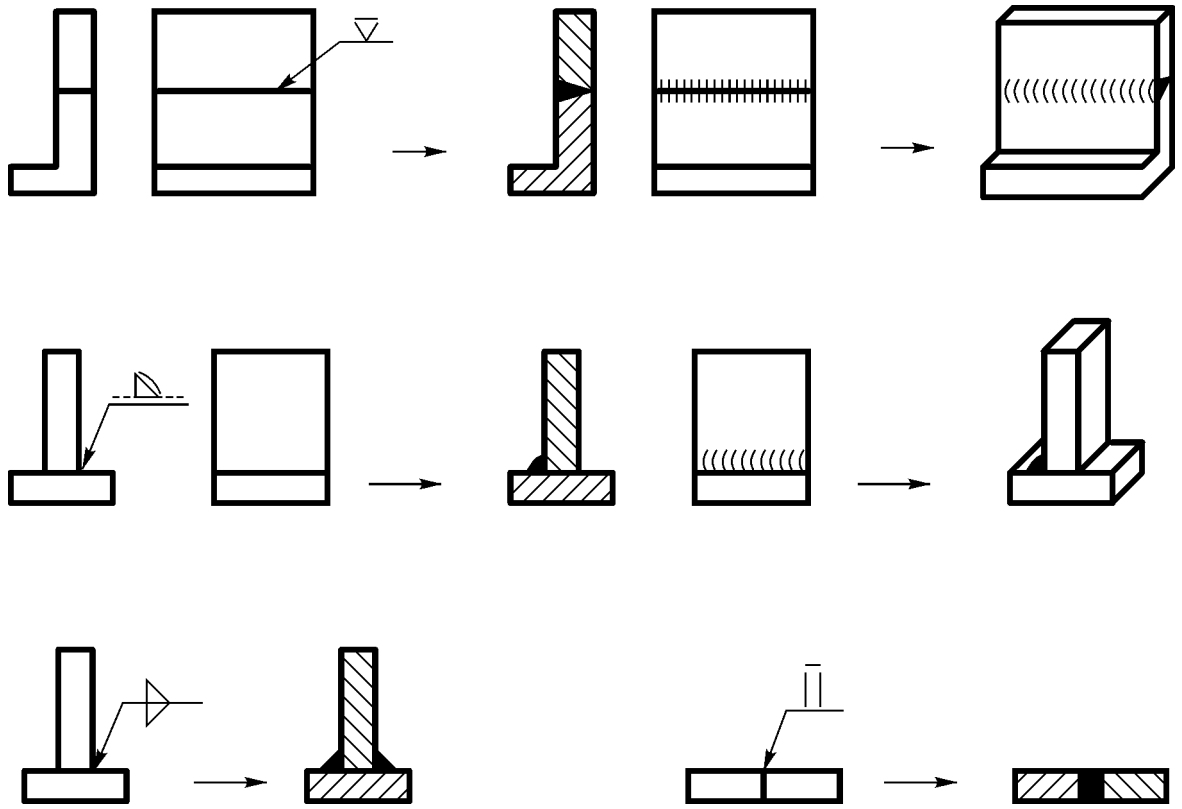
Na sl. 10.56 prikazan je predmet dobijen zavarivanjem. Na osnovu oznaka može se pročitati sledeće: Predmet se sastoji iz četiri zavarena dela. Gornji deo je zavaren za središnji, skroz ukrug, ugaonim varom računske širine a=3 mm. Dve "nožice" ispod središnjeg dela zavarene su sa spoljašnje i unutrašnje strane ugaonim varom.



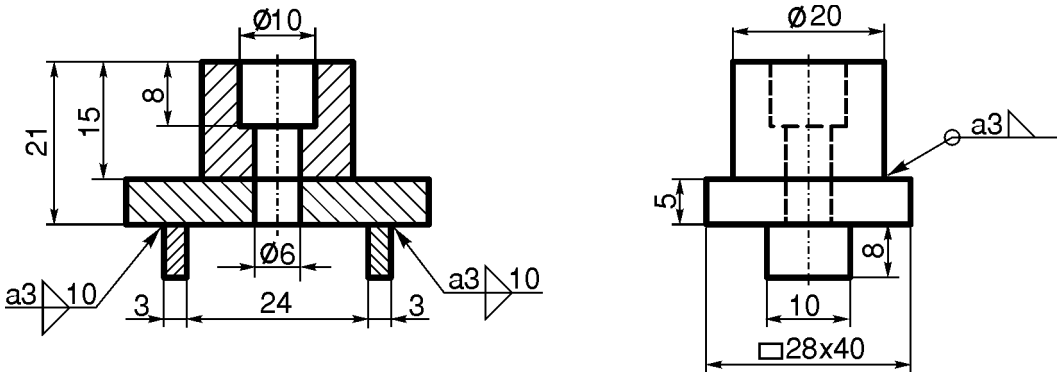
Sl. 10.53: Označavanje zatvorenog šava



Sl. 10.54: Označavanje postupka zavarivanja



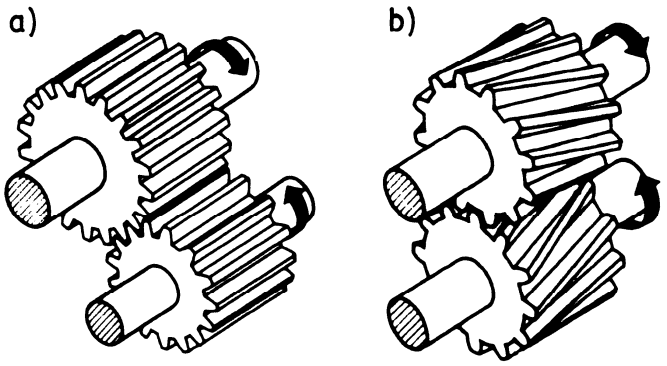
Sl. 10.55: Primeri označavanja zavarenog sastavka



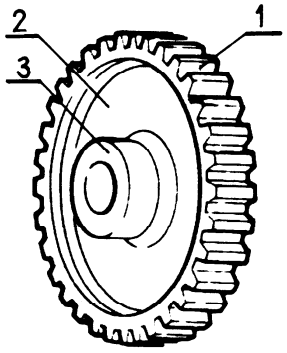
Sl. 10. 56: Predmet dobijen zavarivanjem

10.6. ZUPČASTI PRENOSNICI

Zupčasti prenosnik **čine dva spregnuta zupčanika**. Zadatak im je da prenose obrtni moment sa jednog na drugo vratilo. Zavisno od konstruktivnog oblika zupčanika, prenose obrtni moment na međusobno paralelna vratila, na vratila koja se seku i koja se mimoilaze. Na sl. 10.57 prikazan je par spregnutih cilindričnih zupčanika koji prenose obrtni moment i obrtno kretanje na paralelna vratila. Aksonometrijski izgled cilindričnog zupčanika prikazan je na sl. 10.58.



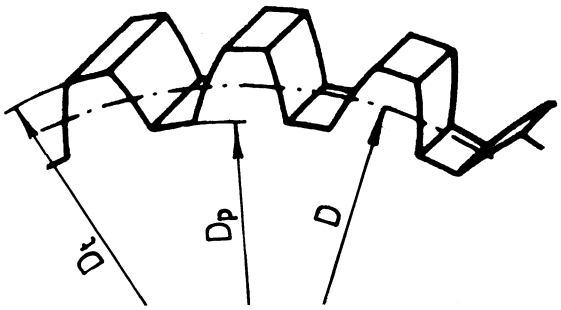
Sl. 10.57: Aksonometrijski izgled cilindričnog zupčastog para: a) sa pravim zupcima, b) sa kosim zupcima



Sl. 10.58: Aksonometrijski izgled cilindričnog zupčanika 1. venac, 2.trup, 3. glavčina

Po obodu (vencu) zupčanika su zupci koji imaju vitalnu ulogu u prenosu obrtnog momenta (sl. 10.59). Ovakav način crtanja je neracionalan, te **se zupci crtaju uprošćeno** i na ortogonalnom crtežu **predstavljaju se sa tri kružnice** (sl. 10.60).

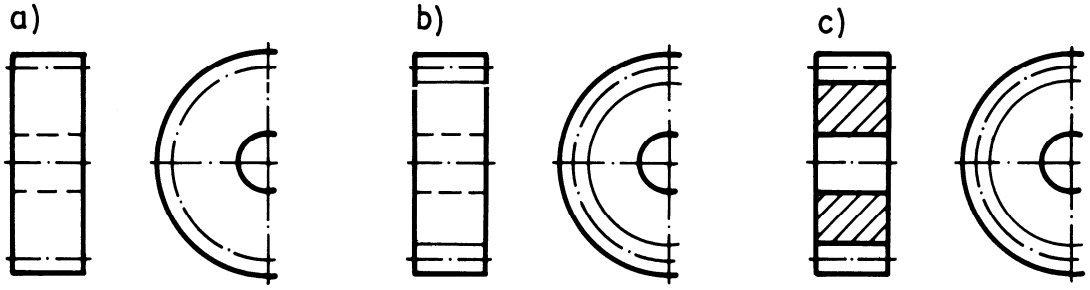
Spoljašnji prečnik D_t, koji se naziva temeni, najveći je i crta se debelom konturnom linijom. Središnji, kinematički ili dodirni prečnik D crta se osnom linijom. Unutrašnji je najmanji i naziva se podnožni prečnik D_p, a crta se različito, zavisno od toga da li se zupčanik crta sa ili bez preseka.



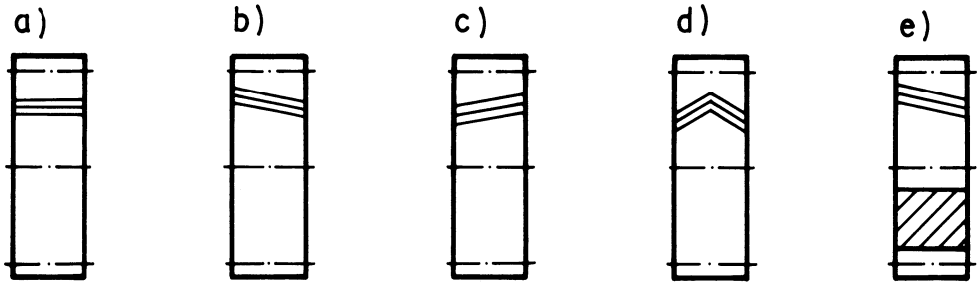
Sl. 10.59: Zupci na zupčaniku

Sasvim uprošćeno, podnožni prečnik se može i izostaviti (sl. 10.60,a). Ako se ipak crta, a ne koristi se presek, crta se punom tankom linijom tipa B u oba pogleda (sl. 10.60,b). Ako se koristi presek, crta se debelom konturnom linijom, a punom tankom na pogledu gde se vidi kao kružnica (sl. 10.60,c).

Ako se želi prikazati kosina zubaca crta se kao na sl. 10.61. Tada se ne crta donji podnožni prečnik zupčanika. Kosina zubaca se može prikazati i kada se koristi polovičan presek (sl. 10.61,e).



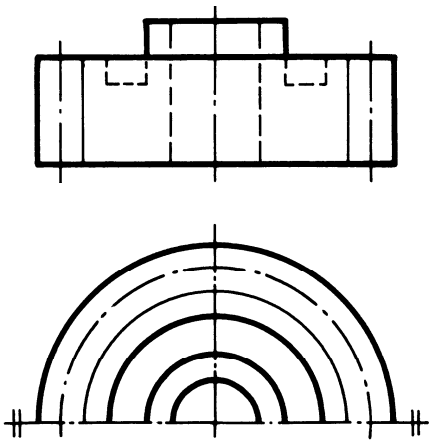
Sl. 10.60: Načini crtanja cilindričnog zupčanika a),b) bez preseka, c) sa presekom



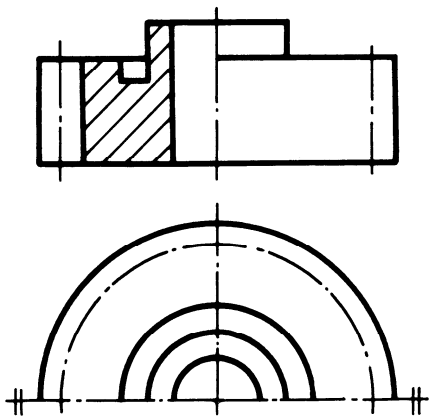
Sl. 10.61: Označavanje kosine zubaca zupčanika
a) pravi zupci b) desna kosina zubaca, c) leva kosina zubaca,
d) strelasti zupci, e) označavanje kosine zubaca na polovičnom preseku

Zupčanici mogu biti veoma različitih konstruktivnih oblika. Na sl. 10.62 prikazan je cilindrični zupčanik složenijeg konstruktivnog izgleda od prethodno prikazanih, kada se ne koristi presek, a na sl. 10.63 sa presekom.

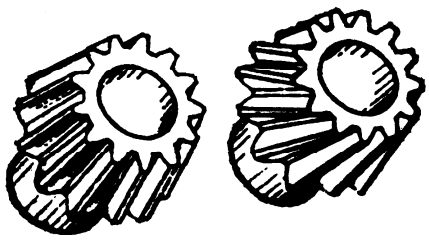
Konični zupčanik je prikazan na sl. 10.64. Venac zupčanika na kojem se nalaze zupci ima beskonačno temenih, kinematičkih i podnožnih prečnika. Na ortogonalnom crtežu crtaju se oni sa maksimalnim vrednostima (sl. 10.65).



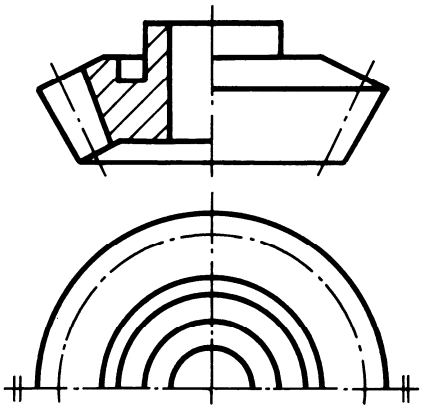
Sl. 10.62: Cilindrični zupčanik bez preseka



Sl. 10.63: Cilindrični zupčanik sa presekom

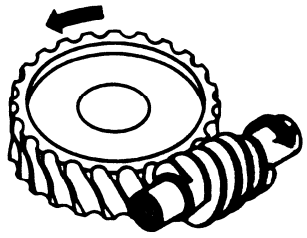


Sl. 10.64: Konični zupčanci u aksonometriji

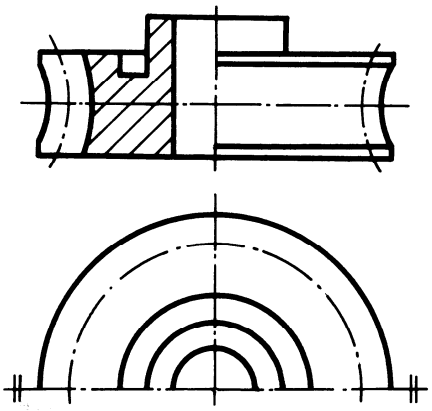


Sl. 10.65: Konični zupčanik

Isti je način crtanja i ostalih zupčanika. Na sl. 10.66 data je skica pužnog prenosnika, a na sl. 10.67 prikazan je pužni zupčanik.

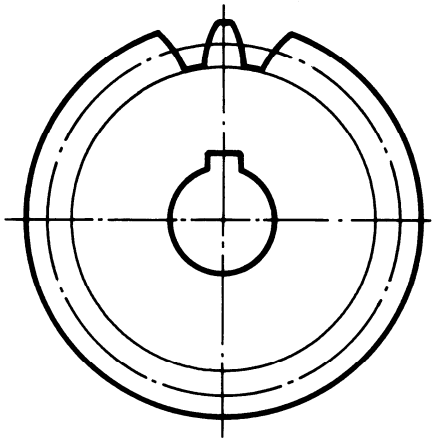


Sl. 10.66. Pužni prenosnik

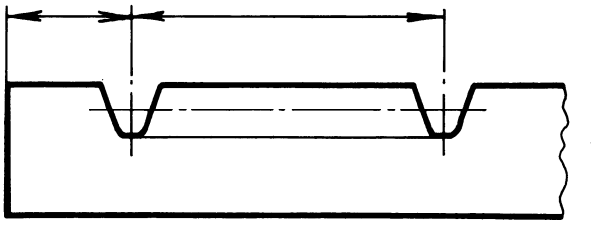


Sl. 10.67: Pužni zupčanik

Zupčanik se može nacrtati kao na sl. 10.68, gde je prikazan jedan ili nekoliko zubaca. Zupčasta letva se obično crta kao na sl. 10.69, s tim da se zupci ne moraju crtati, kao i kod zupčanika. Zupci na zupčastoj letvi crtaju se, uglavnom, kada se želi kotirati položaj ozubljenja.

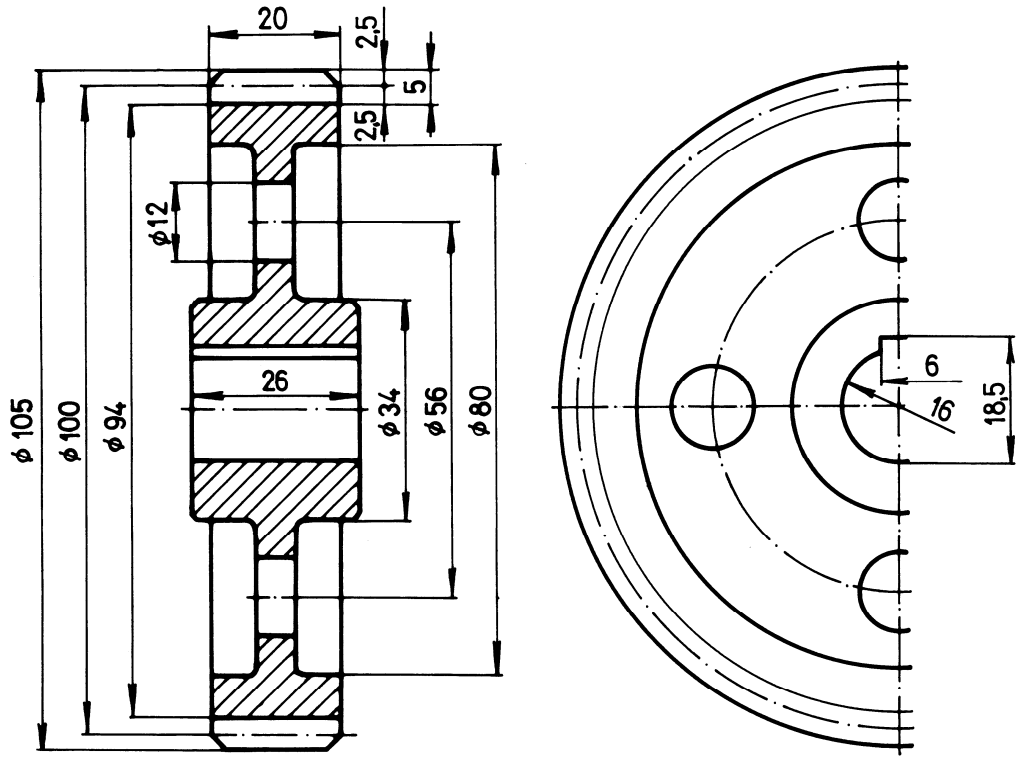


Sl. 10.68: Crtanje zupčanika sa nacrtanim jednim zupcem



Sl. 10.69: Zupčasta letva

Način kotiranja cilindričnog zupčanika sa pravim zupcima dat je na sl. 10.70. S obzirom na to da se zupčanik crta uprošćeno, bez zubaca, osim kota koje su nacrtane na crtežu daju se dodatne kote i podaci u posebnoj tabeli. Tabela se crta iznad zaglavlja za crtež i predstavlja nerazdvojivi deo crteža zupčanika. U tabeli se daju neke osnovne kote i one koje se ne mogu prikazati na crtežu. Zavisno od vrste crteža zupčanika postoji osnovna tabela, tabela za obradu zupčanika i tabela za kontrolu zupčanika. Podaci u navedenim tabelama razlikuju se prema vrsti zupčanika. Potrebni osnovni podaci za cilindručni zupčanik sa pravim zupcima dati su u tabeli 10.8.

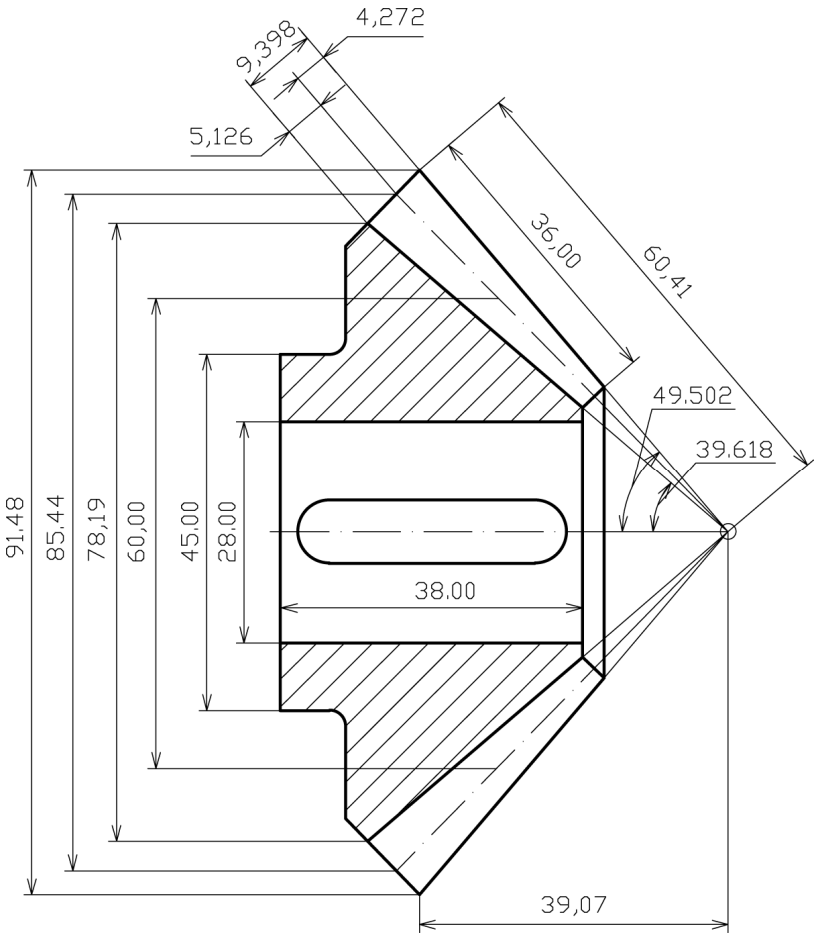


Sl. 10.70: Kotiranje cilindričnog zupčanika sa pravim zupcima

Isti princip kotiranja važi i za sve ostale zupčaste prenosnike. Na sl. 10.71 prikazan je način kotiranja koničnog zupčanika sa pravim zupcima, a osnovni podaci koji idu uz crtež, kao kod cilindričnog zupčanika, daju se u posebnoj tabeli.

Tabela 10.8: Osnovna tabela na crtežu cilindričnog zupčanika sa pravim zupcima (SRPS M.C1.039)

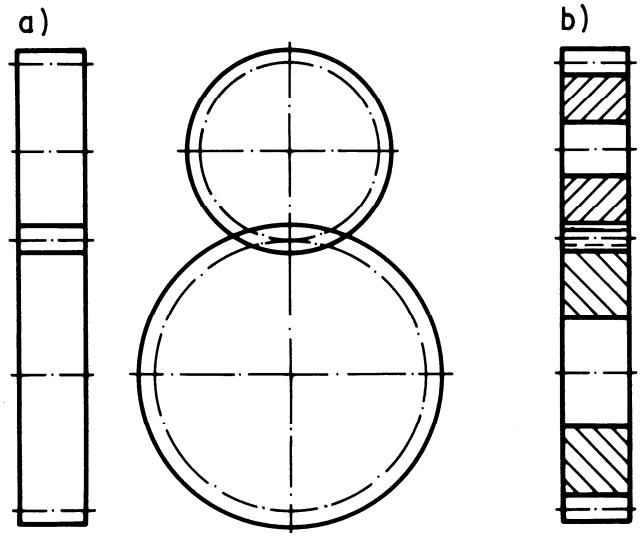
Vrsta zupčanika	**Cilindrični zupčanik sa pravim zupcima sa spoljašnjim zupčanjem**	
Broj zubaca	z	20
Modul	m (mm)	5
Prečnik temenog kruga	D_t (mm)	105
Standardni profil	-	SRPS M.C1.016
Pomeranje profila	xm (mm)	2,5
Prečnik podnožnog kruga	D_p (mm)	94
Prečnik osnovnog kruga	D_b (mm)	93,9693
Kontrola, kvaliteti	-	S".6edd3 SRPS M.C1.031
Merni broj zubaca	z_w	3
Mera preko zubaca	$W^{Aw,g}_{Aw,d}$ (mm)	$40{,}012^{-0{,}072}_{-0{,}096}$
Prečnik kinematičkog kruga	D (mm)	100
Kodeks, broj spregnutog zupčanika	-	01.002
Broj zubaca spregnutog zupčanika	z_2	50
Osno rastojanje	$a \pm A_{a,g,d}$ (mm)	$179{,}584 \pm 0{,}020$
Ugao dodirnice	α(°)	23° 41′ 36″
Kružni zazor	j (mm)	0,152 ...0,244
Minutni broj obrtaja	n (°/min)	2300



Sl. 10.71: Kotiranje koničnog zupčanika sa pravim zupcima

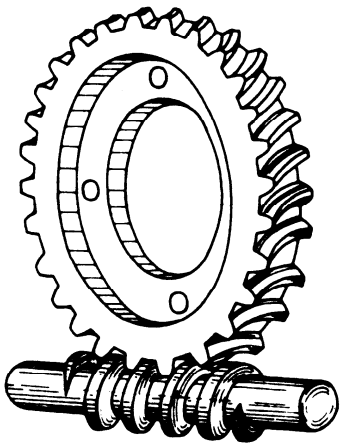
Zupčasti parovi (par spregnutih zupčanika - zupčasti prenosnici) takođe se po istom principu crtaju uprošćeno. Na sl. 10.72 prikazan je jednostavan cindrični zupčasti par bez (sl. 110.72,a) i sa presekom (sl. 110.72,b).

Treba uočiti da se spoljašnji prečnici oba zupčanika, kada se crtaju bez preseka, crtaju tako kao da se ne zaklanjaju (oba se vide) u projekciji gde se vide kao krugovi. Središnji prečnici se dodiruju (osni krugovi), a podnožni ne moraju da se crtaju (sl. 10.72,a). Ako se crtaju sa presekom crtaju se sve četiri linije kao na sl. 10.72,b. Osna linija je zajednička, a jedan podnožni prečnik se crta isprekidanom linijom.

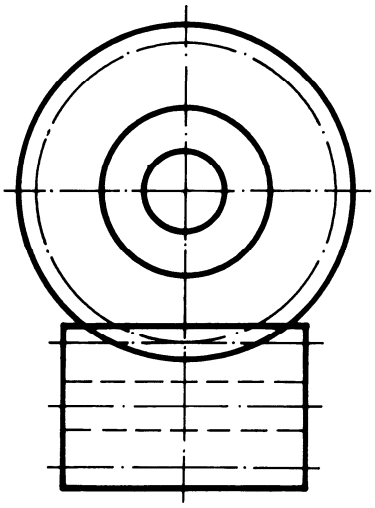


Sl. 10.72: Cilindrični zupčasti par

Pužni zupčasti par nacrtan u aksonometriji dat je na sl. 10.73. Pri crtanju ortogonalnog crteža važi isti princip kao i za prethodne zupčaste parove. Zupci na pužnom točku se crtaju uprošćeno (sl. 10.74), kao i žleb u obliku zubaca na pužu (pužnom valjku). Krug koji predstavlja temeni prečnik zupčanika i linija koja predstavlja teme žleba crtaju se tako kao da se ne zaklanjaju, odnosno obe linije su pune debele.

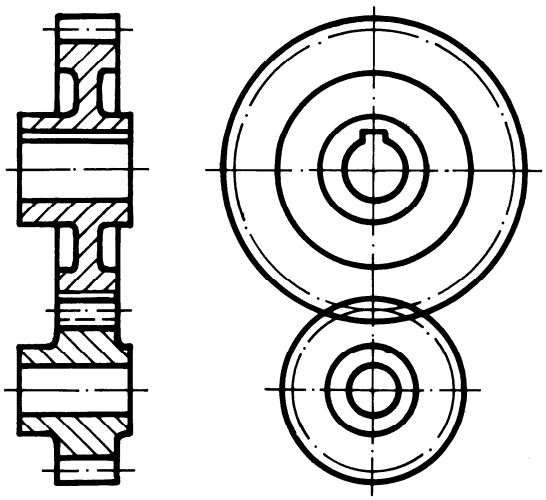


Sl. 10.73: Pužni prenosnik u aksonometriji

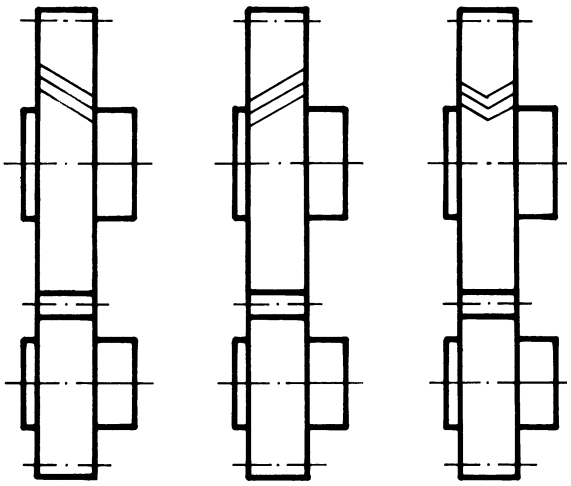


Sl. 10.74: Pužni zupčasti par

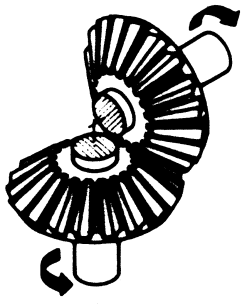
Zupčasti cilindrični par složenijeg konstruktivnog oblika prikazan je na sl. 10.75. Kada se želi pokazati kosina zubaca na zupčastom paru, crta se kao na sl. 10.76. Kosina zubaca se crta samo na jednom zupčaniku. Na drugom je suprotna, kada su zupci kosi. To se, međutim, ne crta, već se podrazumeva.



Sl. 10.75: Cilindrični zupčasti par



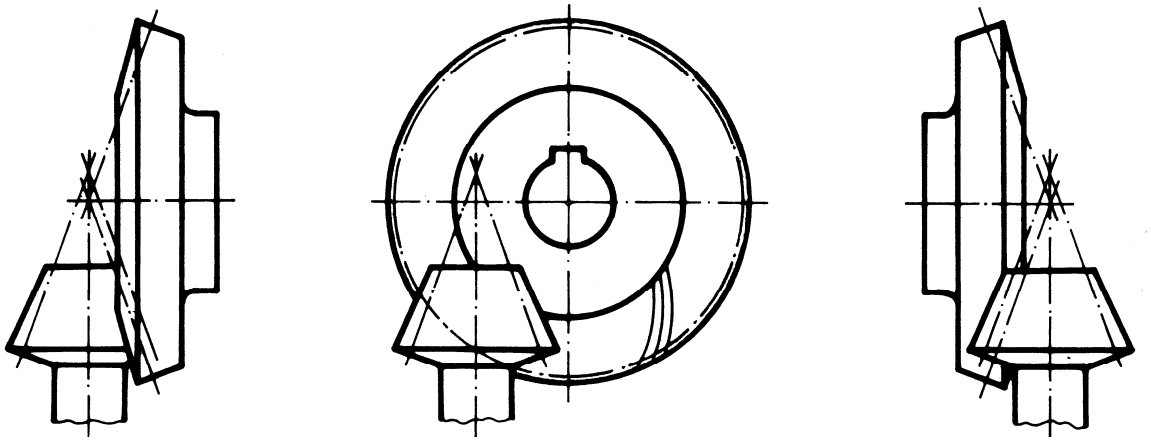
10.76: Označavanje kosine zubaca na cilindričnom paru



Sl. 10.77: Konični zupčanici u aksonometriji

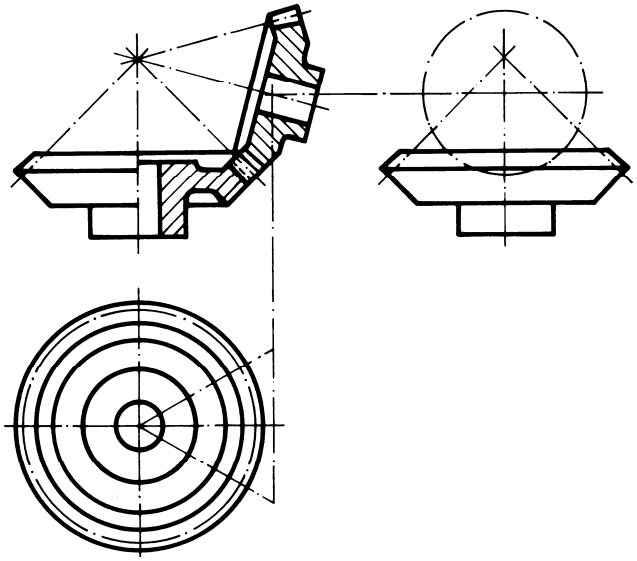
Aksonometrijski izgled koničnih zupčanika koji prenose kretanja na vratila koja se seku pod uglom od 90° prikazana su na sl. 10.77.

Crtanje koničnih zupčanika bez preseka dato je na sl. 10.78. Pošto su ovde zupčanici delimično zaklonjeni jedan drugim, tako se i crtaju. Crtanje koničnog zupčastog para u preseku prikazano je na sl. 10.79 i sl. 10.80. Princip crtanja zubaca u dodiru je isti kao kod cilindričnih zupčanika, crtaju se sa četiri linije, tri debele pune, jedna isprekidana i zajednička osna linija.

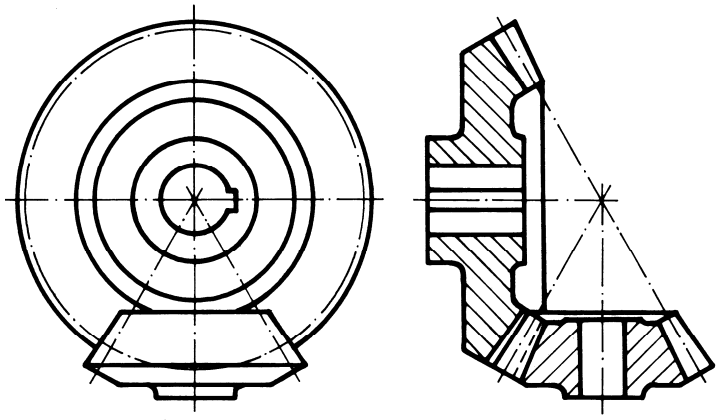


Sl. 10.78: Konični zupčasti parovi bez preseka

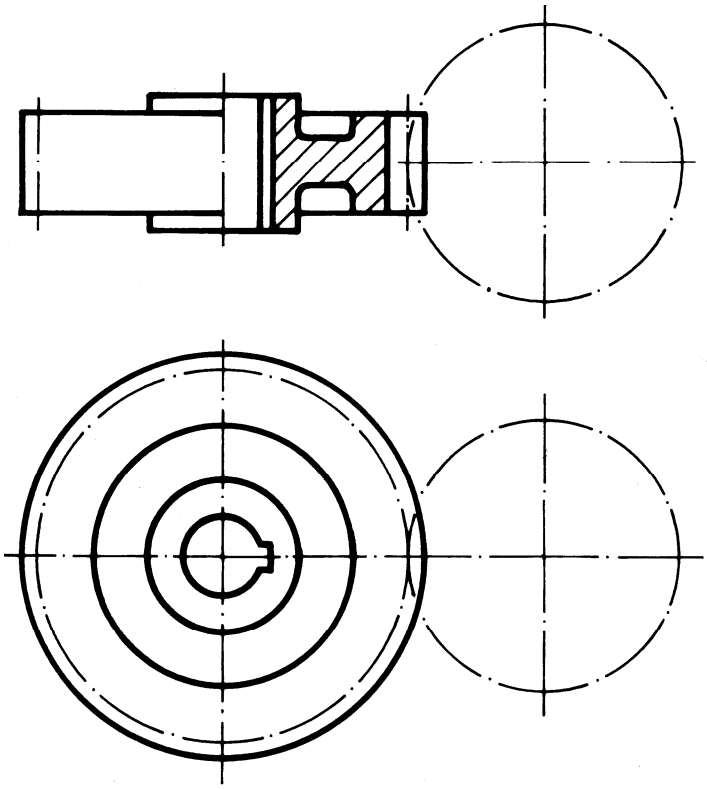
Kod koničnih zupčanika crtaju se i linije sprezanja oba zupčanika zajedno sa presečnom tačkom u oba pogleda, bez obzira na to pod kojim uglom se seku (sl. 10.78 i 10.79).



Sl. 10.79: Konični zupčasti par čije se linije sprezanja seku pod proizvoljnim uglom



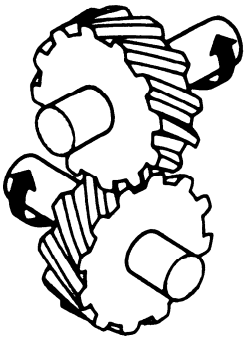
Sl. 10.80: Konični zupčasti par u preseku



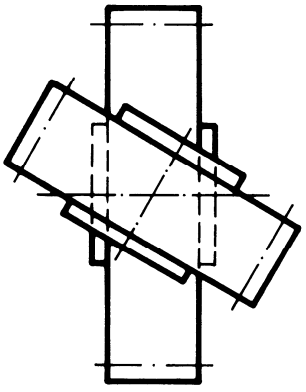
Ako je bitno da se samo jedan zupčanik zupčastog para prikaže, drugi se može ceo predstaviti samo središnjim prečnikom (sl. 10.81).

Sl. 10.81: Crtanje zupčastog para kada se samo jedan zupčanik ističe

Aksonometrijski prikaz hiperboloidnih zupčanika za prenos kretanja na mimoilazna vratila dat je na sl. 10.82. Uprošćen ortogonalni crtež ovih zupčanika dat je na sl. 10.83. Pošto se ovde zupčanici fizički zaklanjaju, deo zupčanika koji se ne vidi crta se isprekidanom linijom.

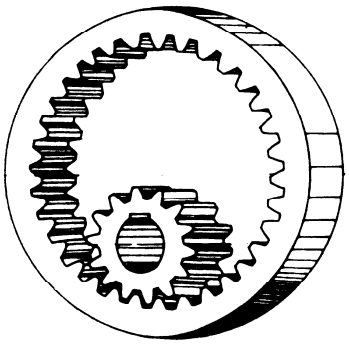


Sl. 10.82. Aksonometrijski prikaz hiperboloidnih zupčanika za mimoilazna vratila

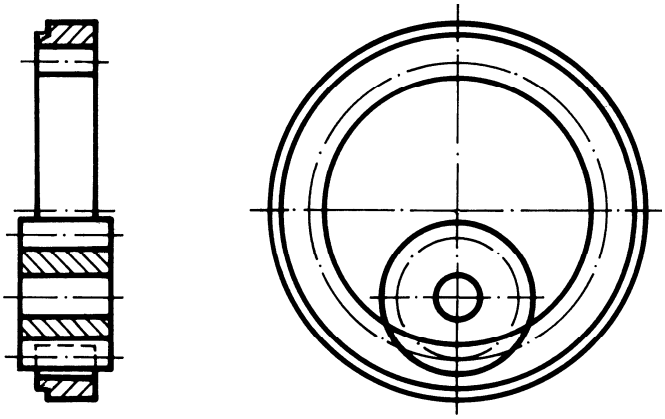


Sl. 10.83: Crtanje zupčanika za mimoilazna vratila

Kosa projekcija cilindričnog zupčastog para sa unutrašnjim zupčanjem data je na sl. 10.84, a u dva ortogonalna pogleda na sl. 10.85.

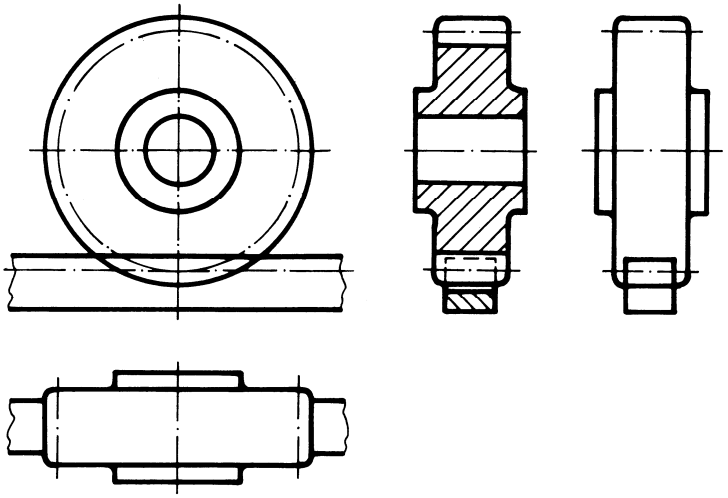


Sl. 10.84: Kosa projekcija zupčastog para sa unutrašnjim zupčanjem

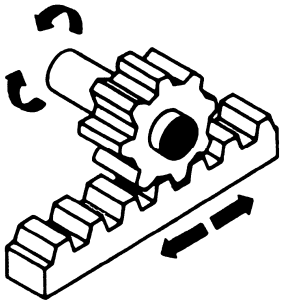


Sl. 10.85: Cilinrični zupčasti par sa unutrašnjim zupčanjem

Zupčanik u sprezi sa zupčastom letvom u tri ortogonalna pogleda prikazan je na sl. 10.86. Pogled sa strane dat je sa i bez preseka.



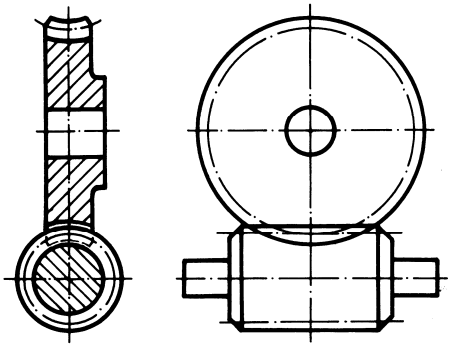
Sl. 10.86: Zupčanik u sprezi sa zupčastom letvom



Aksonometrijski izgled zupčanika u sprezi sa zupčastom letvom dat je na sl. 10.87.

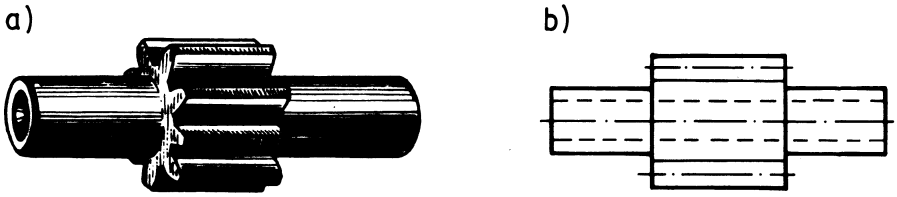
Pužni prenosnik dat je na sl. 10.88. Korišćen je presek, te se puž, kao i pužni zupčanik šrafira.

Sl. 10.87: Zupčanik i zupčasta letva



Sl. 10.88: Pužni prenosnik

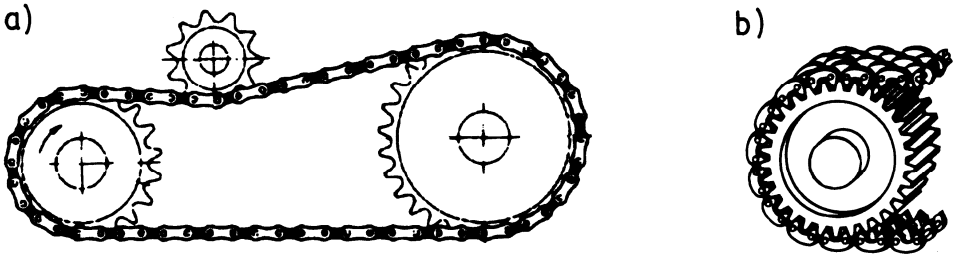
Zupčanici malih dimenzija izrađuju se zajedno sa vratilom. Način crtanja takvog zupčanika dat je na sl. 10.89.



Sl. 10.89: Zupčanik koji se izrađuje zajedno sa vratilom
a) aksonometrijski, b) ortogonalni crtež

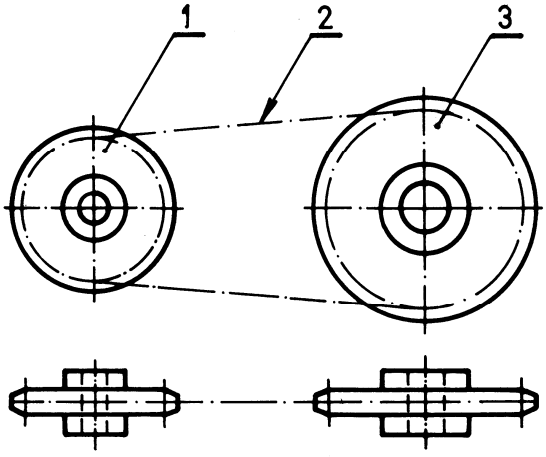
10.7. LANČANI PRENOSNICI

Lančani prenosnik sastoji se iz **dva lančanika i lanca kojih ih spaja**. Osim toga mogu imati zatezače i prigušivače vibracija. Različitog su konstruktivnog oblika. Skica lančanih prenosnika data je na sl. 10.90.



Sl. 10.90: Skica lančanih prenosnika
a) sa valjkastim lancem, b) za zupčastim lancem

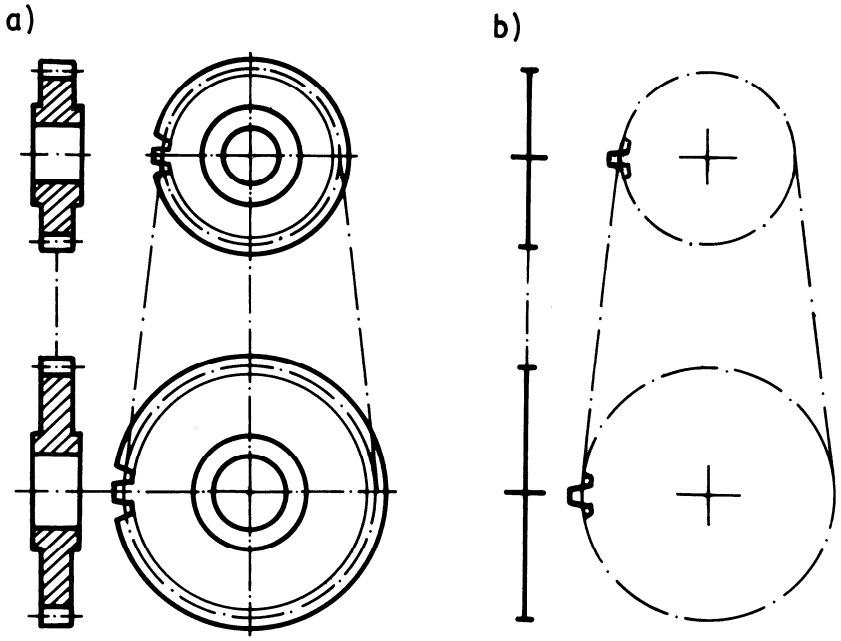
Uprošćen ortogonalni crtež lančanog prenosnika dat je na sl. 10.91. Lančanik po obodu ima zupce koji se predstavljaju sa tri kruga, odnosno linije, kao kod zupčanika. Spoljašnji krug se crta debelom punom linijom, a srednji konematički sa osnom linijom kao i lanac. Podnožni krug se crta punom tankom linijom ili se ne crta.



1. pogonski lančanik
2. lanac
3. gonjeni lančanik

Sl. 10.91: Uprošćen ortogonalni crtež lančanog prenosnika

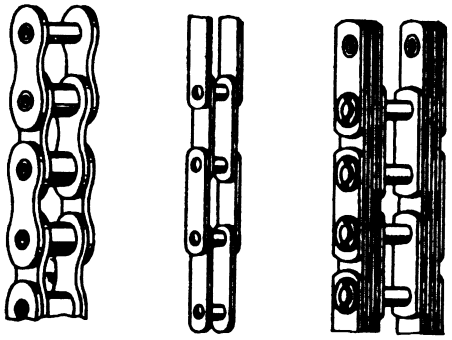
Ortogonalni crtež lančanog prenosnika dat je na sl. 10.92,a, a sasvim uprošćeno može se prikazati kao na sl. 10.92,b.



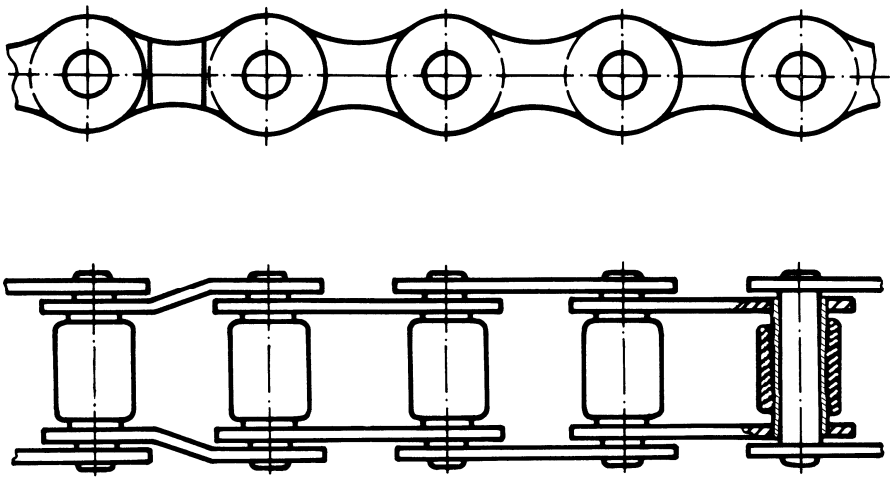
Sl. 10.92: Uprošćenja pri crtanju lančanog prenosnika
a) ortogonalni crtež, b) sasvim uprošćen

Vitalni deo na lančanom prenosniku je lanac. Sastoji se iz više istih segmenata, a svaki segment iz više delova. Može biti vrlo različitih konstruktivnih oblika.

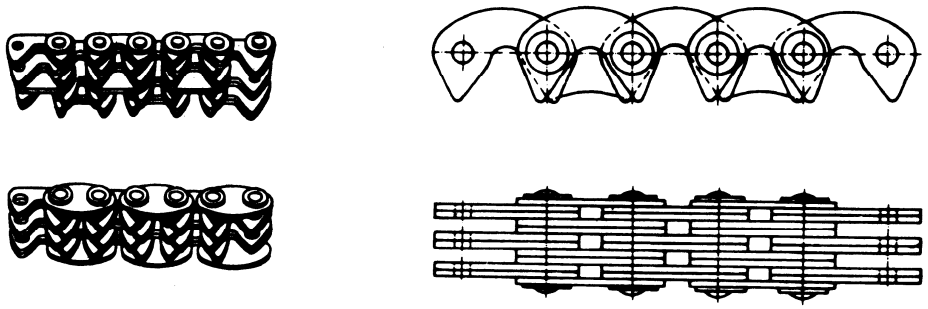
Aksonometrijske skice nekih lanaca date su na sl. 10.93. Najširu primenu ima valjkasti lanac, koji je sa dva ortogonalna pogleda dat na sl. 10.94. Zupčasti lanac prikazan je na sl. 10.95.



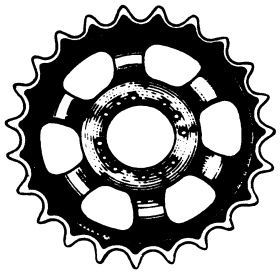
Sl. 10.93: Različte vrste lanaca



Sl. 10.94: Ortogonalni crtež valjkastog lanca



Sl. 10.95: Zupčasti lanac lančanog prenosnika

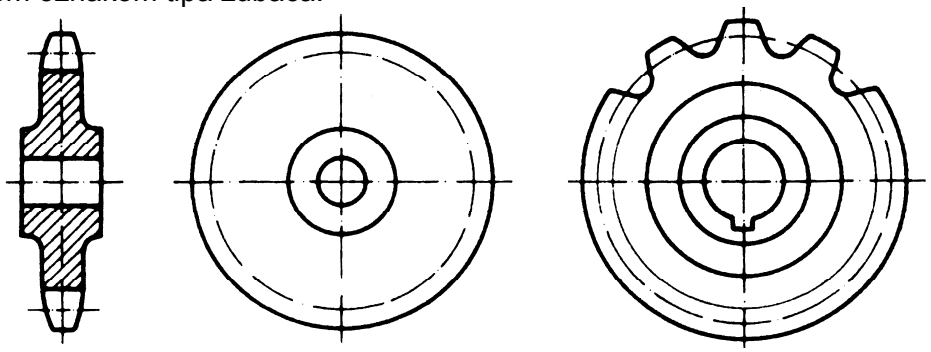


Sl. 10.96: Izgled lančanika

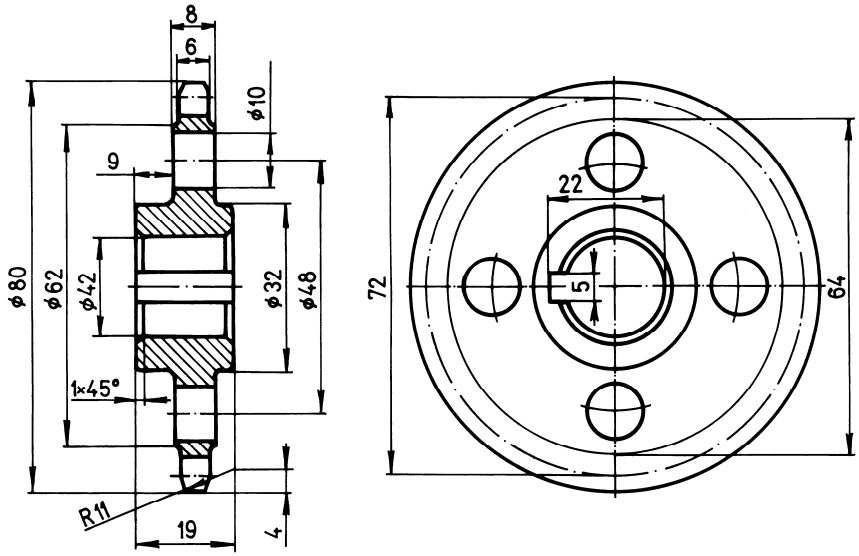
Lančanik, takođe može biti vrlo različitih konstruktivnih oblika, zavisno od vrste lanca, veličine, namene i načina izrade. Izgled lančanika dat je na sl. 10.96.

Ortogonalni crtež lančanika dat je na sl. 10.97. Date su dve mogućnosti za crtanje kada se projektuje kao kružnice, bez i sa crtanjem zubaca (kao kod zupčanika).

Način kotiranja lančanika prikazan je na sl. 10.98. Kada se ne crtaju zupci, uz crtež se daje odgovarajuća tabela (slična kao za zupčanike) sa potrebnim podacima i standardnom oznakom tipa zubaca.



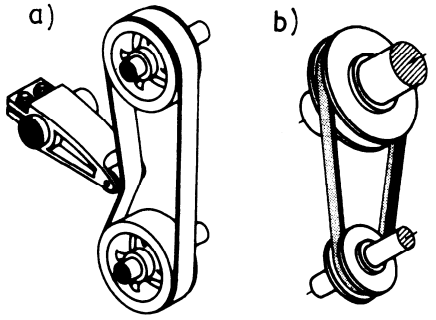
Sl. 10.97: Mogućnosti za crtanje lančanika



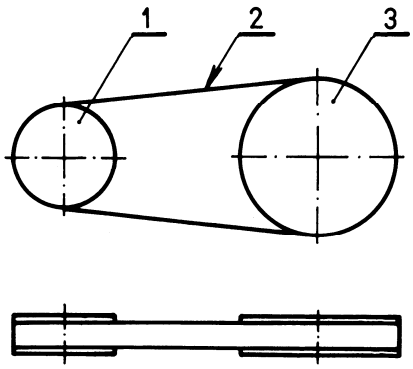
Sl. 10.98: Crtanje i kotiranje lančanika

10.8. KAIŠNI (REMENI) PRENOSNICI

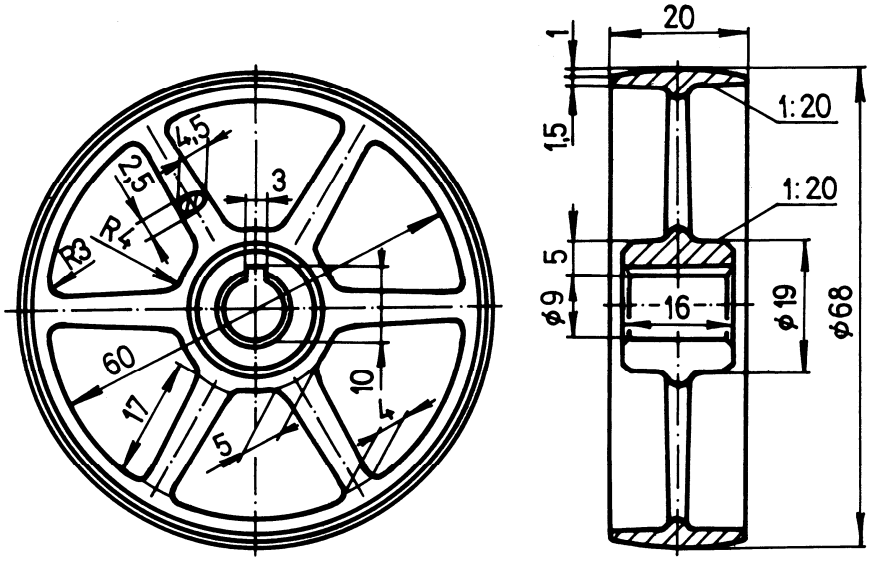
Kaišni (remeni) prenosnik sastoji se iz **dva kaišnika (remenice) i kaiša (remena) koje ih spaja**. Aksonometrijska skica kaišnog prenosnika prikazana je na sl. 10.99, a uprošćen ortogonalni crtež na sl. 10.100. Kaišnici se predstavljaju sa dva kruga, a kaiš punom debelom linijom. Konstruktivni oblici kaišnika i kaiša su vrlo različiti. Kaišnik za pljosnati kaiš prikazan je na sl. 10.101, a remenica za remen na sl. 10.102.



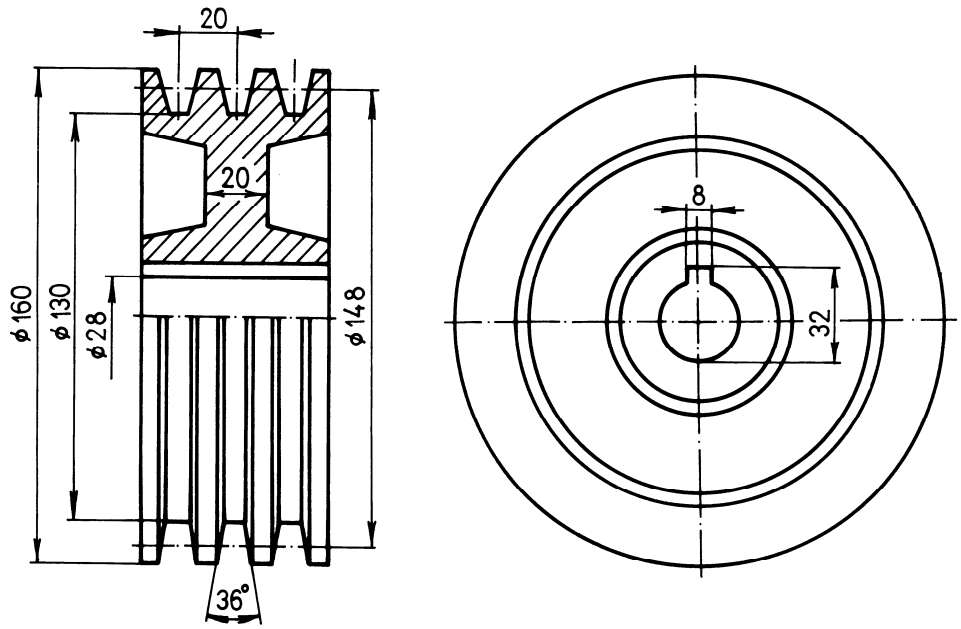
Sl. 10.99: Aksonometrijska skica kaišnog prenosnika
a) pljosnati sa zatezačem,
b) trapezni



Sl. 10.100: Uprošćen ortogonalni crtež kaišnog prenosnika
1. pogonski kaišnik, 2. kaiš,
3. gonjeni kaišnik



Sl. 10.101: Crtanje i kotiranje pljosnatog kaišnika

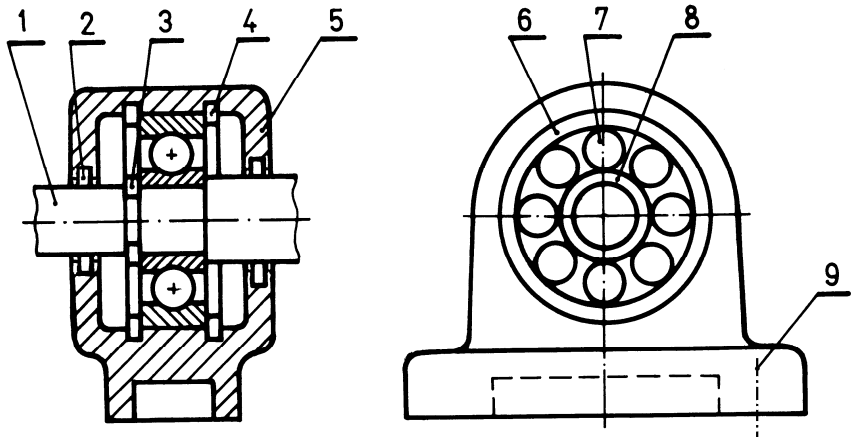


Sl. 10.102: Crtanje i kotiranje remenice

10.9. LEŽAJI, LEŽIŠTA I KUĆIŠTA

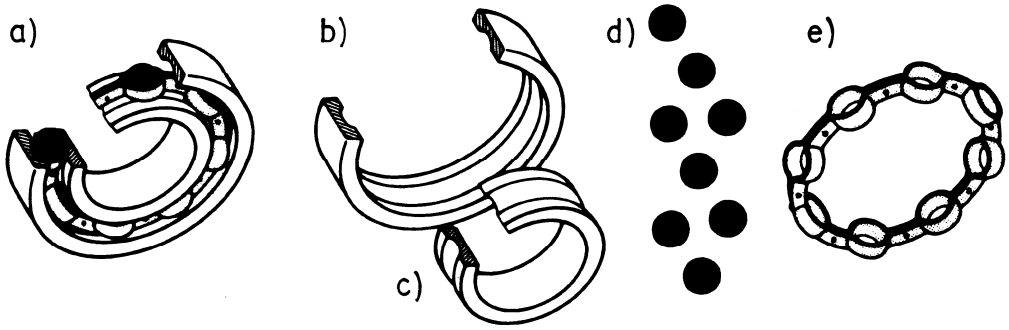
Ležaji su mašinski elementi koji **služe za oslanjanje vratila i osovina**. Mogu bitu kotrljajni (ležaji) i klizni (ležišta). Ležaji se nalaze u kućištima, koja mogu biti standardna ili nestandardna. Nestandarno kućište je deo mašine u kojem se nalazi ležaj.

Kotrljajni ležaj u sklopu sa kućištem prikazan je na sl. 10.103.

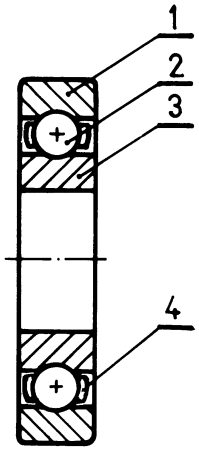


Sl. 10.103: Kotrljajni ležaj u kućištu
1. vratilo, 2. zaptivni prsten, 3. spoljašnji uskočnik, 4. unutrašnji uskočnik, 5. kućište, 6. spoljašnji prsten, 7. kuglice, 8. unutrašnji prsten, 9. zavrtanj

Kotrljajni ležaji su vrlo različitih standardnih konstruktivnih oblika. Svi imaju: unutrašnji prsten koji je na vratilu, spoljašni prsten koji se nalazi u otvoru kućišta i kotrljajne elemente između prstenova (sl. 10.104). Osim toga mogu imati kavez u kojem se nalaze kuglice ili drugi kotrljajni elementi i koji ih drži na određenom međusobnom rastojanju, zaštitu i zaptivku. Kotrljajni elementi su: kuglice, valjčići, konični valjčići, burići, konični burići i iglice.



Sl. 10.104: Aksonometrijski prikaz osnovnih delova kotrljajnih ležaja
a) ležaj, b) spoljašnji prsten, c) unutrašnji prsten, d) kuglice, e) kavez

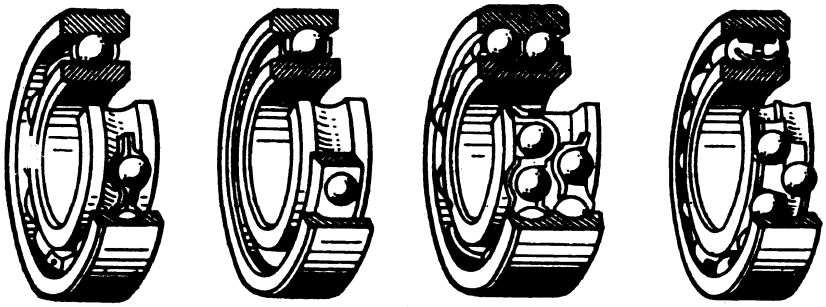


Kao i ostali mašinski elementi i ležaji se na konstrukcionim crtežima crtaju uprošćno, kako je to prikazano na sl. 10.105.

1. spoljašnji prsten
2. kuglice
3. unutrašnji prsten
4. kavez

Sl. 10.105: Osnovni delovi ležaja

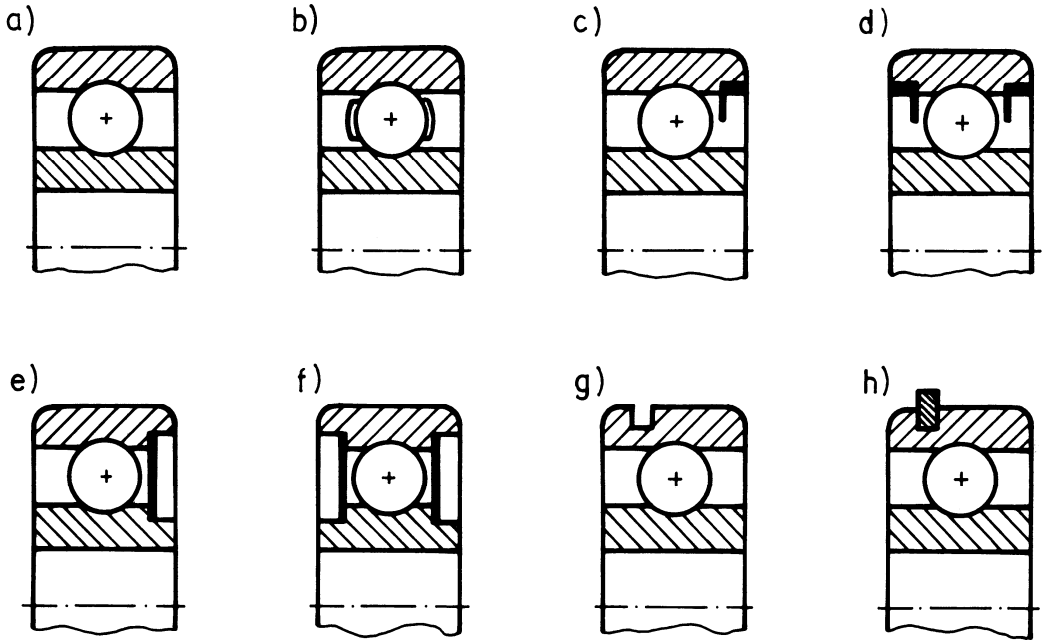
Zavisno od vrste kotrljajnih elemenata i žlebova u prstenovima, ležaji mogu nositi različita opterećenja. Aksonometrijske skice nekih ležaja sa kuglicama prikazane su na sl. 10.106.



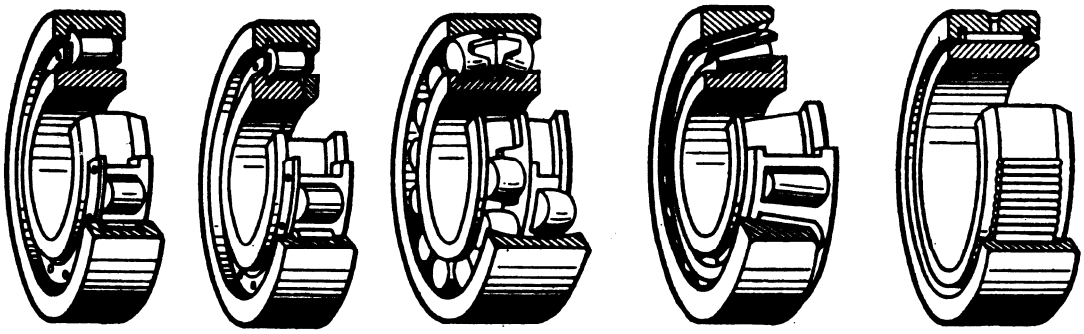
Sl. 10.106: Aksonometrijske skice nekih ležaja sa kuglicama

Na crtežu se mogu prikazati i označiti i ostali delovi ležaja, kao što je zaštita, zaptivka itd. Na sl. 10.107 prikazane su te mogućnosti na primeru kugličnog ležaja. To se odnosi i na ostale ležaje (valjkaste, buričaste itd.).

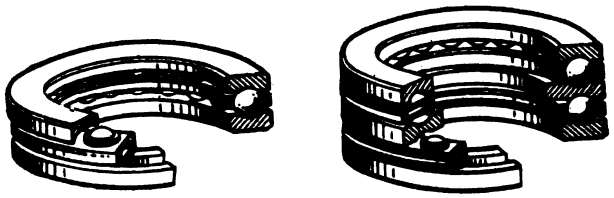
Neki od ostalih tipova ležaja prikazani su na slikama sl. 10.108, 10.109, 10.110 i 10.111.



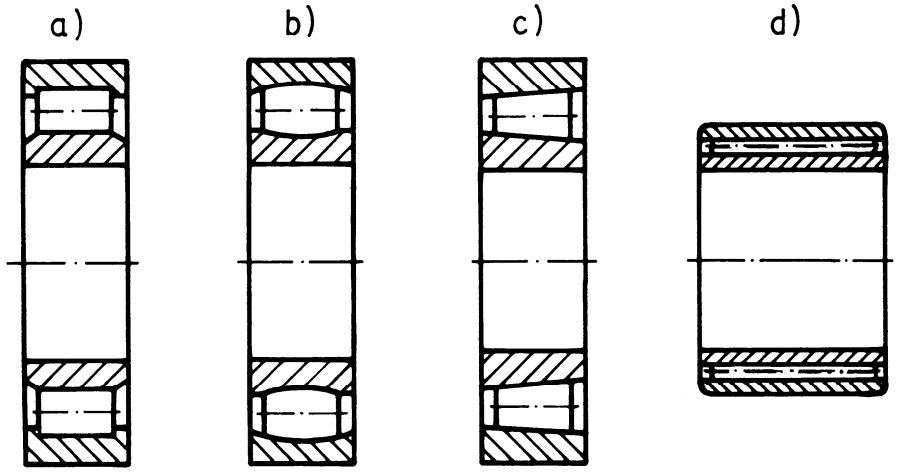
Sl. 10.107: Crtanje i označavanje ostalih delova ležaja
a) samo prstenovi i kuglice, b) kavez, c) zaštita sa jedne strane, d) zaštita za obe strane, e) zaptivka sa jedne strane, f) zaptivka sa obe strane, g) sa žlebom za uskočnik, h) sa žlebom i uskočnikom



Sl. 10.108: Aksonometrijska skica valjkastih, buričastih i igličastih ležaja



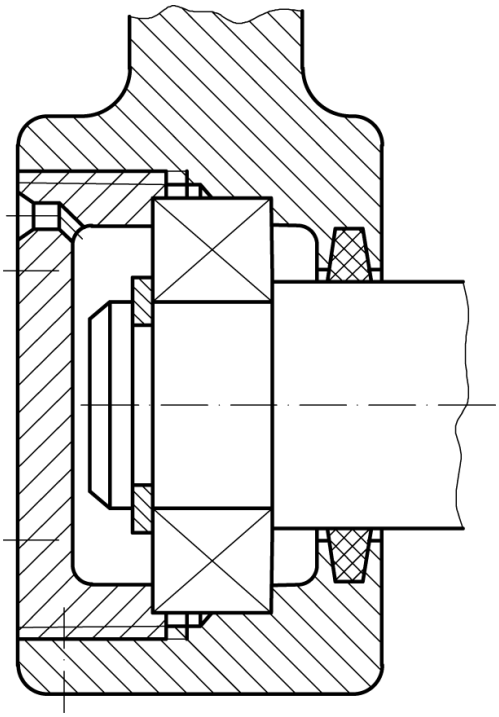
Sl. 10.109: Aksonometrijska skica kolutnih kugličnih aksijalnih ležaja



Sl. 10.110: Crtanje valjkastih, buričastih i igličastih ležaja
a) valjkasti, b) buričasti, c) konično valjkasti, d) igličasti



Sl. 10.111: Crtanje kolutnih kugličnih aksijalnih ležaja

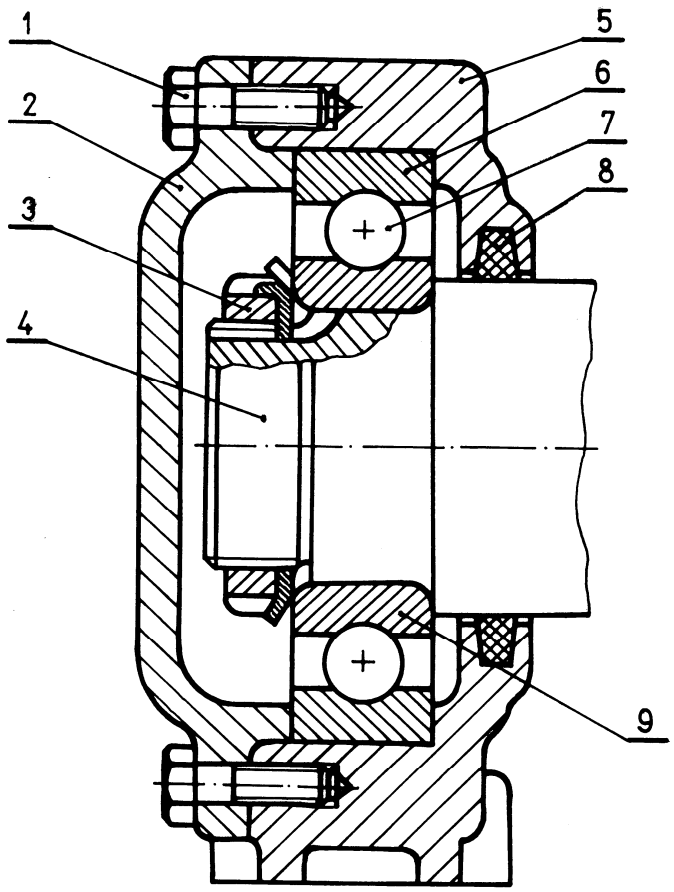


Kotrljajni ležaj u sklopu, može se nacrtati kao na sl. 10.112. Nacrtan je bez preseka, što znači da nisu nacrtani unutrašnji i spoljašnji prstenovi i kotrljajni elementi. Dijagonalne tanke linije u ovom slučaju označavaju ležaj.

Sl. 10.112: Uprošćenje pri crtanju ležaja

Prstenovi kotrljajnih ležajeva osiguravaju se od aksijalnog pomeranja po vratilu pomoću standardnih elemenata za osiguranje ili pomoću nekih drugih delova unutar ležišta. Na sl. 10.113 prikazano je osiguranje unutrašnjeg prstena pomoću navrtke i osigurača, a spoljašnjeg pomoću delova samog nestandardnog kućišta. Na sklopnom crtežu osnovni

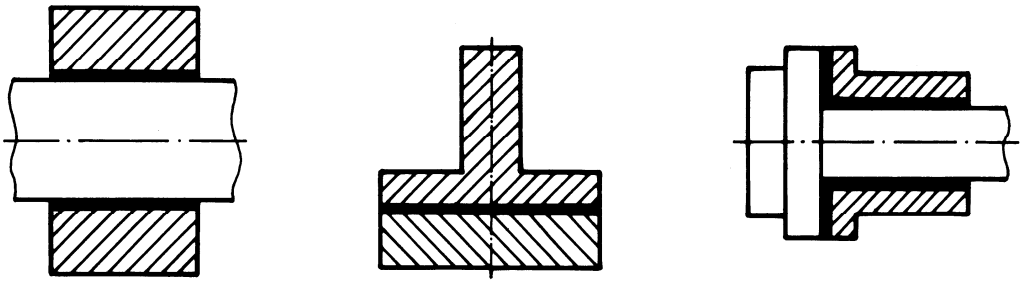
delovi kotrljajnog ležaja (spoljašnji i unutrašnji prsten i kotrljajni elemeni) označava se jednim pozicionim brojem.



1. zavrtanj
2. poklopac kućišta
3. navrtka sa osiguračem
4. vratilo
5. kućište
6. spoljašnji prsten
7. kuglice
8. zaptivni prsten
9. unutrašnji prsten

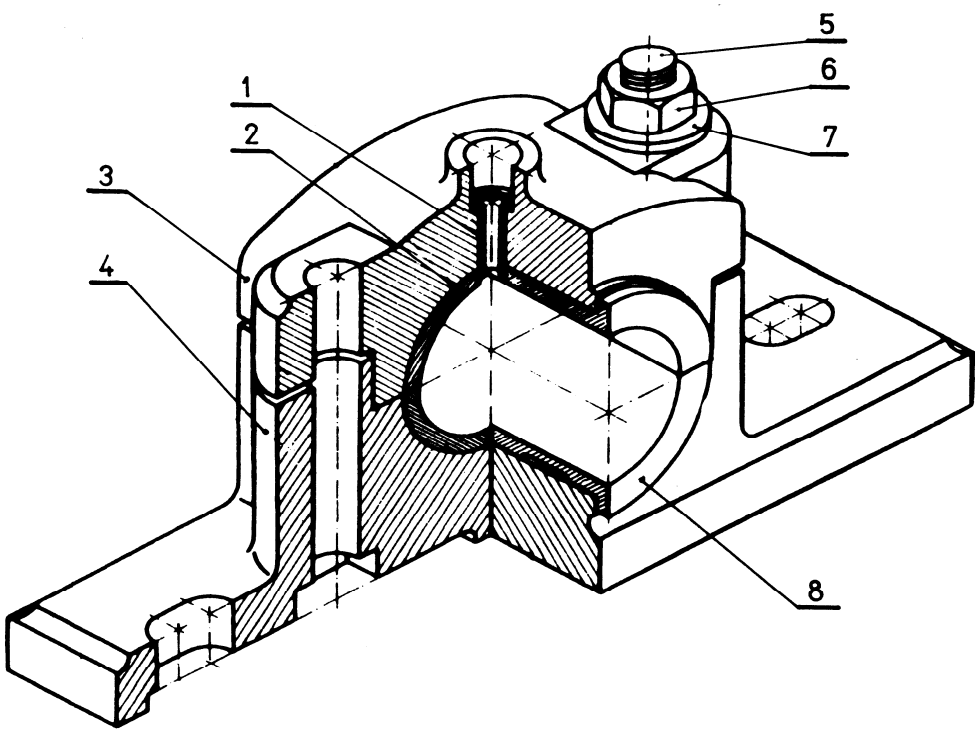
Sl. 10.113: Osiguranje ležaja od pomeranja po vratilu

Klizni ležaj (ležišta) predstavlja tanku cilindričnu čauru u kojoj se oslanja vratilo i koja se nalazi u kućištu. Kako je malih dimenzija, na sklopnom crtežu se zatamni (sl. 10.114).



Sl. 10.114: Klizni ležaji

Klizni ležaj u standarnom kućištu prikazan je na sl. 10.115. Klizni ležaj predstavlja u ovom slučaju dva prstena, poz. 2 i 8, koji dolaze na rukavac vratila.

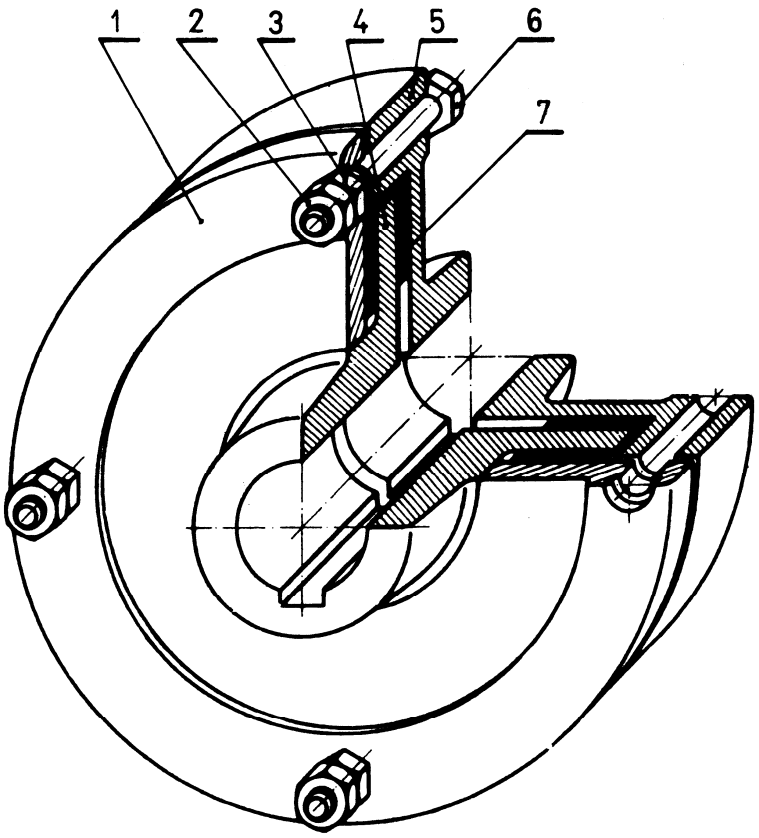


Sl. 10.115: Klizni ležaj u standardnom kućištu
1. čaura, 2. gornji deo kliznog ležaja, 3. gornji deo kućišta, 4. donji deo kućišta, 5. zavrtanj, 6. navrtka, 7. podloška, 8. donji deo kliznog ležaja

10.10. SPOJNICE

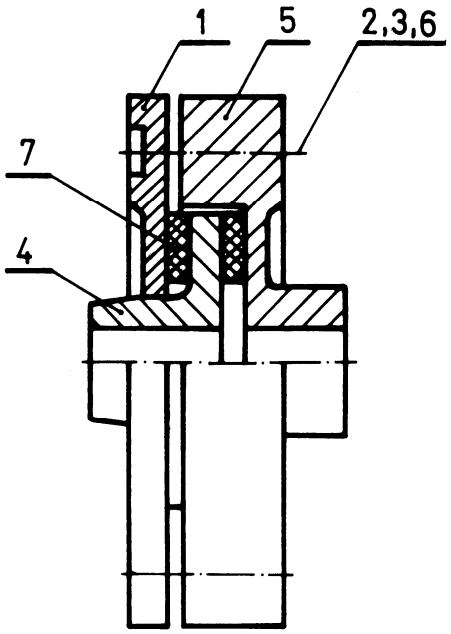
Spojnice su mašinski elementi koji **služe za spajanje dva vratila i pri tome prenose obrtni moment** sa jednog na drugo vratilo. Vrlo su različitih konstruktivnih oblika zavisno od uslova rada vratila koja se spajaju. Elastična spojnica u kosoj projekciji prikazana je na sl. 10.116. Ortogonalni pogled iste te spojnice dat je na sl. 10.117. Obodi (4) i (5) nalaze se na jednom i drugom vratili. Obodi su međusobno spojeni zavrtnjem (6). Između oboda su elastični prstenovi (7).

Frikciona cilindrična sigurnosna spojnica ima primenu na poljoprivrednim mašinama. Ova spojnica osim osnovne namene ima zadatak da pri preopterećenju prekine tok kretanja. Ortogonalni crtež jedne od varijanti frikcione cilindrične sigurnosne spojnice prikazan je na sl. 10.118. Sastoji se iz dva oboda (sl. 10.118, poz. 2 i 6). Obod (2) nalazi se na pogonskom vratilu (1) i posredstvom klina (3) obrće se zajedno sa njim. Na gonjenom vratilu je obod (6) koji je, takođe spojen klinom za gonjeno vratilo (11). Obod (6) oslanja se na torzionu oprugu (8) čija sabijenost se podešava navrtkom (9). Između oboda (2) i (6) su frikcione lamele (4) i (5). Pri prenošenju obrtnog momenta sa pogonskog na gonjeno vratilo diskovi su spojeni pod dejstvom opruge. U slučaju da je otpor na gonjenom vratilu prevelik, povećana je sila pritiska između oboda, usled čega dolazi do sabijanja opruge (8). Pri tome se obodi (2) i (6) razmiču i prenos obrtnog momenta sa jednog na drugo vratilo se prekida. Kada preopterećenje prestane opruga potisne obod (6) i ponovo se uspostavi kontakt između oboda i ponovo se prenosi obrtni moment. Vrednost obrtnog momenta isključivanja može se menjati pomoću navrtke 9. Položaj navrke se osigurava od samoodvrtanja pomoću navrtke za osiguranje (10).

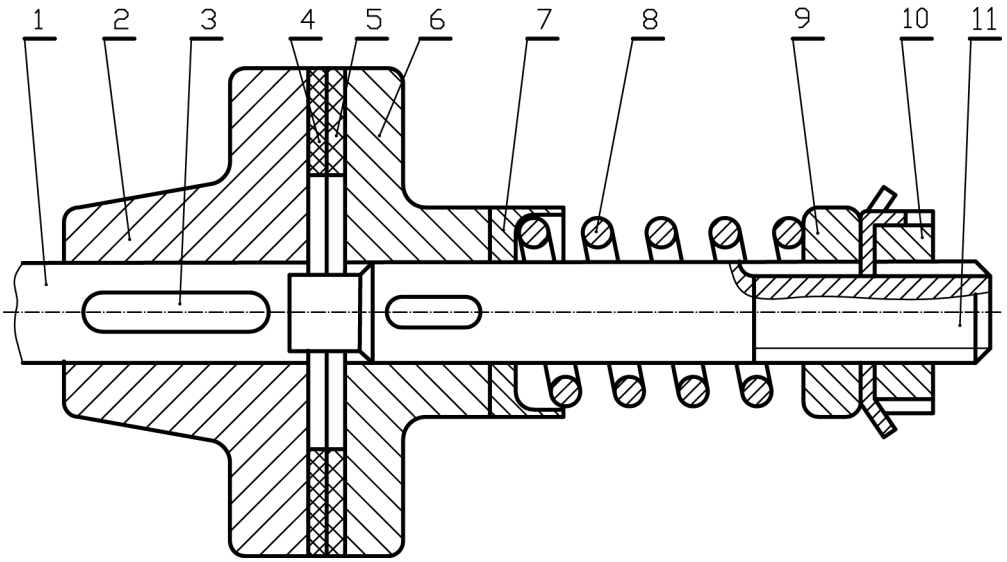


1. disk
2. sigurnosna navrtka
3. navrtka
4. levi obod
5. desni obod
6. zavrtanj
7. elastični prstenovi

Sl. 10.116: Kosa projekcija elastične spojnice

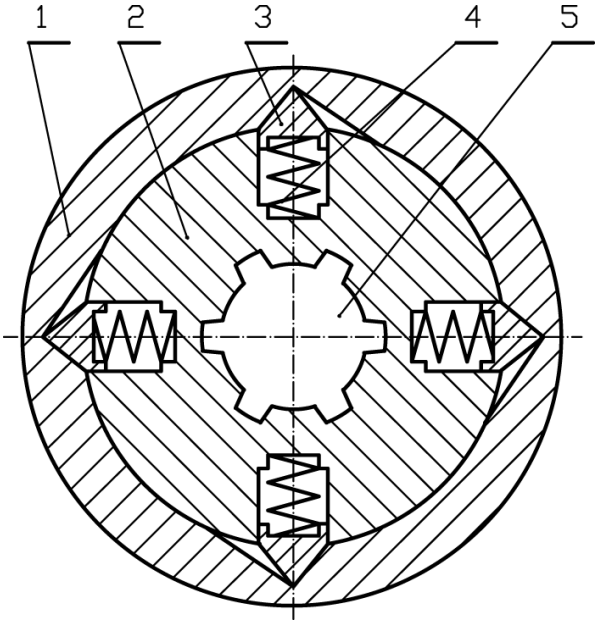


Sl. 10.117: Ortogonalni crtež elastične spojnice



Sl. 10.118: Frikciona cilindrična sigurnosna spojnica
1. pogonsko vratilo, 2. levi obod, 3. klin, 4. frikcina lamela na levom obodu, 5. frikcina lamela na desnom obodu, 6. desni obod, 7. vođica opruge, 8. opruga, 9. navrtka, 10. osigurač navrtke, 11. gonjeno vratilo

Sigurnosna spojnica sa grebenima sastoji se iz oboda (2) koji se pomoću žlebova spaja sa vratilom (5) (sl. 10.119). U obodu (2) nalaze se rupe u kojima su opruge (4) i grebeni (3). U obodu (1) su profilisani žlebovi u koje delimično ulaze grebeni, spajaju obode i tako prenose kretanje sa jednog na drugo vratilo. Kada dođe do preopterećenja, sila koja pritiska grebene savlada silu opruga, grebeni ulaze u rupe i prekida se kontakt između oboda, pa se prekida kretanje sa jednog na drugo vratilo. Dok preopterećenje prestane, opruge potisnu grebene i ponovo se uspostavlja kontakt između oboda. Kada se prekine kretanje između oboda, čuje se grebanje koje signalizira rukovaocu da opruga ne prenosi kretanje.



Sl. 10.119: Sigurnosna spojnica sa grebenima
1. obod sa profilisanim rupama, 2. obod, 3. grebeni, 4. opruge, 5. vratilo

11. OZNAČAVANJE KVALITETA POVRŠINSKE HRAPAVOSTI

Površine predmeta i delova mašina obrađuju se različitim kvalitetom površinske hrapavosti. One površine predmeta, koje naležu jedne na druge treba da su "finije" obrađene, a ako se pri tome u radu i kreću, treba da su obrađene još "finije", kako bi se smanjilo trenje. Površine predmeta koje ne ulaze u sklop sa drugim površinama mogu se obraditi "grubo". Kvalitet površinske hrapavosti utuče na cenu koštanja. Stoga je **važno da se na crtežu označi predviđeni kvalitet površinske hrapavosti.**

I "najfinije" obrađena površina, gledana pod mikroskopom je vrlo hrapava, odnosno profil se sastoji iz izbočina i udubljenja (sl. 11.1). Glavni parametri kojim se definiše kvalitet površina su:

p - Profil (linija stvarnih neravnina površine);

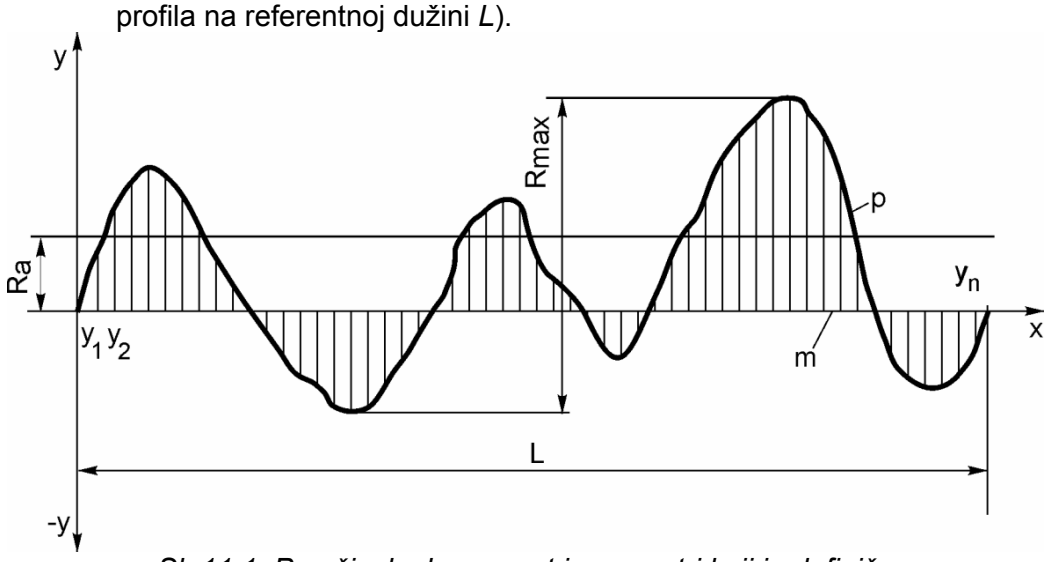
m - Srednja linija profila (izabrana srednja linija profila);

L - Referentna dužina (odabrana standardna dužina jednog odsečka profila na kojoj se meri i kontroliše hrapavost);

$y_1, y_2 ... y_n$ - Odstojanja profila (odstojanje tačke profila od srednje linije);

R_a - Srednje aritmetičko odstojanje profila (srednja vrednost odstojanja svih tačaka profila od srednje linije) i

R_{max} - Najveća visina neravnina (Rastojanje između najviše i najniže tačke profila na referentnoj dužini *L*).



Sl. 11.1: Površinska hrapavost i parametri koji je definišu

Površinska hrapavost koja se koristi pri izradi delova mašina podeljena je na 12 kvaliteta koji se nazivaju klase i označavaju sa *N1, N2..., N12*. Klasa je određena vrednošću srednjeg aritmetičkog odstupanja profila R_a izražena u μm (tabela 11.1)

Tabela 11.1: Klase površinske hrapavosti (SRPS M.A1.020)

Broj klase hrapavosti N	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9	N10	N11	N12
Najveća vrednost R_a u μm	0,025	0,050	0,1	0,2	0,4	0,8	1,6	3,2	6,3	12,5	25	50

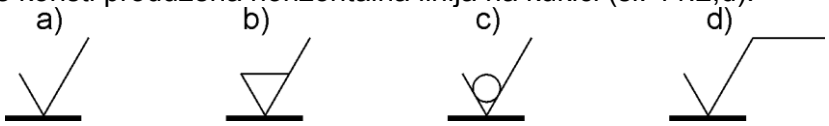
Vrednost srednjeg aritmetičkog odstojanje profila R_a određuje se na osnovu jednačine:

$$R_a = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(y_i)$$

gde je: n - broj podeoka na referentnoj dužini L.

Referentna dužina L se usvaja iz reda sledećeg niza brojeva: 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8 i 25 mm.

Da bi se kvalitet površina predmeta označio na crtežu koristi se kukica, koja ima oblike kao na (sl. 11.2). Osnovna kukica je prikazana na (sl. 11.2,a). Može se koristiti ako je značenje posebno u napomeni objašnjeno. Zatvorena kukica (sl. 11.2,b) se koristi za one površne koje se obrađuju skidanjem materijala (struganje, rendisanje...). Kukica sa kružićem (sl. 11.2,c) se koristi za one površine koje se ne obrađuju skidanjem materijala (livenje, presovanje...) ili za površine koje se ne obrađuju, već ostaju onakve kakve su dobijene prethodnom obradom koja je mogla biti i skidanjem materijala. Ako se želi naznačiti postupak izrade, anda se koristi produžena horizontalna linija na kukici (sl. 11.2,d).



Sl. 11.2: Oblici kukica za označavanje kvaliteta površina

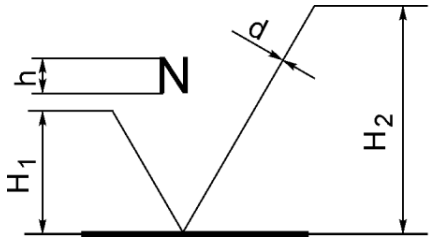
Kraci kukice su pod uglom od 60° (sl. 11.3). Linije kukice su linija tipa B. Dimenzije kukice zavise od visine velikih slova *h*. Debljina linija kukice jednaka je debljini linija tipa B ili debljini slova. Visine krakova su date u tabeli 11.2.

*Tabela 11.2: Dimenzije i debljina linija kukica**

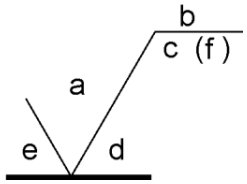
Debljina i visine kukica	Mere u mm					
Visina velikih slova (h)	3,5	5	7	10	14	20
Debljina kukice (d)	0,35	0,5	0,7	1	1,4	2
Visina (H_1)	5	7	10	14	20	28
Visina (H_2)	10	14	20	28	40	56

∗ Oznake iz tabele 11.2. odnose se na sl. 11.3.

Same kukice ne definišu kvalitet površina, već se za to koriste podaci koji stoje na kukici. Podaci na kukici stoje na mestu *a, b, c, d, e i f* (sl. 11.4).



Sl. 11.3: Dimenzije kukice



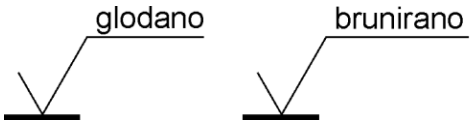
Sl. 11.4: Mesta za podatke kvaliteta površina

Na mestu označeno sa *a* daje se vrednost srednjeg aritmetičkog odstojanja profila R_a izražena u μm ili odgovarajući broj klase (sl. 11..5). Ako je kvalitet površina u opsegu, označava se kao na sl. 11.5, na primer od 1,6 do 6,3 μm ili N7 do N9.

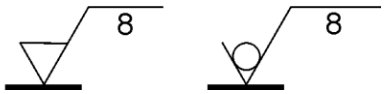


Sl. 11.5: Označavanje vrednosti srednjeg aritmetičkog profila ili broj klase hrapavosti na kukici

Na mestu *b* daje se postupak izrade (liveno, kovano, brunirano... itd.) (sl. 11.6). Referentna *L* dužina izražena u mm daje se na mestu *c* (sl. 11.7).



Sl. 11.6: Označavanje postupka izrade na kukici



Sl. 11.7: Označavanje referentne dužine L na kukici

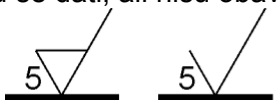
Na mestu *d* daje se oznaka za pravac prostiranja neravnina (brazdi) koje ostaju nakon obrade (sl. 11.8). Te oznake su: =, ⊥, X, M, C i R. Značenje ovih oznaka dato je u tabeli 11.3.



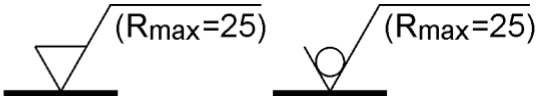
Sl. 11.8: Označavanje pravca prostiranja neravnina na kukici

Na mestu *e* se daje vrednost dodatka za mašinsku obradu izraženo u mm (sl. 11.9). Za ovaj primer znači da se ima skuniti 5 mm do kote koja stoji na crtežu. Na mestu označenom sa *f* daju se vrednosti drugih parametara hrapavosti, najčešće R_{max} izražena u μm (sl. 11.10).

Na kukici **se obavezno daje vrednost srednjeg aritmetičkog odstojanja profila R_a ili klasa površinske hrapavosti** N_i. Na jednom crtežu može da se koristi samo jedna alternativa, vrednost R_a ili klasa hrapavosti N_i. Ostali podaci koji stoje na mestima *b, c, d, e i f* mogu se dati, ali nisu obavezni.

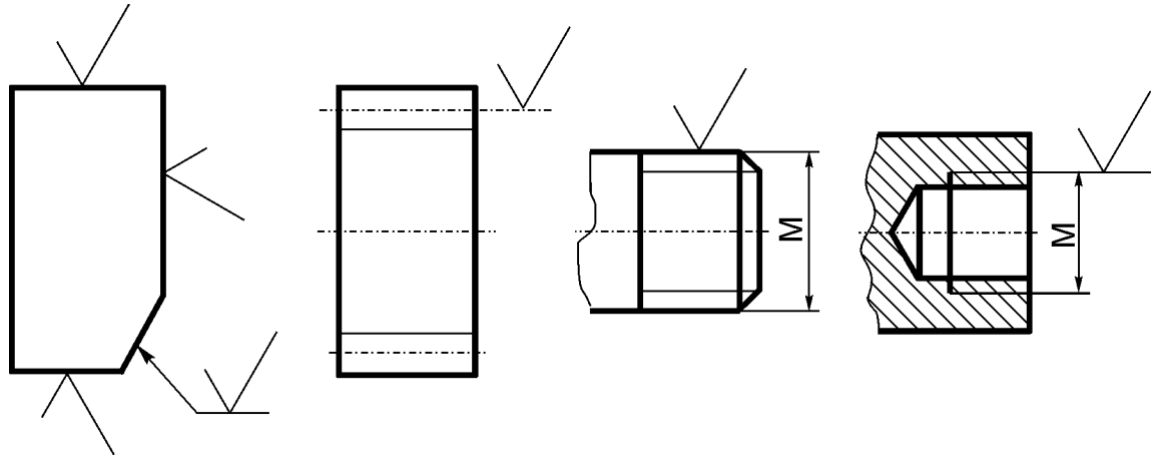


Sl. 11.9: Označavanje dodatka za mašinsku obradu na kukici



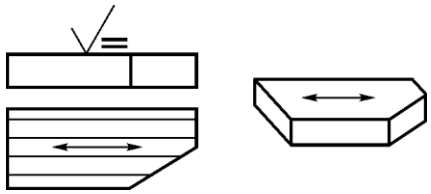
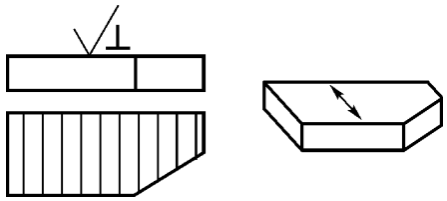
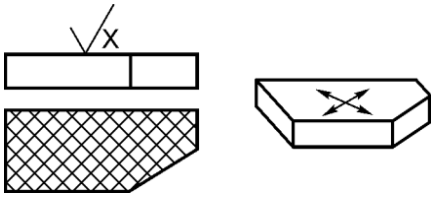
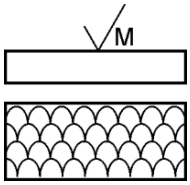
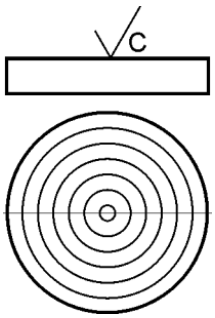
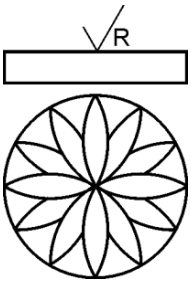
Sl. 11.10: Označavanje najveće visine neravnina na kukici

Kukica može da stoji na konturnoj liniji, pomoćnoj kotnoj, pokaznoj, osnoj i na liniji tipa B koja označava zavojnicu (sl. 11.11). Kada kukica stoji na pokaznoj liniji, tada se ona završava za strelicom.

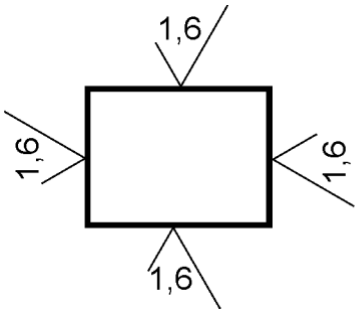


Sl. 11.11. Mesta na kojima mogu da stoje kukice

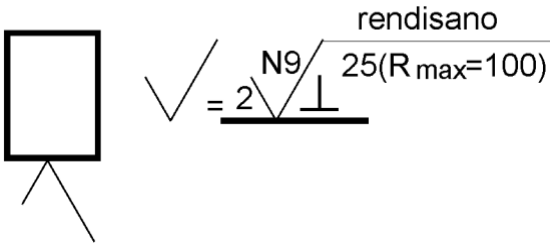
Tabela 11.3: Značenje oznaka za pravac prostitranja neravnina (SRPS M.A0.065)

Znak	Tumačenje	Izgled
=	Paralelno ravni projekcije u kojoj je znak postavljen.	
⊥	Upravno na ravan projekcije u kojoj je znak postavljen.	
X	Ukršteno u dva kosa pravca relativno prema ravni projekcije u kojoj je znak postavljen.	
M	U više pravaca.	
C	Približno kružno prema središtu površine na koju je znak postavljen.	
R	Približno radijalno prema središtu površine na koju je znak postavljen.	

Kukica se uvek crta u onom položaju da je na levoj strani kraći krak, a na desnoj duži, kada se stane ispred konturne linije na kojoj stoji. Kukica stoji na spoljnoj strani površine koja se obrađuje (asocira na položaj noža-alata pri obradi te površine). Podatak na kukici stoji tako da se može pročitati u skladu sa pravilom posmatranja i okretanja crteža (kotiranja) (sl. 11.12). Kada treba dati sve podatke na kukici, a nema dovoljno prostora tamo gde ona stoji na crtežu, može se dati kao na sl. 11.13.



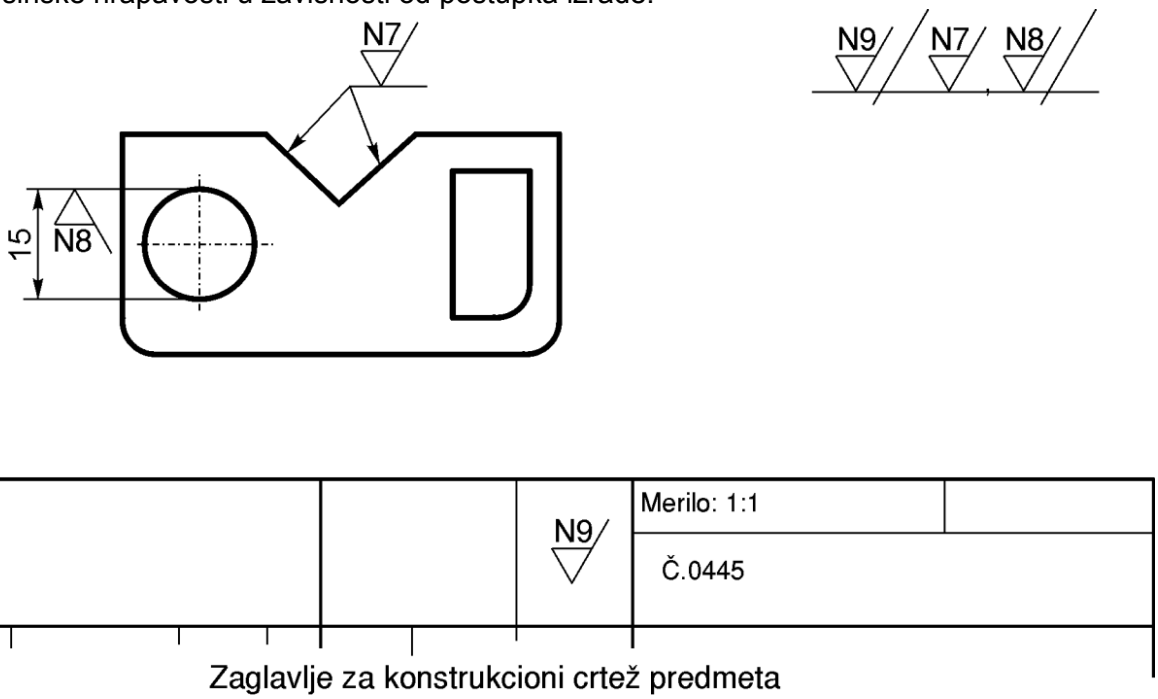
Sl. 11.12: Položaji kukica i način pisanja na njoj



Sl. 11.13: Mogućnost davanja podataka na kukici

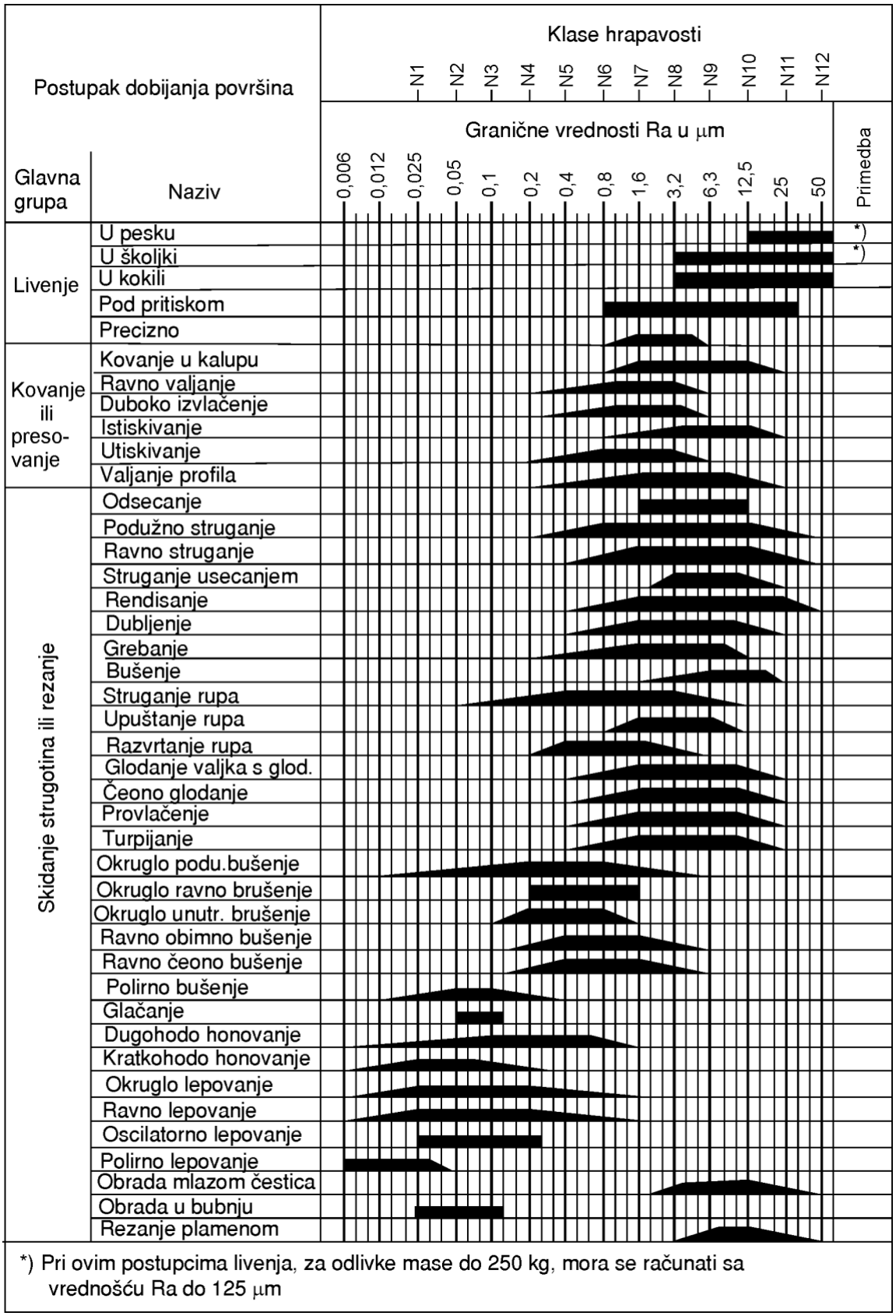
Da na crtežu ne bi bilo previše kukica (pošto svaku površinu treba označiti), onaj kvalitet, koji je zajednički za najveći broj površina predmeta ne označava se na pogledima, već kukicom u gornjem desnom uglu crteža i u rubrici zaglavlja za crtež "klasa kvaliteta površinske hrapavosti". Ovaj kvalitet površinske hrapavosti je opšti ili zajednički kvalitet. Kvalitet obrade ostalih površina, koji se razlikuju od opšteg kvaliteta označava se na pogledima. Te pojedinačne kukice stoje u gornjem desnom uglu crteža u zagradi iza opšte kukice (sl. 11.14). Na datom primeru kvalitet N9 je zajednički, a kvaliteti N7 i N8 se odnose samo na površine na kojima stoje.

Koji će se kvalitet površina za pojedine mašinske delove i elemente usvojiti, zavisi od uloge, funkcije i naleganja dela u sklopu, od željene cene koštanja, načina izrade itd. Ako se na crtežu uopšte ne označi kvalitet površina, podrazumevaće se da je onaj koji se može postići predviđenom metodom i postupkom izrade. U tabeli 11.4. dati su opsezi kvaliteta površinske hrapavosti u zavisnosti od postupka izrade.



Sl. 11.14: Označavanje površinske hrapavosti na crtežu

Tabela 11.4: Kvalitet površinske hrapavosti u zavisnosti od postupka izrade



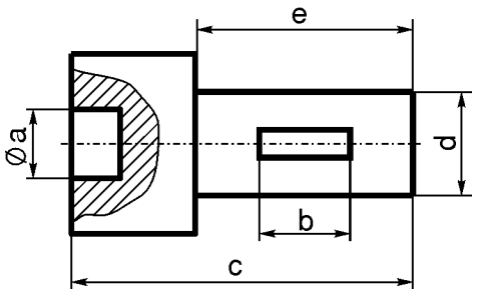
*) Pri ovim postupcima livenja, za odlivke mase do 250 kg, mora se računati sa vrednošću Ra do 125 μm

12. TOLERANCIJE MERA

Pri izradi mašinskih delova i elemenata **vrednosti kota koje stoje na crtežu ne mogu se idealno postići** iz više razloga: zbog ograničenih mogućnosti alatnih mašina, zbog greške čoveka pri izradi, merenju i očitavanju, zbog nehomogenosti materijala itd.

Retko ima i potrebe da mera (kota) bude idealno tačna, odnosno tačno ona vrednost koja stoji na crtežu. Idealna mera nema praktični značaj. Dozvoljena su manja ili veća odstupanja od zadate vrednosti mera (kota) (onih koja su na crtežu), koja se naziva nominalna vrednost. **Dozvoljeno odstupanje od nominalne vrednosti naziva se tolerancija,** odnosno **tolerancija predstavlja razliku između maksimalne i minimalne dozvoljene dimenzije**. Tolerancije delova u sklopu obezbeđuju funkciju tih delova i sklopa. Tolerancija utiče na cenu, što je manja (uža) proizvod je skuplji i obrnuto.

Tolerancija se definiše **za osovinu i rupu**. Osovina predstavlja sve spoljašnje, a rupa sve untrašnje mere. Osim toga postoje i kombinovane mere (sl. 12.1).



Spoljašnje mere su: *d* i *c*.
Unutrašnje mere su: *Øa* i *b.*
Kombinovana mera je: *e*.

Sl. 12.1: Spoljašnje, untrašnje i kombinovane mere predmeta

12.1. TOLERANCIJA OSOVINE (SPOLJAŠNJE MERE)

Tolerancija osovine je prikazana na (sl. 12.2) gde su dati svi parametri kojim se definiše. Ovi parametri se odnose i na sve spoljašnje mere. Osnovni parametar je tolerancija ili visina tolerancijskog polja, označeno sa T_o. Raspoređuje se po celom prečniku kao što je prikazano na sl. 12.2,a. Zbog jednostavnosti prikazivanja tolerancija osovine se prikazuje kao na sl. 12.2,b, kao da je cela tolerancija samo na jednom delu osovine, sa jedne strane. Parametri kojima se definiše tolerancija osovine su:

T_o- tolerancija osovine je maksimalno moguće ukupno odstupanje za osovinu;

d - nominalna vrednost osovine. Zadata vrednost. Vrednost na crtežu;

d_d- donji granični prečnik osovine. Predstavlja minimalnu dozvoljenu vrednost osovine koja će zadovoljiti njenu funkciju;

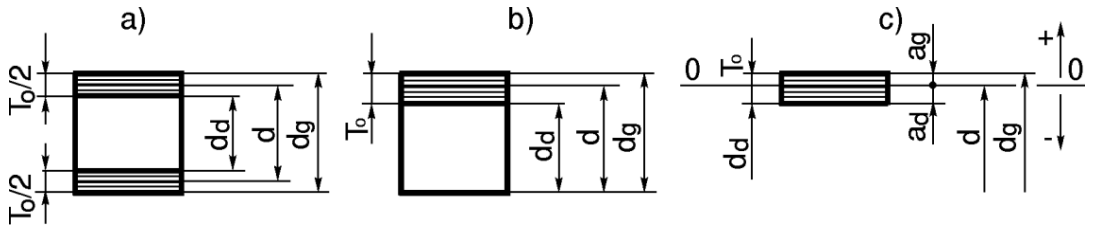
d_g- gornji granični prečnik osovine. Predstavlja maksimalno dozvoljenu vrednost prečnika osovine koja će zadovoljiti njenu funkciju;

d_s - stvarna vrednost prečnika osovine. Mogući opseg prečnika osovine u okviru tolerancije;

$O-O$ - nulta linija tolerancije, tj. linija koja označava nominalni prečnik. Iznad nulte linije prečnik se povećava, ispod se smanjuje;

a_g- gornje granično odstupanje osovine, tj rastojanje maksimalno dozvoljenog prečnika osovine od nulte linije ili maksimalno dozvoljeno rastojanje tolerancijskog polja osovine od nulte linije i

a_d- donje granično odstupanje osovine. Rastojanje minimalno dozvoljenog prečnika osovine od nulte linije ili minimalno dozvoljeno rastojanje tolerancijskog polja osovine od nulte linije.



Sl. 12.2: Tolerancijsko polje osovine i parametri koji ga definišu

Šematsko (uprošćeno) prikazivanje tolerancije za osovinu, njegov položaj i parametri kojima se definiše dato je na sl. 12.2,c. Osovina se ne crta, već se predstavlja nominalnim prečnikom, koji se označava nultom linijom $O-O$.

Iznad nulte linije vrednosti prečnika rastu(↑+), a ispod opadaju(↓ -).

Ako je vrednost tolerancije i položaj tolerancijskog polja u odnosu na nultu liniju poznat, odnosno poznate su vrednosti: d, T_o, a_g i a_d, tada se granični prečnici za položaj tolerancijskog polja preko nulte linije (sl. 11.2) određuju prema jednačinama:

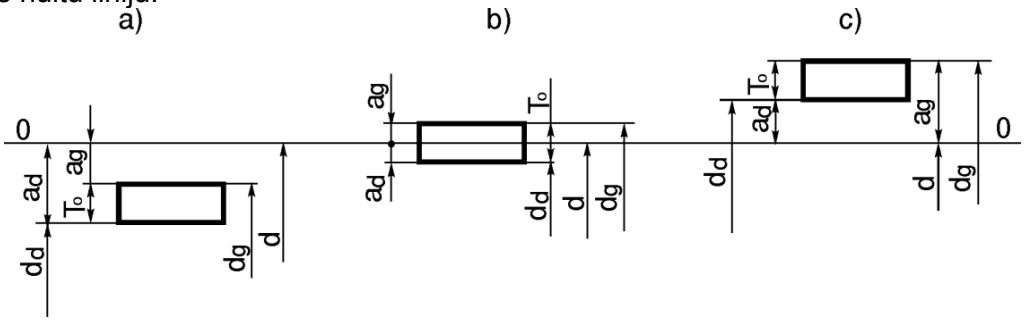
$$d_d = d - |a_d|;\quad d_g = d + a_g;\quad d_g = d_d + T_o.$$

Stvarna vrednost prečnika osovine d_s kreće se između dve granične vrednosti, odnosno

$$d_s = od\ d_d\ do\ d_g \Rightarrow \quad d_s = \left(d_d \div d_g\right)$$

Tolerancija osovine se definiše kao razlika graničnih prečnika $T_o = d_g - d_d$, ili preko grničnih odstupanja, što je za ovaj primer zbir graničnih odstupanja $T_o = a_g + |a_d|$.

Položaj tolerancijskog polja osovine može biti različit u odnosu na nultu liniju. Može se celo polje nalaziti ispod nulte linije, iznad nulte linije ili da bude preko nulte linije. (sl. 12.3). Kada je preko nulte linije delimično se nalazi iznad i ispod nulte linije. Osim toga, tolerancijsko polje može celo biti ispod ili iznad, a da sa jednim graničnim odstupanjem dodiruje nultu liniju.



Sl. 12.3. Položaji tolerancijskog polja za osovinu; a) ispod, b) preko, c) iznad nulte linije

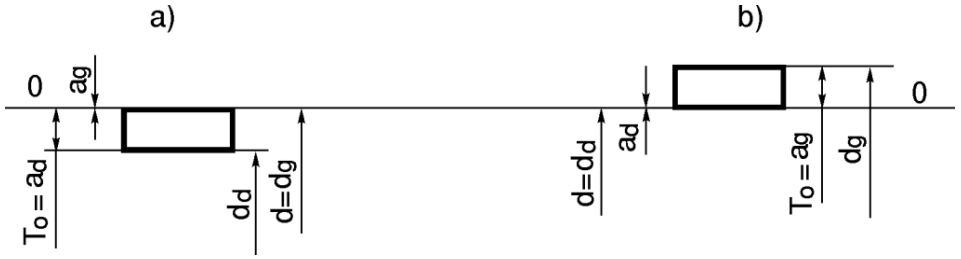
Parametri tolerancije za osovinu za date položaje (sl. 12.3) računaju se na sledeći način:

a) $a_d = a_g - T_o;\quad d_d = d - |a_d|;\quad d_g = d - |a_g|;\quad T_o = |a_d| - |a_g|;\quad T_o = d_g - d_d$

b) $a_g = a_d + T_o;\quad d_d = d - |a_d|;\quad d_g = d + a_g;\quad T_o = |a_d| + a_g;\quad T_o = d_g - d_d$

c) $a_g = a_d + T_o;\quad d_d = d + a_d;\quad d_g = d + a_g;\quad T_o = a_g - a_d;\quad T_o = d_g - d_d$

Kada tolerancijsko polje dodiruje nultu liniju, tada je jedno od graničnih odstupanja jednako nuli (sl. 12.4).



Sl. 12.4: Tolerancijsko polje za osovinu na nultoj liniji; a) $a_g = 0$, *b)* $a_d = 0$

12.2. TOLERANCIJE RUPE (UNUTRAŠNJE MERE)

Tolerancije rupe sa svim parametrima sa kojima se definiše prikazana je na sl. 12.5. Nazivi parametara i oznake su iste kao za osovinu, samo se obeležavaju velikim slovima. Sve što se odnosi za toleranciju rupe, odnosi se i na ostale unutrašnje mere. Nazivi parametara tolerancije rupe su sledeći:

T_R - tolerancija rupe je maksimalno dozvoljeno ukupno odstupanje za rupu;

D - nominalna vrednost prečnika rupe. Zadata vrednost. Vrednost na crtežu;

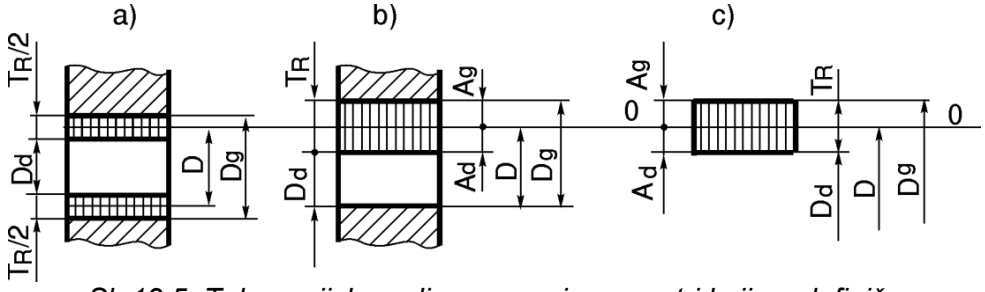
D_d - donji granični prečnik rupe. Predstavlja minimalnu dozvoljenu vrednost prečnika rupe, koja će zadovoljiti njenu funkciju;

D_g - gornji granični prečnik rupe. Predstavlja maksimalno dozvoljenu vrednost rupe, koja će zadovoljiti njenu funkciju;

D_s - stvarna vrednost prečnika rupe. Mogući opseg prečnika rupe u okviru tolerancije;

A_d - donje granično odstupanje rupe. Rastojanje minimalnog dozvoljenog prečnika rupe od nulte linije ili minimalno dozvoljeno rastojanje tolerancijskog polja rupe od nulte linije i

A_g - gornje granično odstupanje rupe. Rastojanje maksimalnog dozvoljenog prečnika osovine od nulte linije ili maksimalno dozvoljeno rastojanje tolerancijskog polja rupe od nulte linije.



Sl. 12.5: Tolerancijsko polje za rupu i parametri koji ga definišu

Za primer položaja tolerancijskog polja rupe sa sl. 12.5 parametri tolerancije se određuju prema jednačinama:

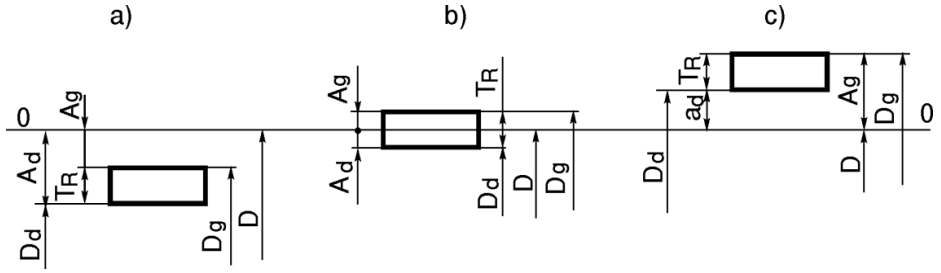
$D_d = D - |A_d|; \quad D_g = D + A_g; \quad D_g = D_d + T_R.$

Stvarne vrednosti prečnika rupe kreću se između dve granične vrednosti

$D_s = od\ D_d\ do\ D_g \ \Rightarrow\ D_s = (D_g \div D_d)$.

Tolerancija rupe definiše se kao razlika graničnih prečnika $T_R = D_g - D_d$, ili preko grničnih odstupanja, što je za ovaj primer (sl. 12.5) zbir graničnih odstupanja $T_R = |A_d| + A_g$.

Položaj tolerancijskog polja rupe može biti različit u odnosu na nultu liniju potpuno isto kao i za osovinu. Znači, može se celo polje nalaziti ispod nulte linije, da bude preko nulte linije, iznad nulte linije, ili da je dodiruje (sl. 12.6).



Sl. 12.6: Položaji tolerancijskog polja za rupu; a) ispod, b) preko, c) iznad nulte liniju

Parametri tolerancije za rupu za pojedine položaje računaju se na isti način kao za osovinu, samo što se označavaju (pišu) velikim slovima (sl. 11.6):

a) $A_d = A_g - T_R$; $D_d = D - |A_d|$; $D_g = D - |A_g|$; $T_R = |A_d| - |A_g|$; $T_R = D_g - D_d$

b) $A_g = A_d + T_R$; $D_d = D - |A_d|$; $D_g = D + A_g$; $T_R = |A_d| + A_g$; $T_R = D_g - D_d$

c) $A_g = A_d + T_R$; $D_d = D + A_d$; $D_g = D + A_g$; $T_R = A_g - A_d$; $T_R = D_g - D_d$.

12.3. VREDNOSTI TOLERANCIJA

Vrednosti tolerancija (visine tolerancijskih polja) za rupu i osovinu, koje imaju opštu primenu u tehnici podeljene su u **18 grupa ili kvaliteta**. Označavaju se sa $IT1$ do $IT18$. Osim toga postoje i kvaliteti IT01 i IT0 za delove koji zahtevaju vrlo preciznu obradu. Vrednost tolerancija se računa prema jednačini:

$$T = IT_i = k_i \cdot i \,[\mu m]$$

gde je:

k_i - koeficijent kvaliteta tolerancije,

i - jedinica tolerancije $[\mu m]$.

Jedinica tolerancije se računa kao:

$$i = 0{,}45\sqrt[3]{D} + 0{,}001D \,[\mu m].$$

Vrednost tolerancija se računa za grupu prečnika, a ne za jedan prečnik, te je

$$D = \sqrt{D_{min} \cdot D_{max}}$$

gde je:

D_{min} - minimalna vrednost iz grupe prečnika $[mm]$,

D_{max} - maksimalna vrednost iz grupe prečnika $[mm]$.

Koeficijent kvaliteta tolerancije k_i različit je za različite kvalitete i prikazan je u tabeli 12.1.

Tabela 12.1: Koeficijenti kvaliteta tolerancije k_i

IT	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$\mathbf{k_i}$	1	1,6	2,5	4	6,4	10	16	25	40
IT	10	11	12	13	14	15	16	17	18
$\mathbf{k_i}$	64	100	160	250	400	640	1000	1600	2500

Primer 1. Izračunati visinu tolerancijskog polja za grupu prečnika od 22 do 50 mm $(22 \div 50)$ za kvalitet $IT7$.

$$T7 = k_7 \cdot i = 16 \cdot 1{,}76 = 28{,}18 \,\mu m$$

$$i = 0{,}45 \cdot \sqrt[3]{D} + 0{,}001D = 0{,}45 \cdot \sqrt[3]{33{,}16} + 0{,}001 \cdot 33{,}16 = 1{,}76 \,\mu m$$

$$D = \sqrt{D_{min} \cdot D_{mah}} = \sqrt{22 \cdot 50} = 33{,}16 \,mm.$$

Tolerancije se ne računaju za proizvoljne grupe prečnika, već za grupe koje su

standardom definisane. Za prečnike od $(1 \div 500)\ mm$ određeno je 13 grupa i to: $1 \div 3$, $3 \div 6$, $6 \div 10$, $10 \div 18$ itd. Za prečnike od 500 do 3150 mm određeno je 8 standardnih grupa: *500 ÷ 630*, *630 ÷ 800* itd. Na taj način tolerancija se ne računa već se određuje iz tablice broj 12.5 i 12.6. Visina tolerancije zavisi od kvaliteta i nazivnog prečnika, a ne zavisi od položaja tolerancijskog polja. Na primer za prečnik *Ø35* i kvalitet *IT8* tolerancija je *T8=39 μm.*

U opštem mašinstvu uglavnom se koriste kvaliteti $IT5 - IT12$. Opšta podela primene kvaliteta je sledeća:

$IT1 - IT7$ - za merne instrumente,

$IT5 - IT12$ - za sklopove koji se koriste u opštem mašinstvu i

$IT12 - IT18$ - za vrlo grube sklopove.

12.4. TOLERANCIJSKA POLJA

Mogući položaji tolerancijskih polja i način njihovog označavanja dat je na dijagramu (sl. 12.7). Označavaju se slovima abecede, velikim za rupe A, B..., ZC, a malim za osovine a, b..., zc. Na dijagramu je približno srezmerno prikazana udaljenost svakog polja od nulte linije. Položaji polja su određeni jednim od graničnih odstupanja: gornjim ili donjim. U principu, standardom je određeno ono granično odstupanje koje je bliže nultoj liniji. Položaj polja iznad nulte linije određen je donjim graničnim odstupanjima (A_d, a_d), a gornja se računaju prema jednačinama:

$$A_g = A_d + T_R; \quad a_g = a_d + T_o.$$

Položaj polja ispod nulte linije određen je sa gornjim graničnim odstupanjem (a_g, A_g), a donja se računaju prema jednačinama: $a_d = a_g - |T_o|$; $A_d = A_g - |T_R|$.

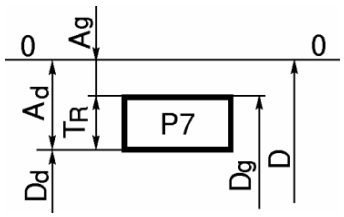
Vrednosti graničnih odstupanja kojima se definišu položaji polja date su standardima (tabele 12.7 do 12.10).

Tolerancija definisana tolerancijskim poljem označava se prvo sa oznakom Ø (za kružni poprečni presek), zatim se daje vrednost nominalnog prečnika u mm, zatim oznaka polja i na kraju kvalitet tolerncije, na primer Ø20B10. Ovo pravilo važi za sve mašinske delove i elemente, izuzev za zavojnicu. Kod označavanja tolerancije zavojnice redosled polja i kvaliteta je obrnut sa crticom između prečnika i kvaliteta, na primer M20-10B.

Primer 2. Za nominalni prečnik rupe *Ø220* odrediti sve parametre tolerancije i skicirati položaj tolerancijskog polja za *Ø220P7.*

Na osnovu tabele 12.5 za prečnik *Ø220* i kvalitet tolerancije *7* visina tolerancije je *46 μm*, te je $T_R = 46\ \mu m$. Iz tabele 12.10 za prečnik *Ø220*, polje *P* i kvalitet *7* gornje granično odstupanje je *-33 μm*, odnosno $A_g = -33\ \mu m$. Tada se može izračunati donje granično odstupanje, kao

$$A_d = A_g - T_R = -33 - 46 = -79\ \mu m.$$



Sl. 12.8: Tolerancijsko polje P

Na osnovu usvojene razmere šematski se predstavi ovo polje (sl. 12.8).

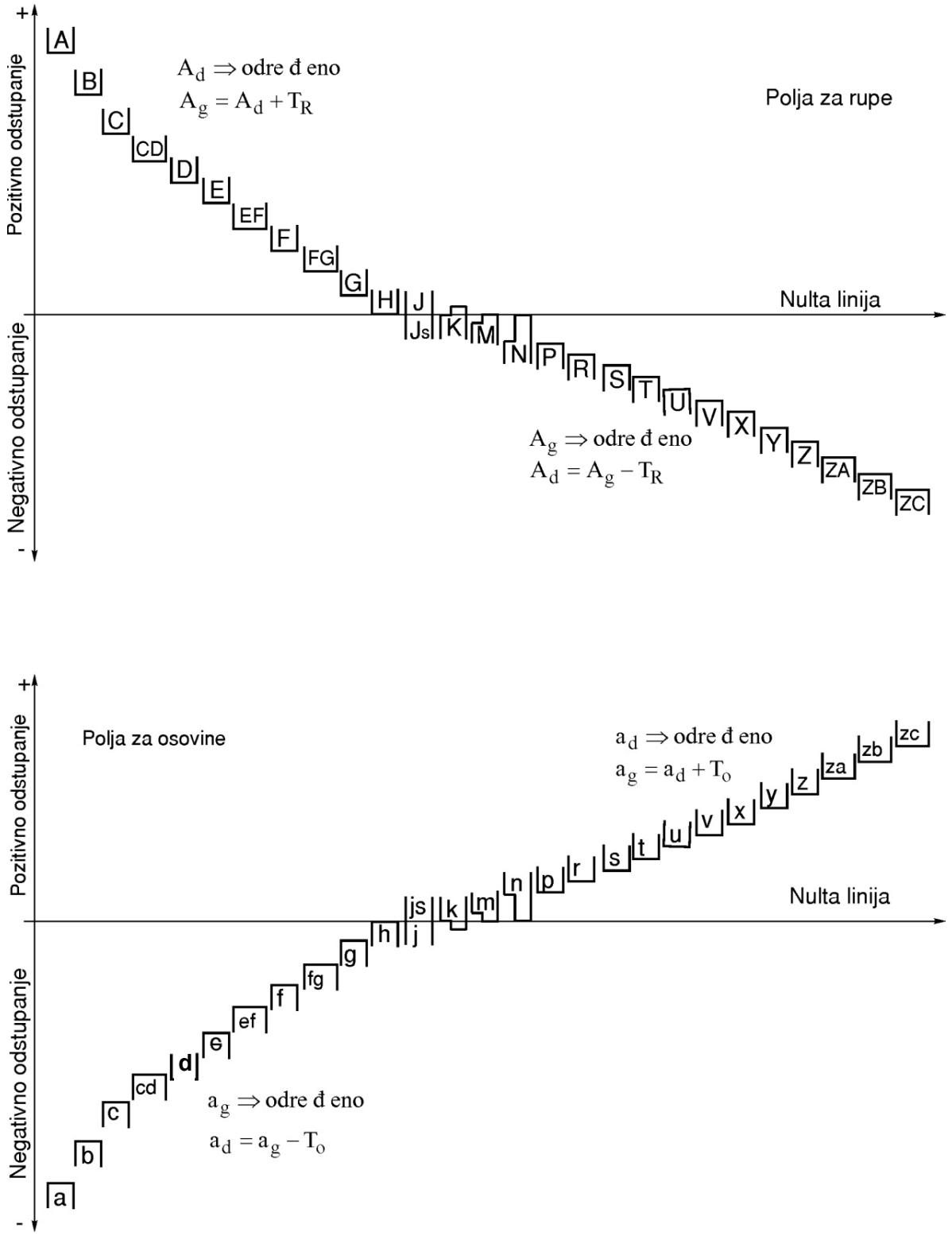
Na osnovu poznatih graničnih odstupanja određuju se granični i stvarni prečnici prema sledećim relacijama:

$$D_g = D - |A_g| = 220 - 0{,}033 = 119{,}967\ mm,$$

$$D_d = D - |A_d| = 220 - 0{,}079 = 119{,}927\ mm,$$

$$D_S = 119{,}927 \div 119{,}967\ mm.$$

Znači svi komadi sa prečnicima rupe od *119,927 ÷ 119,967 mm* su dobri, a izvan ovog opsega su škart. Na primer, komad sa nominalnim prečnikom od *220 mm* je škart.



Sl. 12.7: Dijagram položaja tolerancijskih polja za rupu i osovinu

12.5. TOLERANCIJA NALEGANJA

Naleganje dve površine (sa spoljašnjom i unutrašnjom merom) može biti takvo da su im nomnalni prečnici isti ($D = d$) ili različitiili ($D \neq d$).

Naleganje kada je $D \neq d$

Ovakvo naleganje može biti:

- pomično gde je $D > d$, javlja se zazor $Z = D - d\,[\mu m]$ i

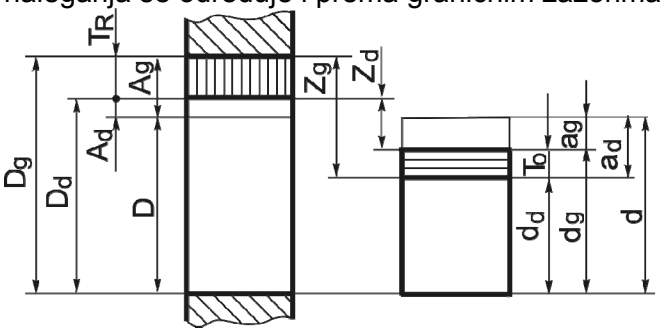
- nepomično gde je $D < d$, javlja se preklop $P = d - D\,[\mu m]$.

Naleganje kada je $D = d$

Ovakvo naleganje se češće koristi kod mašinskih delova. Tolerancijama naleganja, gde se posebno definiše tolerancija za osovinu, a posebno za rupu, postiže se labavo, čvrsto i neizvesno naleganje.

12.5.1. Labavo naleganje

Labavo naleganje je kada je **prečnik rupe veći od prečnika osovine**. Kod labavog naleganja javljaju se granični zazori: maksimalan Z_g i minimalan Z_d (sl. 12.9). Stvarni zazor se kreće između dva granična. Labavo naleganje se koristi za delove koji se međusobno pomeraju u toku rada. Vrednosti zazora se određuju preko graničnih prečnika ili odstupanja. Zbir tolerancije rupe i osovine naziva se **tolerancija naleganja** T_n. Tolerancija naleganja se određuje i prema graničnim zazorima.



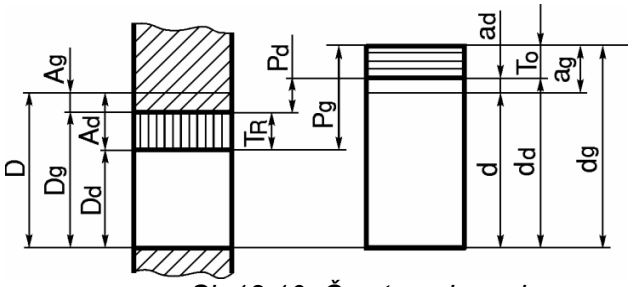
$$Z_g = D_g - d_d;\ Z_g = A_g + |a_d|$$
$$Z_d = D_d - d_g;\ Z_d = A_d + |a_g|$$
$$T_n = T_o + T_R \text{ po definiciji}$$
$$T_n = Z_g - Z_d$$

Sl. 12.9: Labavo naleganje

12.5.2. Čvrsto naleganje

Čvrsto naleganje je kada je **prečnik rupe uvek manji od prečnika osovine**. Kod čvrstog naleganja javljaju se granični preklopi: maksimalan P_g i minimalan P_d (sl. 12.10).

Stvarni preklop se kreće između dva granična. Čvrsto naleganje se koristi za delove koji se međusobno ne pomeraju u toku rada. Vrednosti preklopa se određuju preko graničnih prečnika ili odstupanja.



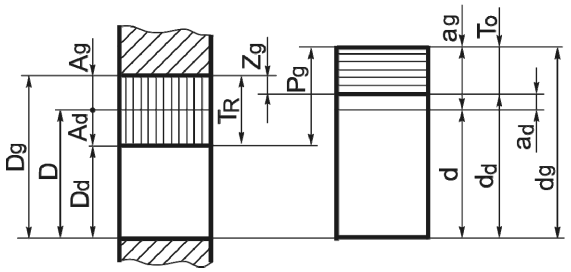
$$P_g = d_g - D_d;\ P_g = a_g + |A_d|$$
$$P_d = d_d - D_g;\ P_d = a_d + |A_g|$$
$$T_n = T_o + T_R \text{ po definiciji}$$
$$T_n = P_g - P_d$$

Sl. 12.10: Čvrsto naleganje

12.5.3. Neizvesno naleganje

Neizvesno naleganje je kada **se može dobiti i labavo i čvrsto naleganje**, zavisno od stvarnih prečnika osovine i rupe koji se spajaju (sl. 12.11). Kod neizvesnog naleganja javljaju se: granični gornji zazor Z_g i granični gornji preklop P_g. Stvarni zazor i preklop se kreće između nule i gornje granične vrednosti. Neizvesno naleganje se koristi za delove u sklopu između kojih su potrebni mali zazori ili preklopi. Vrednosti zazora i preklopa se određuju preko graničnih prečnika ili odstupanja.

$$P_g = d_g - D_d;\ P_g = a_g + |A_d|$$



$$Z_g = D_g - d_d;\ Z_g = A_g - a_d$$
$$T_n = T_o + T_R \text{ po definiciji}$$
$$T_n = P_g + Z_g$$

Sl. 12.11: Naizvesno naleganje

12.6. SISTEMI NALEGANJA

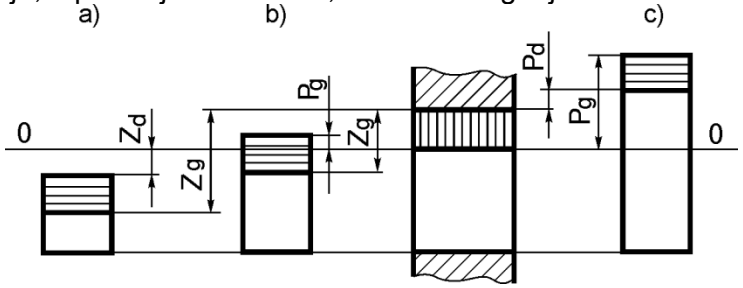
Labava, čvrsta i neizvesna naleganja se mogu ostvariti različitim kombinacijama tolerancijskih polja za rupu i osovinu. Na primer, labavo naleganje daje sledeća polja: A, d; M, a; B, n itd. Kako bi se izbegla šarolikost kombinacija polja za rupu i osovinu usvojena su dva osnovna sistema naleganja:

- sistem zajedničke rupe, koji se označava sa ZR i
- sistem zajedničke osovine, koji se označava sa ZO.

Svaki ovaj sistem može da obezbedi labavo, čvrsto i neizvesno naleganje. Kod sistema ZR tolerancijsko polje za rupu je H, a kod sistema ZO tolerancijsko polje za osovinu je h. I pored ovakvog ograničenja svi zahtevi naleganja u praksi mogu da se zadovolje sa ZR ili ZO.

12.6.1. Sistem zajedničke rupe (ZR)

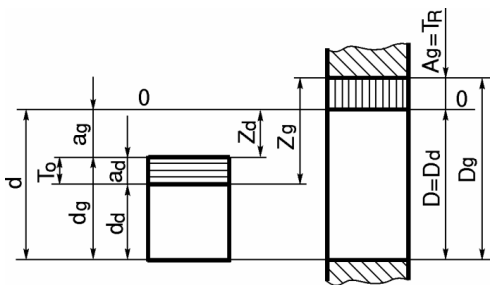
Polje za rupu u ovom sistemu je **uvek polje H**, koje se nalazi iznad nulte linije i dodoruje je sa svojim donjim graničnim odstupanjem. Polja za osovinu se biraju zavisno od toga da li se želi postići labavo, čvrsto ili neizvesno naleganje (sl. 12.12). Kada polje za osovinu ima položaj sl. 12.12,a) naleganje je labavo. Položaj osovine na sl. 12.12,b daje neizvesno naleganje, a položaj na sl. 12.12,c čvrsto naleganje.



Sl. 12.12: Sistem zajedničke rupe (ZR)

Labavo naleganje u sistemu ZR

Labavo naleganje u sistemu ZR sa parametrima koji ga definišu prikazano je na (sl. 12.13).



$$Z_g = D_g - d_d;$$
$$Z_g = A_g + |a_d|$$
$$Z_d = D_d - d_g;\ Z_d = |a_g|$$
$$T_n = T_o + T_R, \text{ po definiciji } T_n = Z_g - Z_d$$

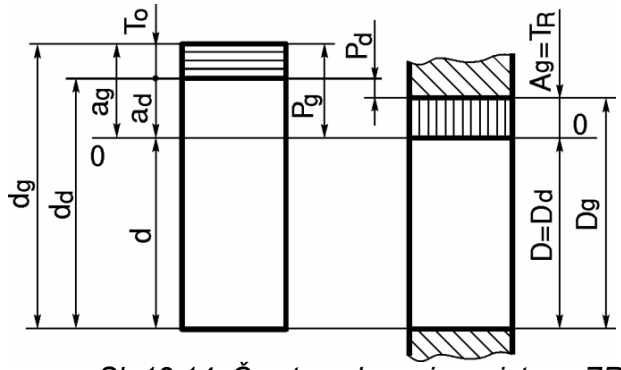
Sl. 12.13: Labavo naleganje u sistemu ZR

Čvrsto naleganje u sistemu ZR

Čvrsto naleganje u sistemu ZR sa parametrima koji ga definišu prikazano je na (sl. 12.14)

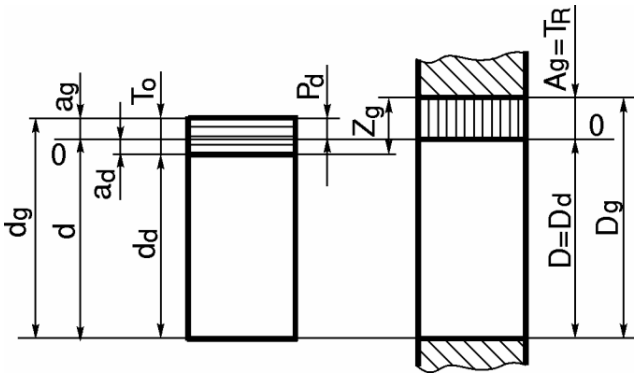
Neizvesno naleganje u sistemu ZR

Neizvezno naleganje u sistemu ZR i parametri koji ga definišu dati su na (sl. 12.15).



$P_g = d_g - D_d;\ P_g = a_g$
$P_d = d_d - D_g;\ P_d = a_d + A_g$
$T_n = T_o + T_R$ po definiciji
$T_n = P_g - P_d$

Sl. 12.14: Čvrsto naleganje u sistenu ZR

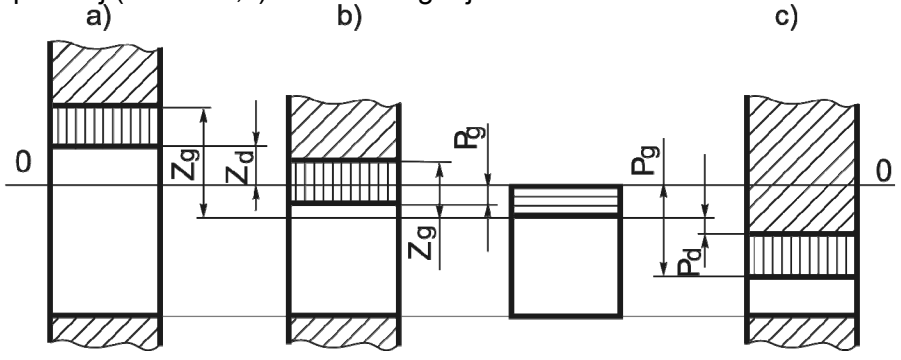


$P_g = d_g - D_d;\ P_g = |A_d|$
$Z_g = D_g - d_d;\ Z_g = A_g - a_d$
$T_n = T_o + T_R$ po definiciji
$T_n = P_g + Z_g$

Sl. 12.15: Neizvesno naleganje u ZR

12.6.2. Sistem zajedničke osovine (ZO)

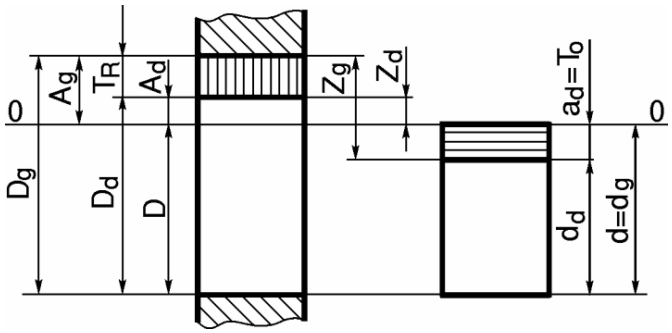
Polje za osovinu u ovom sistemu je **uvek polje h**, koje se nalazi ispod nulte linije i dodoruje je sa svojim gornjim graničnim odstupanjem. Polja za rupu biraju se zavisno od toga da li se želi postići labavo, čvrsto ili neizvesno naleganje (sl. 12.16). Kada polje za rupu ima položaj sl. 12.16,a naleganje je labavo. Položaj rupe (sl. 12.16,b) daje neizvesno naleganje, a položaj (sl. 12.16,c) čvrsto naleganje.



Sl. 12.16: Sistem zajedničke osovine (ZO)

Labavo naleganje u sistemu ZO

Labavo naleganje u sistemu ZO sa parametrima koji ga definišu prikazano je na sl. 12.17.

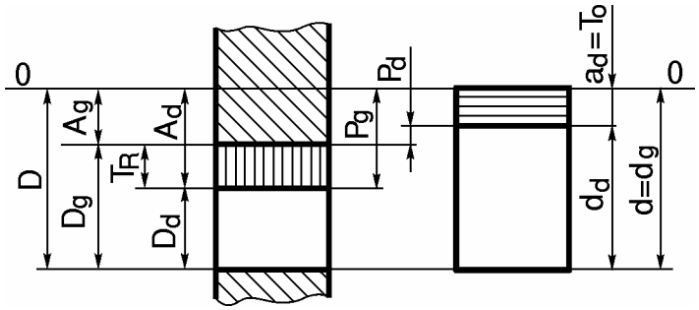


$$Z_g = D_g - d_d;\ Z_g = A_g + |a_d|$$
$$Z_d = D_d - d_g;\ Z_d = A_d$$
$$T_n = T_o + T_R \text{ po definiciji}$$
$$T_n = Z_g - Z_d$$

Sl. 12.17: Labavo naleganje u sistemu ZO

Čvrsto naleganje u sistemu ZO

Čvrsto naleganje u sistemu ZO sa parametrima koji ga definišu prikazano je na sl. 12.18.

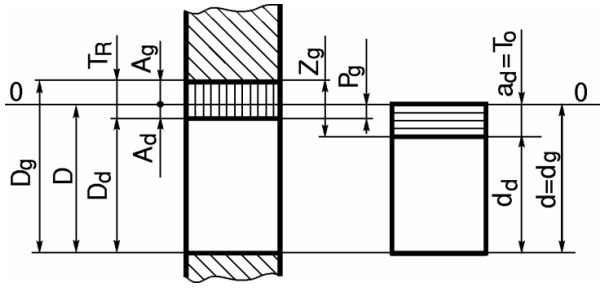


$$P_g = d_g - D_d;\ P_g = |A_d|$$
$$P_d = d_d - D_g;\ P_d = A_g - |a_d|$$
$$T_n = T_o + T_R \text{ po definiciji}$$
$$T_n = P_g - P_d$$

Sl. 12.18: Čvrsto naleganje u sistemu ZO

Neizvesno naleganje u sistemu ZO

Neizvezno naleganje u sistemu ZO datao je na sl. 12.19. Parametri koji definišu ovo naleganje i jednačine po kojima se određuju su:



$$P_g = d_g - D_d;\ P_g = |A_d|$$
$$Z_g = D_g - d_d;\ Z_g = A_g + |a_d|$$
$$T_n = T_o + T_R \text{ po definiciji}$$
$$T_n = P_g + Z_g.$$

Sl. 12.19: Neizvesno naleganje u ZO

12.7. OZNAČAVANJE TOLERANCIJA NALEGANJA

Bez obzira na to da li je tolerancija naleganja u sistemu ZR ili ZO, da li je labavo, čvrsto ili neizvesno naleganje, piše se tako što se daje nominalna vrednost prečnika, polje i kvalitet za rupu, razlomačka crta i polje i kvalitet za osovinu, na primer **Ø100G7/h7.** Izuzetak su sklopovi sa zavojnicom kod kojih tolerancijsko polje i kvalitet zamenjuju mesta, na primer, **M20-7H/-6f.**

Primer 3. Za toleranciju naleganja *Ø180H10/u9* odrediti sve parametre tolerancije,

vrstu naleganja i šematski predstaviti položaje tolerancijskih polja.

Na osnovu prečnika od $\varnothing 180$ mm i kvaliteta tolerancije za rupu *10,* a za osovinu *9* iz tabele 12.5. dobija se $T_R = 160\mu m$ i $T_o = 100\mu m$. Pošto je polje za rupu *H*, radi se o sistemu ZR. Polje H se nalazi iznad nulte linije i dodiruje je donjim graničnim odstupanjem, što se vidi i iz tabele 12.9 gde je $A_d = 0$ za sve kvalitete tolerancije i sve prečnike.

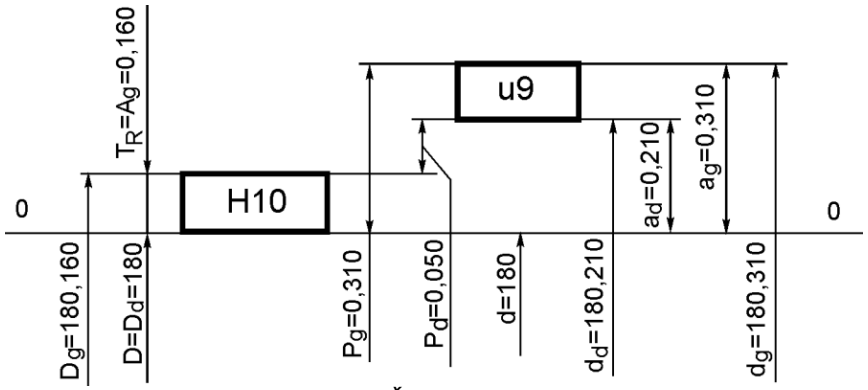
Sada se može za polje $\varnothing 180H10$ odrediti: $A_g = T_R = 160\mu m$, $D_d = D = 180\ mm$, $D_g = D + A_g = 180 + 0{,}160 = 180{,}160\ mm$, $D_s = D_d \div D_g = 180 \div 180{,}160\mu m$. Za polje $\varnothing 180u9$ iz tabele 12. 8 dobija se donje granično odstupanje $a_d = 210\mu m$.

Ostali parametri polja za osovinu određuju se prema sledećim relacijama:

$a_g = a_d + T_o = 210 + 100 = 310\mu m$; $d_d = d + a_d = 180 + 0{,}210 = 180{,}210\ mm$;

$d_g = d + a_g = 180 + 0{,}310 = 180{,}310\ mm$; $d_s = d_d \div d_g = 180{,}210 \div 180{,}310\ mm$.

Na osnovu izračunatih vrednosti parametara, prema usvojenoj razmeru, mogu se tolerancijska polja šematski nacrtati (sl. 12. 20).



Sl. 12.20: Šema uz primer 3

Na osnovu šeme i vrednosti parametara zaključuje se da je naleganje čvrsto. Na kraju se određuju vrednostu preklopa i tolerancije naleganja. Sledi da je:

$P_g = a_g = 310\mu m$; $P_d = a_d - A_g = 210 - 160 = 50\mu m$;

$T_n = T_R + T_o = 160 + 100 = 260\mu m$ i $T_n = P_g - P_d = 310 - 50 = 260\mu m$.

Primer 4. Za sklop glavčine zupčanika i vratila nominalnog prečnika $\varnothing 25\ mm$ odabrati toleranciju elemenata tako da u sistemu *ZO* obrazuju naleganje sa $Z_g = 40\mu m$ i $P_g = 10\mu m$. Kvalitet tolerancije osovine treba da je za jedan stepen "finiji" od kvaliteta rupe.

Pošto je zadat sistem zajedničke osovine *ZO*, polje za osovinu je *h*. Na osnovu zadatih vrednosti graničnih preklopa i zazora (zazor je veći od preklopa) može se skicirati položaj tolerantnih polja (sl. 12.21).

Tolerancija naleganja je: $T_n = Z_g + P_g = 40 + 10 = 50\mu m$. Pošto su kvaliteti tolerancija za stepen različiti, tolerancija naleganja se deli u srazmeri 0,6 : 0,4 u korist rupe. Tada se određuje $T_R = 0{,}6 \cdot T_n = 0{,}6 \cdot 50 = 30\mu m$ i $T_o = 0{,}4 \cdot T_n = 0{,}4 \cdot 50 = 20\mu m$. Iz tabele 12.5 usvajaju se prve manje ili bliže stanardne vrednosti za rupu i osovinu, te je $T_{Rs} = 33\mu m$, što određuje kvalitet IT8 i $T_{os} = 21\mu m$ za kvalitet IT7. Sada je tolerancija sa osovinu poznata $\varnothing 25h7$. Vrednosti parametara tolerancije osovine su:

$a_d = a_g - T_{os} = 0 - 21 = -21\mu m$, $d_d = d - |a_d| = 25 - 0{,}021 = 24{,}979\ mm$ i

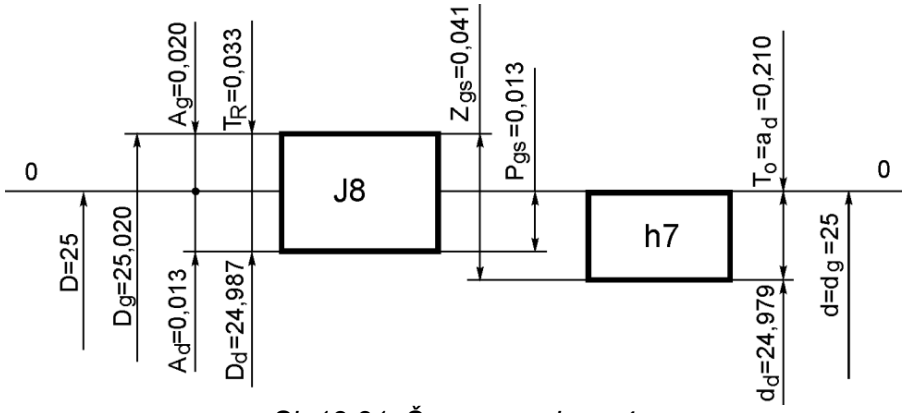
$d_s = d_d \div d_g = 24{,}979 \div 25\ mm$.

Tolerancojsko polje za rupu bira se iz uslova sa šeme (sl. 12.7 i sl. 12.21) da je A_g pozitivno, a A_d negativno i manje od $|a_d|$, odnosno manje od *21 μm.* Iz tabele 12.9. to je

polje J8 definisano sa $A_g = 20\mu m$. Vrednosti ostalih parametara tolerancije za rupu polja *Ø25J8* su:

$$A_d = A_g - T_{Rs} = 20 - 33 = -13\mu m,\ D_g = D + A_g = 25 + 0{,}020 = 25{,}020\mu m,$$

$$D_d = D - |A_d| = 25 - 0{,}013 = 24{,}987\,\mu m \text{ i } D_s = D_d \div D_g = 24{,}987 \div 25{,}020\ mm.$$



Sl. 12.21. Šema uz primer 4

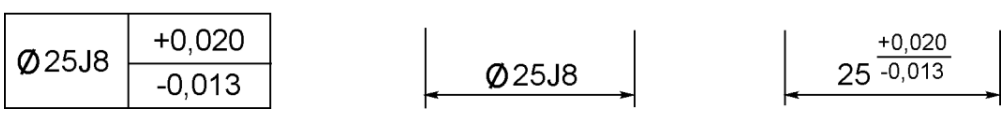
Parametri nalagenja su: $Z_{gs} = A_g + |a_d| = 20 + 21 = 41\mu m$, $P_{gs} = |A_d| = 13\mu m$ i $T_{ns} = Z_{gs} + P_{gs} = 41 + 13 = 53\mu m$, što je za *3 μm* veće od zadate vrednosti.

Opšti princip pri usvajanju tolerancija naleganja je taj da se usvajaju ona tolerancijska polja koja sužavaju zadate vrednosti tolerancija ili ona koja su bliža zadatoj vrednosti. Pošto je $T_{ns} > T_n$ za *3 μm i* $P_{gs} > P_g$ za *3 μm* treba izračunati sve parametre za drugu varijantu kada je $T_{Rs} = 21\mu m$, što daje kvalitet IT7 i $T_{os} = 13\mu m$ za kvalitet IT6. U ovoj drugoj varijanti, to je tolernacija naleganja *Ø25J7/h6* sa $Z_{gs} = 25\mu m,\ P_{gs} = 9\mu m$ *i* $T_{ns} = 34\mu m,$ što je manje od zadatih vrednosti. Koja će se varijanta usvojiti zavisi od korisnika i željene cene koštanja. U ovom primeru usvaja se tolerancija naleganja *Ø 25J8/h7.*

Preporuke za opštu primenu kvaliteta i tolerancijskih polja date su u tabeli 12.2, a primena nekih tolerancija naleganja u tabeli 12.3. Uzajamna veza između tolerancije mera i klase površinske hrapavosti data je u tabeli 12.4, a opšte smernice za izbor vrste naleganja u tabeli 12.11.

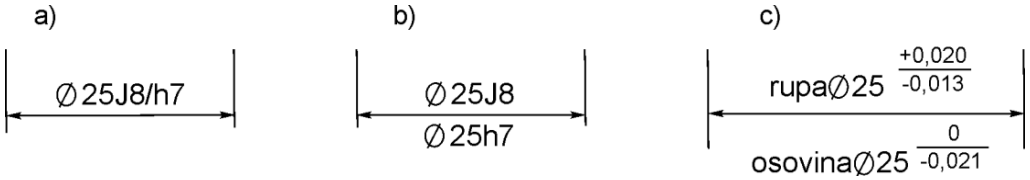
12.8. OZNAČAVANJE TOLERANCIJA MERA NA CRTEŽIMA

Tolerancije mera (kota) propisane tolerancijskim poljima, na crtežima pojedinačnih delova označavaju se tako da se uz kotu piše tolarancijsko polje i kvalitet, na primer *Ø 25J8,* a u gornjem levom uglu crteža, ili gde ima slobodnog mesta, u posebnoj tabeli daju vrednosti graničnih odstupanja u mm (sl. 12.22,a). Drugi način je da se uz kotu daju vrednosti graničnih odstupanja u mm (sl. 12.22,b).



Sl. 12.22: Označavanje tolerancije na crtežu pojedinačnog dela

Označavanje tolerancije naleganja delova u sklopu (na sklopnim crtežima) prikazano je na sl. 12.23. Ako nema dovoljno mesta, kota sa tolerancijom za rupu i osovinu se može razdvojiti (sl. 12.23,b). Kada se daju vrednosti graničnih odstupanja označava se kao na sl. 12.23,c.



Sl. 12.23: Označavanje tolerancije na delovima u sklopu

Ako tolerancije kota nisu u skladu sa vrednostima standardnih tolerancijskih polja, mogu se definisati tako što će se uz kotu dati vrednosti graničnih odstupanja izraženo u mm, na primer $\phi 25^{\pm 0,150}$.

Za ostale kote na crtežu za koje nisu označene tolerancije na jedan od gore navedena dva načina, važe tolerancije slobodnih mera.

Preporuke za izbor kvaliteta tolerancija zavisno od nazivne mere i tolerancijskih polja za rupu i osovinu date su u tabeli 12.2.

Okvirne preporuke za izbor tolerancija naleganja za neke mašinske sklopove date su u tabeli 12.3.

Uzajamna zavisnost kvaliteta tolerancija mera i kvaliteta površinske hrapavosti data je u tabeli 12.4.

Tabela 12.2: Tolerancijska polja i kvalitet za opštu primenu

Polje rupe	**Nazivna mera (mm)**		**Polje osovine**	**Nazivna mera (mm)**	
	do 500	**500 do 3150**		**do 500**	**500 do 3150**
	Kvalitet			**Kvalitet**	
A	9,11	–	a	9,11	–
B,C	8,9,11	–	b,c	8,9,11	–
D	6 do 11	10	d	5 do 11	10
E	5 do 10	8,9	e	5 do 9	8,9
F	5 do 9	8,9	f	4 do 9	8,9
G	5 do 7	6,7	g	4 do 7	6,7
H	1 do 18	6 do 16	h	1 do 18	6 do 16
J	6 do 8	–	j	5 do 7	–
J_s	1 do 18	6 do 19	j_s	1 do 18	6 do 16
K	5 do 8	6,7,8	k	4 do 7	6,7,8
M	5 do 8	6	m	4 do 7	6
N	5 do 11	6	n	4 do 7	6
P	5 do 9	6,7	p	4 do 7	6,7
R	5 do 8	6,7	r	4 do 7	6,7
S	5 do 7	7	s	4 do 7	7
T	6,7	7	t	5 do 7	7
U	6,7	7	u	5 do 8	7
V	6,7	7	v	5 do 7	7
X	6,7	7	x	5 do 8	7
Y	7	7	y	6,7	7
Z	7,8	7	z	6,7	7
ZA	7,8	–	za	6,7	–
ZB	8,9	–	zb	7,8	–
ZC	8,9	–	zc	7,8	–

Napomena: 1. Upotrebu kvaliteta 17 i 18 treba izbegavati.
2. Tolerancijska polja koja nisu obuhvaćena preporukom mogu se u izuzetnim slučajevima koristiti.
3. Kvalitet 6 do 11 obuhvata i 6 i 11.

Tabela 12.3: Primena nekih tolerancija naleganja

Tolerancije nalega.	Vrste naleganja	Primena
Naleganja sa garantovanim zazorom		
H11/a11; H11/c11	Jako veliki zazor	Osovine kočionih poluga, delovi poljoprivrednih mašina i tome sl.
H9/d10	Veliki zazor	Klizni prstenovi poljoprivrednih i građevinskih mašina.
H8/f8; H7/f7	Normalni zazor	Većina kliznih ležišta na alatnim mašinama
H7/g6	Mali zazor	Klizna ležišta, vodeće čaure alatnih mašina, vođice za bušenje itd.
H6/g5	Jako mali zazor	Llako promenljivi zupčanici, pokretne glavčine spojnice itd.
Naleganja sa negarantovanim zazorom		
H13/h11; H11/h9	Moguć jako velik zazor	Prstenovi uskočnici, razni elementi dizalica itd.
H8/h9	Moguć veliki zazor	Manje precizni, promenljivi zupčanici.
H7/h6	Moguć mali zazor	Promenljivi zupčanici, glavčine spojnica, vođice za bušenje itd.
H6/h5	Moguć jako mali zazor	Glodala na nosačima.
Neizvesna naleganja		
H6/j6	Manje tesna naleganja	Centrirajući klinovi.
H7/j6		Posteljice ležaja.
H6/k6; H7/k6		Remenice i ručice na osovinama.
H7/n6	Tesno naleganje	Čaure kliznih ležaja u kućištu.
h9/N9; h9/P9	Manje tesno naleganje	Uzdužni klinovi.
h9/JS9; h9/P9		
Naleganja sa preklopom		
H7/p6	Manji preklop	Centrirajući klinovi.
H7/r6	Mali preklop	Osovinice u klipovima motora.
H7/s6	Veći preklop	Bronzani venci na pužnim točklovima, bandaži na vagonskim točkovima.

Tabela 12.4: Veza između kvaliteta tolerancije mera i klase površinske hrapavosti

Ozn. povr. hrap.	Klase hrapavosti i odgovarajuća vrednost R_a u μm za područje nazivnih mera u mm									
	do 3		iznad 3-18		iznad 18-80		iznad 80-250		iznad 250	
	klasa hrapavosti	R_a	klasa hrapavosti	R_a	klasa hrapavosti	R_a	klasa hrapavosti	R_a	klasa hrapavosti	R_a
IT5	N3	0,1	N4	0,2	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8
IT6	N4	0,2	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8	N6	0,8
IT7	N5	0,4	N5	0,4	N6	0,8	N7	1,6	N7	1,6
IT8	N5	0,4	N6	0,8	N7	1,6	N7	1,6	N8	3,2
IT9	N6	0,8	N6	0,8	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3
IT10	N7	1,6	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3	N9	6,3
IT11	N7	1,6	N8	3,2	N9	6,3	N9	6,3	N10	12,5
IT12	N8	3,2	N8	3,2	N9	6,3	N10	12,5	N11	25
IT13	N9	6,3	N9	6,3	N10	12,5	N11	25	N11	25
IT14	N10	12,5	N10	12,5	N11	25	N11	25	N12	50
IT15	N10	12,5	N10	12,5	N11	25	N12	50	–	100*
IT16	N11	25	N11	25	N12	50	–	100*	–	100*
* Izuzetno grubi kvalitet površine.										

12.9. TOLERANCIJE SLOBODNIH MERA

Tolerancije slobodnih mera koristi se za kote predmeta koje ne ulaze u sklop i za koje nije bitna tačno određena "uska" tolerancija, odnosno za one kote koje ne utiču na upotrebljivost i funkcionalnost dela i sklopa. Tolerancije slobodnih mera određene su standardima, kao i internim standardima proizvođača. Mogu se definisati na više načina.

Prvi način je da se u rubriku "Tolerancija slobodnih mera" zaglavlja za crtež stavi oznaka strandarda koji ih definiše i kvalitet, na primer "SRPS M.A1.410 suženi". To znači da su tolerancije, za standardne opsege kota, definisane ovim standardom i da se nalaze u odgovarajućim tabelama.

Drugi način je da se u rubriku "Tolerancija slobodnih mera" zaglavlja za crtež napiše vrednost tolerancije, na primer *± 0,100*. To znači da ova tolerancija važi za sve kote na crtežu koje drugačije nisu definisane.

Treći način je da se na crtežu u posebnoj tabeli daju vrednosti za pojedine opsege kota, na primer:

Opseg kota u mm	5÷12	12÷25	25÷60	60÷90
Granična odstupanja tolerancije u mm	±0,060	±0,120	±0,250	+ 0,300

Četvrti način je da se za te kote ne daje nijedan drugi podatak o tolerancijama slobodnih mera. To znači da njihove tolerancije zavise od tehnološkog postupka izrade i stručnosti lica koje pravi predmet. Koristi se onda kada tačnost tih kota nije bitna.

Tolerancije slobodnih mera odnose se na one mere za koje nije propisana tolerancija s tolerancijskim poljem ili neki drugim načinom.

Tabela 12.5: Vrednosti osnovnih tolerancija prema SRPS ISO 286-1 za prečnike od 1 do 500 mm

Područje nazivnih mera u mm													
Iznad	**1**	**3**	**6**	**10**	**18**	**30**	**50**	**80**	**120**	**180**	**250**	**315**	**400**
do	**do 3**	**6**	**10**	**18**	**30**	**50**	**80**	**120**	**180**	**250**	**315**	**400**	**500**
Kvalitet	**Vrednosti tolerancija u μm**												
IT 01	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1,2	2	2,5	3	4
IT 0	0,5	0,6	0,6	0,8	1	1	1,2	1,5	2	3	4	5	6
IT 1	0,8	1	1	1,2	1,5	1,5	2	2,5	3,5	4,5	6	7	8
IT 2	1,2	1,5	1,5	2	2,5	2,5	3	4	5	7	8	9	10
IT 3	2	2,5	2,5	3	4	4	5	6	8	10	12	13	15
IT 4	3	4	4	5	6	7	8	10	12	14	16	18	20
IT 5	4	5	6	8	9	11	13	15	18	20	23	25	27
IT 6	6	8	9	11	13	16	19	22	25	29	32	36	40
IT 7	10	12	15	18	21	25	30	35	40	46	52	57	63
IT 8	14	18	22	27	33	39	46	54	63	72	81	89	97
IT 9	25	30	36	43	52	62	74	87	100	115	130	140	155
IT 10	40	48	58	70	84	100	120	140	160	185	210	230	250
IT 11	60	75	90	110	130	160	190	220	250	290	320	360	400
IT 12	100	120	150	180	210	250	300	350	400	460	520	570	630
IT 13	140	180	220	270	330	390	460	540	630	720	810	890	970
IT 14	250	300	360	430	520	620	740	870	1000	1150	1300	1400	1550
IT 15	400	480	580	700	840	1000	1200	1400	1600	1850	2100	2300	2500
IT 16	600	750	900	1100	1300	1600	1900	2200	2500	2900	3200	3600	4000
IT 17	–	–	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000	4600	5200	5700	6300
IT 18	–	–	–	2700	3300	3900	4600	5400	6300	7200	8100	8900	9700

Napomen Nazivna mera 18 mm pripada području "iznad 10 do 18", a mera 18,001 mm pripada području "iznad 18 do 30"

Tabela 12.6: Vrednosti osnovnih tolerancija prema SRPS ISO 286-1 za prečnike iznad 500 do 3150 mm

Područje nazivnih mera u mm								
Iznad do	**500 630**	**630 800**	**800 1000**	**1000 1250**	**1250 1600**	**1600 2000**	**2000 2500**	**2500 3150**
Kvalitet	**Vrednosti tolerancija u μm**							
IT 6	44	50	56	66	78	92	110	135
IT 7	70	80	90	105	125	150	175	210
IT 8	110	125	140	165	195	230	280	330
IT 9	175	200	230	260	310	370	440	540
IT 10	280	320	360	420	500	600	700	860
IT 11	440	500	560	660	780	920	1100	1350
	Vrednosti tolerancija u mm							
IT 12	0,70	0,80	0,90	1,05	1,25	1,50	1,75	2,10
IT 13	1,10	1,25	1,40	1,65	1,95	2,30	2,80	3,30
IT 14	1,75	2,00	2,30	2,60	3,10	3,70	4,40	5,40
IT 15	2,80	3,20	3,60	4,20	5,00	6,00	7,00	8,60
IT 16	4,40	5,00	5,60	6,60	7,80	9,20	11,00	13,50

Napomena: Nazivna mera 630 mm pripada području "iznad 500 do 630", a mera 630,001 mm pripada području "iznad 630 do 800".

Tabela 12.7: Vrednosti graničnih odstupanja za polja osovine za područje nazivnih mera od 1 do 120 mm (SRPS ISO 286)

Tol. polja	**Kvalitet toleran.**	**Gran. odstu.**	**Osnovna odstupanja u μm za područje nazivnih mera u mm**												
			1 do 3	**3 do 6**	**6 do 10**	**10 do 14**	**14 do 18**	**18 do 24**	**24 do 30**	**30 do 40**	**40 do 50**	**50 do 65**	**65 do 80**	**80 do 100**	**100 do 120**
a	1 do 16	gornje	−270	−270	−280	−290	−290	−300	−300	−310	−320	−340	−360	−380	−410
b	1 do 16	gornje	−140	−140	−150	−150	−150	−160	−160	−170	−180	−190	−200	−220	−240
c	1 do 16	gornje	−60	−70	−80	−95	−95	−110	−110	−120	−130	−140	−150	−170	−180
d	1 do 16	gornje	−20	−30	−40	−50	−50	−65	−65	−80	−80	−100	−100	−120	−120
e	1 do 16	gornje	−14	−20	−25	−32	−32	−40	−40	−50	−50	−60	−60	−72	−72
f	1 do 16	gornje	−6	−10	−13	−16	−16	−20	−20	−25	−25	−30	−30	−36	−36
g	1 do 16	gornje	−2	−4	−5	−6	−6	−7	−7	−9	−9	−10	−10	−12	−12
h	1 do 18	gornje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
j	5 i 6	donje	−2	−2	−2	−3	−3	−4	−4	−5	−5	−7	−7	−9	−9
j	7	donje	−4	−4	−5	−6	−6	−8	−8	−10	−10	−12	−12	−15	−15
j	8	donje	−6	−9	−11	−13	−13	−16	−16	−19	−19	−23	−23	−27	−27
j	9	donje	−12	−15	−18	−21	−21	−26	−26	−31	−31	−37	−37	−43	−43
j	10	donje	−20	−24	−29	−35	−35	−42	−42	−50	−50	−60	−60	−70	−70
j	11	donje	−30	−37	−45	−55	−55	−65	−65	−80	−80	−95	−95	−110	−110
j	12	donje	−50	−60	−75	−90	−90	−105	−105	−125	−125	−150	−150	−175	−175
j	13	donje	−70	−90	−110	−135	−135	−165	−165	−195	−195	−230	−230	−270	−270
j	14	donje	−125	−150	−180	−215	−215	−260	−260	−310	−310	−370	−370	−435	−435
j	15	donje	−200	−240	−290	−350	−350	−420	−420	−500	−500	−600	−600	−700	−700
j	16	donje	−300	−375	−450	−550	−550	−650	−650	−800	−800	−950	−950	−1100	−1100
j	17	donje	−450	−600	−700	−900	−900	−1050	−1050	−1250	−1250	−1500	−1500	−1750	−1750
j	18	donje	−700	−900	−1100	−1350	−1350	−1650	−1650	−1950	−1950	−2300	−2300	−2700	−2700
k	5 do 7	donje	0	+1	+1	+1	+1	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+3	+3
k	8 do 18	donje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m	5 do 11	donje	+2	+4	+6	+7	+7	+8	+8	+9	+9	+11	+11	+13	+13
n	5 do 11	donje	+4	+8	+10	+12	+12	+15	+15	+17	+17	+20	+20	+23	+23
p	5 do 11	donje	+6	+12	+15	+18	+18	+22	+22	+26	+26	+32	+32	+37	+37
r	5 do 11	donje	+10	+15	+19	+23	+23	+28	+28	+34	+34	+41	+43	+51	+54

Nastavak tabele 12.7:

Tol. polja	Kvalitet toleran.	Grani. odstu.	Osnovna odstupanja u μm za područje nazivnih mera u mm												
			1 do 3	3 do 6	6 do 10	10 do 14	14 do 18	18 do 24	24 do 30	30 do 40	40 do 50	50 do 65	65 do 80	80 do 100	100 do 120
s	5 do 11	donje	+14	+19	+23	+28	+28	+35	+35	+43	+43	+53	+59	+71	+79
t	5 do 11	donje	–	–	–	–	–	–	+41	+48	+54	+66	+75	+91	+104
u	5 do 11	donje	+18	+23	+28	+33	+33	+41	+48	+60	+70	+87	+102	+124	+144
v	5 do 11	donje	–	–	–	–	+39	+47	+55	+68	+81	+102	+120	+146	+172
x	5 do 11	donje	+20	28+	+34	+40	+45	+54	+64	+80	+97	+122	+146	+178	+210
y	5 do 11	donje	–	+42	–	–	–	+63	+75	+94	+114	+144	+174	+214	+254
z	5 do 11	donje	+26	+52	+42	+50	+60	+73	+88	+112	+136	+172	+210	+258	+310
za	5 do 11	donje	+32	+67	+52	+64	+77	+98	+118	+148	+180	+226	+274	+335	+400
zb	5 do 11	donje	+40	+97	+67	+90	+108	+136	+160	+200	+242	+300	+360	+445	+525
zc	5 do 11	donje	+60	+80	+97	+130	+150	+188	+218	+274	+325	+405	+480	+585	+690

Tabela 12.8: Vrednosti graničnih odstupanja za polja osovine za područje nazivnih mera od 120 do 500 mm (SRPS ISO 286)

Tol. polja	Kvalitet toleran.	Gran. odstu.	Osnovna odstupanja u μm za područje nazivnih mera u mm											
			120 do 140	140 do 160	160 do 180	180 do 200	200 do 225	225 do 250	250 do 280	280 do 315	315 do 355	355 do 400	400 do 450	450 do 500
a	1 do 16	gornje	–460	–520	–580	–660	–740	–820	–920	–1050	–1200	–1350	–1500	–1650
b	1 do 16	gornje	–260	–280	–310	–340	–280	–420	–480	–540	–600	–680	–760	–840
c	1 do 16	gornje	–200	–210	–230	–240	–260	–280	–300	–330	–360	–400	–440	–480
d	1 do 16	gornje	–145	–145	–145	–170	–170	–170	–190	–190	–210	–210	–230	–230
e	1 do 16	gornje	–85	–85	–85	–100	–100	–100	–110	–110	–125	–125	–135	–135
f	1 do 16	gornje	–43	–43	–43	–50	–50	–50	–56	–56	–62	–62	–68	–68
g	1 do 16	gornje	–14	–14	–14	–15	–15	–15	–17	–17	–18	–18	–20	–20
h	1 do 18	gornje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
j	5 i 6	donje	–11	–11	–11	–13	–13	–13	–16	–16	–18	–18	–20	–20
j	7	donje	–18	–18	–18	–21	–21	–21	–26	–26	–28	–28	–32	–32

Nastavak tabele 12.8:

Tol. polja	Kvalitet toleran.	Gran. odstu.	Osnovna odstupanja u μm za područje nazivnih mera u mm											
			120 do 140	140 do 160	160 do 180	180 do 200	200 do 225	225 do 250	250 do 280	280 do 315	315 do 355	355 do 400	400 do 450	450 do 500
j	8	donje	−31	−31	−31	−36	−36	−36	−40	−40	−44	−44	−48	−48
j	9	donje	−50	−50	−50	−57	−57	−57	−65	−65	−70	−70	−77	−77
j	10	donje	−80	−80	−80	−92	−92	−92	−105	−105	−115	−115	−125	−125
j	11	donje	−125	−125	−125	−145	−145	−145	−160	−160	−180	−180	−200	−200
j	12	donje	−200	−200	−200	−230	−230	−230	−260	−260	−285	−285	−315	−315
j	13	donje	−315	−315	−315	−360	−360	−360	−405	−405	−445	−445	−485	−485
j	14	donje	−500	−500	−500	−575	−575	−575	−650	−650	−700	−700	−775	−775
j	15	donje	−800	−800	−800	−925	−925	−925	−1050	−1050	−1150	−1150	−1250	−1250
j	16	donje	−1250	−1250	−1250	−1450	−1450	−1450	−1600	−1600	−1800	−1800	−2000	−2000
j	17	donje	−2000	−2000	−2000	−2300	−2300	−2300	−2600	−2600	−2850	−2850	−3150	−3150
j	18	donje	−3150	−3150	−3150	−3600	−3600	−3600	−4050	−4050	−4450	−4450	−4860	−4860
k	5 do 7	donje	−3	−3	−3	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+4	+5	+5
k	8 do 18	donje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
m	5 do 11	donje	+15	+15	+15	+17	+17	+17	+26	+26	+21	+21	+23	+23
n	5 do 11	donje	+27	+27	+27	+31	+31	+31	+34	+34	+37	+37	+40	+40
p	5 do 11	donje	+43	+43	+43	+50	+50	+50	+56	+56	+62	+62	+68	+68
r	5 do 11	donje	+63	+65	+68	+77	+80	+84	+94	+98	+108	+114	+126	+132
s	5 do 11	donje	+92	+100	+108	+122	+130	+140	+158	+170	+190	+208	+232	+252
t	5 do 11	donje	+122	+134	+146	+166	+180	+196	+218	+240	+268	+294	+330	+360
u	5 do 11	donje	+170	+190	+210	+236	+258	+284	+315	+350	+390	+435	+490	+540
v	5 do 11	donje	+202	+228	+252	+284	+310	+340	+385	+425	+475	+530	+595	+660
x	5 do 11	donje	+246	+280	+310	+350	+385	+425	+475	+525	+590	+660	+740	+820
y	5 do 11	donje	+300	+340	+380	+425	+470	+520	+580	+650	+730	+820	+920	+1000
z	5 do 11	donje	+365	+415	+465	+520	+575	+640	+710	+790	+900	+1000	+1100	+1250
za	5 do 11	donje	+470	+535	+600	+670	+740	+820	+920	+1000	+1150	+1300	+1450	+1600
zb	5 do 11	donje	+620	+700	+780	+880	+960	+1050	+1200	+1300	+1500	+1650	+1850	+2100
zc	5 do 11	donje	+800	+900	+1000	+1150	+1250	+1350	+1550	+1700	+1900	+2100	+2400	+2600

Tabela 12.9: Vrednosti graničnih odstupanja polja za rupu za područje nazivnih mera od 1 do 120 mm (SRPS ISO 286)

Tole. polja	Kvalitet toleran.	Granič. odstup.	Osnovna odstupanja u μm za područje nazivnih mera u mm												
			1 do 3	3 do 6	6 do 10	10 do 14	14 do 18	18 do 24	24 do 30	30 do 40	40 do 50	50 do 65	65 do 80	80 do 100	100 do 120
A	2 do 16	donje	+270	+270	+280	+290	+290	+300	+300	+310	+320	+340	+360	+380	+410
B	2 do 16	donje	+140	+140	+150	+150	+150	+160	+160	+170	+180	+190	+200	+220	+240
C	2 do 16	donje	+60	+70	+80	+95	+95	+110	+110	+120	+130	+140	+150	+170	+180
D	2 do 16	donje	+20	+30	+40	+50	+50	+65	+65	+80	+80	+100	+100	+120	+120
E	2 do 16	donje	+14	+20	+25	+32	+32	+40	+40	+50	+50	+60	+60	+72	+72
F	1 do 16	donje	+6	+10	+13	+16	+16	+20	+20	+25	+25	+30	+30	+36	+36
G	1 do 16	donje	+2	+4	+5	+6	+6	+7	+7	+9	+9	+10	+10	+12	+12
H	1 do 16	donje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	6	gornje	+2	+5	+5	+6	+6	+8	+8	+10	+10	+13	+13	+16	+16
J	7	gornje	+4	+6	+8	+10	+10	+12	+12	+14	+14	+18	+18	+22	+22
J	8	gornje	+6	+10	+12	+15	+15	+20	+20	+24	+24	+28	+28	+34	+34
J	9	gornje	+12	+15	+18	+21	+21	+26	+26	+31	+31	+37	+37	+43	+43
J	10	gornje	+20	+24	+29	+35	+35	+42	+42	+50	+50	+60	+60	+70	+70
J	11	gornje	+30	+37	+45	+55	+55	+65	+65	+80	+80	+95	+95	+110	+110
J	12	gornje	+50	+60	+75	+90	+90	+105	+105	+125	+125	+150	+150	+175	+175
J	13	gornje	+70	+90	+110	+135	+135	+165	+165	+195	+195	+230	+230	+270	+270
J	14	gornje	+125	+150	+180	+215	+215	+260	+260	+310	+310	+370	+370	+435	+435
J	15	gornje	+200	+240	+290	+350	+350	+420	+420	+500	+500	+600	+600	+700	+700
J	16	gornje	+300	+375	+450	+550	+550	+650	+650	+800	+800	+950	+950	+1100	+1100
J	17	gornje	–	–	+750	+900	+900	+1050	+1050	+1250	+1250	+1500	+1500	+1750	+1750
J	18	gornje	–	–	–	+1350	+1350	+1650	+1650	+1950	+1950	+2300	+2300	+2700	+2700
K	6	gornje	0	+2	+2	+2	+2	+2	+2	+3	+3	+4	+4	+4	+4
K	7	gornje	0	+3	+5	+6	+6	+6	+6	+7	+7	+9	+9	+10	+10
K	8	gornje	0	+5	+6	+8	+8	+10	+10	+12	+12	+14	+14	+16	+16
M	6	gornje	–2	–1	–3	–4	–4	–4	–4	–4	–4	–5	–5	–6	–6
M	7	gornje	–2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	8	gornje	–	–	+1	+2	+2	+4	+4	+5	+5	+5	+5	+6	+6

Nastavak tabele 12.9:

Tole. polja	Kvalitet toleran.	Granič. odstup.	Osnovna odstupanja u μm za područje nazivnih mera u mm												
			1 do 3	3 do 6	6 do 10	10 do 14	14 do 18	18 do 24	24 do 30	30 do 40	40 do 50	50 do 65	65 do 80	80 do 100	100 do 120
N	6	gornje	–4	–5	–7	–9	–9	–11	–11	–12	–12	–14	–14	–16	–16
N	7	gornje	–4	–4	–4	–5	–5	–7	–7	–8	–8	–9	–9	–10	–10
N	8	gornje	–	–2	–3	–3	–3	–3	–3	–3	–3	–4	–4	–4	–4
N	9 do 11	gornje	–	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
P	6	gornje	–6	–9	–12	–15	–15	–18	–18	–21	–21	–26	–26	–30	–30
P	7	gornje	–6	–8	–9	–11	–11	–14	–14	–17	–17	–21	–21	–24	–24
P	8	gornje	–6	–12	–15	–18	–18	–22	–22	–26	–26	–32	–32	–37	–37
R	6	gornje	–10	–12	–16	–20	–20	–24	–24	–29	–29	–35	–37	–44	–47
R	7	gornje	–10	–11	–13	–16	–16	–26	–26	–25	–25	–30	–32	–38	–41
R	8 do 11	gornje	–10	–15	–19	–23	–23	–28	–28	–34	–34	–41	–43	–51	–54
S	6	gornje	–14	–16	–20	–25	–25	–31	–31	–38	–38	–47	–53	–64	–72
S	7	gornje	–14	–15	–17	–21	–21	–27	–27	–34	–34	–42	–48	–58	–66
S	8 do 11	gornje	–14	–19	–23	–28	–28	–35	–35	–43	–43	–53	–59	–71	–79
T	6	gornje	–	–	–	–	–	–	–37	–43	–49	–60	–69	–84	–97
T	7	gornje	–	–	–	–	–	–	–33	–39	–45	–55	–64	–78	–91
T	8 do 11	gornje	–	–	–	–	–	–	–41	–48	–54	–66	–75	–91	–104
U	6	gornje	–18	–20	–25	–30	–30	–37	–44	–55	–65	–81	–96	–117	–137
U	7	gornje	–18	–19	–22	–26	–26	–33	–40	–51	–61	–76	–91	–111	–131
U	8 do 11	gornje	–18	–23	–28	–33	–33	–41	–48	–60	–70	–87	–102	–124	–144
V	6	gornje	–	–	–	–	–36	–43	–51	–63	–76	–96	–114	–139	–165
V	7	gornje	–	–	–	–	–32	–39	–47	–59	–72	–91	–109	–133	–159
V	8 do 11	gornje	–	–	–	–	–39	–47	–55	–68	–81	–102	–120	–146	–172
X	6	gornje	–20	–25	–31	–37	–42	–50	–60	–75	–92	–116	–140	–171	–203
X	7	gornje	–20	–24	–28	–33	–38	–46	–56	–71	–88	–111	–135	–165	–197
X	8 do 11	gornje	–20	–28	–34	–40	–45	–54	–64	–80	–97	–122	–146	–178	–210
Y	6	gornje	–	–	–	–	–	–59	–71	–89	–109	–138	–168	–207	–247
Y	7	gornje	–	–	–	–	–	–55	–67	–85	–105	–133	–163	–201	–241

Nastavak tabele 12.9:

Tolera. polja	Kvalitet toelran.	Gran. odstu.	Osnovna odstupanja u μm za područje nazivnih mera u mm												
			1 do 3	3 do 6	6 do 10	10 do 14	14 do 18	18 do 24	24 do 30	30 do 40	40 do 50	50 do 65	65 do 80	80 do 100	100 do 120
Y	8 do 11	gornje	–	–	–	–	–	–63	–75	–94	–114	–144	–174	–214	–254
Z	6	gornje	–26	–32	–39	–47	–57	–69	–84	–107	–131	–166	–204	–251	–303
Z	7	gornje	–26	–31	–36	–43	–53	–65	–80	–103	–127	–161	–199	–245	–297
Z	8 do 11	gornje	–26	–35	–42	–50	–60	–73	–88	–112	–136	–172	–210	–258	–310
ZA	6	gornje	–32	–39	–49	–61	–74	–94	–114	–143	–175	–220	–268	–328	–393
ZA	7	gornje	–32	–38	–46	–57	–70	–90	–110	–139	–171	–215	–263	–322	–387
ZA	8 do 11	gornje	–32	–42	–52	–64	–77	–98	–118	–148	–180	–226	–247	–335	–400
ZB	6	gornje	–40	–47	–64	–87	–105	–132	–156	–195	–237	–294	–354	–438	–518
ZB	7	gornje	–40	–46	–61	–83	–101	–128	–152	–191	–233	–289	–349	–432	–512
ZB	8 do11	gornje	–40	–50	–67	–90	–108	–136	–160	–200	–242	–300	–36`0	–445	–525
ZC	6	gornje	–60	–77	–94	–127	–147	–184	–214	–269	–320	–299	–474	–578	–683
ZC	7	gornje	–60	–76	–91	–123	–143	–180	–210	–265	–316	–394	–469	–572	–677
ZC	8 do 11	gornje	–60	–80	–97	–130	–150	–188	–218	–274	–325	–405	–480	–585	–690

Tabela 12.10: Vrednosti graničnih odstupanja polja za rupu za područje nazivnih mera od 120 do 500 mm (SRPS ISO 286)

Tol. polja	Kvalitet toleran.	Gran. odstu.	Osnovna odstupanja u μm za područje nazivnih mera u mm											
			120 do 140	140 do 160	160 do 180	180 do 200	200 do 225	225 do 250	250 do 280	280 do 315	315 do 355	355 do 400	400 do 450	450 do 500
A	2 do 16	donje	+460	+520	+580	+660	+740	+820	+920	+1050	+1200	+1350	+1500	+1650
B	2 do 16	donje	+260	+280	+310	+340	+380	+420	+480	+540	+600	+680	+760	+840
C	2 do 16	donje	+200	+210	+230	+240	+260	+280	+300	+330	+360	+400	+440	+480
D	2 do 16	donje	+145	+145	+145	+170	+170	+170	+190	+190	+190	+210	+210	+230
E	2 do 16	donje	+85	+85	+85	+100	+100	+100	+110	+110	+110	+125	+125	+135
F	2 do 16	donje	+43	+43	+43	+50	+50	+50	+56	+56	+56	+62	+62	+68
G	2 do 16	donje	+14	+14	+14	+15	+15	+15	+17	+17	+17	+18	+18	+20
H	2 do 16	donje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
J	6	gornje	+18	+18	+18	+22	+22	+22	+25	+25	+25	+29	+29	+33
J	7	gornje	+26	+26	+26	+30	+30	+30	+36	+36	+36	+39	+39	+43
J	8	gornje	+41	+41	+41	+47	+47	+47	+55	+55	+55	+60	+60	+66
J	9	gornje	+50	+50	+50	+57	+57	+57	+65	+65	+65	+70	+70	+77
J	10	gornje	+80	+80	+80	+92	+92	+92	+105	+105	+105	+115	+115	+125
J	11	gornje	+125	+125	+125	+145	+145	+145	+160	+160	+160	+180	+180	+200
J	12	gornje	+200	+200	+200	+230	+230	+230	+260	+260	+260	+285	+285	+315
J	13	gornje	+315	+315	+315	+360	+360	+360	+405	+405	+405	+445	+445	+485
J	14	gornje	+500	+500	+500	+575	+575	+575	+650	+650	+650	+700	+700	+775
J	15	gornje	+800	+800	+800	+925	+925	+925	+1050	+1050	+1050	+1150	+1150	+1250
J	16	gornje	+1250	+1250	+1250	+1450	+1450	+1450	+1600	+1600	+1600	+1080	+1080	+2000
J	17	gornje	+2000	+2000	+2000	+2300	+2300	+2300	+2600	+2600	+2850	+2850	+3150	+3150
J	18	gornje	+3150	+3150	+3150	+3600	+3600	+3600	+4050	+4050	+4450	+4450	+4850	+4850
K	6	gornje	+4	+4	+4	+5	+5	+5	+5	+5	+7	+7	+8	+8
K	7	gornje	+12	+12	+12	+13	+13	+13	+16	+16	+17	+17	+18	+18
K	8	gornje	+20	+20	+20	+22	+22	+22	+25	+25	+28	+28	+29	+29

Nastavak tablice 12.10:

Tol. polja	Kval. toler.	Granč. odstu p.	Osnovna odstupanja u μm za područje nazivnih mera u mm											
			120 do 140	140 do 160	160 do 180	180 do 200	200 do 225	225 do 250	250 do 280	280 do 315	315 do 355	355 do 400	400 do 450	450 do 500
M	6	gornje	–8	–8	–8	+8	+8	+8	–9	–9	–10	–10	–10	–10
M	7	gornje	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
M	8	gornje	–8	–8	–8	+9	+9	+9	+9	+9	+11	+11	+11	+11
N	6	gornje	–20	–20	–20	–22	–22	–22	–25	–25	–26	–26	–27	–27
N	7	gornje	–12	–12	–12	–14	–14	–14	–14	–14	–16	–16	–17	–17
N	8	gornje	–4	–4	–4	–5	–5	–5	–5	–5	–5	–5	–6	–6
N	9 do 11	gornje	–0	–0	–0	0	0	0	47	47	–51	–51	0	0
P	6	gornje	–36	–36	–36	–41	–41	–41	–47	–47	–51	–51	–55	–55
P	7	gornje	–28	–28	–28	–33	–33	–33	–36	–36	–41	–41	–45	–45
P	8	gornje	–43	–43	–43	–50	–50	–50	–56	–56	–62	–62	–68	–68
R	6	gornje	–56	–58	–61	–68	–71	–75	–85	–89	–97	–103	–113	–119
R	7	gornje	–48	–50	–53	–60	–63	–67	–74	–78	–87	–93	–103	–109
R	8 do11	gornje	–63	–65	–68	–77	–80	–84	–94	–98	–108	–114	–126	–132
S	6	gornje	–85	–93	–101	–113	–121	–131	–149	–161	–179	–197	–219	–239
S	7	gornje	–77	–85	–93	–105	–113	–123	–138	–150	–169	–187	–209	–229
S	8 do 11	gornje	–92	–100	–108	–122	–130	–140	–158	–170	–190	–208	–232	–252
T	6	gornje	–115	–127	–139	–157	–171	–187	–209	–231	–257	–283	–317	–347
T	7	gornje	–107	–119	–131	–149	–163	–179	–198	–220	–247	–273	–307	–337
T	8 do 11	gornje	–122	–134	–146	–166	–180	–196	–218	–240	–268	–294	–330	–360
U	6	gornje	–163	–183	–203	–227	–249	–275	–306	–341	–379	–424	–477	–527
U	7	gornje	–155	–175	–195	–219	–241	–267	–295	–330	–414	–467	–517	–517
U	8 do 11	gornje	–170	–190	–210	–236	–258	–284	–315	–350	–390	–435	–490	–540
V	6	gornje	–195	–221	–245	–275	–301	–331	–376	–416	–464	–519	–582	–647
V	7	gornje	–187	–213	–237	–267	–293	–323	–365	–405	–454	–509	–572	–637
V	8 do 11	gornje	–202	–228	–252	–284	–310	–340	–385	–425	–475	–530	–595	–660

Nastavak tabele 12.10:

Tol. polja	Kval. toler.	Grani. odstu.	Osnovna odstupanja u μm za područje nazivnih mera u mm											
			120 do 140	140 do 160	160 do 180	180 do 200	200 do 225	225 do 250	250 do 280	280 do 315	315 do 355	355 do 400	400 do 450	450 do 500
X	6	gornje	–241	–273	–303	–341	–376	–416	–466	–516	–579	–649	–727	–807
X	7	gornje	–233	–265	–295	–333	–368	–408	–455	–505	–569	–639	–717	–797
X	8 do 11	gornje	–248	–280	–310	–350	–285	–425	–475	–525	–590	–660	–740	–820
Y	6	gornje	–293	–333	–373	–416	–461	–511	–571	–641	–719	–809	–907	–987
Y	7	gornje	–285	–325	–365	–408	–453	–403	–560	–630	–709	799	–897	–977
Y	8 do 11	gornje	–300	–340	–380	–425	–470	–520	–580	–650	–730	–820	–920	–1000
Z	6	gornje	–258	–408	–458	–511	–566	–631	–701	–781	–889	–989	–1087	–1237
Z	7	gornje	–350	–400	–450	–503	–558	–623	–690	–770	–879	–979	–1077	–1227
Z	8 do 11	gornje	–365	–415	–465	–520	–575	–640	–710	–790	–900	–1000	–1100	–1250
ZA	6	gornje	–463	–528	–593	–661	–731	–811	–911	–991	–1139	–1289	–1437	–1587
ZA	7	gornje	–455	–520	–585	–653	–723	–803	–900	–980	–1129	–1279	–1427	–1577
ZA	8 do 11	gornje	–470	–535	–600	–670	–740	–820	–920	–1000	–1150	–1300	–1450	–1600
ZB	6	gornje	–613	–693	–773	–871	–951	–1041	–1191	–1291	–1489	–1639	–1837	–2087
ZB	7	gornje	–605	–685	–765	–863	–943	–1033	–1180	–1280	–1479	–1629	–1827	–2077
ZB	8 do 11	gornje	–625	–700	–780	–880	–960	–1050	–1200	–1300	–1500	–1650	–1850	–2100
ZC	6	gornje	–793	893	–993	–1141	–1241	–1341	–1541	–1691	–1889	–2089	–2587	–2587
ZC	7	gornje	–785	–885	–985	–1133	–1233	–1333	–1530	–1680	–1879	–2079	–2377	–2577
ZC	8 do11	gornje	–800	–900	–100	–1150	–1250	–1350	–1550	–1700	–1900	–2100	–2400	–2600

Tabela 12.11: Opšte smernice za izbor vrste naleganja

Vrste naleganja	Sistem zajedničke unutrašnje mere		Sistem zajedničke spoljne mere		Karakteristike naleganja i smernice za primenu
	Preporučena naleganja	Prioritetna naleganja	Preporučena naleganja	Prioritetna naleganja	
Labavo naleganje	H11/b11, d11 H9/d10 H8/a9,b9,c8,e9 H7/a9, b8, c8, d8 H6/e7	H11/a11 H11/c11 H9/e9 H8/d9	A11/h11 C11/h11 D10/h9 E9/h9 E9/h8	B11, D11/h11 A9,B9,C9,D9/h8 A9, B8, C8/h7 A9, B8, C8, D8, E8/h6	Vrlo veliki zazor, vrlo laka pokretljivost. Klizna ležišta i vođice kod grubljih mašina (poljoprivreda i sl.). Ležišta dugih vratila kod dizalica i transmisija. Ležišta koturova kod dizalica. Ležišta delova izloženih velikim promenama temperature.
	H9/f8 H6/f6	H8/f8 H7/f7	F7/h6	F8/h8 F6/h5	Primetan zazor, laka pokretljivost. Većina kliznih ležišta i vođica.
	H6/g5	H7/g6	-	G7/h6 G6/h5	Mali zazor, pokretljivost moguća. Klizna ležišta i vođice mašina alatki. Glavčine pomerljivih zupčanika i spojnica.
	H9/h8 H8/h7 H6/h5	H11/h11 H8/h8 H7/h6	H11/h11 H9/h9 H8/h8 H6/h6	H9/h8 H8/h7 H6/h5	Vrlo mali zazor, pomerljivost rukom moguća pri podmazivanim površinama. Površine koje služe za centriranje, poklopci reduktora i sl. Glavčine promenljivih i pomerljivih zupčanika kod mašina alatki.
Neizvesno naleganje	H6/j5 H8/j7	H7/j6	-	J8/h7 J7/h6 J6/h5	Vrlo mali zazor ili sasvim mali preklop, pomerljivost moguća rukom ili uz pomoć drvenog čekića. Glavčine kaišnika, zupčanika i ručnih točkova, ležišne posteljice - pri čestim demontažama.
	H8/k7 H6/k5	H7/k6	-	K8/h7 K7/h6 K6/h5	Vrlo mali zazor ili vrlo mali preklop, pomerljivost moguća samo uz pomoć drvenog čekića. Glavčine kaišnika, zupčanika, spojnica, ručnih točkova i ručica.
	H8/m7 H7/m6 H6/m5	-	-	M8/h7 M7/h6 M6/h5	Sasvim mali zazor ili mali preklop, pomerljivost jedva još moguća ručnim čekićem. Glavčine kaišnika, zupčanika i spojnica, koji se retko demontiraju. Podešeni vijci, svornjaci i sl.
	H8/n7 H6/n5	H7/n6	P7/h6	N8/h7	Znatan preklop (kod n i N mogući i sasvim mali zazori). Sklapanje moguće samo uz pomoć prese, odnosno hlađenjem dela sa spoljnom merom i zagrevanjem dela sa unutrašnjom merom.

Nastavak tabele 12.11:

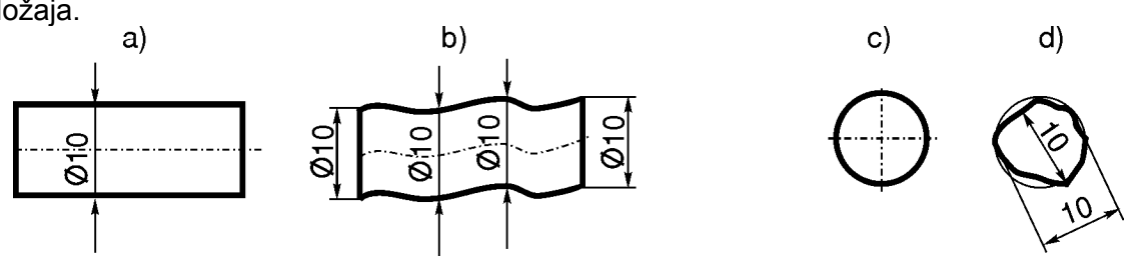
Vrste naleganja	Sistem zajedničke unutrašnje mere (ZR)		Sistem zajedničke spoljne mere (ZO)		Karakteristike naleganja i smernice za primenu
	Preporučena naleganja	Prioritetna naleganja	Preporučena naleganja	Prioritetna naleganja	
Čvrsto naleganje	H8/p7, r7 H6/p5, r5	H7/p6 H7/r6		N6, P6, R6/h5	Venci zupčanika, čaure ležišta i glavčina, bandaže vagonskih i lokomotivskih točkova, uljni prstenovi.
	H9/r9 H8/s8, t8, t7 H7/s6, t6 H6/s5, t5	-	-	T9/h9 S8, 58/h8 S7, T7/h6 T6/h5	Veliki preklop, sklapanje moguće samo pomoću prese ili zagrevanjem, odnosno hlađenjem. Čaure u glavčinama i kućicama. Bronzani venci na telima zupčanika od sivog liva. Glavčine spojnica na krajevima vratila.
	H11/x11, z11 zb11,zc11; H10/u10, x10, z10, zb10, zc10; H9/u9, x9, z9, zb9, zc9 H8/u7, x7, z7, z8, zb8, zc8 ; H6/u5	H8/u8 H8/x8	U8/h8 X8/h8	U10, X10, Z10/h10 ZB10, ZC10/h10 U9, X9, Z9/h9 ZB9, ZC9/h9 Z8, ZB8, ZC8/h8 X7, Z7/h7; U6/h5	Vrlo veliki preklop, sklapanje moguće samo pomoću prese ili zagrevanjem, odnosno hlađenjem. Venci zupčanika, glavčine zupčanika, kaišnika i sl.

13. TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

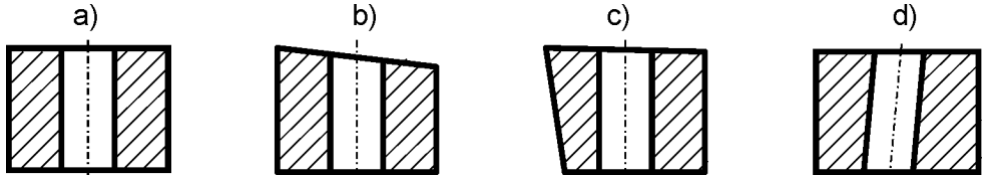
Kao što se pri izradi delova mašina ne mogu postići idealne mere (kote), tako se **ne mogu postići ni idealni oblici površina i njihovi međusobni položaji koji stoje naznačeni na crtežu**. Razlozi su isti.

Nije dovoljno samo definisati tolerancije mera, jer se može desiti da su za tačne vrednosti mera oblici površina neodgovarajući (sl. 13.1). Valjak (sl. 13.1,b) može imati na svakom merenom mestu vrednost prečnika 10 mm, pa da opet bude škart, zbog neodgovarajućeg oblika po dužini, odnosno neodgovarajuće ose simetrije. Osim toga, na svakom poprečnom preseku valjka, kružne površine mogu da zadovoljavaju vrednost mera, a da znatno odstupaju od idealnog kružnog oblika (sl. 13.1,d), odnosno da su škart. To isto važi i za sve ostale površine i međusobne položaje (sl. 13.2). Na sl. 13.2,b gornja i donja površina nisu paralelne, bočna i donja površina nisu upravne (sl. 13.2,c), kao ni otvor (sl. 13.2,d).

Da odstupanje od idealnog oblika i položaja ne bi bilo proizvoljno i da izrađeni predmet ima upotrebnu vrednost, propisuju se, pored tolerancija mera i tolerancije oblika i položaja.

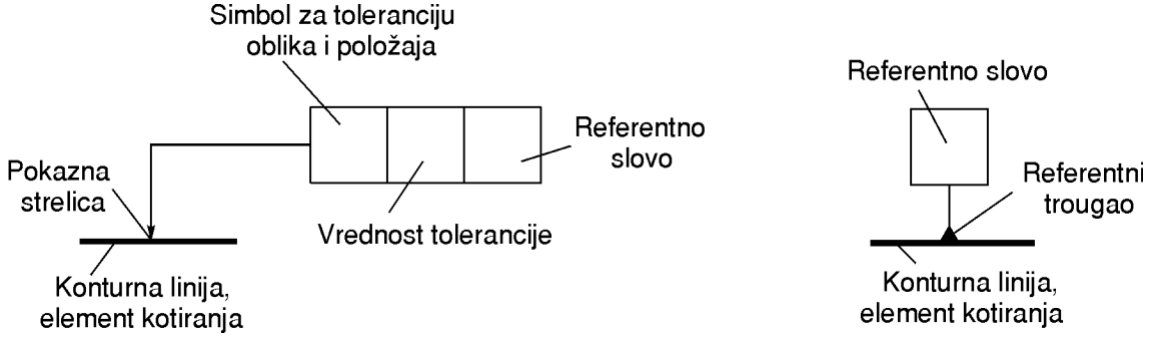


Sl. 13.1: Idealni i stvarni oblici predmeta
a,c) idealni oblici, b,d) mogući stvarni oblici



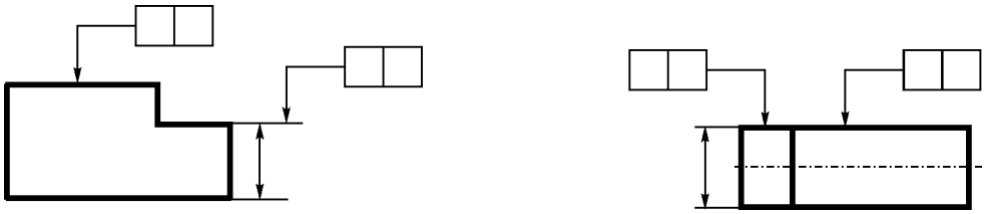
Sl. 13.2: Idealni i stvarni mogući međusobni položaji površina predmeta
a) idealni položaji površina, b, c, d) mogući položaji površina

Da bi se na crtežima označile tolerancije oblika i položaja koriste se elementi kao na sl. 13.3. Sve ove oznake crtaju se tankom linijom tipa B. Veličina okvira (kućica) u koje se upisuju podaci zavisi od odabrane visine slova, a u većini slučajeva odgovaraju visine okvira od od 5 i 7 mm.

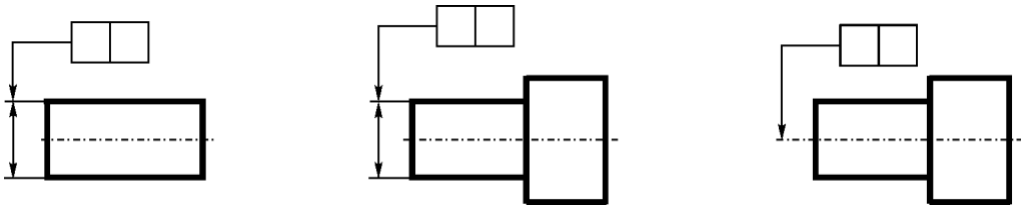


Sl. 13.3: Elementi za označavanje tolerancija oblika i položaja

Pokazna strelica može da stoji na konturnoj, pomoćnoj kotnoj, pokaznoj i osnoj liniji (isto kao i kukice za označavanje kvaliteta hrapavosti). Kada se tolerancija oblika i položaja odnosi na površinu ili liniju površine, okvir sa tolerancijom koji se završava strelicom može da stoji na konturnoj ili na pomoćnoj kotnoj liniji, (sl. 13.4). Na prvom primeru ove slike tolerancije se odnose na površinu predmeta veće i manje visine (različite su po dužini predmeta). Na drugom primeru ove slike tolerancije se odnose na deo predmeta do debele linije, koja u ovom primeru ne predstavlja konturnu liniju. Ako se tolerancija odnosi na osu ili središnju ravan, okvir sa strelicom stoji u produžetku kotne linije ili na samoj osnoj liniji (sl. 13.5).

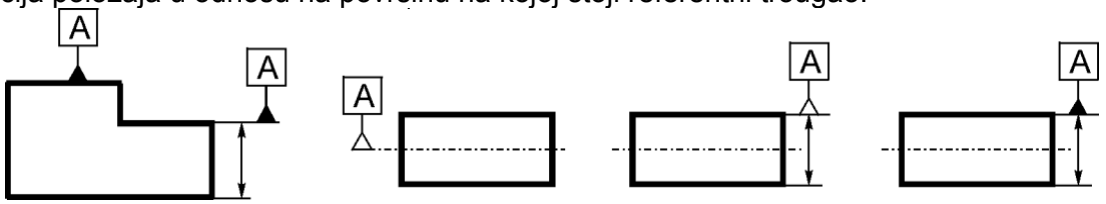


Sl. 13.4. Označavanje tolerancije površine ili linije površine



Sl. 13.5: Označavanje tolerancije ose ili središnje površine

Referentni trougao sa referentnim slovom (referentni element) može da stoji na konturnoj, pomoćnoj kotnoj i osnoj liniji. Referentni trougao može da bude popunjen ili ne (sl. 13.6). Referentna slova su velika latinična slova A, B, C... Referentni trougao sa slovom stoji na površini koja je u uzajamnoj vezi sa površinom za koju se propisuje tolerancija položaja i na kojoj stoji pokazna strelica. Znači, za površinu na kojoj stoji pokazna strelica, propisuje se tolerancija položaja u odnosu na površinu na kojoj stoji referentni trougao.



Sl. 13.6: Referentni trougao i referentno slovo

13.1. SIMBOLI ZA TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA

Simboli sa toleranciju oblika i položaja su za: pravost, ravnost, kružnost, cilindričnost, oblik linije, oblik površine, paralelnost, upravnost, ugao nagiba, lokaciju, koncentričnost (koaksijalnost), simetričnost, ″bacanje″ i ukupno ″bacanje″ (tabela 13.1).

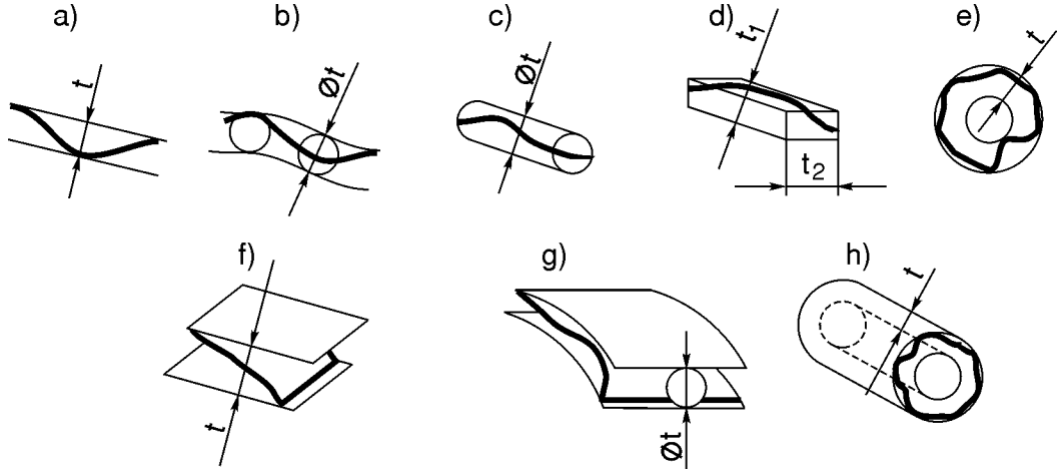
Tabela 13.1: Simboli za toleranciju oblika i položaja SRPS ISO 1101/1992.

Elementi tolerancije		Karakteristika-vrsta tolerancije	Simbol (oznaka)
Pojedinačni elementi	Tolerancija oblika	Pravost	
		Ravnost	
		Kružnost	
		Cilindričnost	
Pojedinačni ili referentni elementi		Prifil linije	
		Profil površine	
Referentni elementi	Tolerancije pravca	Paralelnost	
		Upravnost	
		Nagib (kosina)	
	Tolerancije položaja	Položaj (lokacija)	
		Koncentričnost i koaksijalnost	
		Simetričnost	
	Tolerancije bacanja	Bacanje	
		Ukupno bacanje	

13.2. NAČINI OZNAČAVANJA TOLERANCIJA OBLIKA I POLOŽAJA

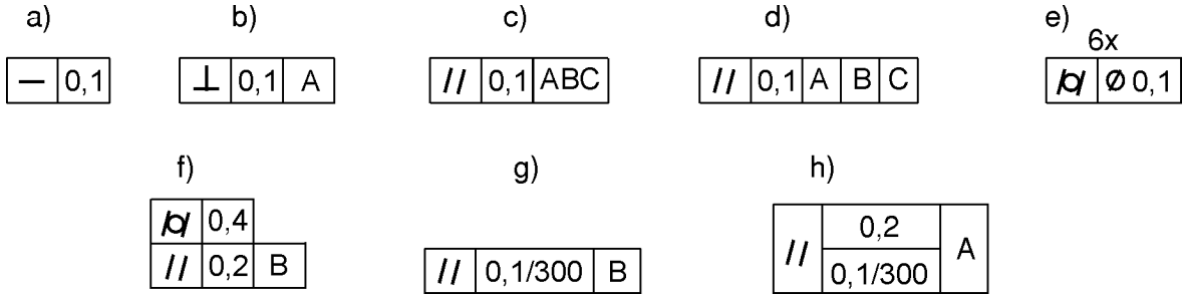
Vrednost tolerancije oblika i položaja $''t''$ izražava se u mm. Zone tolerancije su različite i date su na sl. 13.7. Kada se tolernancija odnosi na liniju, zona tolerancije može da bude ograničena: sa dve idealno paralelne linije na rastojanju $''t''$ (sl. 13.7,a), sa dve krive linije između kojih je idealan krug prečnika $\varnothing t$ (sl. 13.7,b), da bude unutar idealnog cilindra prečnika $\varnothing t$ (sl. 13.7,c), unutar kvadra idealnih dimenzija t_1 i t_2 (sl. 13.7,d) ili unutar dva idealno koncentrična kruga na rastojanju $''t''$ (sl. 13.7,e).

Kada se tolerancija odnosi na površinu, zone tolerancije su ograničene: sa dve idealno paralelne ravne površine na rastojanju $''t''$ (sl. 13.7,f), sa dve krive površine između kojih su idealne kugle prečnika $\varnothing t$ (sl. 13.7,g) i između dva idealna cilindra na rastojanju $''t''$ (13.7,h). Stvarne ivice ili površine predmeta (nacrtano debelom linijom) moraju da budu u zonama tolerancije oblika i položaja.



Sl. 13.7: Zone tolerancije oblika i položaja

Kada se simbol odnosi samo na jednu liniji ili površinu daje se samo simbol i vrednost tolerancije bez referentnog slova (sl. 13.8,a). Kada se simbol odnosi na označenu površinu (na kojoj stoji pokazna strelica) i još jednu, referentnu, daje se referentno slovo (sl. 13.8,b). Kada se tolerancija odnosi na više referentnih površina, a redosled prioriteta nije bitan, tada se referentna slova pišu jedno za drugom i istu kućicu (sl. 13.8,c), a kada je redosled bitan, označava se kao na (sl. 13.8,d). Tada je u prvoj kućici slovo prvog, u drugoj drugog prioriteta itd. Ako tolerancija važi za više istih elemenata označava se kao na sl. 13.8,e. Oznaka *6x* znači da ima šest istih detalja sa istom tom tolerancijom. Kada se za jednu površinu daju dve ili više različitih tolerancija oblika i položaja, označava se kao na sl. 13.8,f. Ako tolerancija važi samo za ograničenu dužinu na glatkom delu na kojem stoji strelica označava se kao na sl. 13.8,g. Oznaka */300* znači da tolerancija važi na dužini od *300 mm*. Kada je vrednost tolerancije različita po dužini označava se kao na sl. 13.8,h.

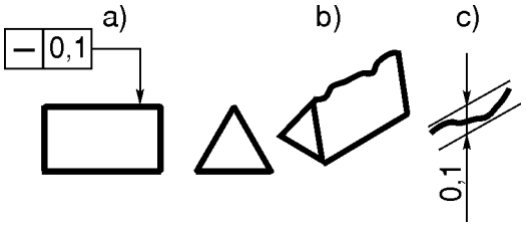


Sl. 13.8: Načini označavanja tolerancija oblika i položaja
a) bez referentnog slova, b) sa referentnim slovom, c) sa više referentnih slova istog prioriteta, d) sa više referentnih slova različitog prioriteta, e) tolerancija važi za 6 istih detalja, f) dve tolerancije za istu površinu, g) tolerancija važi na ograničenoj dužini, h) dve vrednosti tolerancije za istu površinu

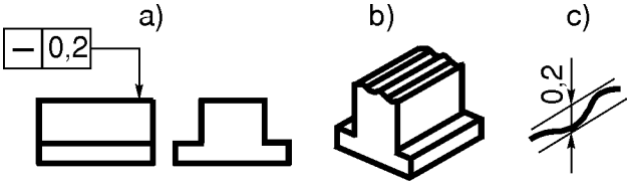
13.3. ZNAČENJA SIMBOLA TOLERANCIJA

Simbol pravosti ⏤

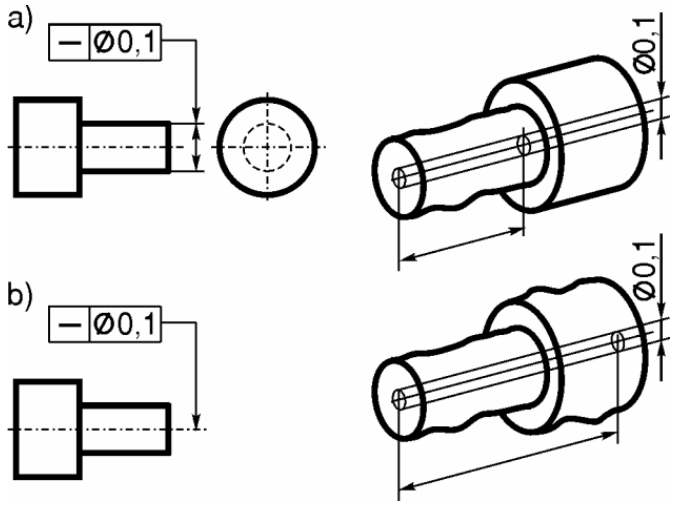
Ovaj simbol se odnosi na pojedinačne linije predmeta, osne i simetralne linije. Način označavanja na crtežu, stvarni izgled predmeta (pojašnjenje značenja) i zona tolerancije, kada se odnosi na jednu ivicu predmeta dat je na sl. 13.9. Znači da ivica predmeta na kojoj stoji strelica može da se nalazi između dve idealno prave linije na rastojanju od 0,1 mm. Isto se označava i tolerancija svake pojedinačne linije površine (sl. 13.10). Kada se želi propisati tolerancija za osu samo jednog dela predmeta, tada se označava tako što se pokazna strelica nalazi na toj konturi ili na pomoćnoj kotnoj liniji sa te konture (sl. 13.11,a). Kada se tolerancija odnosi za ukupnu osu predmeta, pokazna linija treba da stoji na simetralnoj liniji predmeta (sl. 13.11,b).



Sl. 13.9: Simbol za pravost za ivicu predmeta



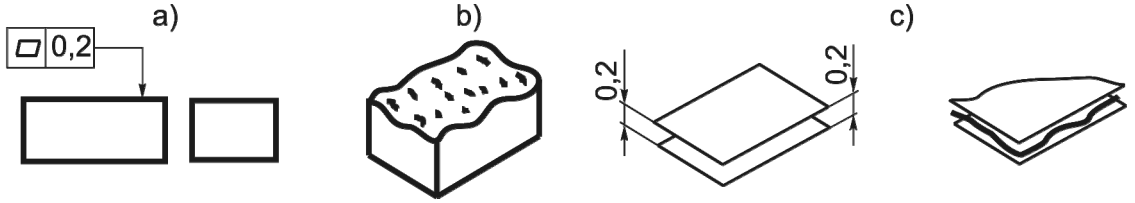
Sl. 13.10: Simbol za pravost za linije površine



Sl. 13.11: Simbol za pravost za simetralnu osu
a) simbol se odnosi na osu užeg dela predmeta, b) simbol se odnosi na celokupnu površinu

Simbol za ravnost ▱

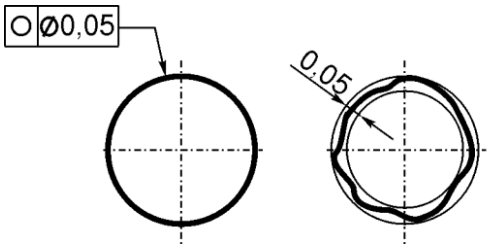
Simbol za ravnost odnosi se na ravnu površinu ili na simetralnu površinu predmeta. Na sl. 13.12 pokazano je označavanje tolerancije ravnosti površine na crtežu, mogući izgled predmeta i zona tolerancije ravnosti. Gornja površina predmeta može se nalaziti između dve idelano ravne i međusobno paralelne površine na rastojanju $t = 0{,}2\ mm$, koje se nalaze na idealnom rastojanju od donje površine.



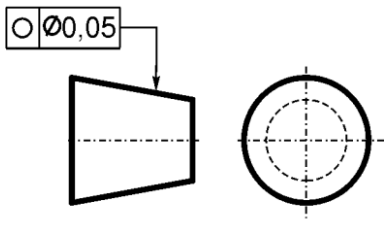
Sl. 13.12: Simbol za ravnost površine

Simbol za kružnost ○

Simbol za kružnost se odnosi na pojedinačne kružne površine predmeta, bilo na cilindrične ili konične (sl. 13.13 i 13.14). Stvarna kružnica predmeta može da se nalazi između dve idealne i koncentrične kružnice na rastojanju od 0,05 mm. Kada je predmet koničan, znači da na svakom poprečnom preseku uzduž predmeta važi data tolerancija.



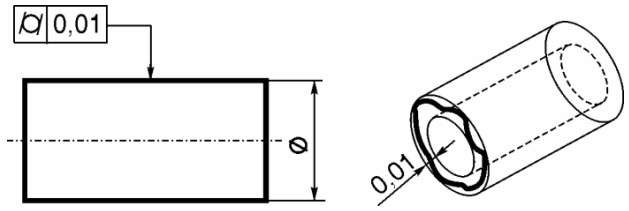
Sl. 13.13: Simbol za kružnost



Sl. 13.14: Simbol za kružnost konične površine

Simbol za cilindričnost ⌭

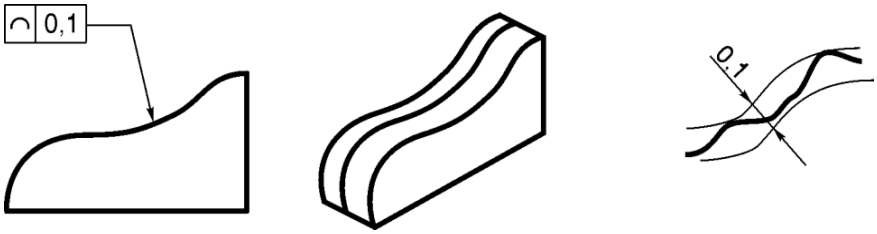
Simbol za cilindričnost se odnosi za cilindrične površine. Na sl. 13.15 dat je način označavanja na crtežu, zona tolerancije i mogući izgled cilindra.



Sl. 13.15: Simbol za cilindričnost površine

Simbol profila linije ⌒

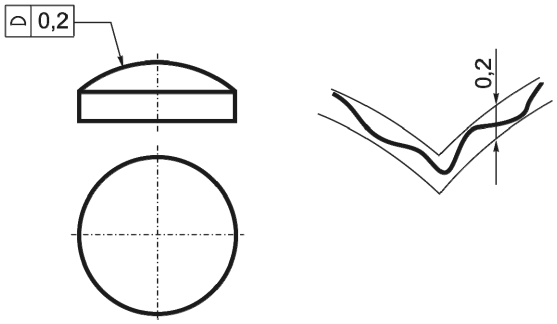
Simbol za profil ili oblik linije odnosi se na svaku krivu ivicu (ne samo za deo kružnice) ili pojedinačni liniju krive površine. Primer i značenje dato je na sl. 13.16.



Sl. 13.16: Simbol za profil linije

Simbol za profil površine ⌓

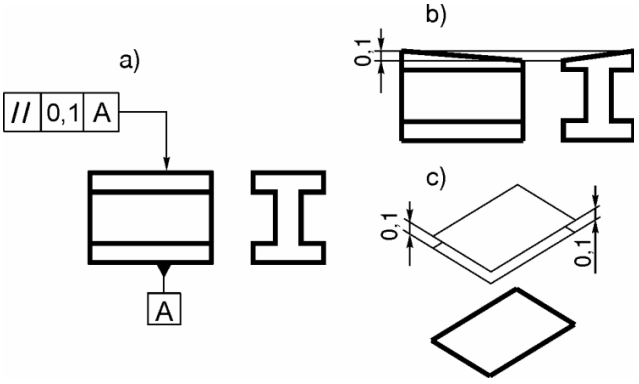
Označavanje i značenje tolerancije profila površine dato je na sl. 13.17. Profil površine može biti bilo koji, konveksan ili konkavan, sferan ili neki drugi.



Sl. 13.17: Simbol za toleranciju profila površine

Simbol za paralelnost //

Ovim simbolom definiše se tolerancija paralelnosti položaja dve ili više površina ili dve ili više simetralnih linija. Na sl. 13.18 pokazano je i objašnjeno korišćenje ovog simbola za dve paralelne površine. Znači da se površina na kojoj stoji strelica (gornja) u odnosu na površinu na kojoj stoji referentno slovo (donja), koju smatramo idealno ravnom, može nalaziti između dve idealno ravne i paralelne površine na rastojanju od 0,1 mm.



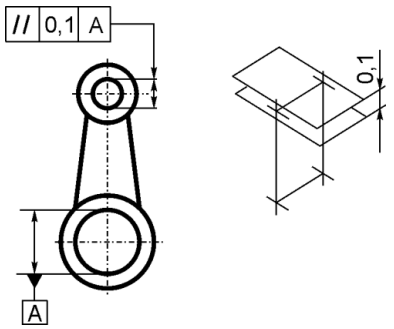
Sl. 13.18: Simbol za toleranciju paralelnosti površina
a) oznaka na crtežu, b) mogući izgled gornje površine predmeta, c) položaj zone tolerancije

Način označavanja paralelnosti osa pokazan je na sl. 13.19. Ako je osa za koju se

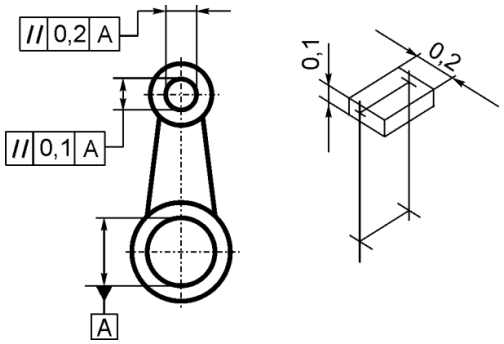
propisije tolerancija ograničena u dve ravni tada se označava kao na sl. 13.20. Znači da se osa gornjeg dela predmeta u odnosu na donju osu može nalaziti u paralelopipedu idealnog oblika dimenzija 0,1x0,2 mm.

Simbol za upravnost ⊥

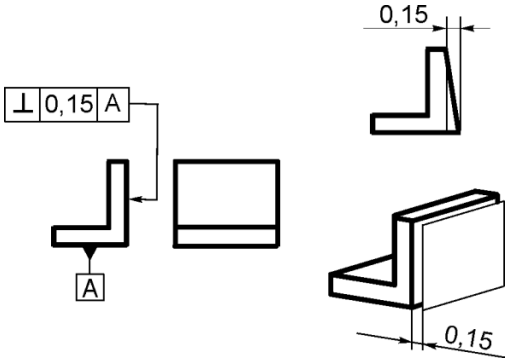
Simbolom za upravnost definiše se tolerancija između dveju upravnih površina (sl. 13.21). Znači, da se površina na kojoj stoji strelica sa simbolom upravnosti, može nalazititi između dveju idealno ravnih i paralelnih površina na međusobnom rastojanju od 0,15 mm i koje su idealno upravne na površinu na kojoj stoji referentno slovo (donju). Ovim simbolom definiše se i tolerancija upravnosti između površine i ose simetrije (sl. 13.22).



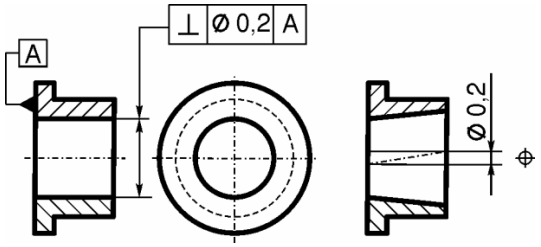
Sl. 13.19: Simbol za paralelnost dveju osa u jednoj ravni



Sl. 13.20: Simbol za paralelnost dveju osa u dve upravne ravni



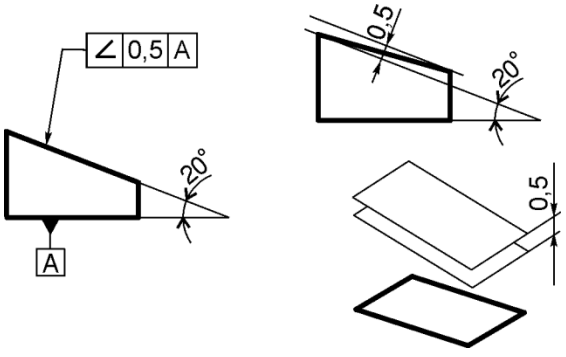
Sl. 13.21: Simbol za upravnost dveju površina



Sl. 13.22: Simbol za upravnost površine i ose

Simbol za nagib ∠

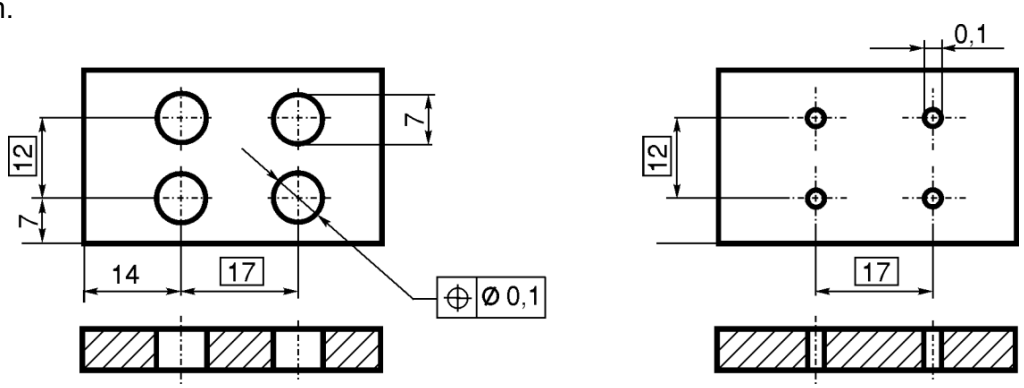
Simbolom za nagib definiše se tolerancija položaja između dveju površina, između dveju osa ili površine i ose pod nekim uglom. Na sl. 13.23 dat je primer za korišćenje i značenje ovog simbola za dve površine pod uglom. Površina pod uglom od 20° (na kojoj stoji strelica) može da se nalazi između dveju idelano ravnih i paralelnih površina na rastojanju od 0,5 mm, koje su pod uglom od 20° u odnosu na donju (na kojoj stoji referentno slovo).



Sl. 13.23: Simbol za toleranciju nagiba

Simbol za položaj (lokaciju) ⌖

Ovim simbolom se definiše tolerancija položaja nekih detalja predmeta (otvora, žlebova...) u odnosu na referentne površine ili ose. Primer na sl. 13.24 definiše međusobni položaj otvora prečnika 7 mm. Referentna rastojanja su 12 i 17 mm. Ove kote (uokvirene) su idealne. U odnosu na njih položaji otvora mogu da se kreću u idealnim cilindrima prečnika 0,1 mm.

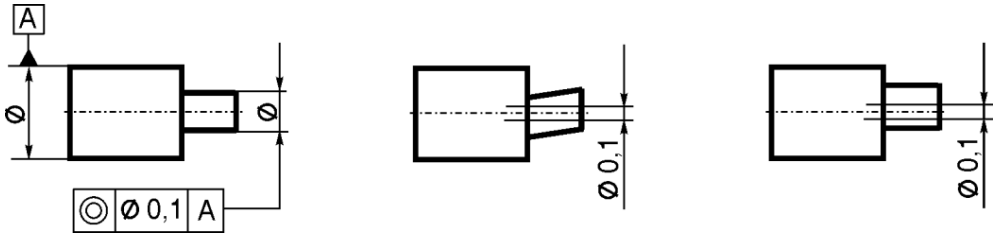


Sl. 13.24: Simbol za toleranciju lokacije

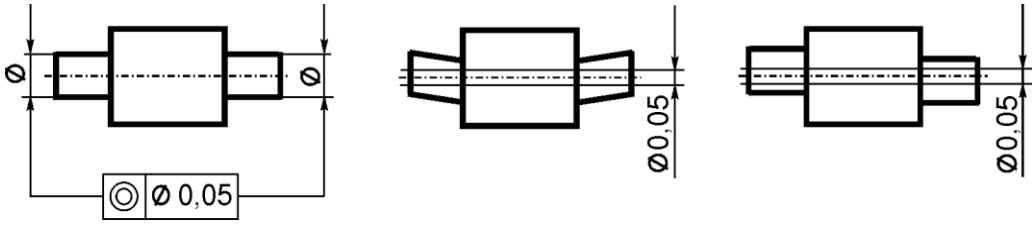
Simbol za koncentričnost ili koaksijalnost ◎

Simbolom za koncentričnost ili koaksijalnost definiše se podudarnost (poklapanje) osa kružnih površina. Primerom na sl. 13.25 pokazan je način označavanja na crtežu i objašnjenje značenja ovog simbola. Osa dela predmeta na kojem stoji referentni element ostaje idealna, a osa dela na kojem stoji pokazna strelica može da se kreće u zoni tolerancije cilindra idealnog prečnika od 0,1 mm.

Druga mogućnost za označavanje (bez referentnog slova) data je na sl. 13.26. Referentna osa je osa središnjeg dela (ona ostaje idealno prava), a ose na kojima stoje pokazne strelice nalaze se u zoni tolerancije od ∅ 0,05 mm.



Sl. 13.25: Simbol za toleranciju koaksijalnosti korišćenjem referentnog elementa

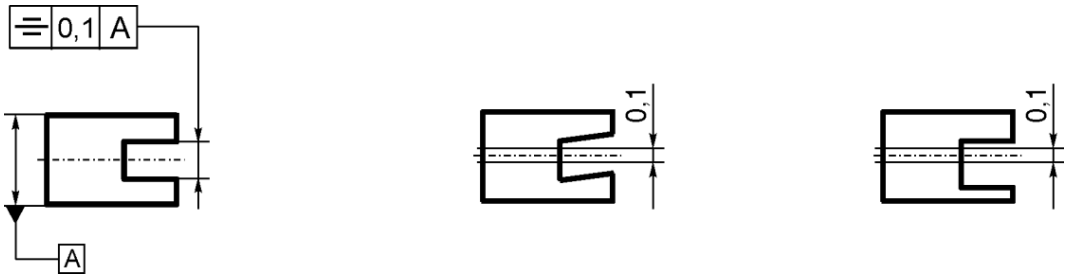


Sl. 13.26: Simbol za toleranciju koaksijalnost bez korišćenja referentnog elementa

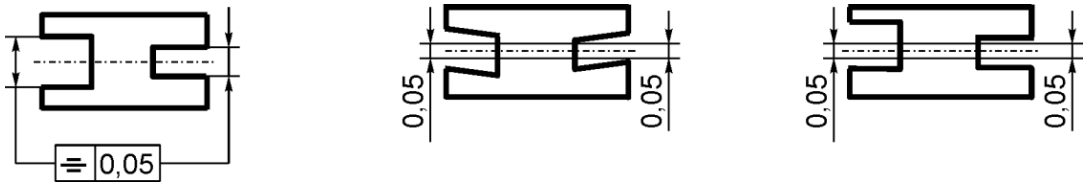
Simbol za simetričnost ⌯

Simbolom za simetričnost definiše se tolerancija položaja žlebova u odnosu na neke ose predmeta. Na sl. 13.27 dat je primer označavanja i objašnjenje značenja ovog simbola kada se koristi referentno slovo. Slično prethodnom primeru može se označiti tolerancija simetričnosti i bez referentnog slova (sl. 13.28). U ovom primeru osa središnjeg dela predmeta je referentna (ostaje idealna), a ose dva žljeba na kojima stoje pokazne strelice se

nalaze u zoni tolerancije od 0,05 mm.



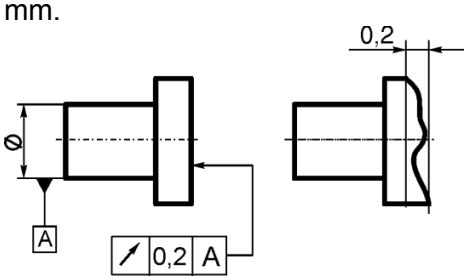
Sl. 13.27: Simbol za toleranciju simetričnosti



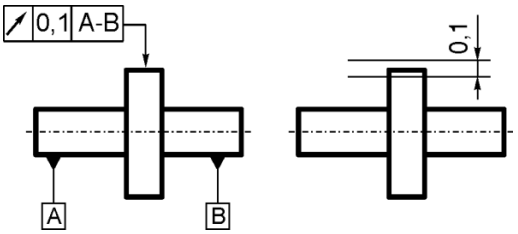
Sl. 13.28: Označavanje tolerancije simetričnosti bez referentnog slova

Simbol za bacanje

Simbolom za bacanje definiše se ravnost (aksijalno bacanje) i kružnost obrtanja (radijalno bacanje) između definisanih površina. Na sl. 13.29 dat je primer označavanja i značenja ovog simbola za ravnost obrtanja. Čeona površina predmeta pri obrtanju može da se kreće u zoni između dveju idealno paralelnih površine na rastojanju od 0,2 mm u odnosu na cilindričnu površinu na kojoj stoji referentni trougao. Isti simbol koristi se i za kružnost obrtanja (sl. 13.30). U ovom primeru znači, da cilindrična površina na kojoj stoji pokazna strelica pri obrtanju može da se kreće između dva koaksijalna cilindra na rastojanju od 0,1 mm.



Sl. 13.29: Simbol za toleranciju bacanja za ravnost obrtanja



Sl. 13.30: Simbol za toleranciju bacanja za kružnost obrtanja

Simbol za ukupno bacanje

Značenje simbola za ukupno bacanje je istovetno kao simbola za bacanje. Razlika je u načinu kontrole (merenja) bacanja i vođenja instrumenta pri merenju.

13.4. TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA SLOBODNIH MERA

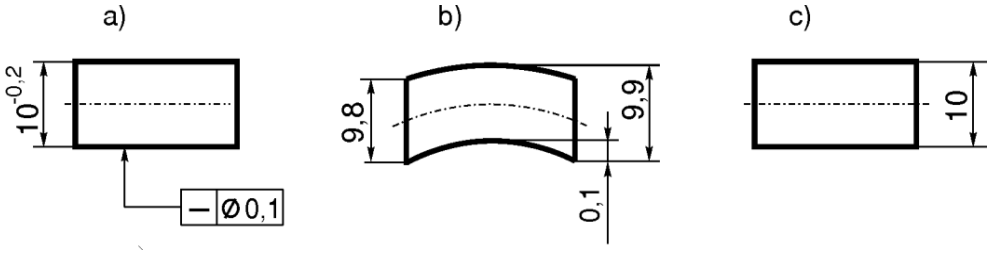
Tolerancije oblika i položaja znatno poskupljuju izradu mašinskih delova te se propisuju samo tamo gde su neophodne. Za sve one delove predmeta za koje nisu propisane tolerancije oblika i položaja važe **tolerancije oblika i položaja slobodnih mera**. To podrazumeva onoliku tačnost koju dozvoljavaju postupci izrade i koja je propisana standardima. Na crtežu se to označava u odgovarajućoj rubrici "Toleraancija slobodnih mera" zaglavlja za crtež. Na primer, za predmet koji se izrađuje metodama skidanja strugorine to je oznaka **C SRPS M.A1.411**. Slovna oznaka C označava toleranciju oblika i položaja

slobodnih mera, a SRPS i broj SRPS-a označava postupak izrade. Ako se istovremeno definiše i tolerancija slobodnih mera i tolerancija oblika i položaja slobodnih mera tada se u zaglavlje za crtež piše osnaka **C srednji SRPS M.A1.410/411**.

13.5. UZAJAMNA VEZA IZMEĐU TOLERANCIJE OBLIKA I POLOŽAJA I TOLERANCIJE MERA

Tolerancije oblika i položaja mogu biti nezavisne i zavisne od tolerancija mera, što zavisi od namene, funkcije predmeta i vrste tolerancije. Najčešće se predmeti izrađuju tako da tolerancija oblika i položaja bude u okviru tolerancije mera, odnosno zavisne su od tolerancije mera. Ako je za predmet (sl. 13.31,a) zadata tolerancija pravosti ose od ∅ 0,1 i tolerancija mera $10^{-0,2}$, tada stvarni oblici i stvarne dimenzije svih komada ovog predmeta mogu da budu od oblika i dimenzija kao na sl. 13.31,b do onih na sl. 13.31,c.

Primer označavanja tolerancije oblika i položaja dat je na crtežima broj 15.1, 15.2, 2.2 i 2.3.



Sl. 13.31: Zavisnost tolerancije oblika i položaja i tolerancije mera

14. SKLOPNI CRTEŽI

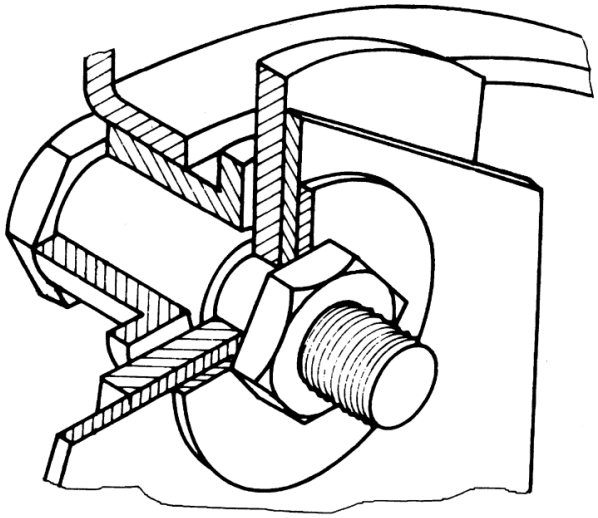
Sklopni crtež predstavlja **crtež više delova koji naležu jedni na druge** i imaju zajedničku funkciju u mašini.

Zadatak sklopnog crteža je da prikaže položaj i mesto svakog dela u sklopu. Sklopni crtez treba da ima sledeće elemente:

1. dovoljan broj projekcija,
2. pozicione brojeve,
3. zaglavlje za sklopni crtež i
4. gabaritne dimenzije i dimenzije sa tolerancijama naleganja, ako je potrebno.

Dovoljan broj projekcija

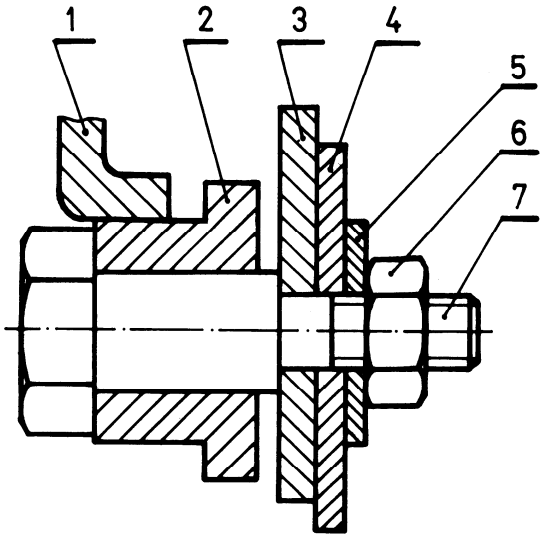
Za izradu tehničke dokumentacije koristi se ortogonalna projekcija. Može se u nekim drugim prilikama koristiti i aksonometrija. Crtež sklopa, ma kako bio komplikovan treba da ima jednu ili dve ortogonalne projekcije. Sklopnim crtežom se ne može jednoznačno definisati konstruktivni izgled svakog predmeta, već samo njegovo postojanje i naleganje sa drugim delovima. Aksonometrija se koristi za jednostavnije sklopove i u školske svrhe. Na sl. 14.1 nacrtan je aksonometrijski crtež jednostavnog sklopa. Ortogonalni crtež istog tog sklopa prikazan je na sl. 14.2. i 14.3. Jednostavnost ortogonalne projekcije i prednost nad aksonometrijom naročito dolazi do izražaja kad sklopova.



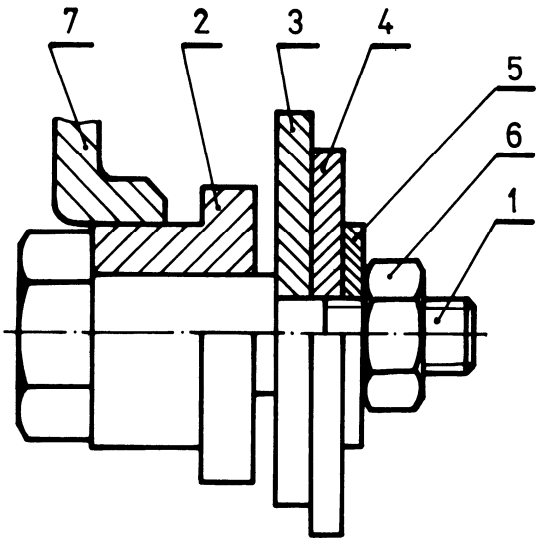
Sl. 14.1: Sklopni aksonometrijski crtež

Pri crtanju sklopnih crteža obavezno se koriste preseci. Nemože se nacrtati sklopni crtež bez preseka. Najčešće se koristi polovičan presek, potpun ili delimičan. Pri tome se ne šrafiraju svi delovi skopa, odnosno preskaču se pri zamišljenom sečenju. Ovo je potrebno zbog preglednosti sklopnog crteža.

Na sklopnom crtežu se zamišljeno ne seku: zavrtnji, zakivci, čivije, osovine, osovinice, vratila, klinovi, osigurači i drugi elementi za vezu. Mogu da se ne seku i drugi elementi i delovi (po izboru) ako je tako crtež pregledniji. Osim toga, mogu da se ne šrafiraju predmeti sa velikim površinama ili se šrafura izvlači samo uz konturne linije tog predmeta, ili se šrafiraju (seku) samo interesantani detalji tog predmeta. Svaki zamišljeno sečen predmet se šrafira različitom šrafurom bilo po nagibu ili gustini. Delovi istog predmeta šrafiraju se istom šrafurom u svim projekcijama.



Sl. 14.2: Sklopni ortogonalni crtež sa potpunim presekom



Sl. 14.3: Montažni ortogonalni crtež

Pozicioni brojevi

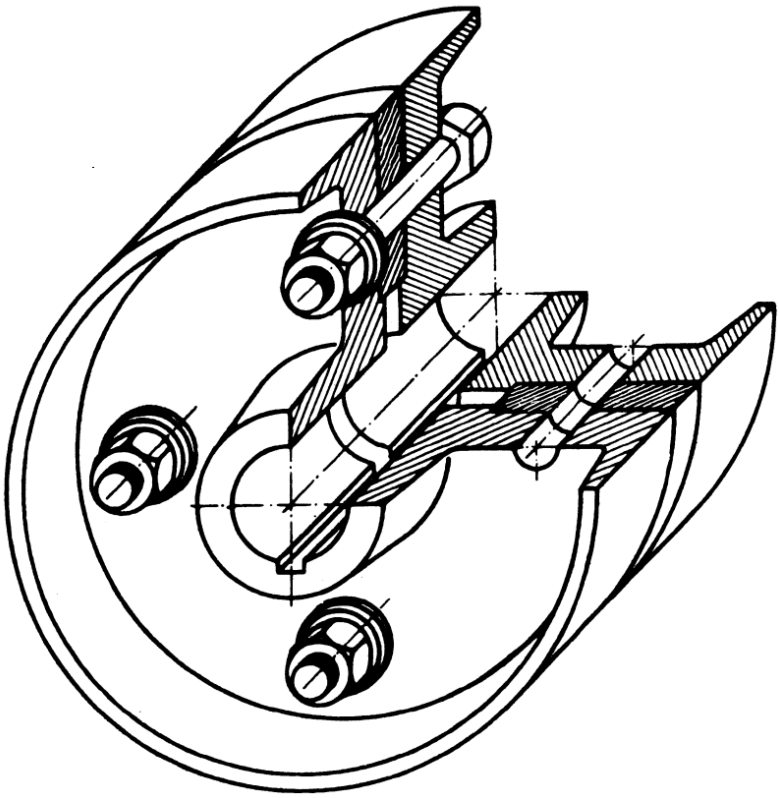
Pozicioni brojevi su sastavni deo sklopnog crteža. Svaki deo različit po konstruktivnom izgledu, dimenzijama i materijalu ima svoj pozicioni broj. Kada su delovi sasvim isti po konstruktivnom izgledu, dimenzijama i materijalu imaju zajednički pozicioni broj. Pišu se u rastućem nizu, sleva na desno ili od gore na dole (sl. 14.2). Pri tome treba da su, po mogućstvu, što manje upadljvi, da ne zasenjuju predmet, odnosno ortogonalne poglede. Stoga pokazne linije pozicionih brojeva ne treba da se seku, da ne budu unutar kontura sklopa itd. Pozicioni brojevi treba da su veći od ostalih brojeva na sklopnom crtežu.

Sklopni crtež se može koristi i kao montažni crtež. Tada se pozicioni brojevi pišu po redosledu montaže delova (sl. 14.3). Ako više različitih delova u sklopu čine jednu zajedničku standardnu celini (standardni podsklop) tada imaju jedan pozicioni broj. To su kotrljajni ležajevi, elementi za osiguranje itd. Iako kotrljajni ležaj ima više različitih delova, (unutrašnji i spoljašnji prsten, kuglice, kavez itd.) na sklopnom crtežu ima samo jedan pozicioni broj, pošto se kao celina (podsklop) i kupuje (crtež 14.2, pozicija 6, 9 i 14). Pozicijoni brojevi 6 i 14 odnosie se na ležaje, a 9 obeležava prsten i odgovarajući zavrtanj. Na sl. 10.113 samo jednim brojem, pozicijom 3, označena je navrtka sa osiguračem za osiguranje unutrašnjeg prstena ležaja.

Pozicioni broj može da se ponovi, kada se odnosi na isti deo, a ne nalaze se blizu jedan drugom, primer na sklopnom crtežu broj 14.2, pozicija 3. Iako u sastavnici piše da zavrtnjeva pozicije 3 ima 8 komada, ovakvim obeležavanjem je preciznije definisano da ih ima po 4 komada na dva označena mesta.

Zaglavlje za sklopni crtež (sastavnica)

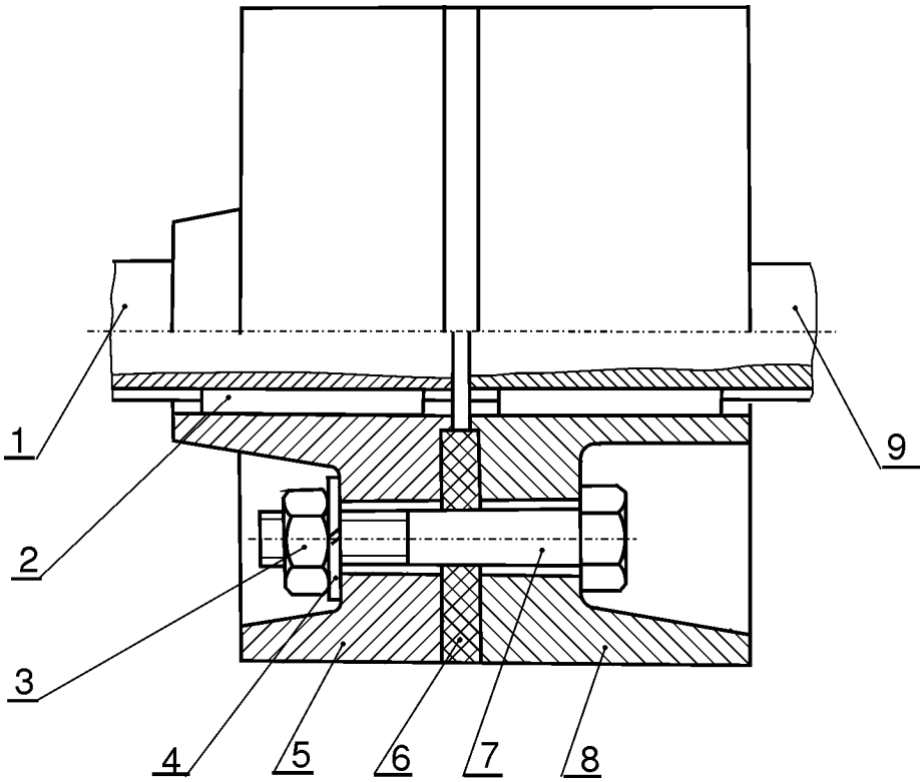
Zaglavlje za sklopni crtež je sastavni deo sklopnog crteža. Može da stoji na istom formatu zajedno sa sklopnim crtežom, a može i na posebnom listu. Način ispisivanja zaglavlja objašnjen je u poglavlju 3. Na sl. 14.4 dat je aksonometrijski crtež elastične spojnice. Ortogonalni crtež iste te spojnice na koju su dodata dva vratila i dva klina dat je crtežom broj 14.1. Sastavnica je na samom crtežu.



Sl. 14.4: Aksonometrisjki crtež elastične spojnice

Gabaritne dimenzije i tolerancije naleganja

Gabaritne dimenzije i dimenzije sa tolerancijama naleganja se mogu dati, ako je to potrebno. Ako sklopni crtež predstavlja i montažni tada se mogu dati kote bitne za montažu. Na crtežu broj 14.2. prikazano je vratilo sa elementima na sebi gde su date bitne tolerancije naleganje, međuosna rastojanja i gde je sastavnica na posebnom listu.



Poz.	Kol.	J.m.	Naziv	Standard - Izabrane karakteristike	Prim. - Materijal
9	1		Gonjeno vratilo	14.001	Č.0645
8	1		Desni obod spojnice	14.002	Sl 200
7	4		Zavrtanj M8x56	SRPS M.B1.050	5.8
6	1		Elestični prsten	14.003	
5	1		Levi obod spojnice	14.004	Sl 200
4	4		Podloška ∅8,4	SRPS M.B2.011	Č.0345
3	4		Navrtka M8	SRPS M.B1.600	5
2	2		Klin 6x6x32	SRPS M.C2.020	Č.0545
1	1		Pogonsko vratilo	14.005	Č.0645

Merilo: 1:1

	Datum	Ime
Obradio	20.5.1997.	Obad Srećko
Ispitao	16.6.1997.	Skendžić Milan
Stand.		
Označ.		

ELASTIČNA SPOJNICA

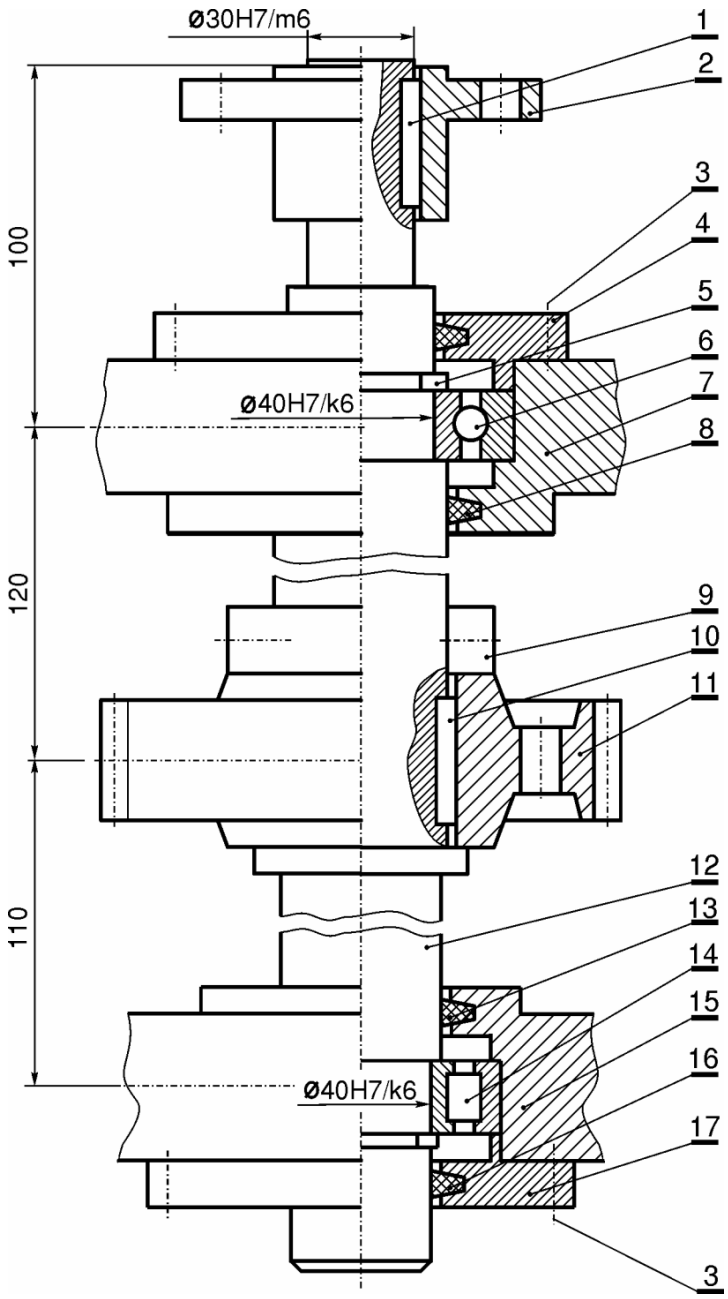
Poljoprivredni fakultet, Departman za poljoprivrednu tehniku
Novi Sad

14.1

list 1

L:

St.i.	Izme.	Datum	Ime



							Merilo: 1:2	
					Datum	Ime	**VRATILO SA ELEMENTIMA**	
				Obradio	20.5.1997.	Obad Srećko		
				Ispitao	16.6.1997.	Skendžić Milan		
				Stand.				
				Označ.				
				Poljoprivredni fakultet, Departman za poljoprivrednu tehniku Novi Sad			**14.2**	list 1 / L: 2
St.i.	Izme.	Datum	Ime					

Poz.	Kol.	J.m.	Naziv	Standard - Izabrane karakteristike	Prim, Materijal
1	1		Klin 10x8x40	SRPS M.C2.061	Č.0545
2	1		Levi obod spojnice	15.009	Sl 150
3	8		Zavrtanj M8x20	SRPS M.B1.053	5.8
4	1		Poklopac desnog kućišta	15.001	Sl 150
5	2		Spoljašnji uskočnik ∅ 40	SRPS M.C2.401	Č.2130
6	1		Ležaj 6308	SRPS M.C3.506	
7	1		Desni deo kućišta	15.008	Sl 150
8	1		Zaptivni prsten ∅ 48	DIN 5419	
9	1		Prsten sa zavrtnjem	15.003	Č.0345
10	1		Klin 14x9x45	SRPS M.C2.061	Č.0545.5
11	1		Zupčanik	15.004	Č.1230
12	1		Vratilo	15.2	Č.0745
13	1		Zaptivni prsten ∅ 45	DIN 5419	
14	1		Ležaj 20208	SRPS M.C3.506	
15	1		Levi deo kućišta	15.006	Sl 150
16	1		Poklopac levog kućišta	15.007	Sl 150
17	2		Zaptivni prsten ∅ 40	DIN 5419	

							Merilo: 1:2	
					Datum	Ime	**VRATILO SA ELEMENTIMA**	
				Obradio	20.5.1997.	Obad Srećko		
				Ispitao	16.6.1997.	Skendžić Milan		
				Stand.				
				Označio				
				Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku Novi Sad			**14.2**	list: 2 listova: 2
								L:
St.i.	Izme.	Datum	Ime					

15. RADIONIČKI CRTEŽI

Radionički crtež predstavlja crtež jednog predmeta, **na osnovu kojeg će se predmet napraviti u radionici.** Koristi se ortogonalni crtež, a vrlo retko aksonometrijski. Elementi radioničkog crteža su:

- dovoljan broj ortogonalnih pogleda,
- kote,
- oznake za kvalitet hrapavosti površina,
- tolerancije mera,
- tolerancije oblika i položaja,
- posebna tabela sa odgovarajućim podacima za zupčanike i lančanike,
- podaci za termičku obradu ili druge postupke obrade,
- zaglavlje za crtež i
- napomena.

Dovoljan broj ortogonalnih pogleda

Treba nacrtati minimalno potreban broj ortogonalnih pogleda (karakterističan broj). Ovo je detaljno objašnjeno u poglavlju 6.

Kote

Kote treba tako dati da se zadovolje sva pravila kotarinja data u poglavlju 8.

Oznake za kvalitet hrapavosti površina

Oznake za kvalitet hrapavosti površina daju se prema funkciji i ulozu dela u sklopu. Moraju biti u skladu sa tolerancijama mera i tolerancijama oblika i položaja.

Tolerancije mera

Tolerancije mera daju se samo za one kote koje su od važnostu za funkciju dela u sklopu (poglavlje 12).

Tolerancije oblika i položaja

Važi isto kao za tolerancije mera. Detaljno dato u poglavlju 13.

Posebna tabela sa odgovarajućim podacima koji se ne mogu na crtežu dati

Ovo se odnosi na radionički crtež zupčanika, lančanika i sličnih delova koji se uprošćeno crtaju, te se zbog toga ne mogu na crtežu potpuno kotirati. One dimenzije koje se ne mogu, zbog uprošćenog crtanja, kotirati daju se u posebnoj tabeli (sl.10.70, tabela 10.8).

Podaci za termičku obradu ili druge postupke obrade

Daju se potrebne vrednosti parametara termičke obrade koje treba postići. Isto se odnosi i za neke druge postupke ili zahteve pri izradi.

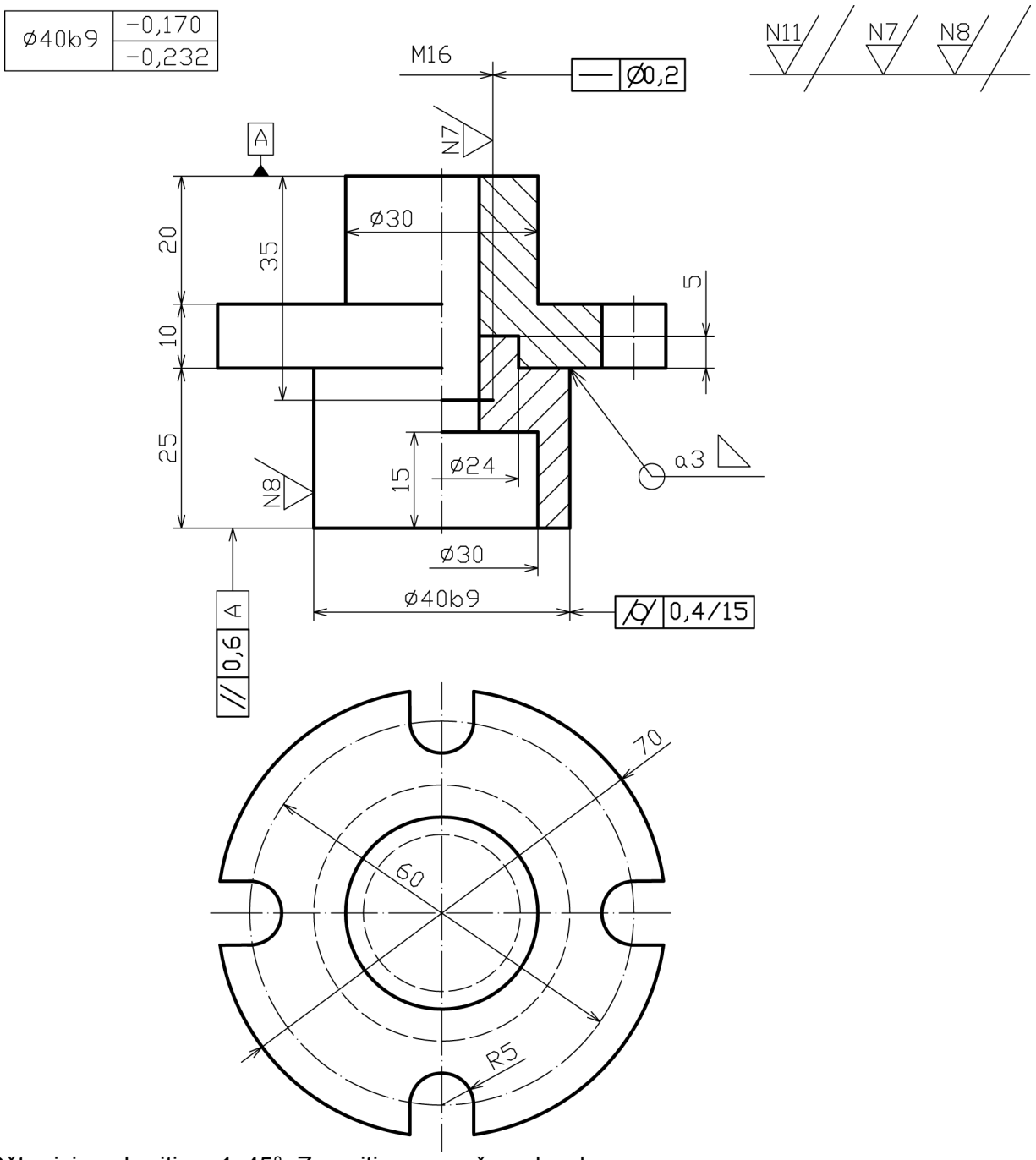
Zaglavlje za crtež

Na radioničkom crtežu je obavezno zaglavlje za crtež. Preporučeno zaglavlje za crtež dato je u poglavlju 3. Po potrebi se može menjati i prilagoditi proizvo|ačima, instiricijama ili korisnicima.

Napomena

U okviru napomene može se rečima reći sve ono što je nemoguće ili komplikovano crtežom, a što je u skladu sa svim ostalim pravilima tehničkog crtanja.

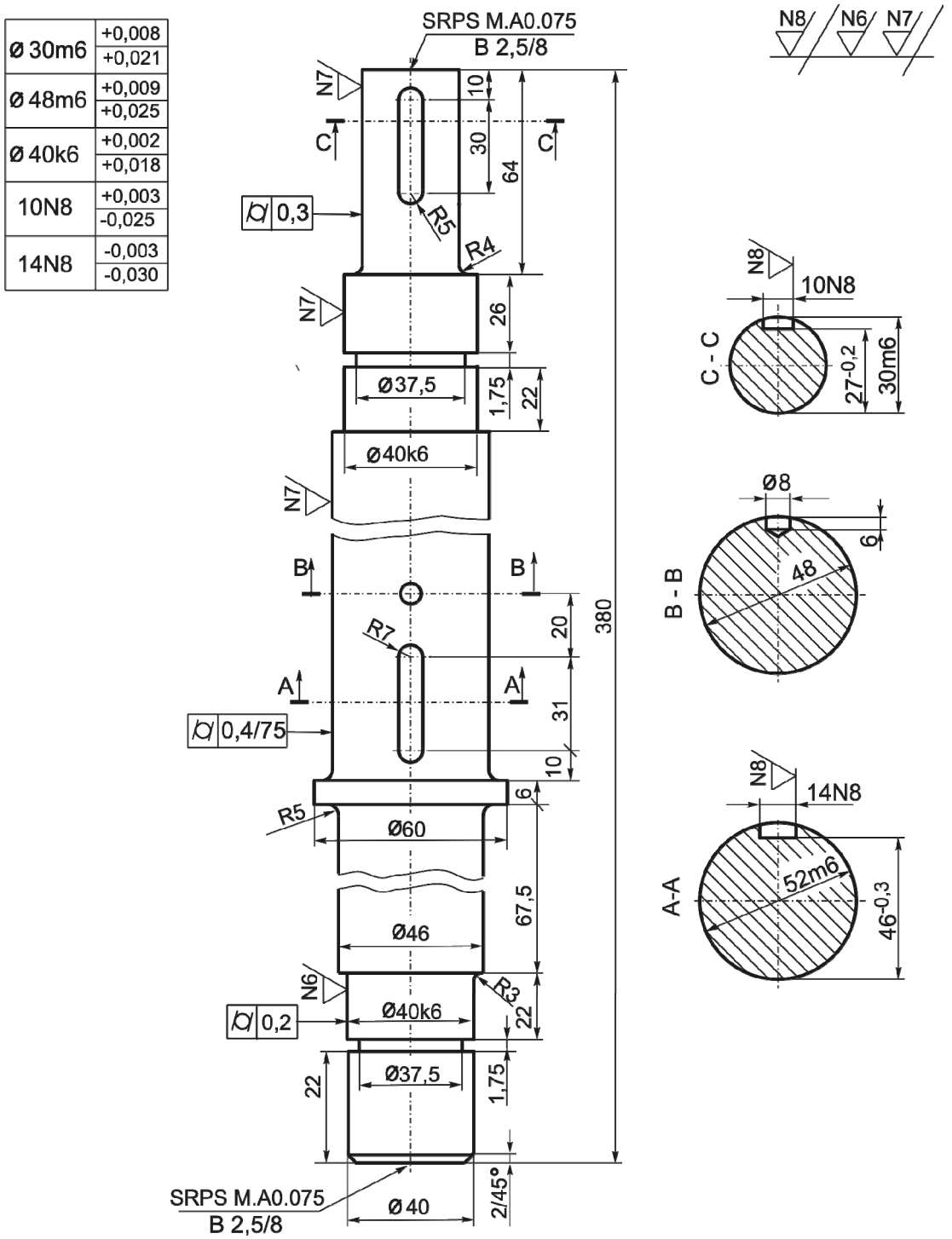
Na cretžu broj 15.1 prikazan je radionički crtež nosača. Sastoji se iz dva dela koja se zavaruju. Na crtežu broj 15.2 nacrtano je vratilo iz prethodnog sklopa (crtež broj 14.2). Na oba primera predvi|ene su tolerancije mera, tolerancije oblika i položaja i definisan kvalitet površina.



Oštre ivice oboriti na 1x45°. Zavariti pre završne obrade.

				SRPS M.A1.410 normalni		N11	Merilo: 1:1 (Masa kg/kom) Č.0545
					Datum	Ime	**NOSAČ**
				Obradio	12.6.1997.	Obad Srećko	
				Ispitao	23.6.1997.	Skendžić Milan	
				Stand.			
				Označio			
				Poljoprivredni fakultet, Departman za poljoprivrednu tehniku Novi Sad			**15.1** list L: 239
t.i.	Izme.	Datum	Ime				

Ø 30m6	+0,008	+0,021
Ø 48m6	+0,009	+0,025
Ø 40k6	+0,002	+0,018
10N8	+0,003	-0,025
14N8	-0,003	-0,030



14.2	SRPS M.A1.410 suženi	N8	Merilo: 1:2 Č.0745 / (Masa kg/kom)

					Datum	Ime
				Obradio	12.6.1997.	Obad Srećko
				Ispitao	23.6.1997.	Skendžić Milan
				Stand.		
				Označio		
St.i.	Izme.	Datum	Ime			

VRATILO

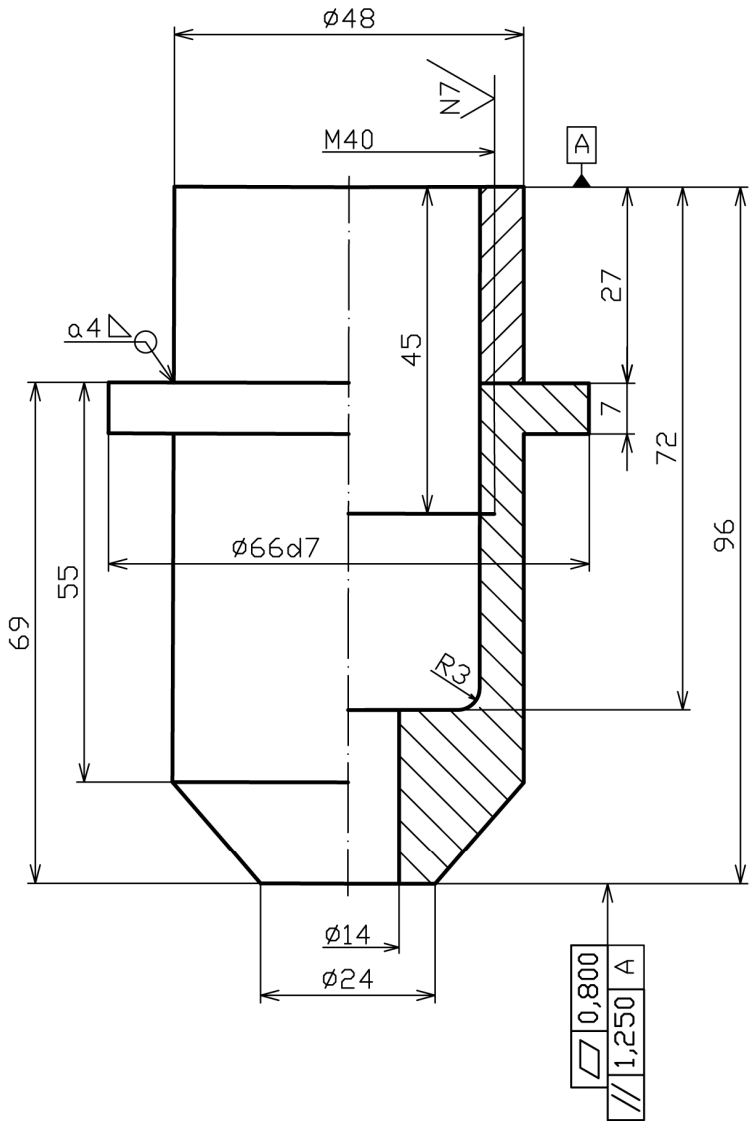
Poljoprivredni fakultet, Institut za poljoprivrednu tehniku
Novi Sad

15.2

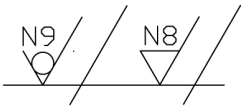
list L:240

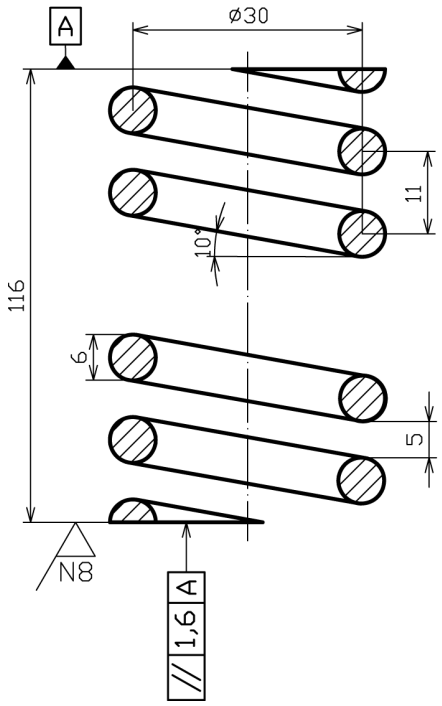
Ø66d7	−0,100
	−0,130

N8 / N7



				SRPS M.A1.410 normalni		N8	Merilo: 1:2 Č.0745	(Masa kg/kom)	
					Datum	Ime	**NOSAČ**		
				Obradio	09.02.2011.	Danilovac Jovan			
				Ispitao	23.02.2011.	Skendžić Milan			
				Stand.					
				Označio					
				Poljoprivredni fakultet Univerzitet u Novom Sadu			**2.0**	list	
								L:240	
St.i.	Izme.	Datum	Ime						





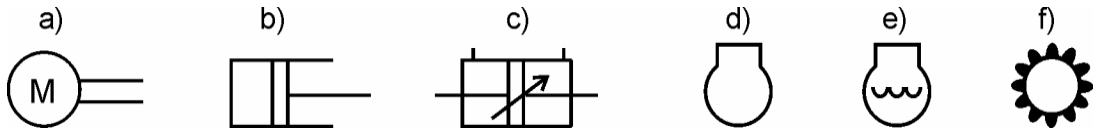
Broj celih zavojaka 10. Kaliti na 240 HB. Krutost opruge c=134 N/mm.

						N9	Merilo: 1:2 Č.2330	(Masa kg/kom)
					Datum	Ime		
				Obradio	09.02.2011.	Danilovac Jovan	**OPRUGA**	
				Ispitao	23.02.2011.	Skendžić Milan		
				Stand.				
				Označio				
				Poljoprivredni fakultet Univerzitet u Novom Sadu			**3.0**	list L:240
St.i.	Izme.	Datum	Ime					

16. ŠEMATSKI CRTEŽI

Šematski crtež je crtež više delova u sklopu, kod kojeg se delovi prikaziju pomoću grafičkih simola. Za neke od stručnih tehničkih oblasti grafički simboli su definisani nacionalnim i međunarodnim standardima kao što je: elektrotehnika, hidraulika, pneumatika, merni instrumenti, delimično mašinski elementi itd. Za neke oblasti simboli nisu standardima definisani, međutim, u literatuti se uglavnom koriste isti, opšte prihvaćeni i prepoznatljvi, kao što su mašinski elementi, mehanika mašina itd. Može se reći da za najveći broj tehničkih stručnih oblasti postoje simboli, bilo standardima definisani ili opšte prihvaćeni u stručnoj literaturi.

U mašinstvu, simbolima se predstavljaju pojedinačni delovi mašina (vratilo, zupčanik itd.) kao i složenije celine, podsklopovi, sklopovi i uređaji. Na primer elektromotor, koji se sastoji iz mnogo delova, podsklopova i sklopova, definisan je jednim jednostavnim grafičkim simbolom (sl. 16.1,a). Predmet se može okvirno definisati opštim simbolom, npr. klip (sl. 16.1,b) na kojem nisu prikazani ostali detalji bitni za klip. Nasuprot tome, može se detaljnije prikazati predmet crtanja, njegov izgled i funkcija, na primer da je klip dvosmernog dejstva sa prigušenjem (sl. 16.1,c).



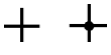
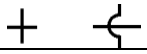
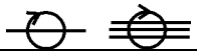
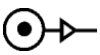
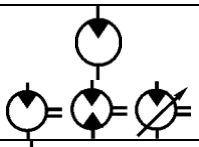
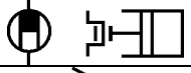
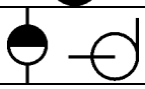
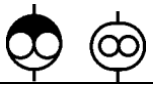
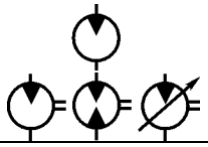
Sl. 16.1: Neki simboli za šematske crteže
a) simbol za elektromotor, b) opšti simbol za klip i hidraulični cilindar, c) klip dvosmernog dejstva sa prolaznom klipnjačom, d) opšti simbol za motor SUS, e) nivo vode u sistemu za hlađenje motora, f) opšti simbol za transmisiju

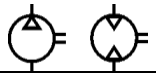
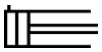
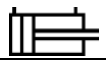
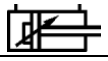
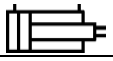
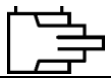
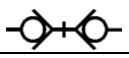
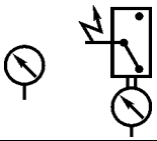
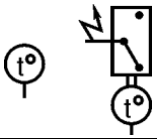
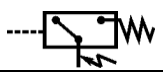
Simboli su takvog grafičkog izgleda da asociraju na predmet predstavljanja (sl. 16,d,e,f), jednostavni su za crtanje, ne crtaju se u razmeri i uglavnom se crtaju istom debljinom, osim ako to simbolom nije drugačije definisano. Neki od simbola iz hidraulike i elektrotehnike, koji su definisani SRPS i ISO standardima dati su u tabelama 16.1 i 16.2. Opšteprihvaćeni simboli za mašinske elemente i mehanizme dati su u tabeli 16.3, a za uređaje za navodnjavanje u tabeli 16.4. Grafički simboli u navedenim tabelama su samo neki od mnogobrojnih koji se mogu koristiti. Da bi se šematski crtež nacrtao ili pročitao moraju se poznavati svi raspoloživi grafički simboli.

Grafički simbili se koriste i za razna obaveštenja i upozorenja na radnim mašinama. U tabelama 16.5 i 16.6 prikazani su neki od ovih simbola namenjenih za traktore i mašine za poljoprivredu i šumarstvo. Svrha ovih simbola je da obaveste i ukažu na radne komande, da upozore na potencijalne opasnosti pri radu i da ukažu kako izbeći opasnosti i povrede.

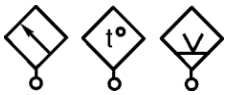
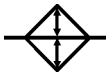
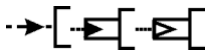
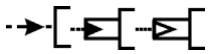
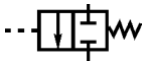
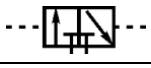
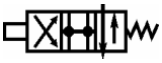
Šematski crteži čine deo tehničke dokumentacije. Ne mogu biti konstrukcioni crteži, već se koriste uz proračune, uputstva za rukovanje, uputstva za održavanje itd.

Tabela 16.1: Simboli za hidrauličke šeme (izvod iz SRPS L.N1.002 do SRPS L.N1.007)

Značenje	Simbol
LINIJE Radni, povratni i usisni vod	
Upravljački vod	
Drenažni vod	
Električni vod	
Savitljiva cev (cevovod)	
Spojevi vodovoda	
Ukrštanje vodovoda	
Oduška	
Obrtni spojevi	
IZVOR ENERGIJE Izvor pritiska	
Izvor hidrauličkog pritiska	
Izvor pneumatskog pritiska	
PUMPE Opšta oznaka Stalne i promenljive zapremine	
Klipna	
Ručna menbranska	
Menbranska	
Centifugalna	
Krilna	
Zupčasta	
Pumpa kada joj tehnički podaci nisu određeni	
MOTORI Električni motor	
Toplotni motor	
Hidromotor: opšta oznaka hidromotori stalne i promenljive radne zapremine	
Hidromotor zakretni	

Pneumatski motor	
Pneumatski zakretni motor	
PUMPA-HIDROMOTOR Stalne i promenljive rane zapremine	
Hidrostatički prenosnik kao jedinica	
CILINDRI Jednosmernog dejstva	
Dvosmernog dejstva sa jednostranom klipnjačom	
Dvosmernog dejstva sa prolaznom klipnjačom	
Sa prigušenjem	
Diferencijalni	
Teleskopski jednosmernog dejstva	
Teleskopski dvosmernog dejstva	
UREĐAJI ZA PRENOŠENJE ENERGIKE I DOPUNSKI UREĐAJI Akumulator	
Rezervoar povezan sa atmosferom i rezervoar pod pritiskom	
Brzodelujuća spojnica	
Priključak na izvor energije	
Manometar i kontakt manometar	
Termometar i kontakt termometar	
Slavina	
Pritisni prekidač	
Merač zapreminskog protoka	

Nastavak tabele 16.1:

Značenje	Simbol
Merni davači	
Regulator temperature	
Hladnjak	
Hladnjak sa vodovima za rashlađivanje	
Filter	
Predgrejač	
Izdvajač vode	
Sušač	
Zauljivač	
NAČIN AKTIVIRANJA Tasterom sa dugmetom	
Polugom	
Pedalom	
Oprugom	
Točkićem	
Elektromagnetom i elektromotorom	
Pritiskom direktno i indirektno	
Zaustavljač	
VENTILI ZA UPRAVLJ. I REGUL. ENERGIJE Razvodni ventil 2/2 (2 otvora, 2 položaja)	
Razvodni ventil 3/2	
Razvodni ventil 4/2	
Razvodni ventil 4/3	
Nepovratni ventil	

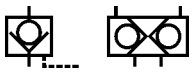
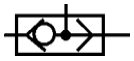
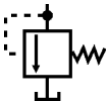
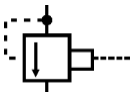
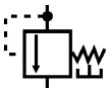
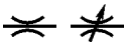
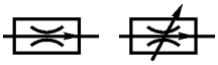
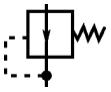
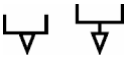
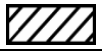
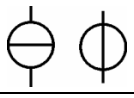
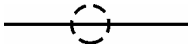
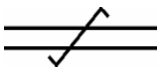
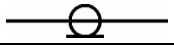
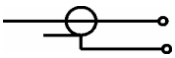
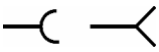
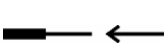
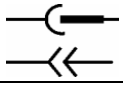
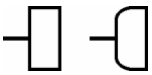
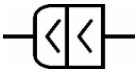
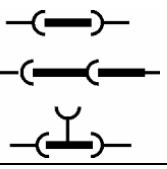
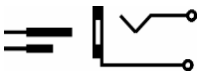
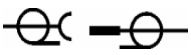
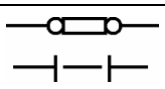
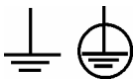
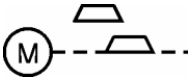
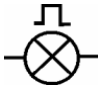
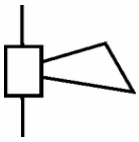
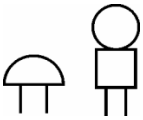
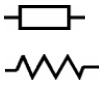
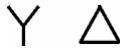
Blokirajući ventili	
Nepovratno prigušni ventil	
Naizmenični ventil	
Ventil za ograničenje pritiska	
Proporcionalni ventil za ograničenje pritiska	
Redosledni ventil	
Prigušni ventili	
Ravni zaporni ventil	
Ugaoni zaporni ventil	
Ravni sigurnosni ventil	
Ugaoni sigurnosni ventil	
Nepovratni klapet ventil	
Regulator protoka: sa stalnim i promenljivim protokom	
Regulator pritiska	
Raspodeljivač protoka	
Zasun	
Priključak za napajanje vodom	
Ispitni otvor bez priključka sa navojem za priključak	
Prigušivač šumova	

Tabela 16.2: Simboli na električnim šemama (izvod iz SRPS N.A3.002 do 008)

Simbol	Značenje
Jednosmerna struja	
Naizmenična struja	
Jednosmerno prostiranje energije ili signala	
Dvosmerno prostiranje u oba smera, prijem - predaja	
Neistovremeno prostiranje u oba smera (naizmenična predaja i prijem)	
Predaja	
Prijem	
Magnetni materijal	
Poluprovodnički materijal	
Izolacioni materijal	
Termički uticaj	
Elektromegnetni uticaj	
Magnetostriktivni uticaj	
Uticaj ili zavisnost od magnetnog polja	
Kašnjenje	
Pozitivni impuls - signal	
Negativni impuls - signal	
Impuls (signal) naizmeničnom strujom	
Izvor napona	
Idealan izvor: struje, napona	
Kvar (mesto pretpostavljenog kvara)	
Proboj	
Provodnik	
Savitljivi provodnik	
Provodnik sa ekranom	
Pougen provodnik	
Kabl (trožilni kabl)	
Koaksijalna parica	
Koaksijalna parica spojena na krajevima	
Nepovezani delovi provodnika ili kabla	
Priključnica, natikač, ženski kontakt	
Utikač, muški kontakt	
Muški i ženski kontakt	
Konektor: učvršćen i slobodan	
Spareni konektor	
Konektor: U - veza, dvostrani utikač, dvostrani utikač sa priključnicom	
Telefonski utikač (džep) i telefonsko gnezdo (džek)	
Telefonska priključnica za razdvajanje	
Koaksijalni utikač i natikač	
Kontakt ostvaren pritiskom	
Spojna veza, zatvorena	
Spojna veza, otvorena	
Uzemljenje: opšti simbol, zaštitno	
Kočnica i elektromotor sa kočnicom	
Pokazni instrument - opšta oznaka	
Voltmetar	
Pokazivač maksimuma aktivne snage	

Nastavak tabele 16.2:

Značenje	Simbol
Tahometar (pokazivač broja obrtaja)	
Sijalica, opšti simbol	
Signalna sijalica, trepćuća	
Elektromehanički pokazivač	
Elektromehanički pokazivač položaja, jedan položaj isključenja, a dva položaja uključenja	
Zvučni alarm, truba	
Zvono	
Polarnost pozitivna i negativna	+ -
Otpornik, opšti simbol, drugi oblik	
Promenljivi otpornik	
Promenljivi otpornik od ugljenih ploča	
Induktivni otpornik	
Grejni element	
Veza otpornika u zvezdu i trougao	
Stator - trofazni namotaji spojeni u zvezdu	

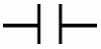
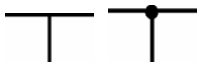
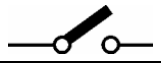
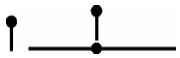
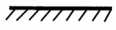
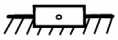
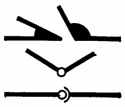
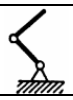
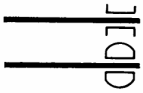
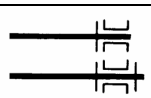
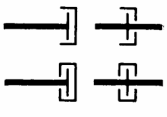
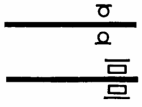
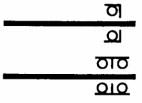
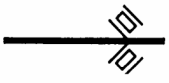
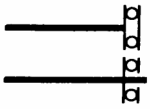
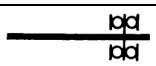
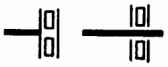
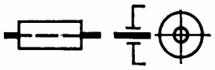
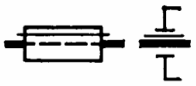
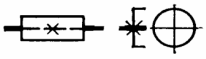
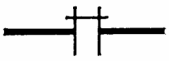
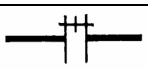
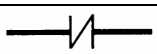
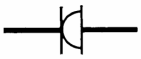
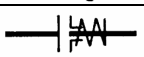
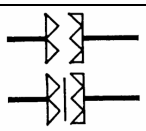
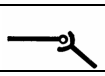
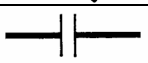
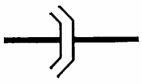
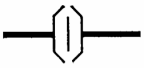
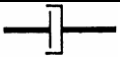
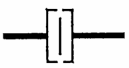
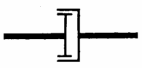
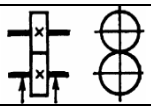
Stator - trofazni namotaji spojeni u trougao	
Kondenzator	
Priključna mesta i spojevi provodnika	
Spoj provodnika u liniji	
Digitalni signal	#
Analogni signal	
Izvor potencijala	
Izvor napona	
Izjednačenje potencijala	
Stalni magnet	
Klizni kontakt	
Ispitna tačka	
Radioaktivno zračenje (gromobran)	
Eksplozivne prostorije	Ex
Senzor blizine	
Senzor dodira	
Osigurač, opšti simbol	
Osigurač	
Sklopka sa osiguračem	

Tabela 16.3: Simboli za mašinske elemente i mehanizme

Značenje	Simbol
Vratilo, osovina, polužni član mehanizma	
Nepokretni član mehanizma	
Klizač - translatorni kinematički član	
Klizač u nepokretnoj stublini	
Kulisni kinematički par	
Kinematička veza: čvrsta, zglobna i sferna	
Kinemtička veza za nepokretan član: zglobna, sferna	
Tri kinematička člana	
Kinematički prostorni par	
Rotaciona kinematička veza prostornog para	
Klizni ležajevi: radijalni radijalno podešljivi	
Klizni ležaj nepomičan sa: jedne strane sa obe strane	
Klizni aksijalni ležaj sa dodirom: sa jedne strane sa obe strane	
Kotrljajni radijalni ležaj: sa kuglicama sa valjčićima	
Radijal. aksijalni kot. lež.: jednosmerni dvostrani	
Radijalno aksijalni kotrljajni ležaj sa valjčićima	
Radijalno aksijalni kotrljajni ležaj sa dva reda valjčića	

Aksijalni kotrljajni ležaj sa jednim redom kuglica	
Aksijalni kotrljajni ležaj sa dva reda kuglica	
Aksijalni kotrljajni ležaj sa jednim redom valjčića	
Deo na vratilu koji je mimo vratila	
Deo na vratilu koji se slobodno obrće i klizi po vratilu	
Deo na vratilu koji se obrće zajedno sa vratilom	
Čvrsto spajanje dva vratila	
Čvrsto spajanje dva vratila sa osiguranjem od preopterećenja	
Elastično spajanje dva vratila	
Šarnirno (zglobno) spajanje dva vratila	
Teleskopsko spajanje dva vratila	
Kardansko vratilo	
Sigurnosna spojnica	
Zupčasta spojnica: jednostrana dvostrana	
Zglavkasta spojnica	
Frikciona spojnica - opšta oznaka	
Frikciona konična jednostrana spojnica	
Frikciona konična dvostrana spojnica	
Diskosna jednostrana spojnica	
Diskosna dvostrana spojnica	
Lamelasta spojnica	
Cilindrični frikcioni prenosnik	

Nastavak tabele 16.3:

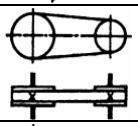
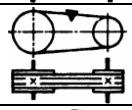
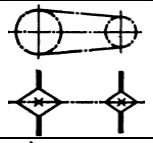
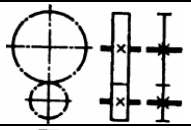
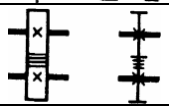
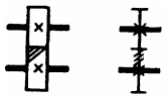
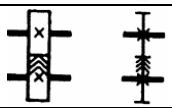
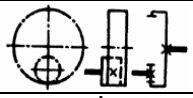
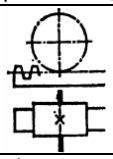
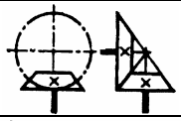
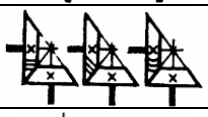
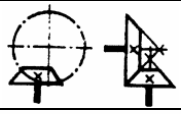
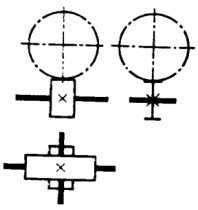
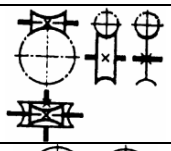
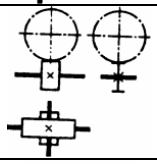
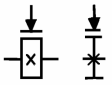
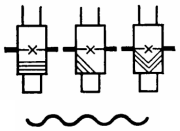
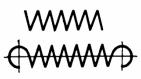
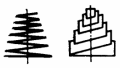
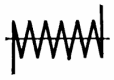
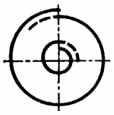
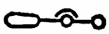
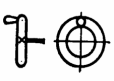
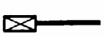
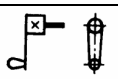
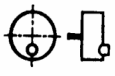
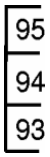
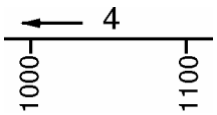
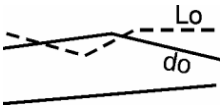
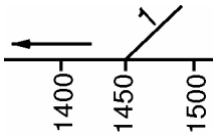
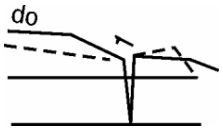
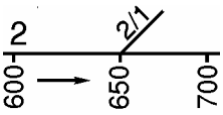
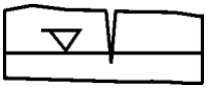
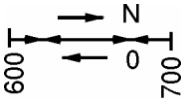
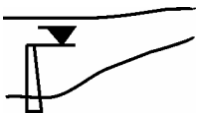
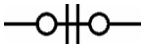
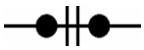
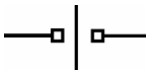
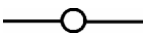
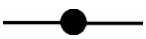
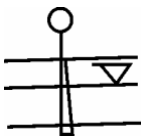
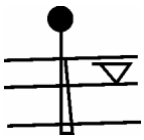
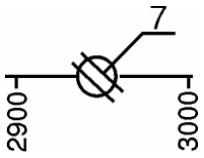
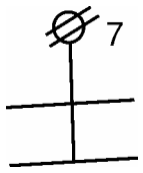
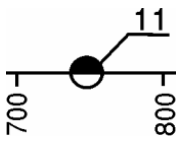
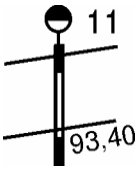
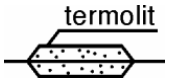
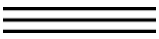
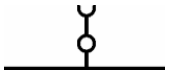
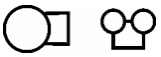
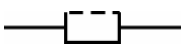
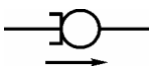
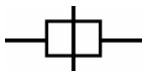
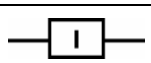
Značenje	Simbol
Konični frikcioni prenosnik	
Pljosnati kaišni prenosnik	
Remeni prenosnik	
Stepenasti kaišnik	
Lančani prenosnik	
Cilindrični zupčasti par sa spoljašnjim zupčanjem, bez oznake kosine zubaca	
Cilindrični zupčasti par sa pravim zupcima	
Cilindrični zupčasti par sa kosim zupcima	
Cilindrični zupčasti par sa strelastim zupcima	
Cilindrični zupčasti par sa unutrašnjim zupčanjem	
Zupčanik u sprezi sa zupčastom letvom	
Konični zupčasti par bez oznake kosine zubaca	
Konični zupčasti par sa pravim zupcima	
Hipoidni zupčasti par za mimoilazna vratila	
Pužni cilindrični par	
Pužni globoidni par	
Zupčasti hiperboloidni (vijačni) par za mimoilazna vratila	
Zamajac na vratilu	
Kočnica	
Zavrtanj za transformaciju kretanja	
Navrtka na stablu zavrtnja sa kuglicama	
Razdvojiva navrtka na stablu zavrtnja	
Cilindrična opruga: pritisna i istežuća	
Cilindrična konična pritisna opruga	
Cilindrična zavojna opruga	
Spiralna opruga	
Lisnata opruga	
Lisnata opruga - gibanj	
Tanjirasta opruga	
Poluga za ukjljučivanje	
Točkić za ručno pokretanje	
Pomerljiva ručica na kraju vratila	
Ručica	
Ekscentar	

Tabela 16.4: Simboli uređaja za navodnjavanje

Značenje	Simbol
Označavanje kota - visine	
Visinska ravan - nivo	
Nivo vode	
Ravan gradnje	
Kanal za unutrašnje vode (njivski kanal), 4 - broj kanala	
Kanal za unutrašnje vode u preseku lo - leva obalo do - desna obala	
Priključak za kanal	
Priključak za kanal u uzdužnom preseku	
Zalivni kanal broj 2. Ukrštanje sa kanalom nižeg reda (2/1)	
Zalivni kanal	
Kanal sa dvojnom funkcijom - odvodnjavanje i navodnjavanje	
Odbrambena linija visoke obale	
Brana - pregrada za vododerine	
Brana - pregrada za vododerine u preseku	
Planirana brana - pregrada za vododerine	
Cevni propust, sifon	
Planirani cevni propust, sifon	
Diker ili sifon	
Most - propust	
Planirani most - propust	
Propust za rekonstrukciju u uzdužnom preseku	
Planirani propust za rekonstrukciju u uzdužnom preseku	
Propust za rušenje	
Propust za rušenje u uzdužnom preseku	
Propust za rekonstrukciju	
Propust za rekonstrukciju u preseku	

Nastavak tabele 16.4:

Značenje	Simbol
Betonski zaštitni zid za cev	
Izolovana cev	
Razne prostirke	
Centralni bunar	
Reni bunar - bunar sa drenovima	
Sabirni bunar	
Bunar pijaće vode	
Kaptaža izvora	
Filtraciona galerija	
Pumpna stanica	
Objekat za zahvat vode	
Vodotoranj	
Otvoreni bazen vode	
Zatvoreni bazen vode, jednokomorni i višekomorni	
Šaht za čišćenje	
Upojni šaht	
Šaht za pad	
Šaht sa ustavom	
Šaht sa kliznim zatvaranjem	

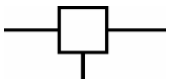
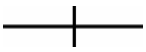
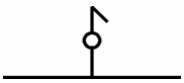
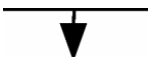
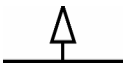
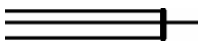
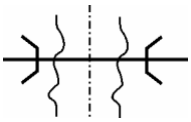
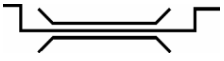
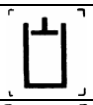
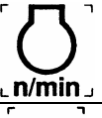
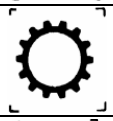
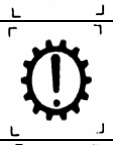
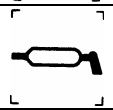
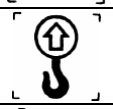
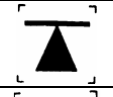
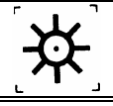
Brzotok	
Sigurnosni preliv	
Preliv	
Stepenica u dnu	
Slivnik za kanalizaciju	
Slivnik za kanalizaciju pored vode	
Baštenski hidrant	
Zatvarač	
Centralni ispust	
Nadzemni protivpožarni hidrant	
Podzemni protivpožarni hidrant	
Oprema za pražnjenje	
Ventil za ozračavanje	
Ugradbena garnitura zatvarača	
Usisavanje vazduha	
Zaštitna cev	
Cevni most	
Tabla za označavanje	
Prevođenje cevovoda preko mosta	

Tabela 16.5: Simboli obaveštavanja na traktorima i ostalim poljoprivrednim mašinama (izvod iz ISO 3767-1,2/1991.)

Značenje	Simbol
Motor - opšti simbol	
Startovanje motora	
Pomoć za startovanje motora pri niskim temperaturama	
Hidraulični sistem	
Kočioni sistem	
Ulje - opšti simbol	
Pritisak ulja za podmazivanje u motoru	
Hladnjak - opšti simbol	
Nivo vode u sistemu za hlađenje	
Temperatura u sistemu za hlađenje	
Kvar - opšti simbol. Koristi se u kombinaciji sa drugim simbolima.	
Kvar na motoru	
Električni grejač - pomoć za startovanje motora	
Broj obrtaja motora	
Smer kretanja vazduha. Koristi se u kombinaciji sa drugim simbolima.	
Usisavanje vazduha	

Izduvni otvor	
Uključeno - uključivanje	
Isključeno - isključivanje	
Uključeno - isključeno	
Zaprljanost usisnog vazduha	
Pritisak izduvnih gasova	
Prenos kretanja zupčanicima - transmisija	
Podmazivanje transmisije	
Pritisak ulja za podmazivanje transmisije	
Kvar u transmisiji	
Brzo	
Sporo	
Mesto za podmazivanje sa mastima	
Mesto za podmazivanje uljem	
Tačka za podizanje	
Tačka za oslanjanje	
Sečka	

Nastavak tabele 16.5:

Značenje	Simbol
Traktor - osnovni bočni pogled	
Traktor - osnovni pogled odozgo	
Traktor - uključivanje prednje vuče	
Traktor - klizanje točkova	
Podešavanje točka. Pomeranje levog točka napolje.	
Podešavanje točka. Pomeranje levog točka unutra.	
Blokiranje diferencijala	
Priključno vratilo	
Priključno vratilo. Smer obrtanja	
Kombajn - osnovni pogled	
Elevator na kombajnu - osnovni simbol	
Elevator za pražnjenje bunkera zrna na kombajnu	
Elevator zrna na kombajnu	
Kombajn. Pogon uređaja za čišćenje.	

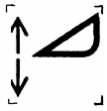
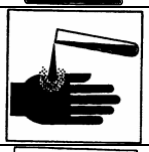
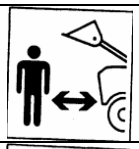
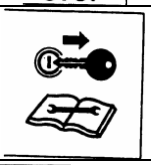
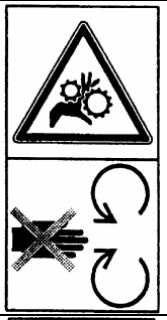
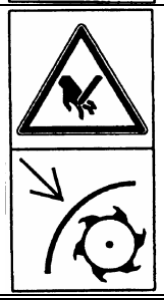
Heder kombajna	
Podešavanje visine hedera	
Podešavanje visine vitla	
Podešavanje vitla napred - nazad	
Podešavanje zazora između bubnja i podbubnja	
Podešavanje sita	
Bubanj	
Slamotres	
Elevator za zrno - istovar	
Berač pamuka - osnovni simbol	
Silažni kombajn - osnovni simbol	
Mašina za brdske uslove rada	
Obrađena površina za jedan dan	
Indikator održavanja	

Tabela 16.6: Simboli upozorenja i načina izbegavanja opasnosti na traktorima i ostalim poljoprivrednim mašinama (izvod iz SRPS ISO 11684/1997.)

Značenje	Simbol
Bezbednosno upozoravajući trougao. Unutar njega stoje simboli.	
Bezbednosno upozoravajući trougao. Opšte upozorenje.	
Kaustične tečnosti. Hemijske opekotine na prstima i šaci.	
Otrovni dim ili toksični gasovi.	
Pad na valjke mašine.	
Lomljenje prstiju ili šake. Sila deluje odozgo.	
Lomljenje prstiju ili šake. Sila deluje odozdo.	
Lomljenje celog tela. Sila deluje odozgo.	
Lomljenje. Spuštanje vrata mašine za baliranje.	
Lomljenje šake ili ruke. Traktorske poluge.	
Uvlačenje ruke u rotirajuće zupčanike.	
Izbačen leteći predmet. Rotaciona kosilica.	

Ostati van domašaja podignute strele i utovarne kašike.	
Postaviti podupirač pre nego što pređete u opasnu zonu.	
Nikada ne istovarati prikolicu na mekanoj podlozi na nagibu.	
Sačekati da se svi delovi mašine zaustave pre doticanja.	
Isključiti motor i izvaditi ključ pre pristupanja popravci ili servisiranju.	
Ne otvarati ili skidati zaštitne oklope dok motor radi.	
Nikada ne dolaziti na dohvat ili se penjati na kontejner žita dok mašina radi.	
Postaviti zaštitni oklop prilikom oštrenja noževa.	

16.1. VRSTE ŠEMATSKIH CRTEŽA

Postoji više vrsta šematskih crteže ili šema. Mogu se podeliti prema stručnoj oblasti na:

- hidraulične,
- električne,
- pneumatske,
- šeme vodovodne instalacije itd.

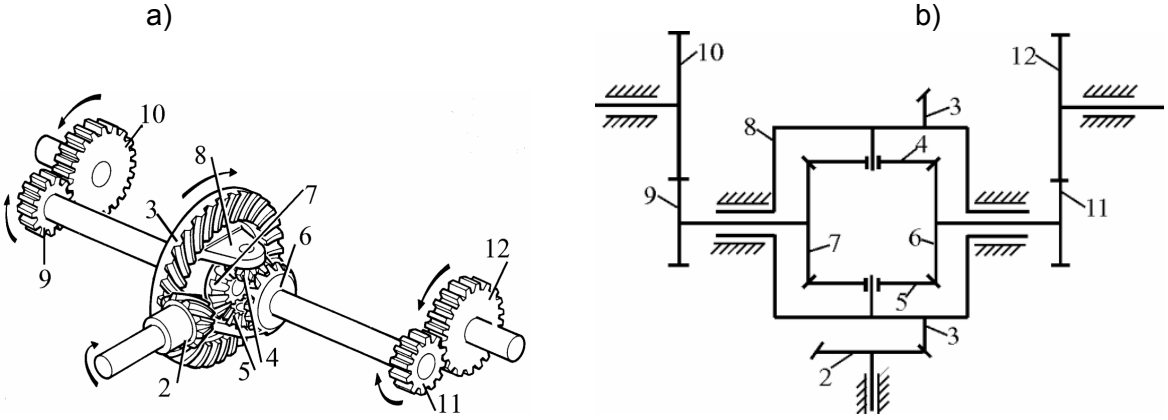
Prema nameni, bez obzira za koju stručnu oblast se koriste, šemastki crteži se dele na:

- kinematičke,
- strukturne,
- funkcionalne,
- tehnološke,
- blok šeme i
- kombinovane šeme.

Šematski crteži ne moraju imati pozicione brojeve, s obzirom na to da su delovi prikazani usvojenim grafičkim simbolima. Međutim, ako je u tekstu koji objašnjava šemu neophodno pozivati se na pojedine delove, treba dati i pozicione brojeve i ostale oznake, prema potrebi. Pozicioni brojevi se daju samo za one delovi na koje se tekst poziva.

Kinematička šema

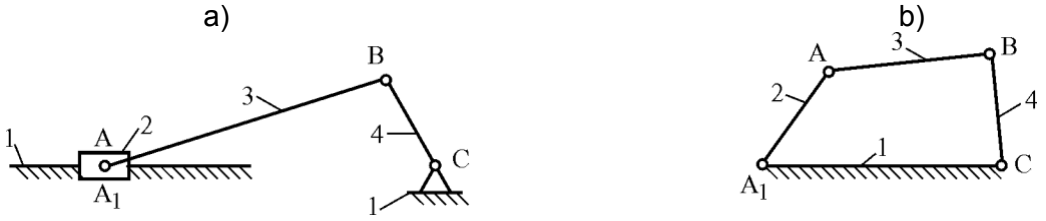
Kinematička šema ima zadatak da prikaže kretanje delova u sklopu i prenos snage od izvora (pogonskog dela) do radnih (gonjenih) delova mašine. Na sl. 16.2 prikazana je skica i kinematička šema pogona zadnjih točkova traktora.



Sl. 16.2: Diferencijalni planetarni mehanizam: a) skica, b) kinematička šema
2. pogonski zupčanik, 3. konični zupčanik, 4, 5. zupčanici sateliti, 6, 7. sunačani zupčanici, 8. nosač satelita, 9, 10, 11 i 12 zupčanici za pogon točkova

Strukturna šema

Strukturna šema ima zadatak da predstavi broj kinematičkih članova i njihovu uzajamnu kinematičku vezu. Na sl. 16.3,a prikazana je kinematička šema klipnog mehanizma motora, a na sl. 16.3,b njegova strukturna šema. Sa strukturne šeme se može pročitati da ima jedan nepokretan kinematički član (šrafirani, pozicija 1) i tri pokretna (2, 3 i 4). Kinematički član 2 je u rotacionoj kinematičkoj vezi sa 3 i 1, član 3 sa članovima 2 i 4, a 4 sa članom 1. Mehanizam je ravanski.



Sl. 16.3: Šematski crtež klipnog mehanizma motora: a) kinemtička, b) strukturna šema
1. stublina i oslonac radilice, 2. klip, 3. klipnjača, 4. radilica

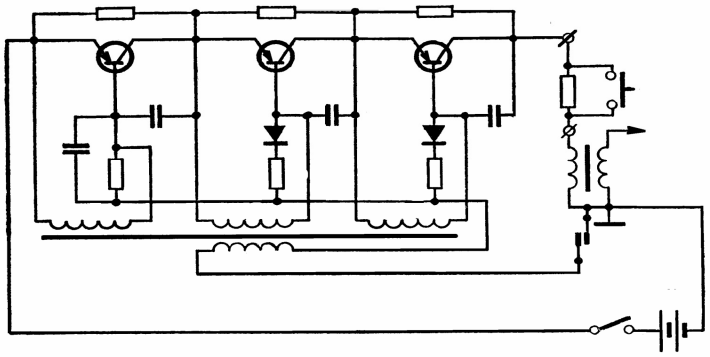
Funkcionalna šema

Funkcionalna šema treba da pokaže funkciju nekog uređaja ili mašine. Zavisno od toga šta se predstavlja može biti hidraulička, elektro ili neka druga šema. Na sl. 16.4 prikazana je funkcionalna elektro šema paljenja motora SUS, a na sl. 16.5 funkcionalna šema žitnog kombajna.

Žitna masa (poz. 1) zahvatana vitlom (2) i spiralnim transporterom (13) odlazi preko elevatora (14) između podbubnja (17) i bubnja (18). Na ovom mestu dolazi do odvajanja zrna od žitne mase, koje propada na sabirnu ravan (19) i odlazi na sita (23), a zatim pomoću elevatopra (21) u bunker za zrno (8). Spiralom za pražnjenje (6) zrno se transportuje iz bunkera u prikolicu. Slama iz bubnja i podbubnja odlazi na slamotres (10) i razbacuje se po njivi.

Funkcionalna šema centra za doradu semenske pšenice (sl. 16.6) pokazuje tok kretanja semena od prijema pa do uvrećavanja čistog, kalibriranog, zaštićenog i suvog semena.

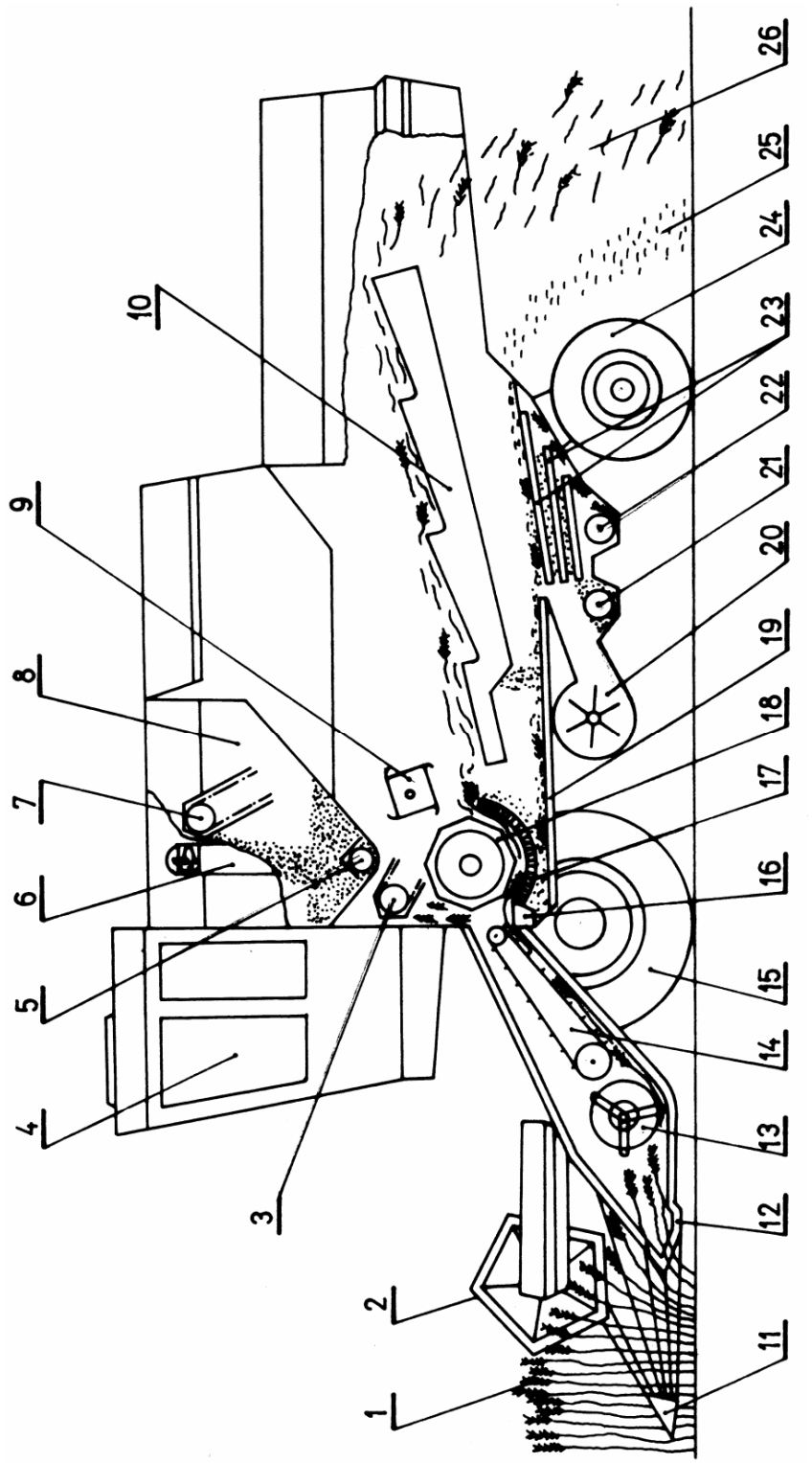
Detalj tehnološke šeme silosnog kompleksa prikazan je na sl. 16.7.



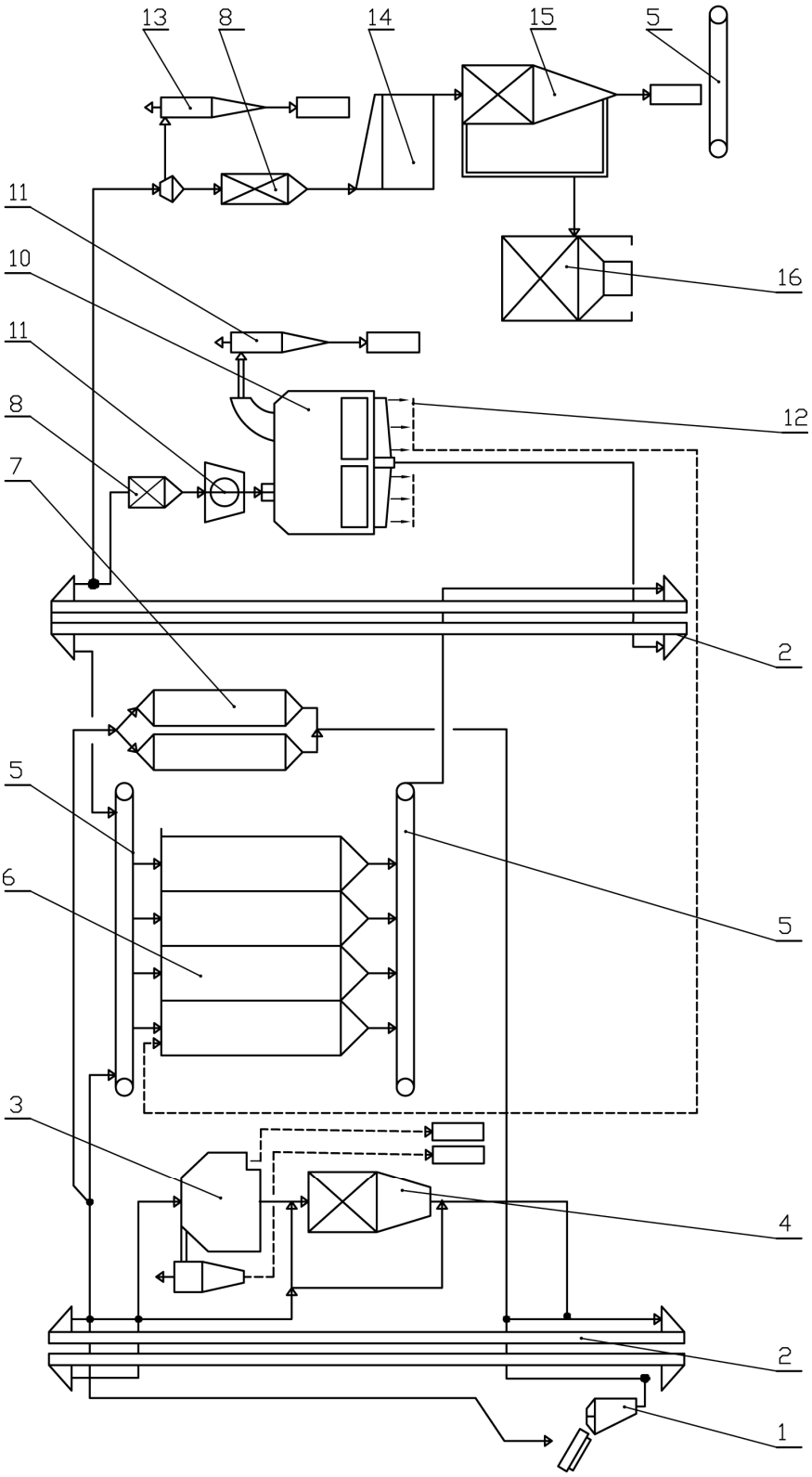
Sl. 16.4: Funkcionalna elektro šema paljenja motora SUS

Blok šema

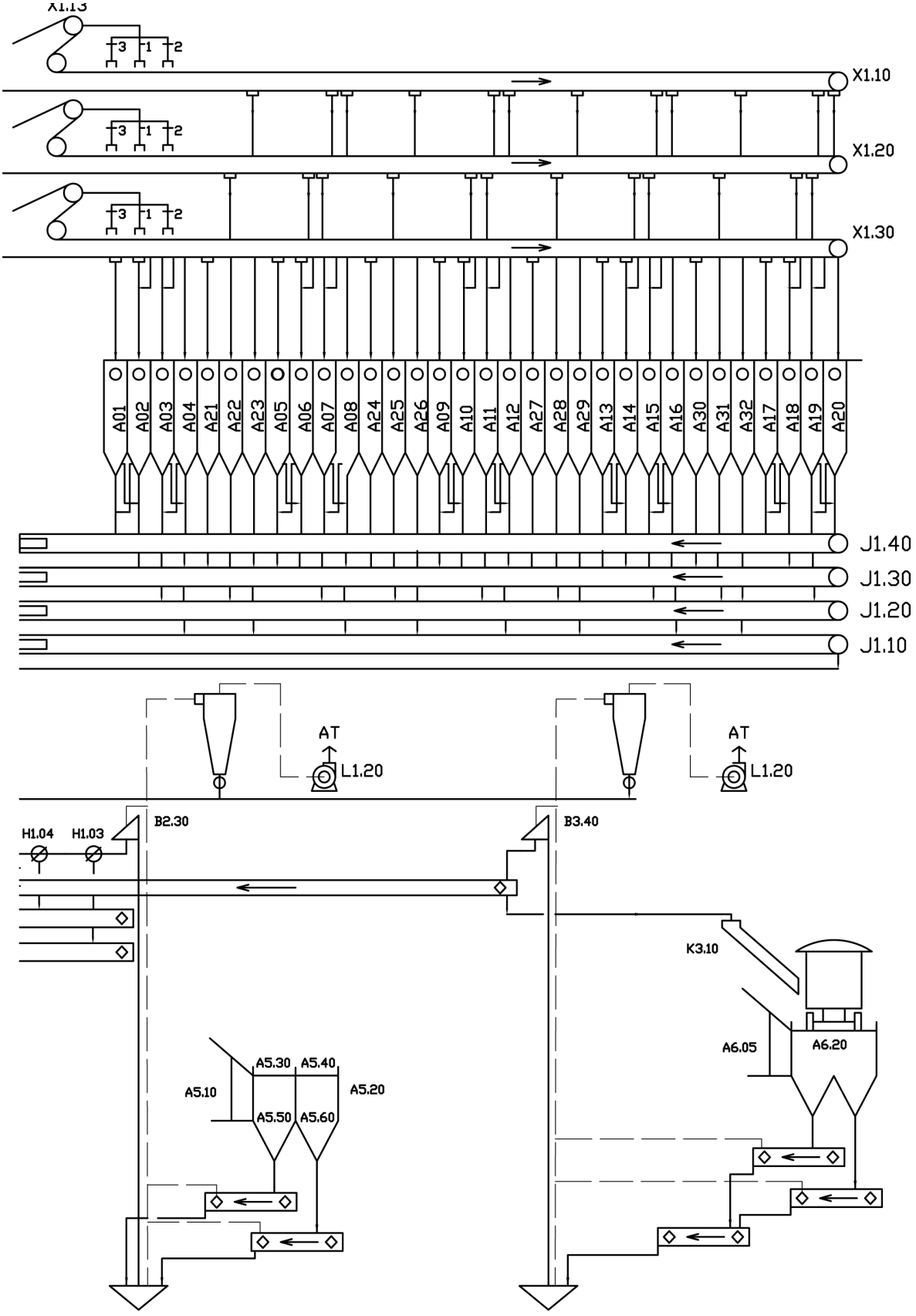
Blok šema je takva šema gde se delovi instalacije sasvim uprošćeno prikazuju blokovima (kvadratićima). Blok šema obavezno mora da ima pozicione brojeve i druge oznake, s obzirom da jedan kvadratić može da predstavlja, na primer i elektromotor i generator ili nešto treće. Primer blok šeme dat je na sl. 16.8, gde je prikazano merenje potrošnje goriva traktora.



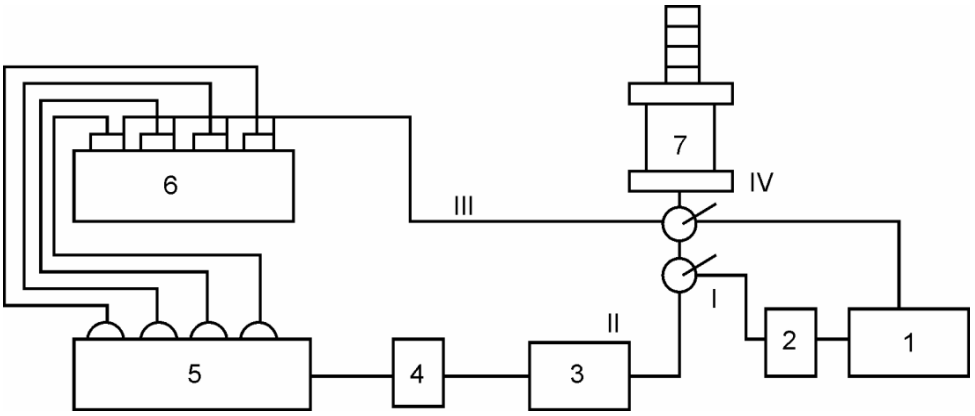
Sl. 16.5: Funkcionalna šema žitnog kombajna
1. žitna masa, 2. vitlo, 3. gornja spirala elevatora za neovršene klasove, 4. kabina, 5. donja spirala za pražnjenje bunkera, 6. produžetak spirale za pražnjenje bunkera, 7. gornja spirala elevatora za zrno, 8. bunker, 9. odbojni biter, 10. slamotres, 11. razdeljivač mase, 12. kosioni uređaj,13. spiralni transporter, 14. elevator hedera, 15. pogonski točkovi, 16. sakupljač kamena, 17. podbubanj, 18. bubanj, 19. kaskadna sabirna ravan, 20. ventilator, 21. donja spirala elevatora za zrno, 22. donja spirala elevatora za neovršene klasove, 23. sita, 24. upravljački točkovi, 25. pleva i sitna slama, 26. slama



Sl. 16.6: Funkcionalna šema centra za doradu semenske pšenice
1. prijemni koš, 2. elevator, 3. prečistač vlažnog zrna, 4. vaga, 5. transportne trake, 6. silos, 7. sušara, 8. prijemni bin, 9. aspirater sa rotacionim sitima, 10. čišćenje i kalibriranje semena, 11. vazdušna aspiracija, 12. očišćeno zrno, 13. ciklon, 14. tretiranje semena, 15. vaga – uvrećavanje, 16. filteri za vazduh



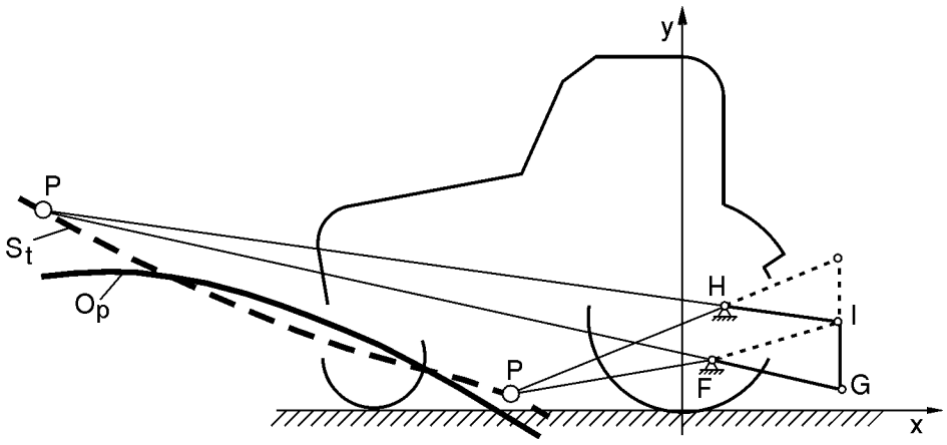
Sl. 16.7: Detalj tehnološke šeme silosnog kompleksa



Sl. 16.8. Blok šema merenja potrošnje goriva traktora
1. rezervoar, 2, 4. filteri, 3. pumpa niskog pritiska, 5. pumpa visokog pritiska, 6. motor, 7. merni instrument

Kombinova šema

Kombinovana šema predstavlja kombinaciju svih navedenih šematskih crteža. Način crtanja kombinovane šeme je takav da se prilagođava predmetu crtanja i potrebama crteža. Na sl. 16.9 data je kombinovana šema traktora i uređaja za priključivanje oruđa na traktor. Uređaj za priključivanje je prikazan sa osnovnim kinematičkim članovima koji su označeni tačkama F, G, I i H. Naznačen je trenutni pol obrtanja (tačka P) koji predstavlja važan pokazatelj rada uređaja za priključivanje i traktorskog agregata. Nacrtana je stvarna i optimalna promena položaja trenutnog pola obrtanja (S_t i O_p) u toku jednog radnog ciklusa uređaja za priključivanje.

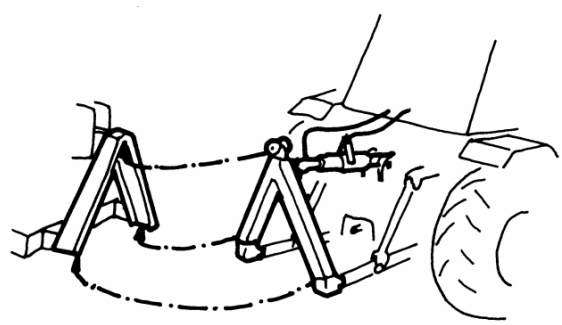


Sl. 16.9: Kombinovana šema traktora i uređaja za priključivanje oruđa

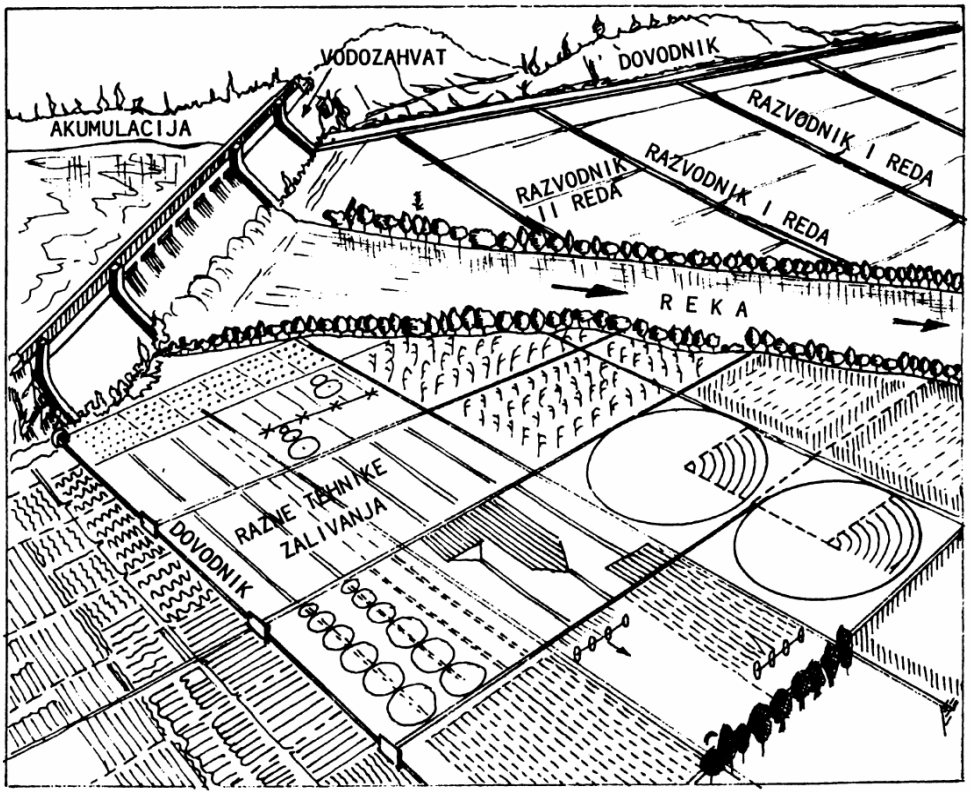
Skice

Za predstavljanje mašina, uređaja i raznih drugih delova, osim šema koriste se i skice koje se crtaju tako da se prilagođavaju potrebama i nameni. Za crtanje skica nema "čvrstih" pravila crtanja. Može se koristiti aksonometrija, ortogonalna projekcija, šematski crtež i kombinacija navedeni metoda i načina.

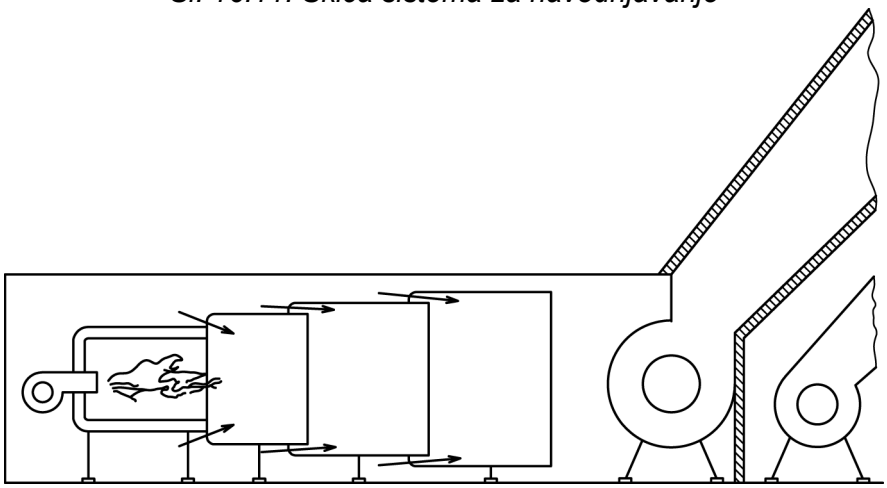
Skice se crtaju priborom, a mogu i slobodnom rukom. Skice se koriste u istim prilikama i za iste potrebe kao i šematski crtež. Na sl. 16.10 prikazana je skica hvatajućeg A-ram priključka uređaja za priključivanje oruđa na traktor, na sl. 16.11 data je skica sistema za navodnjavanje, a na sl. 16.12 skica komore za sagorevanje goriva za direktno zagrevanje vazduha.



Sl. 16.10: Skica hvatajućeg A-ram priključka u tri tačke



Sl. 16.11: Skica sistema za navodnjavanje



Sl. 16.12: Skica komore za sagorevanje goriva za direktno zagrevanje vazduha

17. SNIMANJE I CRTANJE OŠTEĆENOG PREDMETA

Kada se deo mašine nedozvoljeno ishaba, deformiše ili polomi zamenjuje se novim, ispravnim. Ukoliko se nemože kupiti kao rezervni deo, izrađuje se u radionici na osnovu crteža. Postupak izrade crteža oštećenog predmeta je daleko složeniji od crtanja predmeta, kao modela crtanja. Pravilan pristup izrade crteža oštećenog predmeta je određen fazama i redosledom.

Definisanje konstruktivnog oblika predmeta

Konstruktivni oblik oštećenog predmeta utvrđuje se na osnovu:
- oštećenog predmeta,
- sklopa u koji ulazi oštećeni predmet,
- postojeće dokumentacije o mašini (uređaju, sklopu...) i
- konsultacije za proizvođačem uređaja, sklopa itd.

Pri utvrđivanju konstruktivnog oblika oštećenog predmeta potrebno je stručno znanje, ne samo tehničkog crtanja veš i ostalih tehničkih disciplina. Za svaku mašinu, uređaj itd. proizvođač daje uputstvo za rukovanje i održavanje, koje može da sadrži potatke potrebne za utvrđivanje konstruktivnog oblika, dimenzija, materijala itd.

Definisanje dimenzija i tolerancija predmeta

Dimenzije se utvrđuju na isti način kao i konstruktivni oblik. Znači, koriste se dimenzije oštećenog predmeta, dimenzije susednih i naležuših delova u sklopu, postoješa dokumentacija i konsultacije za proizvođačem. Dimenzije naležuših i ostalih površina uglavnom su iz reda standardnih brojeva. Posebno je važno utvrditi one dimenzije u sklopu sa tolerancijama naleganja. Ako je npr. u pitanju rukavac vratila koji ulazu u kotrljajni ležaj, a izmereni prečnik je 19,5 mm, tada se zna da je stvarni prečnik rukavca ∅20 mm (standarni prečnik kotrljajnog ležaja), da naleganje treba da bude ∅20H8/m7, odnosno da je dimenzija rukavca na tom mestu ∅20m7. Takođe su propisane i tolerancije oblika i položaja rukavca koji ulazi u kotrljanji ležaj.

Utvrđivanje materijala

Ako se ovaj podatak ne nalazi u postojećoj dokumentaciji, utvrđuje se nekom od metoda za određivanje vrste materijala. Ako se vrsta materijala određuje metodom koja zahteva razaranje materijala, onda se to radi na kraju. Ako ne postoji mogušnost da se precizno ustanovi ovaj podatak u sopstvenoj laboratoriji, tada to treba prepustiti ovlašćenoj.

Utvrđivanje kvaliteta površina

Kvalitet površina se utvrđuje posebnim uređajima i metodama. Najjednostavniji metod je koriššenje standardnih etalona za kvalitet površina. Upoređivanjem površina oštećenog modela sa etalonima, može se relativno pouzdano odrediti potreban kvalitet površina. Osim toga, postoje preporuke za kvalitet površina za odgovarajuše standardne sklopove i za odgovarajuše postupke obrade, što pomaže da se tačno odredi kvalitet površina oštećenog predmeta.

Skiciranje i priprema za izradu crteža

Kada se utvrdi konstruktivni oblik, dimenzije, tolerancije i kvalitet površina oštećenog predmetu, može se početi priprema za izradu tehničkog radioničkog crteža. Crtež se takođe, izrađuje prema određenom redosledu:

a) predmet se nakon analize postavi u oktant, odabere glavni pogled i odredi potreban broj ortogonalnih pogleda;
b) nacrtaju se simetralne i osne linije u svim predviđenim pogledima i
c) slobodnom rukom, olovkom se nacrtaju pogledi, kote i sve ostale oznake. Skica se crta bez razmere.

Izrada crteža

Prvo se usvoji format, razmera crtanja i predmet se nacrta olovkom. Tehnički crtež je pravni i tehnički dokument i treba ga prvenstveno tuširati. Pre tuširanja, crtež i sve podatke na njemu treba prokontrolisati. Kontrolu treba da uradi druga osoba, a ne onaj ko je crtež pripremao i crtao. Ako crtež ostaje nacrtan olovkom, što je moguše, obavezno se tuširа: okvir, zaglavlje, tekst u zaglavlju, kotne strelice, kotni brojevi, osne linije i sve ono što se piše na kukicama i elementima tolerancije.

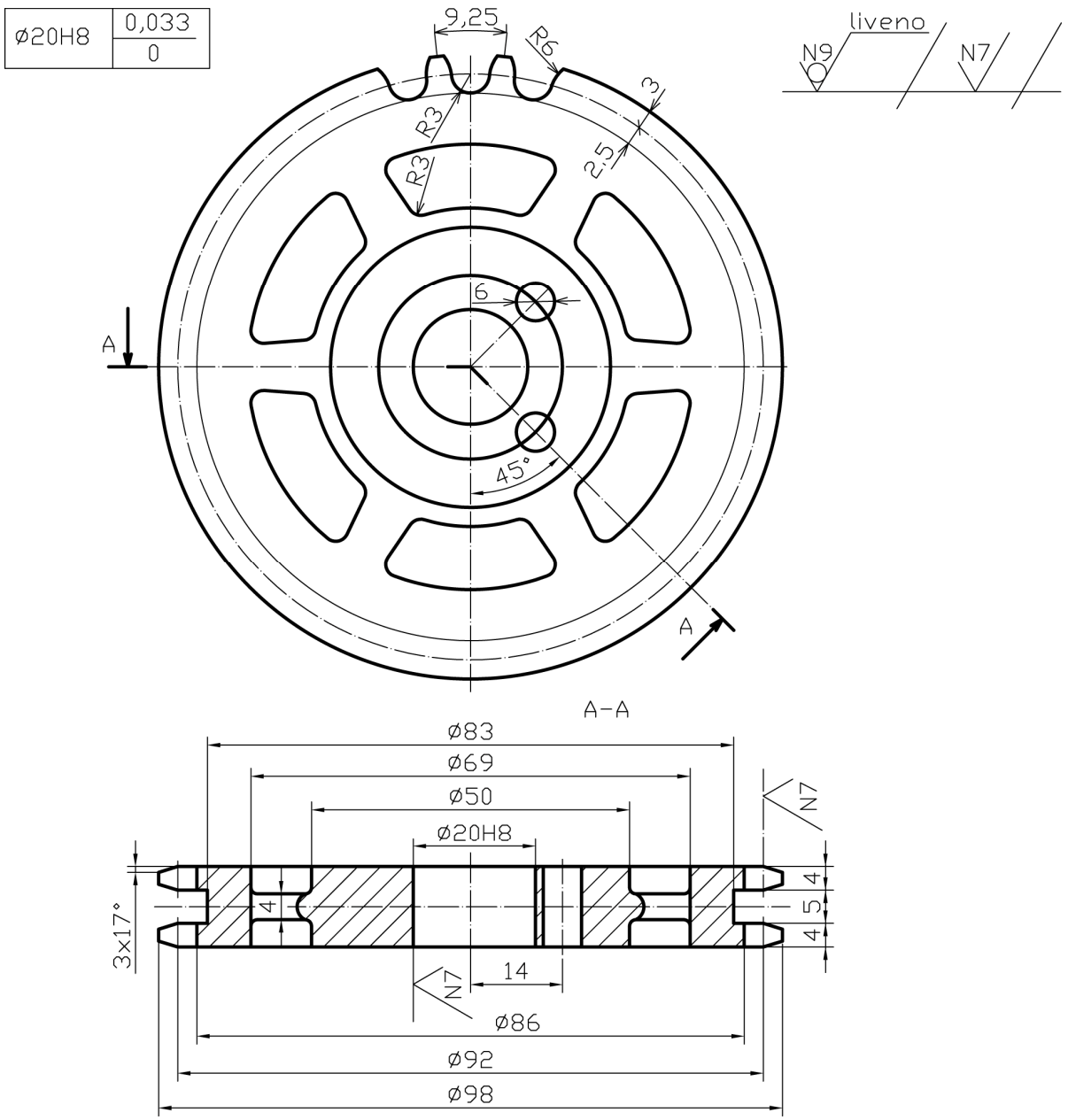
Kontrola

Završnu kontrolu, nakon završetka crtanja, bez obzira na korišćenu tehniku (pribor) obavlja stručno odgovorno lice, a ne onaj ko je crtež pripremao i crtao. Nakon potpisa ovlašćenog lica crtež je definitivno završen i može se koristiti za izradu oštećenog predmeta. Tako nacrtan crtež je original, koji se čuva u arhivi, a dalje se koristi njegova kopija.

Kao primer crtanja oštećenog predmeta daje se lančanik za pogon bregaste osovine motora. Deo zubaca je izlomljen, dok su ostali ishabani (sl. 17.1). Zupci su standardnog konstruktivnog oblika i dimenzija, što se određuje izgledom i oznakom lanca, koji je takođe standardom definisan. Dimenzije i oblik venca lančanika određuju se prema jednačinama koje se uče u okviru predmeta ″Mašinski elementi″. Radionički crtež prikazanog lančanika dat je na crtežu 17.01.



Sl. 17.1: Oštećeni lančanik kao predmet crtanja



Neoznačeni radijusi R2. Broj zubaca 34. Korak e=9,25 mm.

							Merilo: 1:2	(masa kg/kom)
							Č.0545	
					Datum	Ime	**LANČANIK BREGASTE OSOVINE**	
				Obradio	12.6.1997.	Obad Srećko		
				Ispitao	17.7.1997	Skendžić Milan		
				Stand.				
				Označio				
				Poljoprivredni fakultet			**17.01**	list 1.
				Departman za poljoprivrednu tehniku				
				Novi Sad				L: 2
St.i.	Izme.	Datum	Ime					

18. PRIMENA RAČUNARA ZA TEHNIČKO CRTANJE

Za izradu tehničkih crteža potrebno je mnogo truda i vremena. Oduvek se težilo da se postupak izrade crteža uprosti i skrati, jer predstavlja znatnu stavku u ukupnim troškovima izrade predmeta i mašina, čak i uz korišćenje različitih pomagala (table, šablona, razmernika itd.) Pojava računara i mogućnost za njegovo masovno korišćenje unela je pravu revoluciju i u tehničko crtanje. Danas je računar, uz ostalo, i mašina za crtanje i mesto za arhiviranje crteža.

Da bi se crtež nacrtao na računaru treba koristiti odgovarajući softver. U momentu pisanja ove knjige najviše se koristi softver AutoCAD u vrlo različitim verzijama zavisno od vrste crteža i njegove namene. Treba, međutim, znati da računar ako se koristi samo za crtanje, nema prevelikog smisla. Računar treba da se koristi pri izradi predmeta, od ideje, pripreme, izrade konstrukcione i tehnološke dokumentacije, izrade gotovog predmeta, kontrole, transporta, skladištenja, pa do marketinškog predstavljanja. On je nezamenljiv za projektovanje, proračune, izbor optimalnog rešenja i simulaciju rada.

Kada je ovako složen proces stvaranja delova mašina kompletno računarski podržan, crteži u fizičkom smislu mogu i da ne postoje, pošto se informacije posredstvom računara prenose od jednog do drugog radnog mesta, od računara do numerički upravljanih mašina za izradu delova, zatim do uređaja za kontrolu, pa sve do izlaska gotovog proizvoda iz fabrike. Crteži se čuvaju u računaru ili odgovarajućim jedinicama računara.

Naravno, samo je teorijski moguće bez crteža u fizičkom smislu. S obzirom na to da je ovo nova tehnologija i stalno se razvija, treba originalne crteže odložiti na određen, klasičan način, a koristiti se njegovim kopijama ili mogućnostima računarske tehnologije.

Postupak crtanja pomoću računara definisan je softverom. Koriste se tačno određene komande kojima se biraju elementi crteža iz ponuđenog menija. Prednost crtanja na računaru je u tome što delove jednom nacrtanog crteža možemo koristiti za naredne crteže, što ubrzava crtanje.

Najpopularniji softver je AutoCAD, zbog mogućnosti korišćenja u svim strukama i zbog brojnih specijalizovanih alata i dodatnih modula koji se koriste u proračunima i pri crtanju. Najznačajniji moduli koji rade u AutoCAD okruženju su za: projektovanje i konstruisanje u mašinstvu, konstruisanje mašinskih profila, crtanje prostornih i izometrijskih projekcija (trodimenzionalnih - 3D) na osnovu ortogonalnih (dvodimenzionalnih - 2D), parametarski dizajn standardnih mašinskih elemenata, kreiranje baza podataka za standardne mašinske elemente, kinematičku analizu mašinskih elemenata i mehanizama, konstruisanje alata za livenje itd.

Engleski naziv za "Projektovanje pomoću kompjutera" ili "Projektovanje podržano kompjuterom" je Computer Aided Design, od čega je izvedena skraćenica CAD.

AutoCAD predstavlja klasičan CAD sistem za dvodimenzionalno (2D) crtanje kao i za prostorno modeliranje predmeta (3D). Takođe, omogućava i izradu radioničkog crteža predmeta na osnovu prostornog modela. Sistem je otvorene arhitekture pri čemu se mogu instalirati različite dodatne aplikacije.

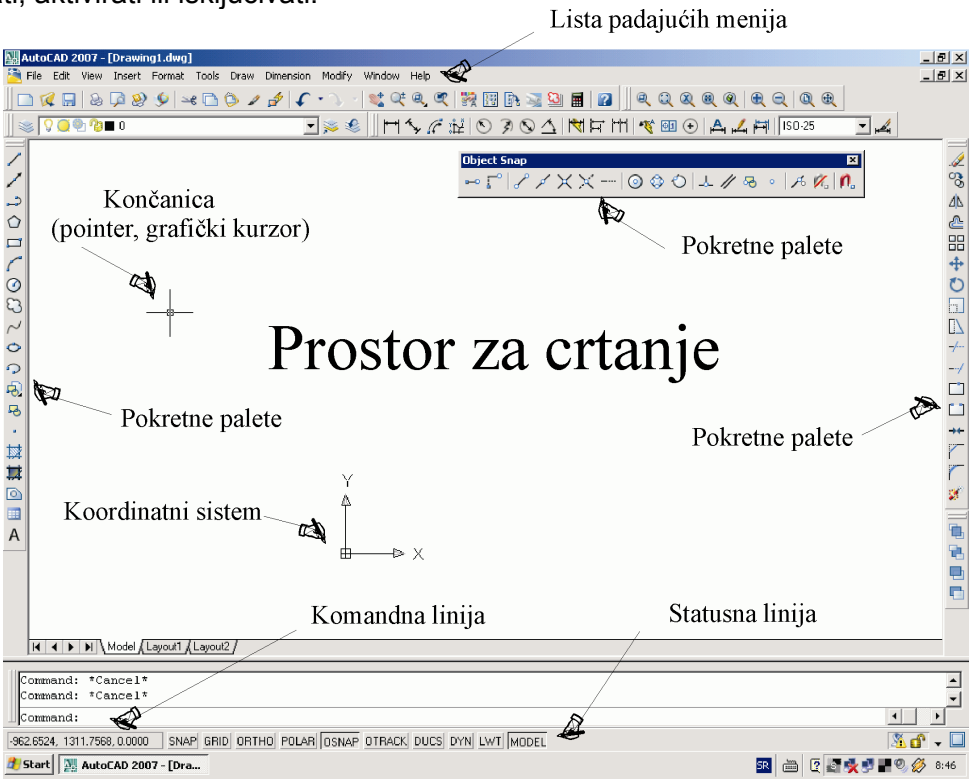
18.1. RADNO OKRUŽENJE AUTOCAD-A

Radni prostor AutoCAD-a, sastoji se od:

- padajućih menija,
- paleta sa alatkama,
- pokretnih paleta sa alatkama,
- prostora za crtanje,
- prostora za unos komandi i komandne linije i
- statusne linije (sl. 18.1).

Na vrhu ekrana se nalaze padajući meniji, na dnu zahtev za unos komandi, komandna

linija i statusna linija. Neposredno ispod padajućih menija, sa leve i desne strane prostora za crtanje su palete sa alatkama. Paleta sa alatkama ima mnogo i ne moraju sve istvovremeno biti aktivne i prikazane na ekranu. Palete sa alatkama AutoCAD-a mogu se lako pomerati, premeštati, aktivirati ili isključivati.



Sl. 18.1: Radno okruženje AutoCAD-a

Padajući meni

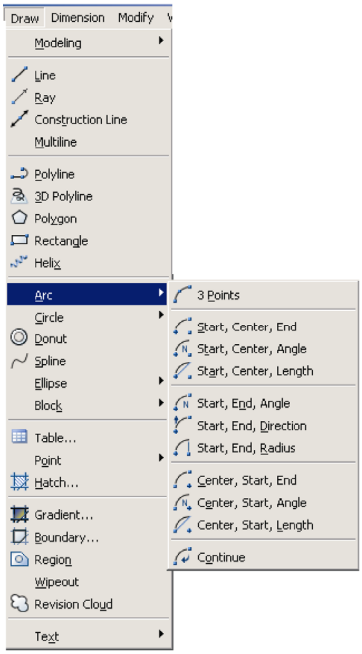
Linija padajućih menija (File, Edit, View, Insert, Format, Tools, Window i Help) sadrži padajuće menije iz kojih se mogu birati komande onako kako je to uobičajeno u Windows okruženju. Padajući meni, omogućava brži pristup kontrolama i parametrima AutoCAD-a i u njima se mogu pronaći komande, opcije i funkcije programa. Pomoću opcija iz padajućih menija mogu da se ostvare tri radnje:

- da se prikaži sve opcije iz menija,
- da se prikaže okvir za dijalog u kome mogu da se menjaju parametri i
- da se izda komanda koja zahteva unos preko tastature ili unos crtanjem, pri biranju komandi ili opcija.

AutoCAD obezbeđuje i dodatnu pomoć u obliku kratkih opisa svake opcije iz menija, koji se pojavljuju na statusnoj liniji.

Palete sa alatkama

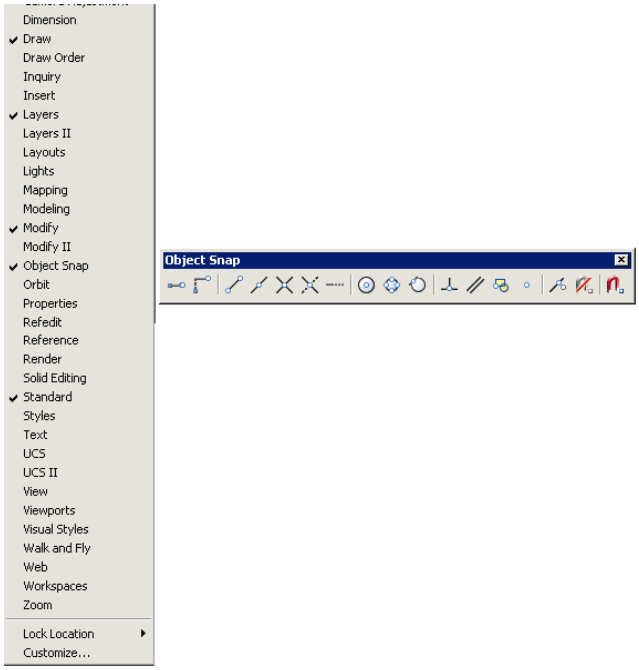
Palete sa alatkama nalaze se u svakom padajućem meniju i podmeniju. Na sl. 18.2. prikazane su alatke iz padajućeg menija Draw (crtanje) i pod menija Arc (radijus). U ovom padajućem meniju nalaze se alatke za crtanje linija (Line), konstrukcionih linija (Construction line), udvojenih linija (Multiline), polilinija (Polyline), poligona (Polygon), četvorougaonih površina (Rectangle), spiralnih linija (Helix), kružnih linija (Circle) itd. U paleti Dimension nalaze se različite alatke za crtanje, a u paleti Modify (modifikovanje) alatke za korekcije nacrtanog (brisanje, kopiranje, pomeranje itd.).



Sl. 18.2: Paleta Draw sa izdvojenom alatkom za crtanje i definisanje radijusa

Pokretne palete sa alatkama

Pokretne palete sadrže alatke pomoću kojih se crtaju novi objekti i modifikuju postojeći. Alatke su u paletama grupisane prema vrsti. Pokretne palete sa alatkama (sl. 18.3) otvaraju se pritiskom na desni taster miša na sivoj zoni bilo koje pokretne palete. Označavanjem palete, npr. Object Snap (hvatanje nacrtanog) aktivira se ova paleta sa alatkama u prostoru za crtanje koju po želji smestimo pored prostora za crtanje.



Sl. 18.3: Pokretne palete u okviru kojih se nalazi veliki broj alatki

Prostor za crtanje

Prostor za crtanje (radna površina) zauzima najveći deo ekrana i sve što se nacrta nalazi se na njemu. U prostoru za crtanje nalazi se končanica (pointer, kursor) koju pomeramo mišem (sl. 18.1), odnosno ona prati naše pokrete mišem. Končanica je različitih oblika zavisno od toga koja je alatka, opcija ili komanda aktivna.

U donjem delu prostora za crtanje nalazi se koordinatni sistem za 2D ili 3D crteže. Koordinatni sistem nam pomaže da se orijentišemo na crtežu i u prostoru.

Na donjem delu ekrana nalaze se opcije Model, Layout 1, Layout 2... Kada aktiviramo Model na ekranu se vidi crtež, a kada se uključi Layout vidimo kako će taj crtež izgledati kada se odštampa (papirni prostor).

Prostor za unos komandi i komandna linija

Na dnu ekrana, neposredno iznad statusne linije, nalazi se mali horizontalni prostor koji pripada zahtevu za unos podataka i komandi (sl. 18.4). Tu se mogu videti AutoCAD-ovi odgovori na korisnikove unose. Kada se počne sa radom u ovom prozoru će biti prikazana samo reč „Command:". AutoCAD vas na taj način obaveštava da od vas očekuje nalog.

Vrlo je važno da se u toku rada stalno prate poruke koje se prikazuju na komandnoj liniji, jer na taj način program komunicira sa nama, pomaže nam i upućuje nas da nacrtamo to što želimo.

Instrukcije na komandnoj liniji koje stoje u zagradi [ ] su moguće varijante našeg naloga, npr. Specify other corner point or [Area/Dimensions/Rotation]: možemo odabrati potrebnu površinu (Area), dimenzije (Dimensions) ili rotaciju (Rotation). Kucanjem reči Area ili prečicom koja predstavlja prvo slovo reči “A” (kucanjem bilo velikog “A” ili malog “a” slova) odlučujemo se za definisanje površine. Instrukcije na komandnoj liniji koje stoje u uglastoj zagradi < > nam govore da treba uneti brojčanu vrednost, npr. Specify length for rectangles <10>. U ovom primeru <10> znači da je prethodna vrednost bila 10. Pritiskom na Enter potvrdili bi ovu vrednost. U slučaju da nam je potrebna vrednost npr. 20, napisali bi ovaj broj i potvrdili Enter-om. Enterom potvrđujemo unos najvećeg broja podataka ili završetak selektovanja.

Pored toga što nam se prenose poruke i sugestije, u prostoru za unos komandi beleže se svi koraci koje pri crtanju preduzimamo i koje možemo da pregledamo.



Sl. 18.4: Prostor za unos komandi i komandna linija

Statusna linija

Statusna linija se nalazi ispod prostora za unos podataka. Na statusnoj liniji nalaze se koordinate položaja kursora i opcije koje pri crtanju koristimo (sl. 18.5).



Sl. 18.5: Statusna linija

Statusna linija sadrži sledeće opcije:

- Tri decimalna broja predstavljaju koordinate kursora u trenutnom koordinatnom sistemu;
- SNAP taster kojim se reguliše korak pomaka kursora na ekranu. Opciju SNAP, kao i sve ostale opcije sa statusne linije, aktiviramo pritiskom na njih levim tasterom miša ili odgovarajućom prečicom. Prečice služe da se brže aktiviraju opcije, komande, naredbe i sl. Prečica za opciju SNAP je F9 sa tastature;
- GRID taster kojim se pali/gasi mrežica na ekranu (prečica F7);
- ORTHO taster čijim aktiviranjem je omogućeno samo horizontalno/vertikalno crtanje (prečica F8);
- POLAR taster čijim aktiviranjem se omogućava crtanje sa polarnim parametrima (prečica F10);
- OSNAP taster koji omogućava odabir neke od karakterističnih tačaka na crtežu/modelu (prečica F3);
- DYN taster omogućava dinamičko praćenje parametara elemenata crtanja tokom crtanja (prečica F12;
- OTRACK taster omogućava odabir tačke koja se nalazi na produžnom pravcu odabranog objekta;

- DUCS taster koristi se pri 3D modelovanju i omogućava dinamičko prilagođavanje položaja koordinatnog sistema;
- LWT taster omogućava vizuelni prikaz različitih debljina linija;
- MODEL taster označava da se nalazimo u prostoru za crtanje. Ako se isključi, dobija se opcija PAPER koja kaže da smo u papirnom prostoru koji je za štampanje nacrtanog.

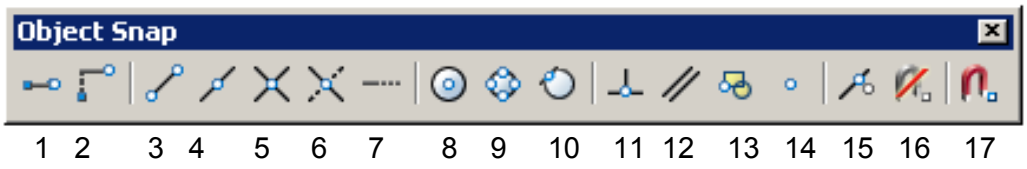
Karakteristične "vezivne" (snap) tačke

Svaka tačka u AutoCAD-u mora imati tačno određeno mesto u prostoru za crtanje, što znači:

- da je definisana preko svojih koordinata, npr. 10,20,30 (10 u pravcu X koordinate, 20 u pravcu Y i 30 u pravcu Z koordinate, od koordinatnog početka) ili
- da je definisana kao karakteristična tačka nekog već nacrtanog objekta (krajnja, središnja, presečna itd. tačka).

Mogućnost vezivanja za neku od karakterističnih tačaka u AutoCAD-u naziva se objektno orijentisanim snap-om (Object Snap), pa se zato i komanda, koja objedinjuje te funkcije, naziva OSNAP koja se nalazi na statusnoj liniji. Kada je uključena opcija OSNAP, tada ono što crtamo možemo vezivati za već nacrtano, za njegove tačke na različite načine prema sl. 18.6.

Oblik vezivnih markera Object Snap-a su različiti za različite mogućnosti: kvadratić, trouglić, krstić, kružić, paralelne linijice itd. Načini vezivanja za tačke elementa koji je već nacrtan su:



Sl. 18.6: Mogućnosti vezivanja za karakteristične (Snap) tačke

1. Temporary trak point

Omogućava da se prilikom crtanja pronađe bilo koja tačka na pravcu nacrtanog objekta.

2. Snap from

Omogućava da se prilikom crtanja odloži tačka koja se hvata pri crtanju.

3. Snap to Endpoint

Omogućava da se prilikom crtanja pronađu krajnje tačke linije ili luka, ili zatvorenog objekta koji su formirani kao Solid objekti.

4. Snap to Midpoint

Omogućava da se prilikom crtanja pronađe srednja tačka linija ili lukova ili srednja tačka ivica Solid objekata.

5. Snap to Intersection

Omogućava da se prilikom crtanja pronađe presečna tačka dva ili više elemenata (linija, lukova ili kružnica).

6. Snap to Apparent Intersection

Ova opcija je identična opciji Intersection, samo što se pronalazi zamišljena tačka preseka linija, lukova, kružnica itd.

7. Snap to Extenzion

Omogućava da se prilikom crtanja pronađe tačka koja će biti na pravcu produžene linije ili dela kružnice (luka).

8. Snap to Center

Omogućava da se prilikom crtanja pronađe središna tačka luka ili kružnice.

9. Snap to Quadrant

Omogućava da se prilikom crtanja pronađu četiri karakteristične tačke na kružnici ili luku.

10. Snap to Tangent

Omgućava da se prilikom crtanja pronađe tačka na pravcu koji tangira luk ili kružnicu.

11. Snap to Perpendicular

Omogućava da se prilikom crtanja pronađe tačka na pravcu upravnom na elemente. Ti elementi mogu biti linije, lukovi i kružnice.

12. Snap to Parallel

Omogućava odabir da se nacrta prava paralelna sa nekom već nacrtanom pravom.

13. Snap to Insert

Omogućava odabir tačke unutar teksta ili bloka.

14. Snap to Node

Omogućava da se prilikom crtanja pronađe tačka kao element ili tačka koja definiše kotu.

15. Snap Nearest

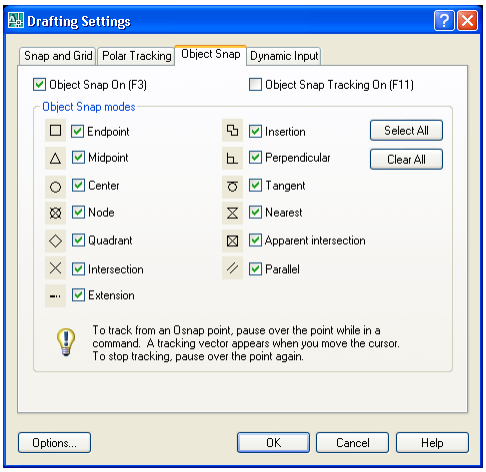
Omogućava da se prilikom crtanja pronađe bilo koja tačka na nacrtanom elementu. Elementi mogu biti linije, lukovi, kružnice i tačke.

16. Snap to None

Omogućava da se prilikom crtanja ne pronađe ni jedna vezivna tačka (isključena opcija Osnap).

17. Osnap Settings

Ova opcija predstavlja prečicu za otvaranje dijaloga Draftin Settings. Unutar ovog dijaloga može se izvršiti podešavanje opcija povezivanja automatskim uključivanjem opcije Osnap (prečica F3) (sl. 18.7).



Oblik vezivnih markera Object Snap-a su različiti za različite mogućnosti: kvadratić, trouglić, krstić, kružić, paralelne linijice itd.

Sl. 18.7: Dijalog za aktiviranje karakterističnih vezivnih tačaka (Object Snap)

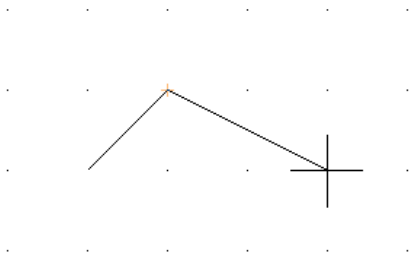
Početak izrade crteža

Prostor za crtanje može biti neograničen i ograničen. Prostor za crtanje je dovoljno veliki da možemo na njemu nacrtati sve što poželimo. Nema potrebe ograničavati prostor za crtanje, pošto neograničen prostor ima svoje praktične prednosti.

S druge strane, dobro je kao orijentaciju imati pred sobom veličinu papira na kojem ćemo odštampati crtež, kako bi prilagodili veličinu slova, kotnih strelica i sl. o čemu će biti

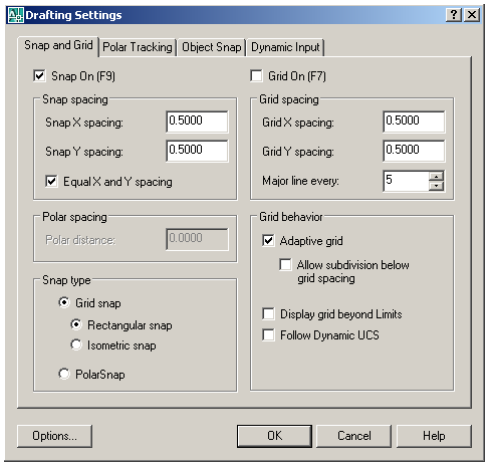
reči kasnije.

Pri crtanju možemo uključiti mrežicu (Grid) u vidu tačkica ili linija na različitim rastojanjima što sami podešavamo. Grid se uključuje pritiskom levog tastera miša na opciju Grid sa statusne linije (sl. 18.8).



Sl. 18.8: Uključena opcija Grid i Snap to Grid

Rastojanja između tačkica se mogu podešavati u dijalogu (sl. 18.9) koji se dobija pritiskom desnog tastera miša na GRID i Settings. Ako uključimo opciju Snap on (F9), tada ćemo pri crtanju hvatati tačkice Grida. Od ovog se može odstupiti ukoliko u delu dijaloga, sl. 18.9 u odeljku „Snap spasing“ unesene vrednosti su drugačije od vrednosti unetih u odeljku „Grid spasing“.

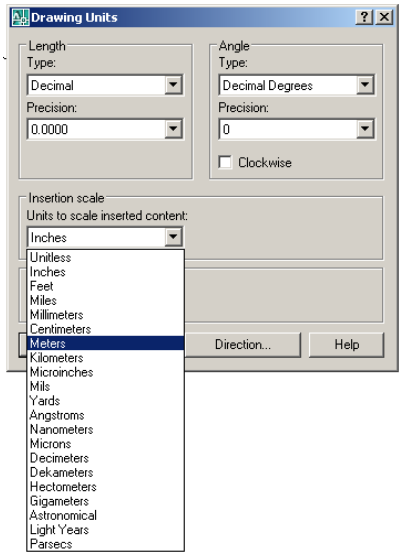


Sl. 18.9: Dijalog za definisanje rastojanja između tačkica Grid-a

Pri crtanju treba uvek koristiti razmeru 1:1. AutoCAD ima svoje merne jedinice Units koje treba koristiti tokom crtanja, a na kraju definisati da je 1 Units=1 mm ili 1 Units=1 m ili nešto drugo po potrebi, što se nalazi u padajućem meniju Format/Units (sl. 18.10).

Na primer, ako su dimenzije predmeta crtanja u opsegu od 0,1 do 1 km, tada će nam dimenzije crtanja biti od 100 do 1000 Unitsa, a definisaćemo da je 1 Units=1 m.

Crtež u AutoCAD-u ima dva oblika: crtež na ekranu (Model) i crtež pripremljen za štampanje (na papiru – Paper) koji se vidi u Layout1, Layout2... Dodavanje novih Layout-a je u meniju Insert/ Layout/New Layout.



Sl. 18.10: Definisanje jedinica (dimenzija) nacrtanog predmeta

18.2. OSNOVNI ELEMENTI DVODIMENZIONALNOG (2D) CRTANJA

Crtanje u AutoCAD-u podrazumeva da mi znamo pravila tehničkog crtanja kao i principe nacrtne geometrije kao osnove za sve vrste crteža.

Stoga ovde neće biti govora o ovome već o primeni AutoCAD-a, kao moćnog pribora za crtanje i projektovanje za potrebe svih struka: mašinstva, poljoprivrednog mašinstva, građevinarstva, arhitekture, saobraćaja, pejzažne arhitekture itd.

Da bi nacrtali bilo koji crtež u ortogonalnim projekcijama (2D crtež) koristimo osnovne elemente za crtanje: Line (linije, duži), Construction Line (konstrukcione pomoćne linije), Polyline (kombinovane linije - prave i radijusi), Polygon (pravilne mnogouglove), Rectangle (pravougaonike i kvadrate), Arc (radijuse), Circle (kružnice), Revision Cloud (revizioni oblačići), Spline (krive), Elipse (elipse), Elipse Arc (delovi elipse), Hatch (šrafiranje), Gradient (bojenje), Region (grupisanje), Table (tabele) i Text (tekst).

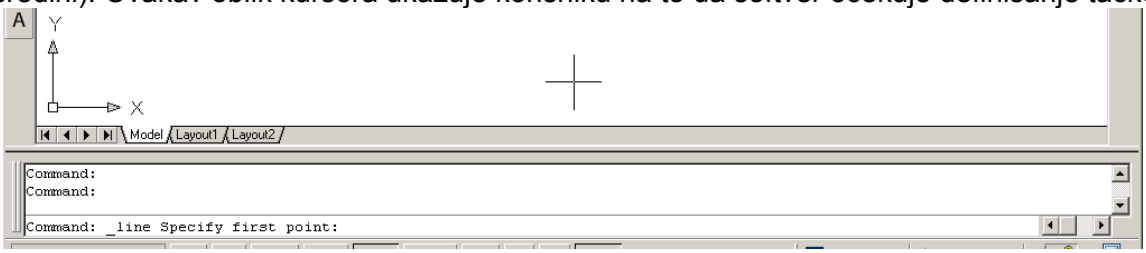
Da bi nacrtali bilo koji od navedenih osnovnih elemenata aktiviramo odgovarajući alat. Aktiviranje bilo kojeg alata može biti na četiri načina, npr. za crtanje linije:

a) iz padajućeg menija Draw npr. linija (Line),
b) sa pokretne palete (sl. 18.1. sa leve strane) nacrtanu oznaku za Line,
c) kucanjem naziva LINE na komandnoj liniji koju potvrđujemo sa komandom Enter ili
d) kucanjem prečice “L” za liniju koju potvrđujemo sa komandom Enter.

Pri bilo kojem načinu aktiviranja alata na komandnoj liniji se pojavljuje naziv tog alata (sl. 18.11) i instrukcije ili zahtev za sledeći korak za crtanje (_line Specify first point). Na komandnoj liniji se obaveštavamo da smo aktivirali alat za crtanje linije i zahtev da označimo prvu tačku od koje ćemo nacrtati liniju.

Za izlazak iz bilo koje komande koristi se tipka Esc.

Kada se aktivira bilo koji alat za crtanje promeni se oblik kursora (nema pravougaonik u sredini). Ovakav oblik kursora ukazuje korisniku na to da softver očekuje definisanje tačke.



Sl. 18.11: Komandna linija nakon aktiviranja alata Line

CRTANJE LINIJA (Line)

Line komanda omogućava korisniku da nacrta prave linije (duži). Liniju možemo nacrtati na dva načina:

a) definisanjem koordinata X,Y prve i poslednje tačke (dekartove koordinate) i
b) definisanjem prve tačke, dužine i ugla pod kojim je duž u odnosu na osu X (polarne koordinate).

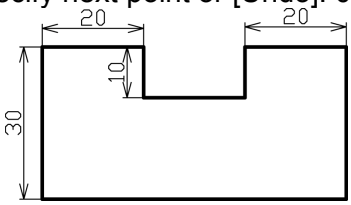
Crtanje linije (duži) pomoću koordinata

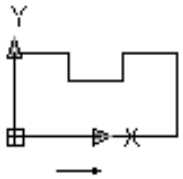
Predmet sa sl. 18.12. možemo nacrtati pomoću apsolutnih ili relativnih dekartovih koordinata.

Apsolutne koordinate se odnose na koordinatni početak X, Y koji je na ekranu, a redosled unosa je sledeći:

1. Aktiviramo alat Line na jedan od navedenih načina. Na komandnoj liniji stoji: (Command: _line Specify first point:);
2. Ukucamo koordinate prve tačke 0,0 i Enter. Prva početna tačka je označena i nalazi se u koordinatnom početku;

3. Na komandnoj liniji se traži sledeća tačka (Specify next point or [Undo]: otkucamo 60,0 i Enter;
4. Na komandnoj liniji se traži sledeća tačka (Specify next point or [Undo]: otkucamo 60,30 i Enter i dalje sledećim redom:
5. Specify next point or [Undo]: 40,30 Enter;
6. Specify next point or [Undo]: 40,20 Enter;
7. Specify next point or [Undo]: 20,20 Enter;
8. Specify next point or [Undo]: 20,30 Enter
9. Specify next point or [Undo]: 0,30 Enter;
10. Specify next point or [Undo]: 0,0 Enter (sl. 18.13).





Sl. 18.12: Zadati predmet crtanja *Sl. 18.13: Crtanje pomoću apsolutnih koordinata*

Relativne koordinate se odnose na tačku na kojoj se nalazi kursor i ova tačka predstavlja relativni koordinatni početak sa koordinatama 0,0. Pomeranjem kursora u drugu tačku dobijamo novi koordinatni početak koji se na taj način stalno menja.

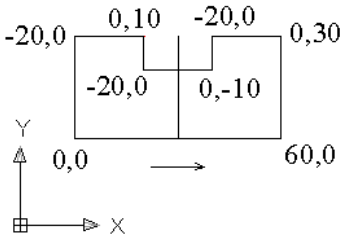
Postupak crtanja predmeta sa sl. 18.12. pomoću relativnih koordinata je sledeći:

1. Aktiviramo alat Line na jedan od navedenih načina. Kursorom izaberemo bile gde na prostoru za crtanje prvu (početnu) tačku i pritiskom na levi taster miša je potvrdimo.
2. Na komandnoj liniji se traži unos parametara za sledeću tačku (Specify next point or [Undo]: otkucamo @60,0 i Enter (sl. 18.14). Znak @ se koristi da bi AutoCAD prihvatio za koordinatni početak označenu tačku. Ova tačka predstavlja relativni koordinatni početak. Veličina 60 predstavlja koordinatu po osi X, a 0 koordinatu po osi Y. Između ovih koordinata je zarez (,). Na isti način dobijaju se i ostale linije predmeta.

3. @0,30 Enter 4. @-20,0 Enter 5. @0,-10 Enter 6. @-20,0 Enter
7. @0,10 Enter 8. @-20,0 Enter i 9. @0,-30 Enter.

10. Simetralnu liniju crtamo na sledeći način: aktiviramo alat Line; s palete Object Snap pritiskom na levi taster miša aktiviramo središnju liniju (Snap to Midpoint) kako bi dobili oznaku sa sredinu linije (trouglić); u komandnoj liniji otkucamo @0,30 i Enter.

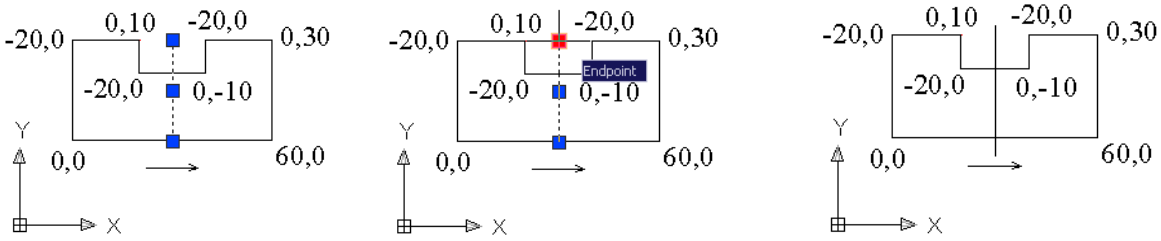




Sl. 18.14: Crtanje pomoću relativnih koordinata

Simetralna linija treba da je malo duža od kuntura predmeta. To se uradi na sledeći način: selektujemo nacrtanu simetralnu liniju (dotaknemo je kursorom i pritisnemo levi taster miša); na selektovanoj liniji se pojave tri plave tačke (markera) na krajevima i u sredini (sl. 18.15,a); pritisnemo levi taster miša na krajnju tačku selektovane linije tako da se dobije crveni marker; ne puštajući miša povlačimo na gore do željene dužine, a pre toga uključimo na statusnoj liniji opciju ORTHO kako bi dobili vertikalnu liniju (sl. 18.15,b); postupak produženja ponovimo i na donjem kraju simetralne linije.

Na ovaj način se može produžiti bilo koja linija ili nacrtani deo crteža.



a) *b)* *c)*

Sl. 18.15: Produženje selektovane linije

Zadati predmet sa sl. 18.12. možemo nacrtati i brže koristeći uključenu opciju ORTHO sa statusne linije. Uključena opcija ORTHO dozvoljava crtanje samo horizontalnih i vertikalnih linija (u pravcu osa X i Y). Alatom Line povučemo horizontalnu liniju proizvoljne dužine, a na komandnoj liniji na pitanje (Specify next point or) otkucamo dužinu 60 i Enter. Nakon toga usmerimo liniju u pravcu ose Y i ukucamo dužinu 30, zatim Enter i tako redom, vodeći računa o označenom pravcu i smeru.

b) Crtanje linije (duži) pomoću dužine i ugla (polarne koordinate)

Predmet sa sl. 18.12. možemo nacrtati zadavanjem prve tačke, dužine i ugla pod kojim je duž u odnosu na osu X (pomoću polarnih koordinata). Nakon označene prve početne tačke bilo gde na prostoru za crtanje otkucamo:

1. @60<0 Enter i dobićemo prvu liniju dužine 60 pod uglom od 0°. Ostale linije dobijamo na sledeći način:

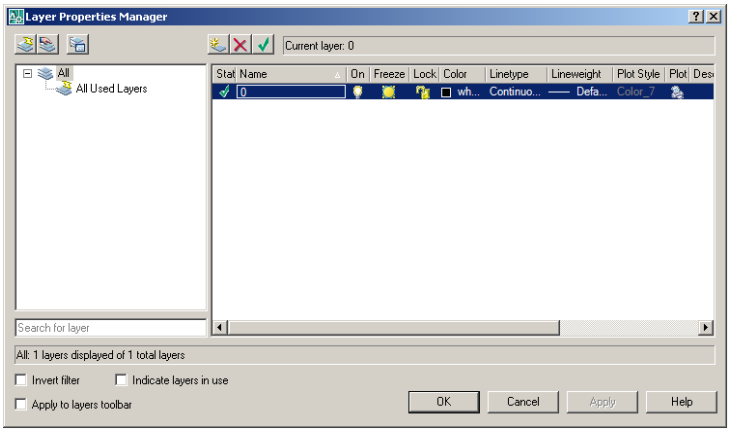
2. @30<90 Enter; 3. @20<180 Enter; 4. @10<270 Enter; 5. @20<180 Enter; 6. @10<90 Enter; 7. @20<180 Enter i 8. @30<270 Enter.

Ugao se računa od ose X u obrnutom smeru kretanja kazaljke na satu (matematički pozitivni smer koji se dobija pri instalaciji AutoCAD-a). Korisnik po želji može ovo definisati i drugačije.

18.2.1. Definisanje debljina i vrsta linija i slojeva (Layer)

Za definisanje vrste i debljina linija najbolje je koristi alat Layer koji se nalazi u meniju Format. Aktiviranjem komande Layer otvaramo dijalog “Layer Properties Manager” gde imamo samo nulti (0) Leyer (sl. 18.16). Pritiskom na prvu gornju ikonicu (New Layer (Alt+N)) dobijamo onoliko novih Layer-a koliko nam treba. Nazovemo ih onako kako ćemo ih koristiti. Svakom novom Layer-u dodelimo boju, vrstu linije i debljinu (sl. 18.17). Debljine linija se mogu odrediti i kasnije pri štampanju, a ne pri definisanju Lejera, o čemu će biti reči kasnije.

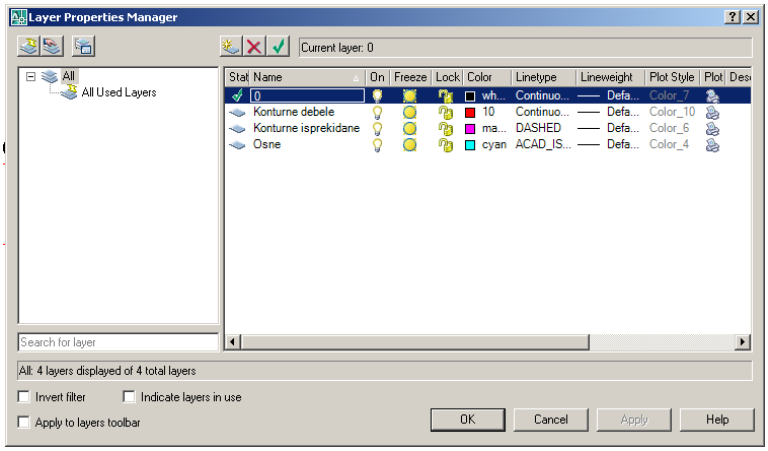
Vrstu linije biramo pritiskom na levi taster miša na kolonu Linetype gde dobijamo dijalog (Select Linetype) i opcijom Load odaberemo odgovarajući oblik linije koji dodelimo našem Layer-u.



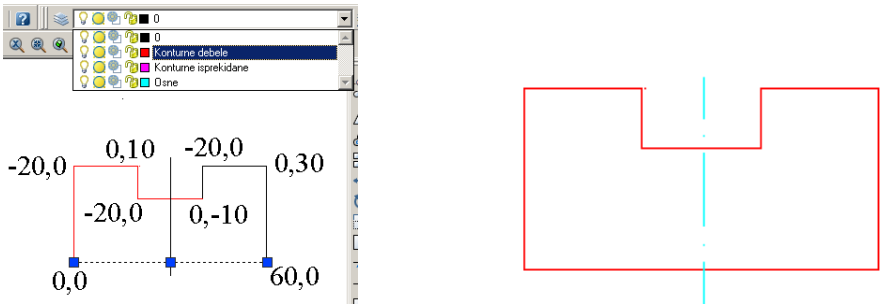
Sl. 18.16: Dijalog za definisanje novih Layera-a

Kada smo definisali Layer-e tada selektujemo linije nacrtanog predmeta, otvaramo

Layer iz menija Format ili sa pokretne palete i odaberemo unapred već definisan Layer. Selektujemo, npr. osnu liniju, otvorimo Layer-e sa pokretne palete, levim tasterom miša kliknemo na Lejer ″Osna″, nakon čega ona postaje linija crta-tačka-crta i Esc kako bi izašli iz komande (sl. 18.18).



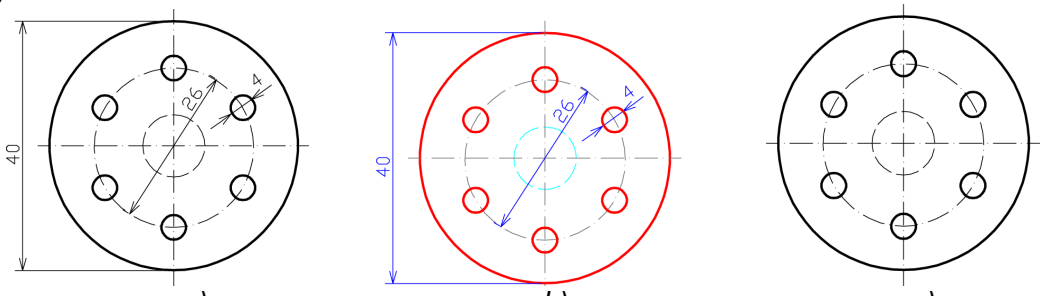
Sl. 18.17: Definisanje novih Layera-a



Sl.18.18. Dodeljivanje Layer-a nacrtanom predmetu

U dijalogu Layer imamo mogućnost da već definisane Lajer-e isključimo (Off), zamrznemo (Freeze) i da zaključamo (Lock). Ove opcije imaju primenu i pogodnost korišćenja pri crtanju projektne dokumentacije za različite struke, kada projektnu dokumentaciju crta više učesnika ili je predmet crtanja složen. U okviru Layer-a postoji mogućnost da se neki ne štampaju iako su nacrtani i vide se na crtežu (pritiskom na opciju Plot).

Na sl. 18.19,a prikazan je detalj koji je pripremljen za štampanje u crnoj boji koja se uglavnom koristi za tehničku dokumentaciju. Iako su linije u boji, pri štampanju se definišu da su sve crne, o čemu će biti reči kasnije. Za marketinške i slične crteže pogodni su crteži u boji (sl. 18.19,b). Na istom crtežu isključivanjem Layer-a možemo dobiti crtež bez kota (sl. 18.19,c).



a) *b)* *c)*

Sl. 18.19: Dobijanje različitih crteža isključivanjem Layer-a

Pre crtanja možemo unapred odabrati takozvani tekući Leyer (sl. 18.20). Tekući Leyer je prikazan na pokretnoj paleti Layers i možemo ga menjati, odnosno aktivirati neki drugi. U prvom primeru novonacrtana linija će biti konturna debela, a u drugom primeru će biti osna linija.



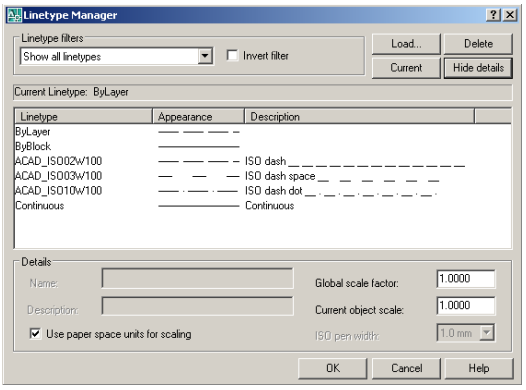
Sl. 18.20: Tekući Layer

18.2.2. Kreiranje isprekidanih linija (Scale factor)

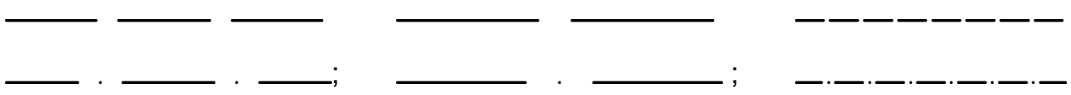
Za nevidljive ivice predmeta, za osne i simetralne linije i sl. koriste se različite isprekidane standardne linije koje se nalaze u bazi AutoCAD-a. Međutim, ove linije često nisu pogodne po dužini i rastojanjima između njih. Za prilagođavanje isprekidanih linija koristimo opciju "Global scale factor".

Opcija Global scale factor nalazi se u meniju Format/Linetype/Linetype Manager/Show details umesto Hide details (sl. 18.21).

Osnovna varijanta ima faktor skaliranja (Global scale factor) 1 (sl. 18.22,a). Kada je vrednost faktora skaliranja veća od 1 (1.0001 i više) daje duže linije ((sl. 18.22,b), a faktor skaliranja manji od 1 (0.9999 i manje) daje kraće linije (sl. 18.22,c).



Sl. 18.21 Dijalog za izbor faktora skaliranja isprekidanih linija



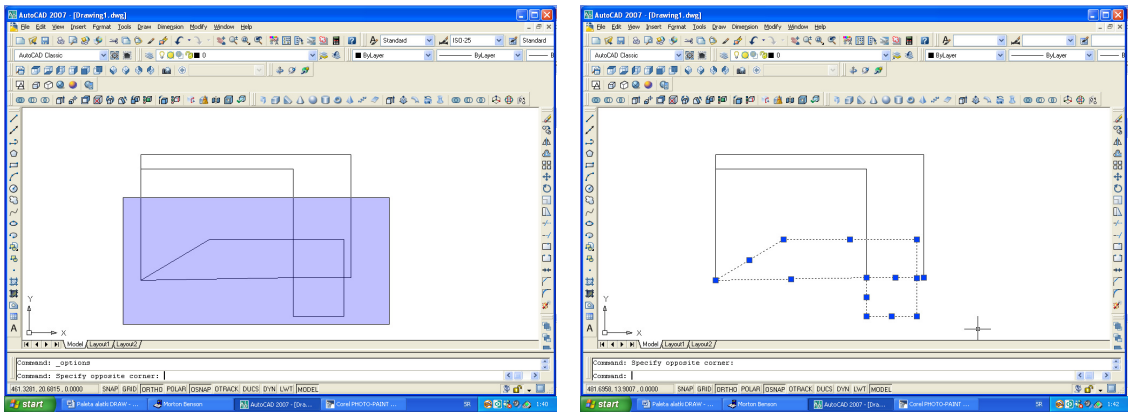
a) b) c)

Sl. 18.22: Skaliranje isprekidanih linija

18.2.3. Selektovanje nacrtanih elemenata (objekata)

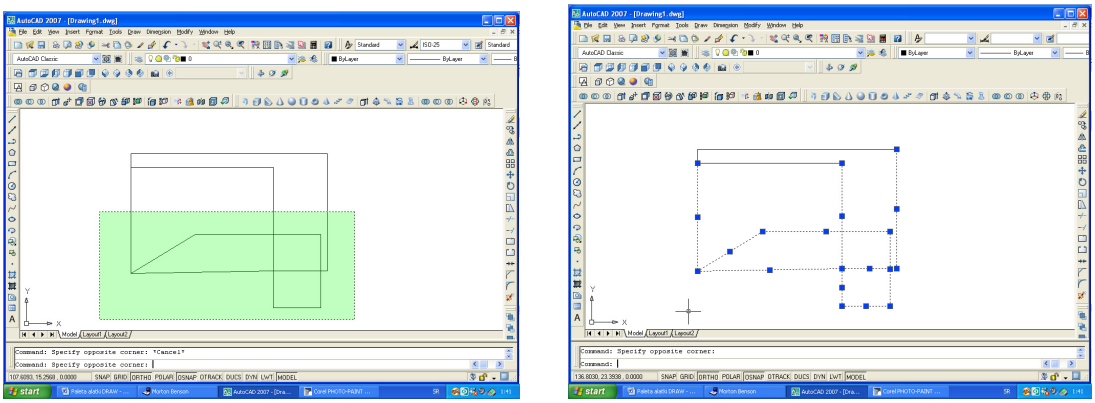
Selektovanje objekta podrazumeva markiranje pojedinih nacrtanih elemenata (objekata) ili više njih odjednom, kako bi se na njima primenula željena operacija (properties, move, erese, copy...). Pojedinačni objekti se markiraju pritiskom levog tastera miša.

Selektovanje više objekata može biti na dva načina s leve na desnu stranu ili obratno. Pritiskom na levi taster miša uz istovremeno prevlačenje kursora s leve na desnu stranu modelnog prostora pojavljuje se plavi prozor, oivičen punom linijom. Izvođenjem ove operacije selektovaće se samo oni objekti koji su bili u potpunosti obuhvaćeni (sl. 18.23).



Sl.18.23: Selektovanje objekta sleva nadesno

Pritiskom na levi taster miša uz istovremeno prevlačenje kursora s desne na levu stranu modelnog prostora pojavljuje se zeleni prozor, oivičen isprekidanom linijom (sl. 18.24). Izvođenjem ove operacije selektovaće se svi objekti koji su dotaknuti datim prozorom.

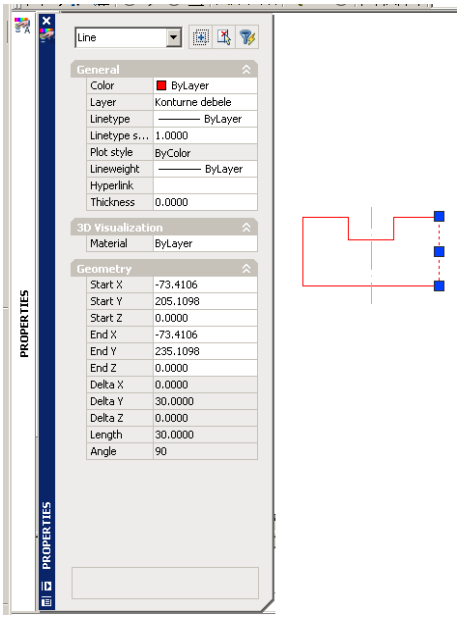


Sl. 18.24: Selektovanje objekta zdesna nalevo

18.2.4. Opcija Properties

Detaljne podatke o nacrtanoj liniji ili bilo kojem drugom delu crteža, možemo dobiti aktiviranjem opcije Properties. Aktiviranje ove opcije postiže se na selektovanoj liniji pritiskom na desni taster miša (sl. 18.25). U Properties-u dobijamo detaljne parametarske podatke za selektovanu liniju: boju i naziv Layera-a, oblik i debljinu linije, koordinate početne i krajnje tačke, razliku koordinata početne i krajnje tačke, dužinu linije (Lenght) i ugao pod kojim je linija (Angle).

Za neki drugi nacrtani deo (kružnicu, pravougaonik, radijus itd.) dobili bi neke druge odgovarajuće parametarske podatke u opciji Properties.



Sl. 18.25: Opcija Properties za liniju

18.2.5. Crtanje konstrukcionih beskonačnih linija (Xline – Construction line)

Alatom Xline omogućeno je crtanje beskonačnih linija koje koristimo kao pomoćne konstrukcione linije (spone) pri povezivanju ortogonalnih pogleda. Prečica za ovaj alat je XL+Enter.

Nakon aktiviranja alata Xline na komandnoj liniji imamo sledeće mogućnosti: _xline Specify a point or [Hor/Ver/Ang/Bisect/Offset]:. Ponuđene opcije su:

Hor – crtanje horizontalnih beskonačnih linija koje prolaze kroz označenu tačku.

AutoCAD će tada nacrtati liniju koja je paralelna X osi.

Ver – crtanje vertikalnih beskonačnih linija koje prolaze kroz označenu tačku. AutoCAD će tada nacrtati liniju koja je paralelna Y osi.

Ang – crtanje beskonačnih linija pod zadatim uglom.

Bisect – crtanje beskonačnih linija koje prolaze kroz izabrano teme ugla i deli dati ugao na dva dela.

Offset – crtanje beskonačnih linija koje su paralelne drugom objektu.

Ove beskonačne linije su pomoćne linije koje posle brišemo ili njihovim isecanjem postaju obične linije (Line).

18.2.6. Crtanje kombinovanih (izlomljenih) linija (Polyline) 

Alat za crtanje polilinija (Polyline) koristi ce za crtanje kombinovanih i izlomljenih linija, kada treba da ostanu jedna celina, a ne svaka posebno. Ima primenu pri crtanju prostornih 3D crteža. Polilinija je međusobna kombinacija pravih linija i delova kružnica (sl. 18.26). Prečica za ovaj alat je PL+Enter.

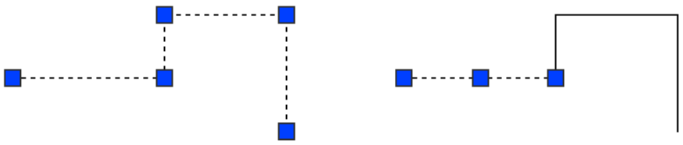
Startovanjem komande Polyline na komandnoj liniji se pojavi instrukcija za označavanje početne tačke (Specify start point). Da bi nacrtali predmet sa sl. 18.26. (početne dužine 40, radijusa 20 i krajnje dužine 40) nakon označavanja početne tačke imamo sledeće mogućnosti za drugu tačku:

1. (Specify next point or [Arc/Halfwidth/Length/Undo/Width]: L Enter;
2. Specify length of line: @40,0 Enter;
3. Specify next point or [Arc/Close/Halfwidth/Length/Undo/Width]: A Enter;
4. Specify endpoint of arc or [Angle/CEnter/CLose/Direction/Halfwidth/Line/Radius/Secondpt/Undo/Width]: CE Enter;
5. Specify center point of arc: @20,0 Enter;
6. Specify endpoint of arc or [Angle/Length]: L Enter
7. Specify length of line: @40,0 Enter.



Sl. 18.26. Polilinije (Polyline)

Na sl. 18.27,a nacrtana je polilinija i upoređenja radi linija (sl. 18.27,b). Razlika se vidi pri selektovanju linija. Prvi primer je Polyline, a drugi je Line. Polilinija može biti različitih debljina i završetaka, što se dobija opcijom Halfwidth i Width.



a) *b)*

Sl. 18.27. Upoređenje polilinije (Polyline) i linije (Line)

18.2.7. Crtanje pravilnih poligona (Polygon) 

Komanda Polygon omogućava crtanje pravilnih poligona sa proizvoljnim brojem stranica. Prečica za ovu komandu je POL+Enter. Treba izabrati broj stranica poligona, a zatim se može odabrati jedan od dva načina crtanja poligona.

Za prvi način potrebno je navesti koordinate centra zamišljene kružnice i njen poluprečnik, kao i da li se radi o opisanoj ili upisanoj kružnici oko poligona koji crtamo.

Da bi nacrtali petougaonik u kružnici poluprečnika 20 (sl. 18.28,a) na komandnoj liniji se pojavljuju sledeće instrukcije:

1. Command: _polygon Enter number of sides <4>: 5 Enter;

2. Specify center of polygon or [Edge]: pritiskom na levi taster miša negde na prostoru za crtanje označi se (odabere) centar kruga;
3. Enter an option [Inscribed in circle/Circumscribed about circle] <I>: I Enter;
4. Specify radius of circle: 20 Enter.

Drugi način se dobija izborom opcije Edge, unosimo koordinate dva temena ivice, tako se definiše dužina i položaj jedne ivice poligona (sl. 18.28,b). Dijalog na komandnoj liniji je:

1. Command: _polygon Enter number of sides <5>: Enter;
2. Specify center of polygon or [Edge]: e Enter;
3. Specify first endpoint of edge: označi se tačka A;
4. Specify second endpoint of edge: označi se tačka B.



a) *b)*

Sl. 18.28: Crtanje pravilnih poligona (Polygon)

18.2.8. Crtanje pravougaonika i kvadrata (Rectangle)



Alat Rectangle omogućava crtanje pravougaonika ili kvadrata zadatih dimenzija. Prečica je REC+Enter. Nakon izbora početne tačke biramo jednu od tri mogućnosti: Specify other corner point or [Area/Dimensions/Rotation]:

- Komandu Area koristimo kada definišemo površinu pravougaonika.
- Komanda Dimensions omogućava da nacrtamo pravougaonik ili kvadrat na taj način što definišemo suprotna temena (dimenzije stranica).
- Komandu Rotation koristimo kada je pravougaonik ili kvadrat pod nekim uglom.

Da bi nacrtali pravougaonik dimenzija 20 x 10 (sl. 18.29,a) koristimo sledeće komande:

1. Command: _rectang;
2. Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: pritiskom na levi taster miša negde na prostoru za crtanje se označi početna tačka pravougaonika;
3. Specify other corner point or [Area/Dimensions/Rotation]: D Enter
4. Specify length for rectangles <0>: 20 Enter;
5. Specify width for rectangles <0>: 10 Enter.

Pravougaonik istih dimenzija pod uglom od 25 (sl. 18.29,b) dobijamo na sledeći način:

1. Command: _rectang;
2. Specify other corner point or [Area/Dimensions/Rotation]: r;
3. Specify rotation angle or [Pick points] <0>: 25 Enter;
4. Specify other corner point or [Area/Dimensions/Rotation]: d Enter;
5. Specify length for rectangles <0>: 20 Enter;
6. Specify width for rectangles <0>:10 Enter.



a) *b)*

Sl. 18.29: Crtanje pravougaonika (komanda Rectang)

18.2.9. Crtanje lukova (Arc)



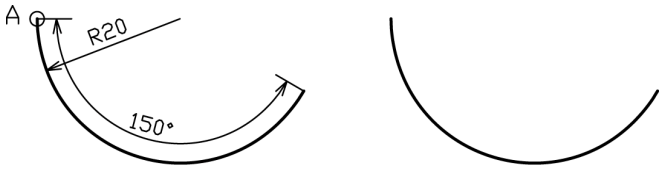
Lukovi ili radijusi se crtaju pomoću alata Arc (prečica je A+Enter). AutoCAD omogućava crtanje lukova na devet različitih načina:

- 3 point - crta luk pomoću tri zadate tačke;

- Start, Cen, End - crta luk gde su zadate početna, krajnja tačka i centar luka;
- Start, Cen, Angle - crta luk gde je zadata početna tačka, centar luka i ugao;
- Start, Cen, Lenght - crta luk gde je zadata početna tačka, centar luka i rastojanje između početne i krajnje tačke;
- Start, End, Radius - crta luk gde su zadate početna, krajnja tačka i poluprečnik;
- Start, End, Dir - crta luk gde su zadate početna i krajnja tačka i pravac početka merenja ugla;
- Cen, Start, End - crta luk gde je zadat centar luka, početne i krajnje tačke;
- Cen, Start, Angle - crta luk gde je zadat centar luka, početna tačka i ugao i
- Cen, Start, Length - crta luk gde je zadat centar luka, početna tačka i rastojanje između početne i krajnje tačke.

Za crtanje radijusa sa sl. 18.30,a poluprečnika 20 pod uglom od 150° komande su:

1. Command: _arc Specify start point of arc or [Center]: na proizvoljnom mestu se označi početna tačka (A);
2. Specify second point of arc or [Center/End]: c Enter;
3. Specify center point of arc: @20,0 Enter;
4. Specify end point of arc or [Angle/chord Length]: a Enter;
5. Specify included angle: 150 Enter. Ugao se meri od početne tačke crtanja.



a) *b)*

Sl. 18.30: Crtanje radijusa (komanda Arc)

18.2.10. Crtanje kružnica (Circle)

Circle komanda omogućava korisniku da nacrta kružnice (prečica je C+Enter). Postoji pet načina da se nacrta kružnica, a to su:

- Cen, Rad - crta se kružnica pomoću definisanog centra i poluprečnika;
- Cen, Dia - crta se kružnica pomoću definisanog centra i prečnika;
- 3P - crta se kružnica pomoću definisane tri pripadajuće tačke;
- 2P - crta se kružnica pomoću definisane dve pripadajuće tačke, koje su krajnje tačke prečnika i
- TTR - crta se kružnica koja tangira ili dve linije ili dve kružnice ili njihovu kombinaciju.

18.2.11. Crtanje slobodoručnih linija (Revision cloud)

Osnovna namena ove alatke je da se obeleži deo na crtežu koji je korigovan. Korigovani deo na crtežu se uokviri ovom linijom.

Pomoću alata Revision cloud mogu se nacrtati zatvoreni nepravilni oblici slobodne forme poput drveća, žbunja, oblaka itd. Nakon aktiviranja ovog alata na komandnoj liniji se pojavi instrukcija za dalje crtanje:

Specify start point or [Arc length/Object/Style]:. Završetak crtanja se označi sa dva uzastopna pritiska na Enter.

Pri tome možemo da definišemo veličinu polukrugova, da biramo stil crtanja (normalan ili kaligrafski), da polukrugovi budu prema spoljašnjoj ili unutrašnjoj strani figure. Samo crtanje je slobodoručno (sl. 18.31).



Sl. 18.31: Primeri za primenu alata Revision cloud

18.2.12. Crtanje krivih linija (Spline)

Spline komanda omogućava korisniku da kreira krive pomoću kvadratnog ili kubnog Spline-a (NURBS) (prečica je SPL+Enter). Ova komanda "pegla" krivu u tačkama unutar zadate tolerancije (Fit tolerance).

Linija Spline može biti otvorena ili zatvorena, a dobija se na osnovu zadatih tačaka (sl. 18.32). Aktiviranjem komande Spline na komandnoj liniji se otvori dijalog:

1. Command: _spline;
2. Specify first point or [Object]:;
3. Specify next point:;
4. Specify next point or [Close/Fit tolerance] <start tangent>:;
5. Specify next point or [Close/Fit tolerance] <start tangent>:;
6. Specify next point or [Close/Fit tolerance] <start tangent>:;
7. Specify next point or [Close/Fit tolerance] <start tangent>:;
8. Specify next point or [Close/Fit tolerance] <start tangent>:.

Nakon definisanja željenih tačaka (od 2 do 8) potrebno je definisati pravac tangente na početak i kraj Spline linije dvostrukim pritiskom na Enter.



Sl. 18.32: Primena alata Spline za crtanje krivih linija

18.2.13. Crtanje elipse (Ellipse)

Alat Ellipse omogućava korisniku da nacrta elipse (prečica je EL+Enter). Postoje dva načina da se definiše elipsa:

- Prvi način je crtanje elipse definisanjem krajnjih tačaka (male i velike ose) i
- Drugi način je crtanje elipse definisanjem središta i dužina poluosa.

Elipsa sa sl. 18.33, čije su poluose 50 i 15 Units jedinica, nacrtana je prema sledećim nalozima:

1. Command: _ellipse;
2. Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: označi se početak crtanja;
3. Specify other endpoint of axis: @100,0 Enter;
4. Specify distance to other axis or [Rotation]: 15 Enter.



Sl. 18.33: Crtanje elipse na osnovu vrednosti osa i središta i velike i male poluose

Ista elipsa nacrtana prema položaju središta i vrednostima poluosa nacrtana je prema unosu sledećih naloga:

1. Command: _ellipse;
2. Specify axis endpoint of ellipse or [Arc/Center]: c Enter;
3. Specify center of ellipse: označi se položaj središta pritiskom na levi taster miša;
4. Specify endpoint of axis: @50,0 Enter;
5. Specify distance to other axis or [Rotation]: 15 Enter.

18.2.14. Crtanje tačke (Point)

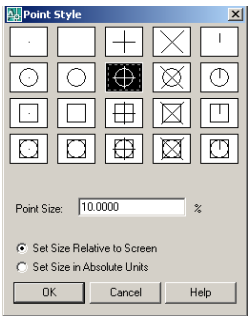
Pomoću alata Point crta se tačka na 2D ili 3D crtežu (prečica je PO+Enter). Tačke su korisne kada igraju ulogu čvornih tačaka za komandu Snap, da budu markeri za manje rupe i sl.

Tačke mogu da se zadaju na dva načina: pomoću apsolutnih (u odnosu na koordinatni početak) i relativnih koordinata (u odnosu na poslednju nacrtanu tačku), pri čemu

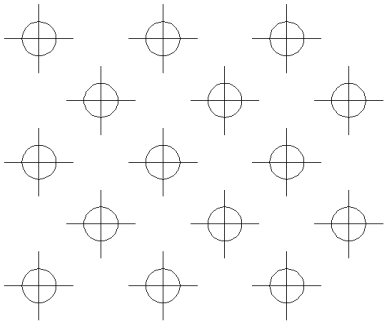
i jedan i drugi način mogu biti zadati u dekartovim ili polarnim koordinatama, kao i pri crtanju linije na osnovu njene dve tačke:

- apsolutne dekartove: x,y;
- apsolutne polarne: r<φ;
- relativne dekartove: @deltaX, deltaY;
- relativne polarne: @r<φ.

Izgled i veličina tačke se može menjati. Iz menija Format, opcija Point Style otvore se mogućnosti sa sl. 18.34. Za crtanje mesta za na primer reda zakovica pogodna je tačka sa sl. 18.35.



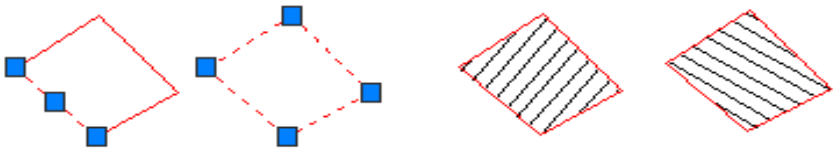
Sl. 18.34: Podešavanje oblika i veličine tačke



Sl. 18.35: Mogućnost crtanja tačke

18.2.15. Šrafiranje (Hatch)

Za šrafiranje površina koristi se alat Hatch (prečica je H+Enter). Išrafirati se može zatvorena figura bilo da je iz pojedinačnih delova (sl. 18.36,a) ili da je jedna celina (sl. 18.36,b). Aktiviranjem alata Hatch otvara se dijalog za izbor parametara šrafure ili bojenja (Gradient) (sl. 18.36). Selektovanje površine koju treba išrafirati može biti na dva načina: označavanjem unutrašnjosti površine (Add: Pick points) ili označavanjem kontura površine (Add: Select objects).

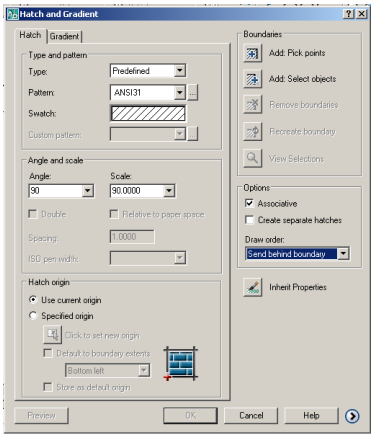


a) *b)* *c)* *d)*

Sl. 18.36: Mogućnosti za šrafiranje površina

Nakon selektovanja površine bira se vrsta šrafurnih linija (Pattern), ugao nagiba šrafurnih linija (Angle) i gustinu šrafure (Scale). Što je veći broj za skaliranje veća su rastojanja između šrafurnih linija. Za primer sa sl. 18.36,c ugao je 0°. Ugao od 0° daje zapravo ugao šrafure od 45°, jer je to osnovni položaj za ovaj tip šrafurnih linija (ANSI 31). Za primer (sl. 18.36,d) ugao je 90° (sl. 18.37).

Na isti način kao alatom Hatch, može se obojiti površina sa alatom Gradient.



Sl. 18.37: Dijalog za izbor parametara šrafure

18.2.16. Pravljenje objekata (Region)

Region se može dobiti iz zatvorenih  linija. Kada je potrebno da nacrtani predmet ne bude iz delova već jedna celina koristimo alat Region. Pri tome nacrtani predmet mora biti zatvorena, a ne otvorena figura. Jedan Kreirani region je nastao od, na primer 5 odvojenih zatvorenih linija. Aktiviranjem alata Region na komandnoj liniji se pojavi dijalog:

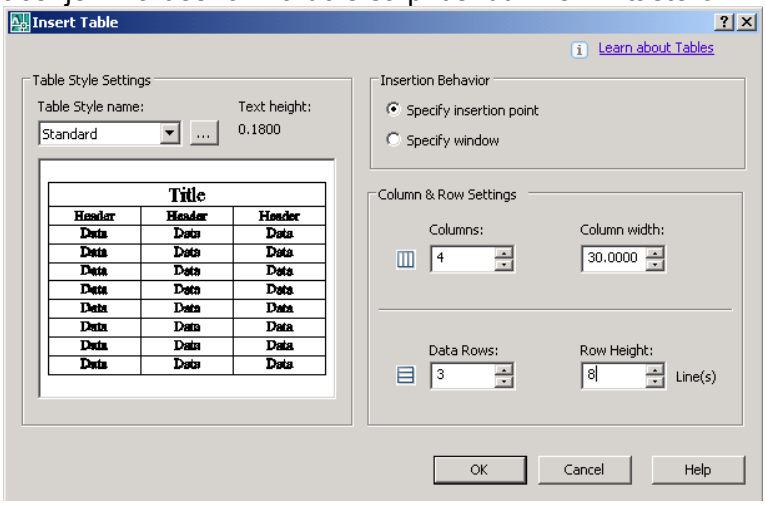
1. Command: _region;
2. Select objects: Specify opposite corner: 5 found;
3. Select objects: Enter;
4. Loop extracted;
5. 1 Region created.

18.2.17. Crtanje tabela (Table) 

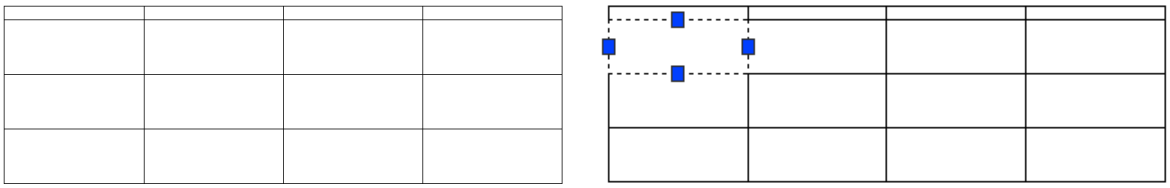
Za crtanje tabela koristi se komanda Table. Aktiviranjem komande Table otvara se dijalog za izbor parametara tabele (sl. 18.38). AutoCAD nudi standardni stil.

Izbor broja kolona i redova može biti na dva načina:

- Specify insertion point - definisanjem broja kolona (Columns) (npr. 4), rastojanja između njih (Column width) (npr. 30), broja redova (Rows) (npr. 3) i rastojanja između redova (Row Height) (npr. 8). Nakon izbora parametara pritisnemo Ok i pritiskom levog tastera miša na crtežu dobijamo definisanu tabelu sa 4 kolone i 3 reda (sl. 18.39,a). Ispisivanje teksta u tabeli se postiže markiranjem ćelije tabele (sl. 18.39,b). O pisanju teksta biće reči u narednom tekstu.
- Specify window – definisanjem rastojanja između kolona i redova, dok se broj kolona i redova bira povlačenjem na desno i na dole sa pritisnutim levim tasterom miša.



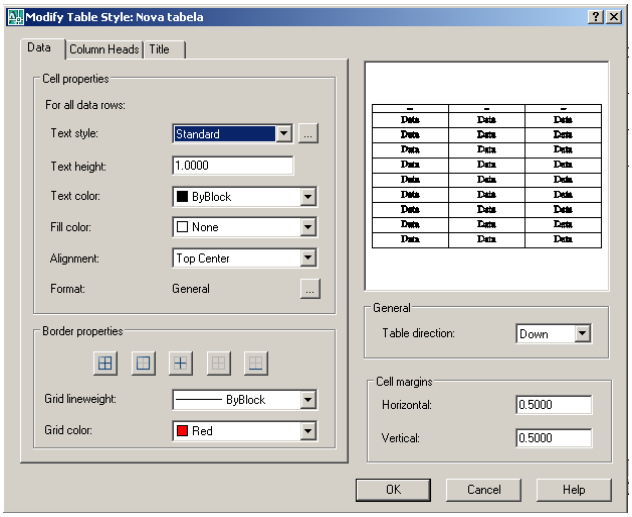
Sl. 18.38: Dijalog za izbor parametara tabele



a) *b)*

Sl. 18.39: Crtanje tabele komandom Table

Kreiranje neke nove tabele, odnosno definisanje novog stila (Table Style Settings) otvara se pritiskom levog tastera miša na taster sa tri tačke  (Table Style). Parametri koje definišemo su: izgled slova (Text style), visina slova (Text height), boja slova (Text color), boja polja (Fill color), položaj pisanja u polju (Aligment), debljina i boja linija tabele (Grid lineweight, Grid color), margine unutar ćelija tabele (Cell margins) itd. (sl. 18.40).



Sl. 18.40: Izmena parametara za crtanje tabele – korekcija stila (Modify Table Styles)

18.2.18. Pisanje teksta (Text)

Ispisivanje teksta u AutoCAD-u može biti na dva načina:

- višelinijski, alatom Multiline text ili
- jednolinijski, alatom Single Line text.

Oba alata za ispisivanje teksta nalaze se u padajućem meniju Draw/Text i na pokretnoj paleti Text (sl. 18.41). Alat Multiline text nalazi se i na pokretnoj paleti Draw.

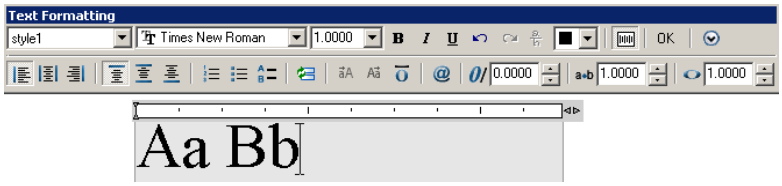


Sl. 18.41: Pokretna paleta za pisanje teksta

Aktiviranjem alata **Multiline text** otvara se okvir za tekst i parametre teksta koje biramo (sl. 18.42). Parametri teksta koje biramo su: vrsta slova, veličina, upravna ili ukošena (Italik), podvučena, boja, centriranost, rastojanje između redova i slova u reči itd.

Dužinu prostora u kojem ispisujemo višelinijski tekst (Multiline text) određujemo povlačenjem na desnu stranu i prema dole sa pritisnutim levim tasterom miša ili povlačenjem strelice prostora za crtanje. Nakon unosa teksta, negde sa strane, izvan prostora za pisanje pritisnemo levi taster miša čime potvrđujemo unos teksta i izlazimo iz komande.

Tako ispisan tekst predstavlja jednu celinu bez obzira na njegovu dužinu i broj redova.



Sl. 18.42: Dijalog za pisanje višelinijskog teksta (Multiline text)

Jednolinijski tekst se ispisuje alatom **Single Line text** . Ovim alatom se ispisuje tekst koji svaki za sebe čini jednu celinu na različitim mestima na crtežu sve dok se ne izađe iz komande. Ovaj način je pogodan za ispisivanje oznaka, pozicija i slično, koji su na različitim mestima na crtežu.

Visina slova kao i nagib definiše se pomeranjem miša na dole sa pritisnutim levim tasterom ili definisanjem na komandnoj liniji. Ista visina slova se zadržava sve dok se ne izađe iz komande sa tipkom Esc. Za pisanje teksta visine 10 pod nagibom od 20° dijalog na komandnoj liniji je:

1. Command: _dtext;

2. Current text style: "Standard" Text height: 6.0000. Dobija se obaveštenje o stilu i prethodno korišćenoj visini teksta;
3. Specify start point of text or [Justify/Style]: označi se početna tačka pisanja;
4. Specify height <6.0000>: 10 Enter;
5. Specify rotation angle of text <0>: 20 Enter.

Na tehničkim crtežima je često potrebno koristiti različite oznake. Za to se pri pisanju teksta na crtežima koriste skraćenice:

- %%c daje na crtežu oznaku za kružni presek (∅),
- %%d daje na crtežu oznaku za stepen (°),
- %%p daje na crtežu oznaku plus minus (±).

18.3. OSNOVNI ELEMENTI MODIFIKOVANJA (Modify)

Alati za modifikaciju onog što je već nacrtano nalaze se u meniju Modify ili na pokretnoj paleti koja je smeštena sa desne strane ekrana (sl. 18.1).

Alati ove palete su: Erase (brisanje), Copy (kopiranje), Mirror (kopiranje u odnosu na osu kao u ogledalu), Offset (paralelno kopiranje na određenom rastojanju), Array (kopiranje po nekoj određenoj putanji ili na nekoj omeđenoj površini, Move (premeštanje), Rotate (rotacija), Scale (povećanje i smanjenje nacrtanog), Stretch (korigovanje nacrtanog), Trim (odsecanje), Extend (produžavanje), Break Select object (prekid u jednoj tački), Break (prekid na određenom rastojanju), Join (spajanje), Chamfer (obaranje oštrih ivica), Fillet (zaobljavanje oštrih ivica) i Explode (rastavljanje na elementarne delove).

18.3.1. Brisanje delova crteža (Erase) 

Erase komanda omogućava korisniku da obriše nepotrebne elemente na crtežu (prečica je E+Enter). Aktiviranjem alata Erase dijalog na komandnoj liniji je:

1. Command: _erase;
2. Select objects: selektuje se deo koji se želi obrisati, nakon čega se na komandnoj liniji konstatuje broj delova za brisanje, npr. 1 found;
3. Select objects: Enter, nakon čega su selektovani delovi crteža obrisani.

Brisanje nacrtanog i selektovanog može se uraditi i pomoću komande Delete sa tastature.

18.3.2. Kopiranje elemenata (Copy) 

Copy komanda se koristi za dupliranje jednog ili više nacrtanih delova na drugu lokaciju (ili lokacije), bez brisanja originala (prečica je CO+Enter) i ukviru istog fajla. Kada se aktivira ova komanda AutoCAD će ponuditi sledeće:

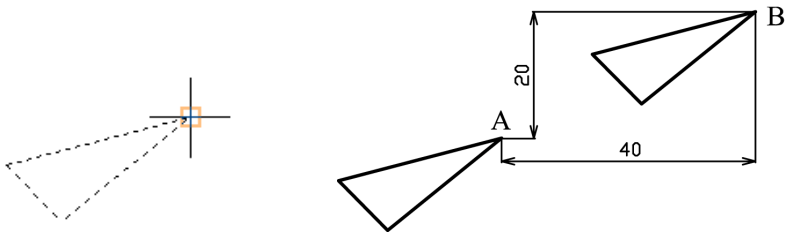
- Select objects - markiraju se elementi koje treba kopirati. Na komandnoj liniji se dobije podatak o broju selektovanih delova za kopiranje;
- Specify base point or [Displacement] - pomoću miša se označi bazna tačka u odnosu na koju će se kopirati objekat;
- Specify second point - određuje se druga tačka koja će biti na određenom rastojanju od bazne, pomoću apsolutnih ili relativnih koordinata u odnosu na baznu tačku;
- Specify second point or [Exit/Undo]: selektovani objekat se može kopirati i dalje, sve dok se ne izađe iz komande Copy.

Za kopiranje nacrtanog objekta sa sl. 18.43,a, nakon aktiviranja komande Copy, dijalog je sledeći:

1. Command: _copy;
2. Select objects: 1 found;
3. Select objects: 1 found, 2 total;
4. Select objects: 1 found, 3 total;
5. Select objects: Enter;

6. Specify base point or [Displacement] <Displacement>: označi se bazna tačka (tačka A);
7. Specify second point or <use first point as displacement>: @40,20 Enter (koordinate tačke B u odnosu na A);
8. Specify second point or [Exit/Undo] <Exit>: Esc.

Rezultat je pomeren crtež za 40 po osi X i 20 po osi Y računajući od tačke A (sl. 18.43,b).



a) *b)*

Sl. 18.43: Kopiranje objekta

Za kopiranje elemenata crteža iz jednog u drugi dokument (fajl) koriste se komande Copy i Paste iz padajućeg menija Edit.

18.3.3. Kopiranje u odnosu na osu kao u ogledalu (Mirror)

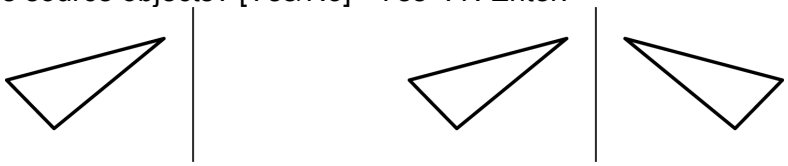
Mirror komanda omogućava kopiranje objekta ili više objekata u odnosu na osu tako da se dobije kao slika u ogledalu u odnosu na postojeći (prečica je MI+Enter). Postojeći objekat može biti obrisan ili zadržan.

Ponuđene opcije ove komande su:

- Select objects - markiraju se elementi koje treba kopirati komandom mirror;
- First point off mirror line - selektuje se prva tačka koja definiše osu oko koje se kopira sa mirror;
- Second point - selektuje se druga tačka koja definiše osu oko koje se kopira sa mirror. Osa može biti pod bilo kojim uglom;
- Delete old objects? - određuje da li se originalni objekti brišu ili ne.

Trougao sa sl. 18.44,a kopiran je kao u ogledalu u odnosu na osu pomoću komande Mirror (sl. 18.44,b) na sledeći način:

1. Command: _mirror;
2. Select objects: 1 found;
3. Select objects: 1 found, 2 total;
4. Select objects: 1 found, 3 total;
5. Select objects: Enter;
6. Specify first point of mirror line: označi se prva tačka ose;
7. Specify second point of mirror line: označi se druga tačka ose;
8. Erase source objects? [Yes/No] <Yes>: N Enter.



a) *b)*

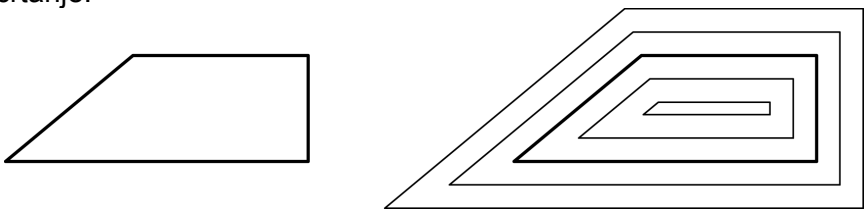
Sl. 18.44: Kopiranje pomoću komande Mirror

18.3.4. Paralelno kopiranje na određenom rastojanju (Offset)

Pomoću komande Offset crtamo novi objekat, paralelan sa nacrtanim na određenom rastojanju (prečica je O+Enter). Ova komanda se može primeniti na liniju, luk, kružnicu itd, odnosno na sve ono što nacrtamo u dve dimenzije.

Za crtanje predmeta sa sl. 18.45,b koji je nastao od predmeta sa sl. 18.45,a komandom Offset dijalog je sledeći:

1. Command: _offset;
2. Specify offset distance or [Through/Erase/Layer] <0>: 4 Enter. Rastojanja između novih kopiranih predmeta biće 4;
3. Select object to offset or [Exit/Undo] <Exit>: selektuje se objekat, Enter;
4. Specify point on side to offset or [Exit/Multiple/Undo] <Exit>: m Enter;
5. Specify point on side to offset or [Exit/Undo] <next object>: pomerimo kursor ka unutrašnjosti ili spoljašnosti nacrtane figure i pritisnemo levi taster miša nakon čega će se nacrtati ista figura smanjena ili uvećana na rastojanju od 4. Imaćemo onoliko figura koliko puta pritisnemo levi taster miša;
6. Specify point on side to offset or [Exit/Undo] <next object>:;
7. Specify point on side to offset or [Exit/Undo] <next object>:;
8. Specify point on side to offset or [Exit/Undo] <next object>:;
9. Specify point on side to offset or [Exit/Undo] <next object>: komandom Esc završavamo crtanje.



a) *b)*

Sl. 18.45: Kopiranje objekta pomoću komande OFFSET

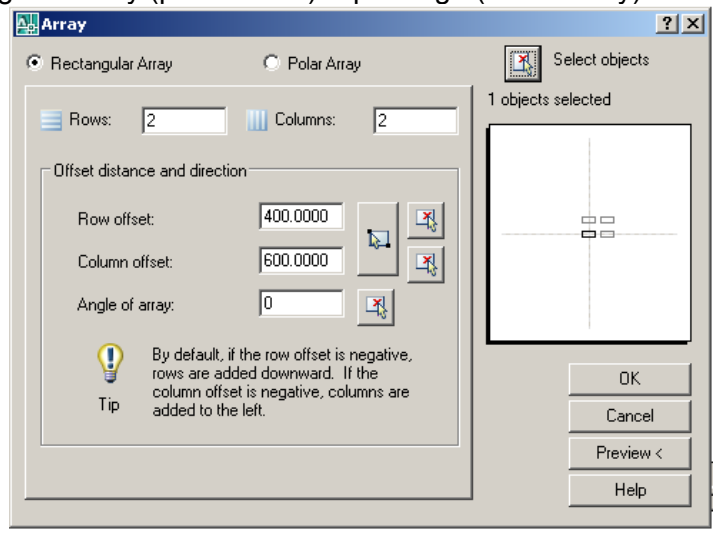
18.3.5. Kopiranje niza istovetnih objekata (Array)

Array komanda kopira markirane objekte u matričnom (n redova i m kolona) ili kružnom (x kopija u krugu od 360° i manje) rasporedu (prečica je AR+Enter). I matrična i kružna raspodela su vrlo slične.

Za matričnu raspodelu korisnik mora da ukuca željeni broj redova i kolona i rastojanje između njih.

Početni element u matrici je u donjem levom uglu, a matrica se generiše na gore i udesno od početnog elementa. Ako se unese negativna vrednost za rastojanje između redova, redovi će se dodavati na dole. Ako se unese negativna vrednost za rastojanje između kolona, kolone će se dodavati ulevo.

Nakon aktiviranja alata Array otvara se dijalog (sl. 18.46) gde biramo način rasporeda: Rectangular Array (po osi X i Y) ili po krugu (Polar Array).



Sl. 18.46: Dijalog za izbor načina i parametara rasporeda objekata komandom Array

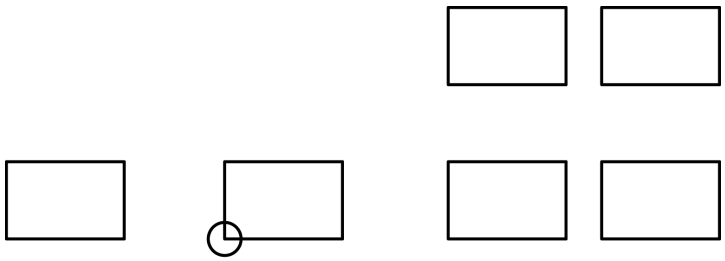
Niz sa sl. 18.47,c je nastao od predmeta sa sl. 18.47,a komandom Array na sledeći način:

1. Command: _array. Nakon aktiviranja ove komande otvori se dijalog (sl. 18.46) gde biramo način rasporeda (Rectangular Array) i pritiskom na taster “Select objects” u gornjem desnom uglu vraćamo se na crtež.

2. Select objects: selektujemo objekat koji će biti nacrtan u nizu (sl. 18.46,a). 1 found. Enter.

3. Sa Enter ponovo se otvara isti dijalog (sl. 18.46) gde levim tasterom miša kliknemo na taster sa koordinatnim početkom da bi odabrali tačku od koje će biti definisana rastojanja u nizu (sl. 18.47,b).

4. Specify unit cell: Other corner: unesemo vrednosti rastojanja po osi X (Collumn Offset) u ovom primeru 600 i po osi Y (Row offset) u ovom primeru 400, 2 reda (Rows) i 2 kolone (Columns), potvrdimo sa OK i dobijamo crtež (sl. 18.47,c).



a) *b)* *c)*

Sl. 18.47: Crtanje niza pomoću komande Array

Za lučnu ili kružnu raspodelu prvo se markira centar kružnice ili luka po kojima se vrši raspodela. Posle toga treba definisati sledeće parametre:

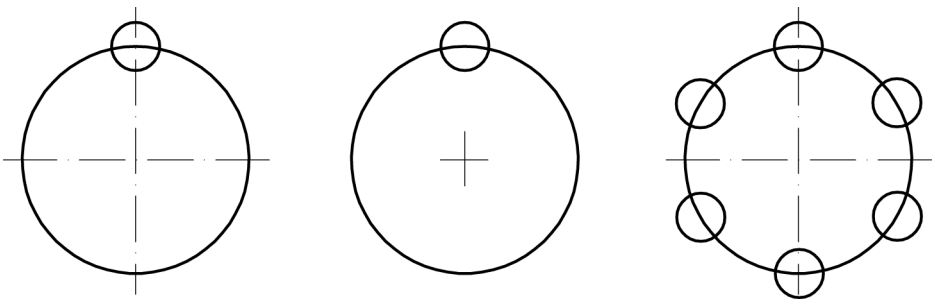
- broj objekata u nizu,
- ugao između objekata u nizu i
- opciono, mogu se rotirati objekti prilikom stvaranja niza.

Primer za crtanje istih delova pravilno raspoređenih po kružnici dat je na sl. 18.48. Dijalog na komandnoj liniji je sledeći:

1. Command: _array. Otvora se dijalog (sl. 18.49) gde treba označiti raspored Polar Array i Select objects. Selektuje se deo koji treba nacrtati u nizu po kružnici (sl. 18.48, manja kružnica).

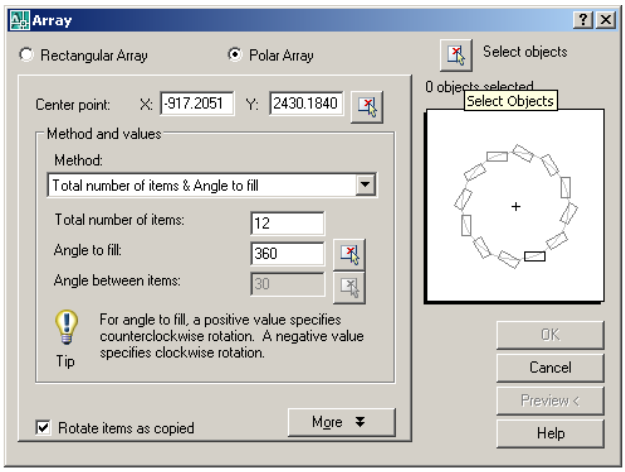
2. Specify opposite corner: 3 found i Enter. Ponovo se otvara dijalog gde treba označiti opciju za izbor centra kružnice po kojoj će biti raspoređen selektovani deo (Center point, tj. elektro taster Pick Center Point ).

3. Specify center point of array: označava se centar kružnice (sl. 18.48,b) pritiskom na levi taster miša. Otvara se ponovo dijalog gde treba definisati broj kopija (6) ili ugao između njih, ugao po kojem će biti raspoređeni elementi (360°) i nakon toga potvrditi sa OK, gde se dobija crtež (sl. 18.48,c).



a) *b)* *c)*

Sl. 18.48: Crtanje komandom Array



Sl. 18.49: Dijalog za crtanje komandom Array po kružnici

18.3.6. Premeštanje nacrtanog (Move)

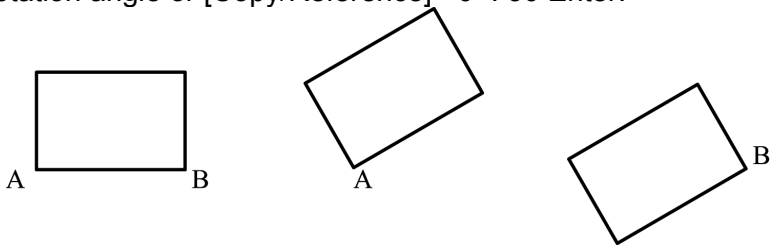
Move komanda omogućava pomeranje nacrtanog dela crteža ili celog crteža (prečica je M+Enter). Nakon aktiviranja ovog alata na komandnoj liniji sledi dijalog:

1. Command: _move;
2. Select objects: 1 found;
3. Select objects: Enter;
4. Specify base point or [Displacement] <Displacement>: označimo baznu tačku od koje će biti definisano pomeranje;
5. Specify second point or <use first point as displacement>: @40,0 Enter. Unesemo vrednosti pomeranja po osama X i Y od bazne tačke koju smo iznačili.

18.3.7. Rotiranje nacrtanog (Rotate)

Rotate komanda omogućava korisniku da rotira izabrane elemente oko bazne tačke (prečica je RO+Enter). Ugao se meri u pozitivnom matematičkom smeru. Dijalog za rotaciju pravougaonika oko tačke A ili B (sl. 18.50) je sledeći:

1. Command: _rotate;
2. Select objects: 1 found;
3. Select objects: Enter;
4. Specify base point: označi se bazna tačka oko koje će predmet biti zarotiran (A ili B);
5. Specify rotation angle or [Copy/Reference] <0>: 30 Enter.



Sl. 18.50: Rotacija nacrtanog komandom Rotate

18.3.8. Promena veličine nacrtanog dela (Scale)

Scale komanda omogućava da se promeni veličina nacrtanog dela (prečica je SC+Enter). Isti faktor skaliranja (povećanja ili umanjenja) je isti i za X i za Y ose.

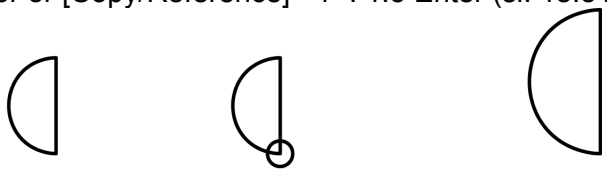
Ponuđene opcije su:

- Select objects - bira se objekat koji treba povećati ili smanjiti;
- Base point - bira se tačka oko koje se vrši smanjivanje ili uvećavanje;
- Scale factor - određuje se faktor skaliranja. Ako je potrebno da se objekat smanji treba ukucati vrednost manju od 1, a ako se želi uvećati, treba ukucati vrednost veću od 1;

- Reference - omogućava da se faktor skaliranja odredi u funkciji od veličine već postojećih elemenata.

Primer za uvećanje predmeta komandom Scale dat je na sl. 18.51,a. Dijalog na komandnoj liniji je:

1. Command: _scale;
2. Select objects: Specify opposite corner: 4 found;
3. Select objects: Enter
4. Specify base point: (sl. 18.51,b);
5. Specify scale factor or [Copy/Reference] <1>: 1.5 Enter (sl. 18.51,c).



a) *b)* *c)*

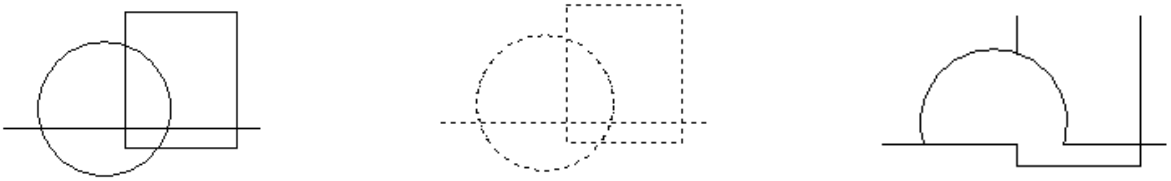
Sl. 18.51: Uvećanje predmeta (komanda Scale)

18.3.9. Odsecanje (Trim)

Komanda Trim omogućava odsecanje delova crteža koji se seku (prečica je TR+Enter). Kao granični elementi do kojih se odseca kao i elementi za odsecanje mogu biti: linije, polilinije, lukovi, kružnice itd, tj. svi elementi nacrtani u dve dimenzije.

Predmet sa sl. 18.52,c nastao je odsecanjem crteža (sl. 18.52,a) na sledeći način:

1. Command: _trim;
2. Select objects or <select all>: Specify opposite corner: 3 found;
3. Select objects: Enter (sl. 18.52,b);
4. Select object to trim or shift-select to extend or. Pritiskom na liniju sa levim tasterom miša brišemo je. Isti postupak ponavljamo onoliko puta koliko delova brišemo. Na ovaj način možemo obrisati samo one delove koji se dodiruju;
5. [Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]:;
6. Select object to trim or shift-select to extend or;
7. [Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]: Esc.



a) *b)* *c)*

Sl. 18.52: Odsecanje komandom Trim

Ostatak odsečenih delova koji se ne mogu brisati komandom Trim brišu se komandom Erase ili Delete.

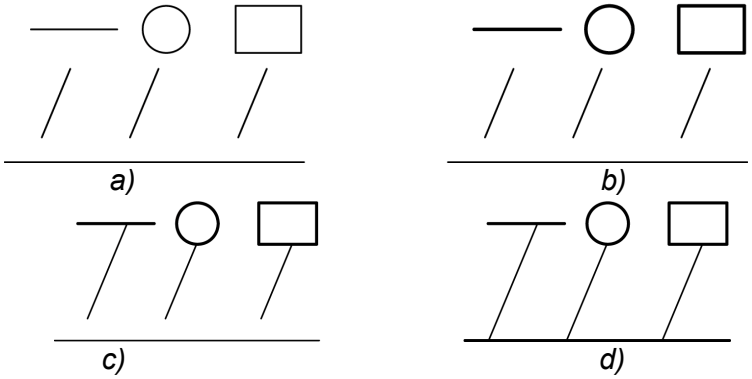
18.3.10. Produžavanje linija i lukova (Extend)

Extend komanda omogućava korisniku da produži selektovani element do nekog drugog nacrtanog elementa, a da smo sigurni da će imati zajedničku dodirnu tačku (prečica je EX+Enter). Ova komanda ima efekat za sledeće: linije, lukove, delove kružnice, polilinije, delove elipsi isl.

Opcija Select objects služi za izbor graničnih elemenata (do kojih se označeni elementi produžavaju). Opcija Select object to extend služi za izbor elemenata koji se produžavaju do markirane granice. Opcija Undo omogućava korisniku da poništi sve što je radio od početka startovanja komande Extend, i da počne sve od početka.

Za primer sa sl. 18.53,a gde središnje linije treba spojiti sa linijom, kružnicom i pravougaonikom, dijalog na komandnoj liniji je sledeći:

1. Command: _extend;
2. Select objects or <select all>: 1 found. Možemo selektovati svaki pojedinačni deo ili sve odjednom, zatim Enter (sl. 18.53,b);
3. Select object to extend or shift-select to trim or. Dovedemo marker na jedan kraj linije i pritisnemo levi taster miša. Na taj način se spoji linija do susedne (sl. 18.53,c);
4. Select object to extend or shift-select to trim or. Prethodni postupak ponavljamo sve dok ne spojimo sve linije sa druge strane (sl. 18.53,c i d).



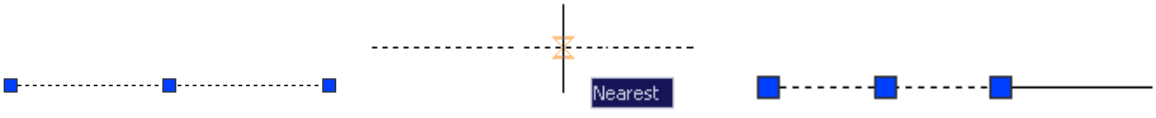
Sl. 18.53: Produžavanje linija komandom Extend

18.3.11. Prekid u jednoj tački (Break at Point)

Komandom Break at point možemo prekinuti liniju u jednoj tački (prečica je BR+Enter). Na sl. 18.54. nacrtana je jedna linija, što se vidi po selektovanim markerima (sl. 18.53,a koja je prekinuta u jednoj tački (sl. 18.54,b i c) na sledeći način:

1. Command: _break Select object:;
2. Specify second break point or [First point]: _f. Selektuje se linija (sl. 18.54,a);
3. Specify first break point: levim tasterom miša označi se tačka prekida (sl. 18.54,b);

Na slici 18.54,c) se vidi da je linija prekinuta, odnosno da su od jedne dobijene dve linije.

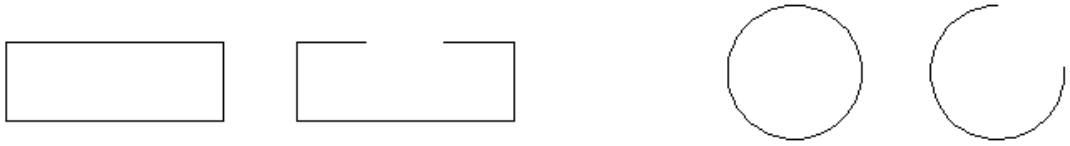


Sl. 18.54: Prekid linije u jednoj tački komandom Break at point

18.3.12. Prekid na određenom rastojanju (Break)

Komandom Break pravi se prekid određenog rastojanja na nacrtanoj: liniji, polilinji, krugu, elipsi itd. Dijalog za prekid linije pravougaonika (sl. 18.55) je:

1. Command: _break Select object: pri selekciji objekta prva označena tačka (pritiskom na levi taster miša) će biti i prva tačka prekida;
2. Specify second break point or [First point]: pritiskom na levi taster miša označi se druga tačka prekida.



Sl. 18.55: Crtanje prekida komandom Break

18.3.13. Obaranje oštrih ivica (Chamfer)

Ova komanda povezuje dva elementa pravom linijom ili ih produžava do preseka. Moguće je odrediti distancu od kraja linije za svaki element posebno. Uneta veličina za

distancu odmerava se uvek od presečne tačke odabranih linija. Ako se selektovane linije ne seku, Chamfer će produžiti linije da se preseku. Opcije ove komande su:

1. Polyline – obara oštre ivice polilinija (poligona), sl. 18.56,a;
2. Distance – definišu se rastojanja od presečne tačke dve linije;
3. Angle – definiše se jedno rastojanje i ugao;
4. Multiple - omogućava veći broj ponavljanja iste operacije;
5. Trim – omogućava izbor da li da se obriše ili ne postojeći rogalj.

Za obaranje svih oštrih ivica poligona (sl. 18.56,a) na komandnoj liniji slede komande:

1. Command: _chamfer;
2. Select first line or [Undo/Polyline/Distance/Angle/Trim/mEthod/Multiple]: d Enter;
3. Specify first chamfer distance <0>:5 Enter;
4. Specify second chamfer distance <0>:5 Enter;
5. Select first line or [Undo/Polyline/Distance/Angle/Trim/mEthod/Multiple]: p Enter;
6. Select 2D polyline;
7. 4 lines were chamfered.

Na isti način se obaraju ivice presečnih linija izborom rastojanja ili ugla (sl. 18.56,b).



a) *b)*

Sl. 18.56: Obaranje oštrih ivica komandom Chamfer

18.3.14. Povezivanje dva elementa lukom (Fillet)

Fillet komanda povezuje dva elementa (linije, lukove) na taj način što između njih crta luk zadatog poluprečnika (zaobljava oštre ivice).

Opcija Radius omogućava korisniku da definiše poluprečnik "zaobljenja" svakog temena. Ako korisnik želi da izvrši "zaobljenje" celokupne polilinije, to se radi opcijom Polyline.

Opcija Trim omogućava korisniku da specificira da li će se markirane ivice odseći (trimovati) ili ne.

Dijalog na komandnoj liniji za zaobljenja sa sl. 18.57 je:

1. Command: _fillet;
2. Select first object or [Undo/Polyline/Radius/Trim/Multiple]: r;
3. Specify fillet radius <0>: 15 Enter;
4. Select first object or [Undo/Polyline/Radius/Trim/Multiple]: selektuje se prva linija;
5. Select second object or shift-select to apply corner: selektuje se druga linija.



a) *b)*

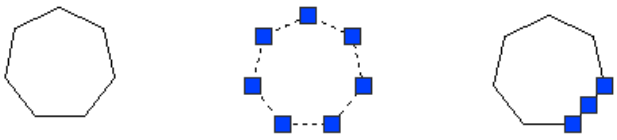
Sl. 18.57: Zaobljavanje oštrih ivica komandom Fillet

18.3.15. Rastavljanje nacrtanog na elementarne delove (Explode)

Komanda Explode koristi se za rastavljanje nacrtanog na elementarne sastavne delove. Na sl. 18.58,a prikazan je šestougaoni poligon rastavljen na šest sastavnih liniji, što se vidi nakon markiranja (sl. 18.58,b i c).

Dijalog sa komandnom linijom je:

1. Command: _explode;
2. Select objects: 1 found;
3. Select objects: Enter.

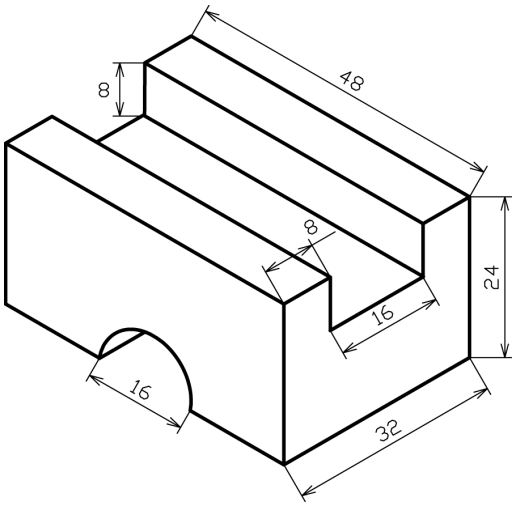


a) *b)* *c)*

Sl. 18.58: Rastavljanje na elementarne delove komandom Explode

18.3.16. Primer crtanja 2D crteža

Za predmet (sl. 18.59) prikazan i uzometriji nacrtati: kosu projekciju, tri ortogonalna pogleda, kote i model.



Sl. 18.59: Izometrijski izgled predmeta

Crtanje kose projekcije

Redosled crtanja, kao i primena alata za crtanje može biti različit, što zavisi od onog koji crta, njegovog iskustva itd. Treba izabrati onaj način koji će omogućiti da se na najjednostavniji i najbrži način nacrta traženi predmet. Jedna od mogućnosti biće prikazana.

Prednja površina predmeta treba da je paralelna sa vertikalnom projekcijskom ravni, stoga se prvo ona nacrta primenom alata Line. Pri tome se na statusnoj liniji aktivira opcija Ortho:

- Command: _line Specify first point:;
- Specify next point or [Undo]: 48;
- Specify next point or [Undo]: 24;
- Specify next point or [Close/Undo]: 48;
- Specify next point or [Close/Undo]: (sl. 18.60,a*).*

Polukružnica je nacrtana pomoću alata za kružnicu Circle koja se odseče alatom Trim.

- Command: _circle Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]:
- Specify radius of circle or [Diameter]: 8;
- Command: _trim;
- Current settings: Projection=UCS, Edge=None;
- Select cutting edges ...
- Select objects or <select all>: 1 found;
- Select objects: 1 found, 2 total;
- Select objects:;
- Select object to trim or shift-select to extend or;
- [Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]:;
- Select object to trim or shift-select to extend or;
- [Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]:;
- Select object to trim or shift-select to extend or;
- [Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]: (sl. 18.60,b*).*

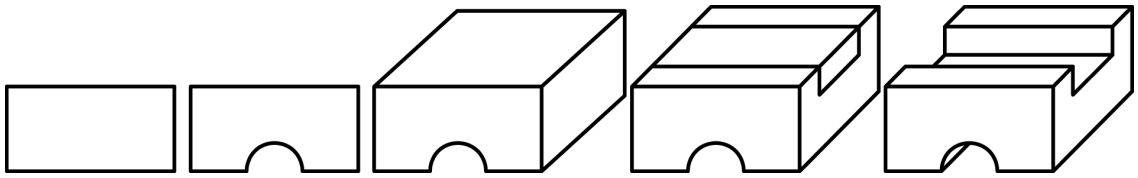
Nakon toga se crta ivica predmeta dužine 32 pod uglom od 45, zatim vertikalna 24, horizontalna 48 i zatvori se kontura:

- Command: _line Specify first point:;
- Specify next point or [Undo]: @32<45;
- Specify next point or [Undo]: 24;
- Specify next point or [Close/Undo]: 48;
- Specify next point or [Close/Undo]:;
- Specify next point or [Close/Undo]: (sl. 18.60,c*).*

Nakon toga nacrta se deo žleba sa bočne strane:

- Command: _line Specify first point:;
- Specify next point or [Undo]: @8<45;
- Specify next point or [Undo]: 8;
- Specify next point or [Close/Undo]: @16<45;
- Specify next point or [Close/Undo]: 8;
- Specify next point or [Close/Undo]: 48;
- Specify next point or [Close/Undo]: (sl. 18.60,d*).*

Ostali delovi predmeta crtaju se kopiranjem, odsecanjem i crtanjem ostalih linija (sl. 18.60,e).



a) *b)* *c)* *d)* *e)*

Sl. 18.60: Faze crtanja kose projekcije

Crtanje ortogonalnih projekcija

Crtanje glavnog pogleda A

Glavni pogled se može nacrtati sa različitim alatima i na različite načine. Na sl. 18.61. prikazane su faze crtanja jedne od više mogućnosti.

Prvo se nacrta pravougaonik dimenzija 48x24 (sl. 18.61,a):

1. Command: _line Specify first point: označi se na proizvoljnom mestu početna tačka (donji levi rogalj);
2. Specify next point or [Undo]: <Ortho on> uključi se opcija Ortho. Povuče se miš udesno, otkuca 48 i Enter:
3. Specify next point or [Undo]: povuče se miš na gore, otkuca 24 i Enter;
4. Specify next point or [Close/Undo]: povuče se miš na levo, otkuca 48 i Enter;
5. Specify next point or [Close/Undo]: pritisnemo levim tasterom na početnu tačku. Sa Ecs zatvorimo komandu Line.

Za crtanje simetralne linije potrebno je ponovo aktivirati komandu Line:

1. Command: _line Specify first point: uključi se Snap to Midpoint da bi uhvatili sredinu donje linije 48;
2. Specify next point or [Undo]: povučemo mišem na gore do druge tačke;
3. Specify next point or [Undo]: s komandom Ecs zatvorimo komandu Line.

Crtanje kružnice poluprečnika 8:

1. Command: _circle Specify center point for circle or [3P/2P/Ttr (tan tan radius)]: označi se centar kružnice:;
2. Specify radius of circle or [Diameter] <0>: 8 i Enter (sl. 18.61,a).

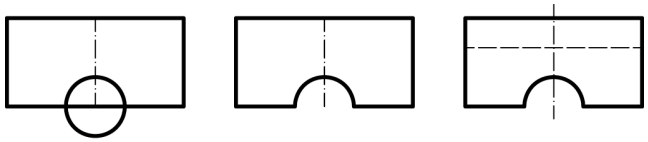
Komandom Trim odseca se kružnica i donja linija:

1. Command: _trim;
2. Select objects or <select all>: 1 found;
3. Select objects: 1 found, 2 total;
4. Select objects: Enter;

5. Select object to trim or shift-select to extend or [Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]:;
6. Select object to trim or shift-select to extend or [Fence/Crossing/Project/Edge/eRase/Undo]: *Cancel* (sl. 18.61,b).

Crtanje žleba (nevidljive linije) komandom Offset:

1. Command: _offset;
2. Specify offset distance or [Through/Erase/Layer] <0>: 8 Enter;
3. Select object to offset or [Exit/Undo] <Exit>: selektuje se gornja linija 48;
4. Specify point on side to offset or [Exit/Multiple/Undo] <Exit>: m Enter;
5. Specify point on side to offset or [Exit/Undo] <next object>: povuče se miš prema dole i pritisne levi taster miša;
6. Specify point on side to offset or [Exit/Undo] <next object>: *Cancel*;
7. Dodele se lejeri nacrtanim linijama ili se od početka crta sa odgovarajućim lejerima (sl. 18.61,c).



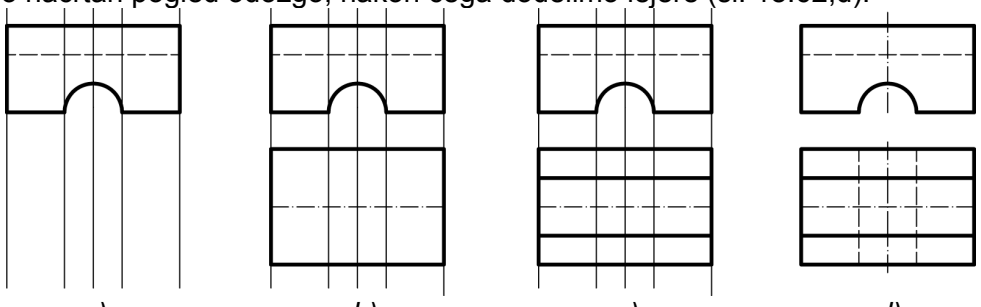
a) *b)* *c)*

Sl. 18.61: Faze crtanja glavnog pogleda

Crtanje pogleda odozgo B

Da bi pogled odozgo bio povezan sa glavnim pogledom koristimo konstrukcionu liniju (Constricion Line):

1. Command: _xline Specify a point or [Hor/Ver/Ang/Bisect/Offset]: sa uključenom opcijom ORTHO nacrtamo konstrukcione linije (Construction Line) (sl. 18.62,a);
2. Command: Command: _line Specify first point: na proizvoljnom mestu nacrta se gornja linija 48;
3. Command: _offset;
4. Specify offset distance or [Through/Erase/Layer] <0>:32 Enter;
5. Select object to offset or [Exit/Undo] <Exit>: selektuje se gornja nacrtana linija 48;
6. Specify point on side to offset or [Exit/Multiple/Undo] <Exit>:m Enter. Povučemo miša na dole i dva puta pritisnemo levi taster miša (sl. 18.62,b);
7. Command: _offset: Ovom komandom se crtaju linije žleba;
8. Specify offset distance or [Through/Erase/Layer] <0>: 8 Enter;
9. Select object to offset or [Exit/Undo] <Exit>: selektuje se središnja linija;
10. Specify point on side to offset or [Exit/Multiple/Undo] <Exit>: m Enter;
11. Specify point on side to offset or [Exit/Undo] <next object>: pritiskom na levi taster miša sa jedne i druge strane središnje linije nacrtamo konture žleba (sl. 18.62,c).
12. Command: _trim. Selektuju se sve linije i odsecanjem svih nepotrebnih dobijamo definitivno nacrtan pogled odozgo, nakon čega dodelimo lejere (sl. 18.62,d).



a) *b)* *c)* *d)*

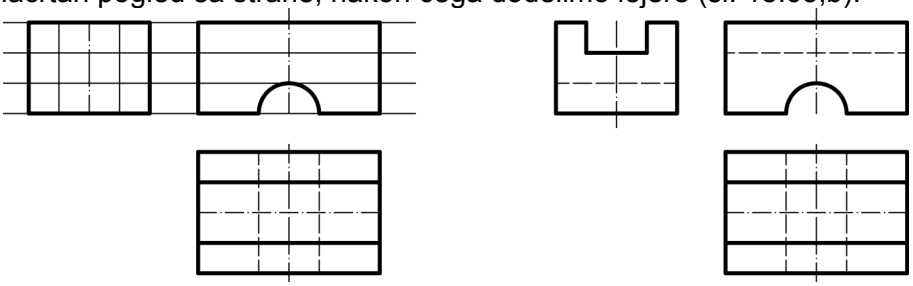
Sl. 18.62: Crtanje pogleda odozgo B

Crtanje pogleda sa strane C

Da bi se nacrtao pogled sa strane, treba nacrtati konstrukcione horizontalne linije sa

glavnog pogleda:

1. Command: _xline Specify a point or [Hor/Ver/Ang/Bisect/Offset]: na ovaj način se nacrtaju 4 horizontalne (Construction Line);
2. Command: _line Specify first point: na proizvoljnom mestu nacrta se krajnja desna vertikalna konturna linija (sl. 18.63,a);
3. Command: _offset komandom kopira se prvo nacrtana vertikalna linija dva puta na rastojanju od 8;
4. Specify offset distance or [Through/Erase/Layer] <0>: 32;
5. Select object to offset or [Exit/Undo] <Exit>:;
6. Specify point on side to offset or [Exit/Multiple/Undo] <Exit>: m Enter;
7. Command: _offset komandom kopira se središnja linija na rastojanju od 8 na jednu i drugu stranu;
8. Command: _trim. Selektuju se sve linije i odsecanjem svih nepotrebnih dobijamo definitivno nacrtan pogled sa strane, nakon čega dodelimo lejere (sl. 18.63,b).

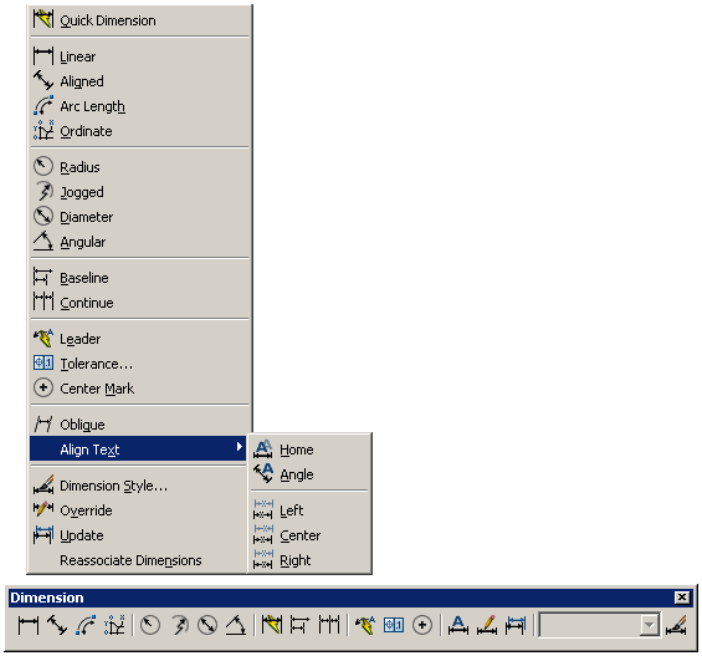


a) b)

Sl. 18.63: Crtanje pogleda sa strane C

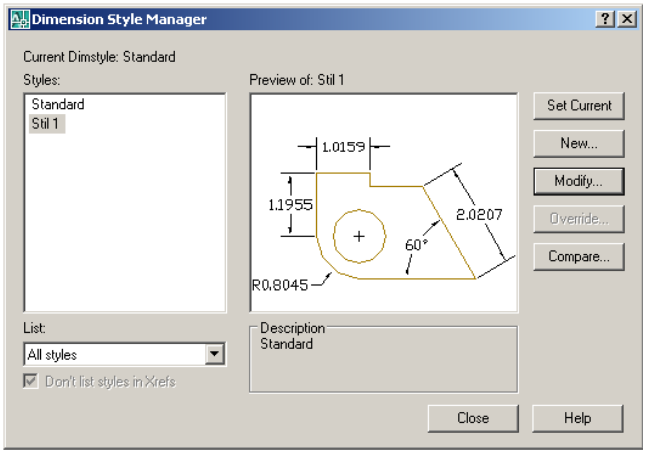
18.4. DIMENZIONISANJE (KOTIRANJE)

Dimenzionisanje ili kotiranje je postupak da se na crtežu označe vrednosti veličine predmeta crtanja. Alati AutoCAD-a za označavanje veličine predmeta su u padajućem meniju Dimension ili pokretnoj paleti (sl. 18.64).



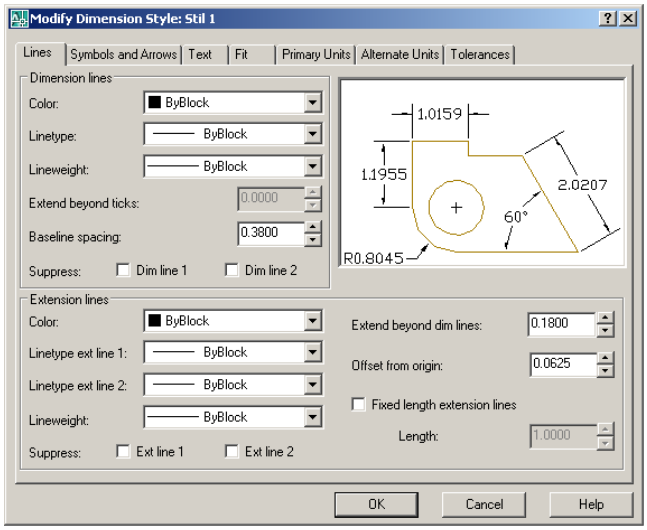
Sl. 18.64: Alati i komande za dimenzionisanje (kotiranje)

Elemente kotiranja možemo koristiti onako kako je to definisao AutoCAD (po Default-u) ili da sami definišemo opcijom Dimension/Dimension Style gde se otvaraju mogućnosti prema sl. 18.65. Možemo dodati novi stil (New), da koristimo postojeći (Standard) ili da modifikujemo već neke postojeće stilove (Modify).



Sl. 18.65: Izbor stila i podešavanje parametara dimenzionisanja

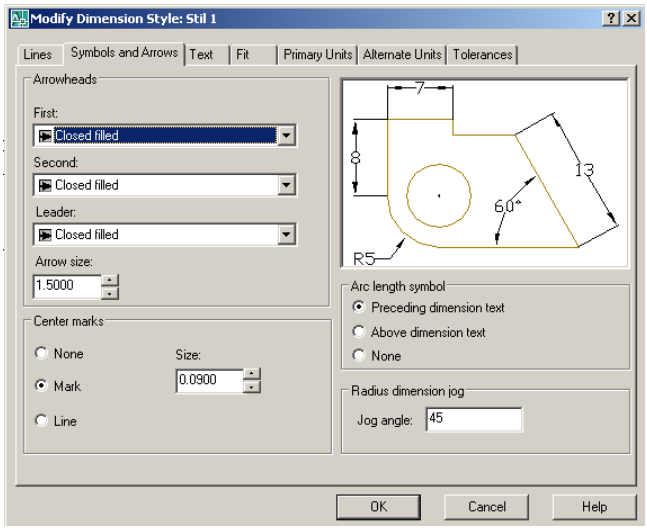
Pritiskom na elektrotaster Modify otvara se dijalog za podešavanje i izbor parametara dimenzionisanja (Modify Dimension Style) (sl. 18.66).



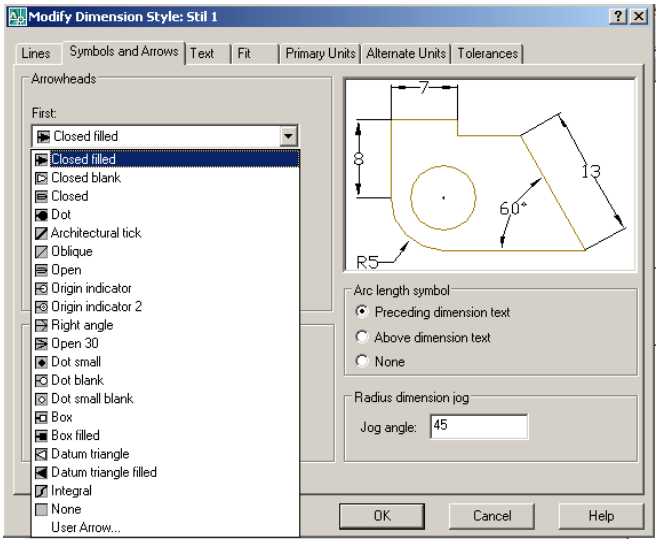
Sl. 18.66: Podešavanje parametara linija za dimenzionisanje

Možemo korigovati i izabrati pomoćne kotne i kotne linije (Lines), završetke kotnih linija (Symbols and Arrows), način pisanja kotnih brojeva (Text), druga podešavanja kota i linija (Fit), izbor vrednosti kota (Primary Units i Alternate Units) i izbor tolerancija – dozvoljenih odstupanja kota (Tolerances).

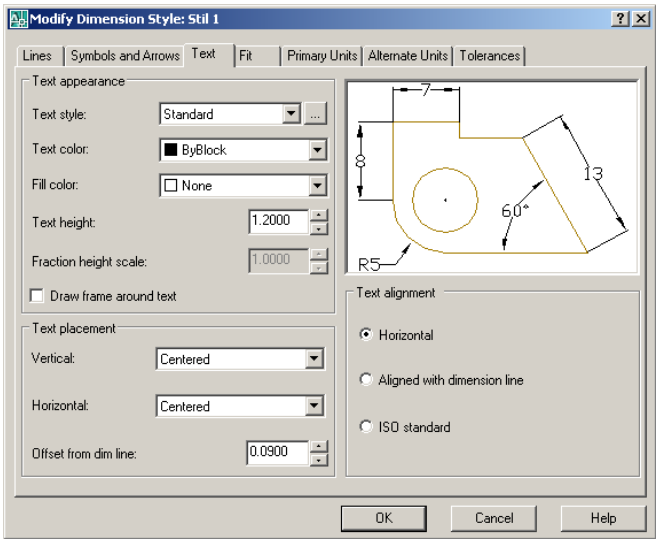
Svaka od ovih opcija otvara široke mogućnosti izbora i podešavanja (sl. 18.67, 18.68, 18.69).



Sl. 18.67: Podešavanje parametara kotnih završetaka za dimenzionisanje



Sl. 18.68: Izbor kotnih završetaka



Sl. 18.69: Podešavanje parametara kotnih brojeva za dimenzionisanje

18.4.1. Komande za kotiranje

Komande za kotiranje su: Linear, Aligned, Arc length, Radius, Diameter, Angular i Qick leader (sl. 18.70).

Postupak kotiranja je potpuno automatizovan korišćenjem bilo koje komande. Vrednosti kota se automatski mere i ispisuju na kotnoj liniji.



Sl. 18.70: Paleta sa alatima za kotiranje

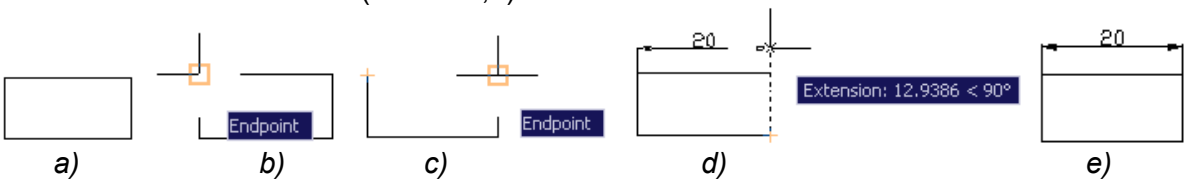
Linear komanda 

Komanda **Linear** iscrtava kotne linije i meri rastojanja u horizontalnom/vertikalnom pravcu (sl. 18.71).

Aktiviranjem komande Linear otvara se dijalog:

1. Command: _dimlinear;
2. Specify first extension line origin or <select object>: pritiskom levog tastera miša označimo početnu tačku (sl. 18.71,b);

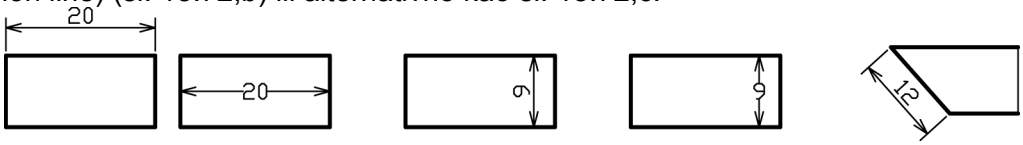
3. Specify second extension line origin: pomeramo miša do druge tačke koju označimo levim tasterom miša (sl. 18.71,c);
4. Specify dimension line location or
[Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]: ne puštajući levi taster miša povučemo ga na gore ili dole do željenog rastojanja, kada otpustimo taster (sl.18.71,d).
5. Dimension text = 20 (sl. 18.71,e).



Sl. 18.71: Postupak kotiranja

Kotni brojevi se mogu ispisivati na kotnoj liniji (opcija Text placement Vertical – Centered) ili unutar kotne linije (sl. 18.72,a) što se dobija opcijom Text placement Vertical – Centered (sl. 18.72,b).

Kotne linije se ispisuju i pod uglom od 90° (opcija Text Alignment/Aligned with dimension line) (sl. 18.72,b) ili alternativno kao sl. 18.72,c.



Sl. 18.72: Kotni brojevi unutar kotne linije (komanda Linear)

Aligned komanda 

Aligned komanda iscrtava kotne linije i meri odstojanja u pravcu koji je paralelan sa konturom (sl. 18.71,d).

Arc length komanda 

Arc Length iscrtava dužinu dela kružnice po luku, kota 29, sl. 18.73. Dijalog na komandnoj liniji je:

1. Command: _dimarc;
2. Select arc or polyline arc segment: selektuje se luk. Ne puštajući taster miša povlači se miš na gore ili dole i otpuštanjem miša na željenoj udaljenosti dobija se kota luka;
3. Specify arc length dimension location, or [Mtext/Text/Angle/Partial/Leader]:;
4. Dimension text = 29.



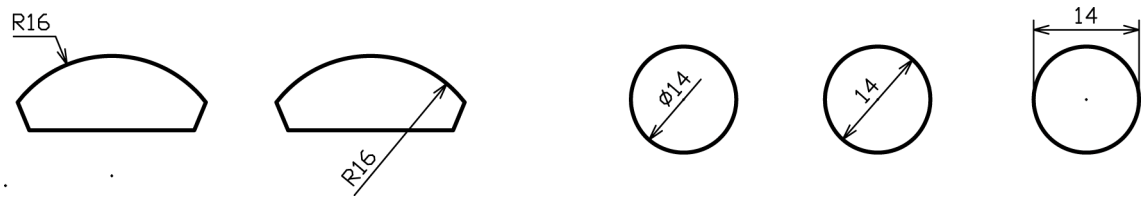
Sl. 18.73: Kotiranje luka (komanda Arc Length)

Radius komanda 

Radius komanda omogućava kotiranje poluprečnika kružnice ili luka i ima mogućnost da obeleži tačku centra, kota R16 (sl. 18.74).

Diameter komanda 

Diameter komanda omogućava kotiranje prečnika kružnice ili luka na različite načine, (kota 14, sl. 18.74) i ima mogućnost da obeleži tačku centra.



Sl. 18.74: Kotiranje radijusa i prečnika (komande RAdius i Diameter)

Angular komanda 

Angular komanda kotira ugao luka i meri veličinu ugla između dva odabrana pravca. Instrukcije na komandnoj liniji su:

1. Command: _dimangular;
2. Select arc, circle, line, or <specify vertex>:;
3. Select second line:;
4. Select second line:;
5. Specify dimension arc line location or [Mtext/Text/Angle]:;
6. Dimension text = 57 (sl. 18.75).

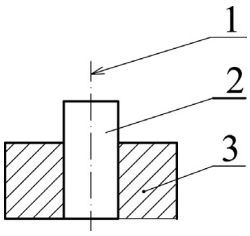


Sl. 18.75: Kotiranje luka (komanda Angular)

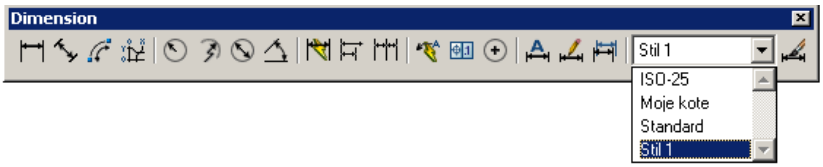
Qick leader komanda 

Qick Leader komanda se koristi za crtanje pokaznih i pozicionih linija. Pokazne linije se mogu završavati strelicom, tačkom ili bez završetka (sl. 18.76).

Završetak pokaznih linija se definiše isto kao završeci kotnih linija (Symbols and Arrows) u stilu za kotiranje. Stil kotiranja, koji se prethodno definiše bira se sa pokretne palete Dimension (sl. 18.77).



Sl. 18.76: Pokazne linije (komanda Leader)

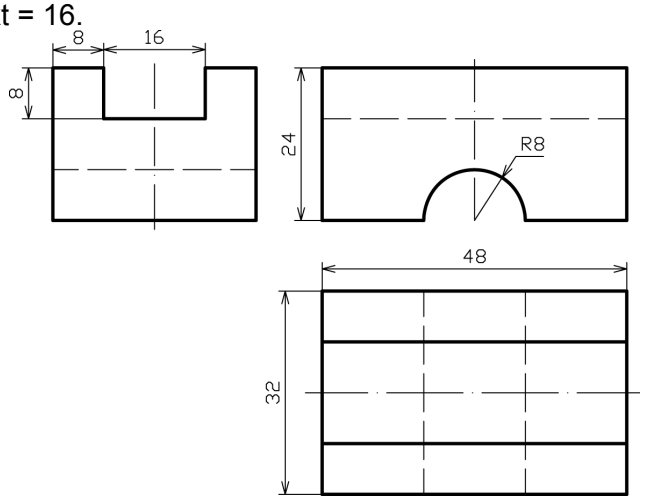


Sl. 18.77: Izbor stila kotiranja

Primenom alata za kotiranje iskotiran je napred nacrtani predmet (sl. 18.78):

- Command: _dimlinear;
- Specify first extension line origin or <select object>:;
- Specify second extension line origin:;
- Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]:;

- Dimension text = 8;
- Command:;
- Command: _dimlinear;
- Specify first extension line origin or <select object>:;
- Specify second extension line origin:;
- Specify dimension line location or [Mtext/Text/Angle/Horizontal/Vertical/Rotated]:;
- Dimension text = 16.



Sl. 18.78: Iskotiran ortogonalni crtež predmeta

18.5. ŠTAMPANJE

Crteži nacrtani u AutoCAD-u su prvenstveno predviđeni da se štampaju na ploterima, međutim mogu se štampati i na štampačima koje korisnici uglavnom imaju.

Crteži nacrtani u AutoCAD-u su prvenstveno namenjeni da se štampaju iz ovog softvera, međutim mogu se ″uvući″ i u druge softvere: Word, Excel...

Već je rečeno da crtež u AutoCAD-u ima dva oblika: crtež na ekranu (Model) i crtež pripremljen za štampanje (na papiru – Paper) koji se vidi u Leyout-u.

Crteži se prvenstveno štampaju iz papirnog oblika (Paper), odnosno iz Leyout-a, a mogu se štampati i iz oblika crteža, odnosno Model-a.

Štampanje crteža nacrtanih u AutoCAD-u je specifično i zahteva određenu pripremu, za razliku od štampanja iz drugih softvera gde je to daleko jednostavnije.

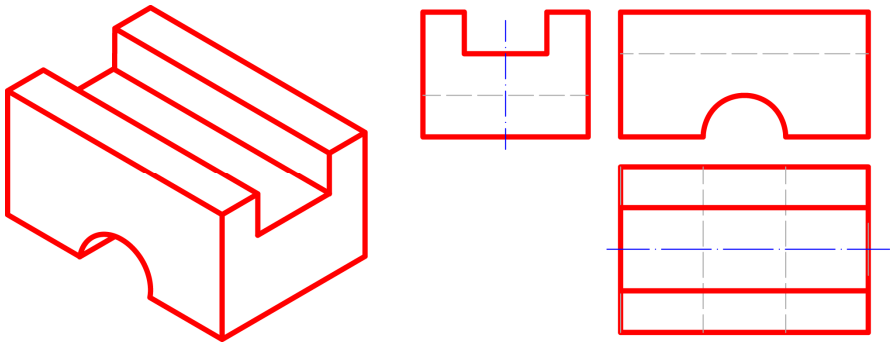
18.5.1. Priprema crteža za štampanje iz papirnog oblika (Leyouta-a)

Priprema crteža za štampanje iz papirnog oblika (Layout-a) biće pokazana na primeru predmeta koji je nacrtan u aksonometriji i u ortogonalnim pogledima (sl. 17.79).

Nacrtani crtež se nalazi u Modelu. Klikom na levi taster miša na Layout 1, koji se nalazi na donjem delu prostora za crtanje, prelazimo u papirni prostor. Po pravilu imamo dva papirna prostora, odnosno Layout 1 i Layout 2, koji izgledaju kao na sl. 18.80. Više Layout-a nam je ponuđeno kako bi mogli isti crtež štampati u više varijanti. Pored već postojeća dva Layout-a možemo dodavati i nove. Pritiskom sa desnim tasterom miša na donji deo prostora za crtanje, na područje Modela ili Layouta, otvara se prozor u kojem se pritiskom na levi taster miša otvara novi (New Layout), Layout 3 ili iz padajućeg menija Insert.

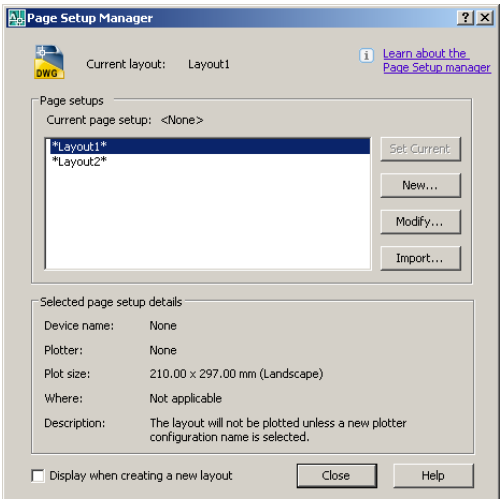
Veličinu i položaj papira podešavamo opcijom Page Setup Manager koja se nalazi u padajućem meniju File (sl. 18.81). Izborom opcije Modify za Layout 1 otvara se dijalog Page Setup Layout 1 gde biramo štampač (Printer), veličinu papira (Paper size), stil za linije (Plot style table pen assignment), način okretanja papira (Drawing orientation), kvalitet štampe (Quality), razmeru štampanja (Plot scale) itd.

Najpodesnija veličina papira za štampanje je A4 format (210 x 297 mm). Kada se izabere da je papir orijentisan na Portrait dobijemo izgled Layout 1 kao na sl. 18.82. Nakon podešavanja A4 formata orijentisan na Landscape dobijemo izgled Layout 1 kao na sl. 18.83.

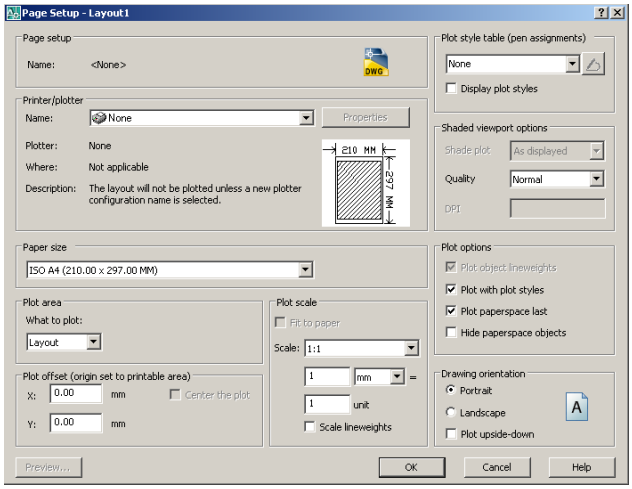


a) b)

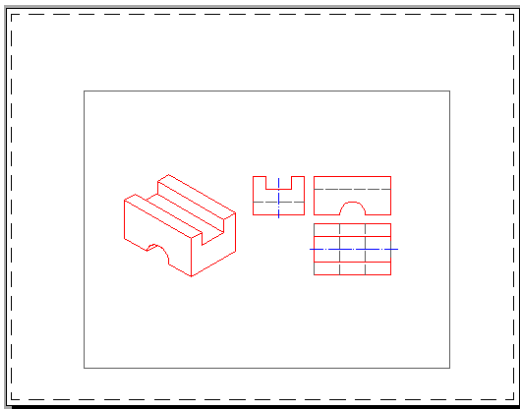
Sl. 18.79: Crtež za štampanje



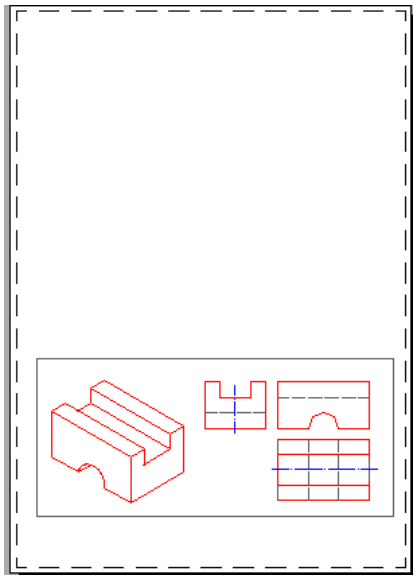
Sl. 18.80: Dijalog za modifokovanje (Modify) Layout-a



Sl. 18.81: Dijalog za izbor parametara štampanja



Sl. 18.82: Izgled papirnog prostora Layout 1 pre podešavanja



Sl. 18.83: Izgled Layout-a 1 nakon promene položaja papira (formata)

Tehnički crteži se uvek crtaju u nekoj razmeri koju treba na određeni način na crtežu označiti. Razmera pri štampanju može biti ista kao i pri crtanju ili neka druga. Izbor razmere štampanja je u pokretnoj paleti Viewports. U ovom primeru razmera crtanja i razmera štampanja je 1:1 (sl. 18.84).

Ako želimo da odštampamo samo ortogonalne poglede bez aksonometrijskog prikaza, tada selektujemo okvir kojeg smanjujemo ili povećavamo na isti način kao i sve ostale nacrtane elemente. Kliknemo na plavi marker da bude crven i sa pritisnutim levim tasterom miša razvlačimo ga po potrebi da bi u vidnom polju Viewports-a ostali samo otrogonalni pogledi (sl. 18.85).

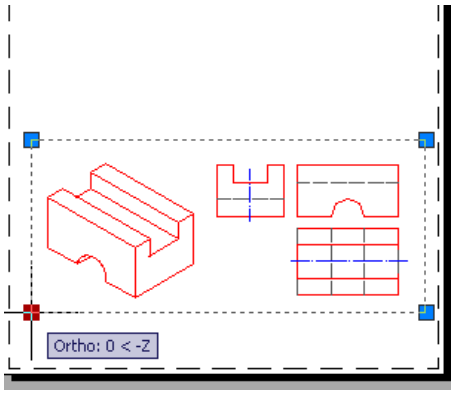
Nakon podešavanja okvira Viewports-a i usvajanjem razmere 1:1 dobili smo izgled kao na sl. 18.86.



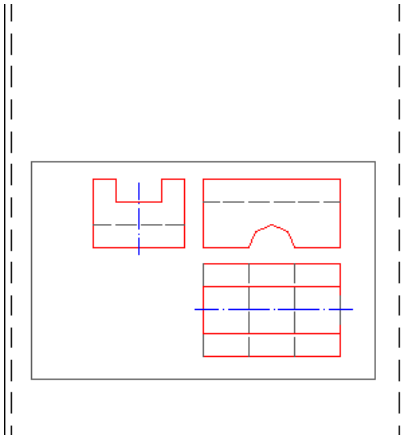
Sl. 18.84: Izbor razmere štampanja (Viewports-a) u pokretnoj paleti

Ako na istom papiru (Layout 1) želimo da iznad ortogonalnih pogleda imamo odštampan i predmet u izometriji, tada ćemo iz menija View aktivirati alat Viewports, Viewport 1 (sl. 18.87) i u papirnom prostoru Layout 1 otvoriti prozor gde ćemo dobiti crtež koji je isti kao u Modelu (sl. 18.88).

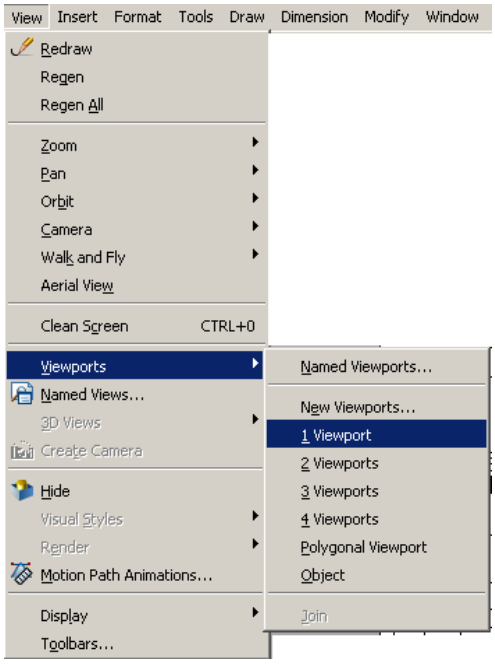
Ovaj Viewports podesimo tako da se vidi samo izometrijska slika i pri tome odaberemo razmeru 1:1 (sl. 18.89).



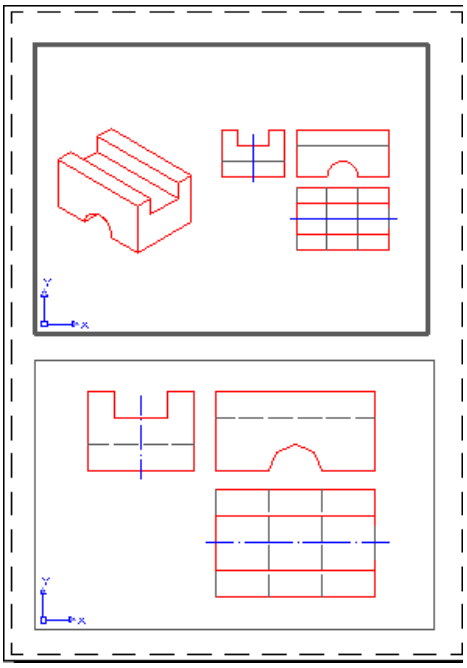
Sl. 18.85: Podešavanje veličine okvira Viewports-a



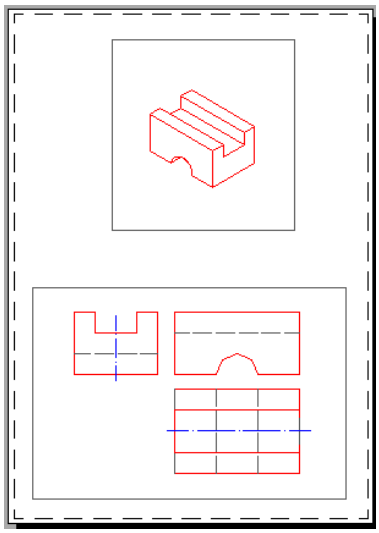
Sl. 18.86: Izgled Viewports-a nakon podešavanja



Sl. 18.87: Aktiviranje komande Viewport



Sl. 18.88: Otvaranje novog Viewports-a

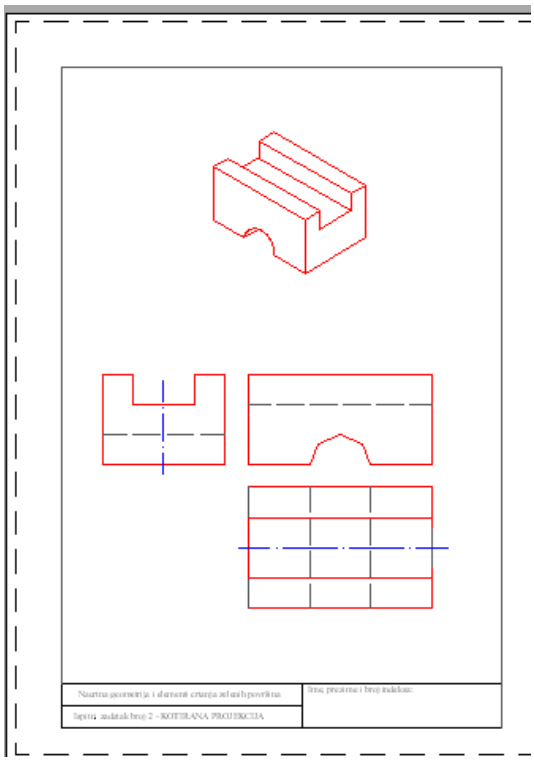


Sl. 18.89: Podešen i drugi Viewports sa aksonometrijskom slikom predmeta

Crteži imaju neki okvir i odgovarajuće tabele koje treba popuniti. To se crta na papirnom prostoru, kako time ne bi opterećivali crtež u Modelu. Stoga nakon svih podešavanja nacrtamo okvir i željenu tabelu (sl. 18.90). Sam postupak crtanja u papirnom prostoru je isti kao i u prostoru crteža (Model-a).

Pri štampanju treba podesiti debljine linija tako da sve linije u papirnom obliku budu crne boje, kako bi se pri štampanju sve dobro videle. Za to se koristi alat Plot style iz padajućeg menija File, Plot Style Menager. Aktiviranjem dijaloga Plot Style nude se različiti stilovi. Najpodesnije je definisati sopstveni stil koji će se stalno koristiti i pri crtanju i pri štampanju crteža. Definisanje sopstvenog stila linija je na sledeći način: iz padajućeg menija File aktivira se Plot Style Menager; aktivira se postojeći stil acad.ctb iz okvira Plot Styles; aktivira se opcija From View iz okvira Plot Style Table Editor – acad.ctb (sl. 18.91); u dobijenom okviru podese se svi parametri linija i snimi se stil sa Save as pod nekim svojim nazivom (u ovom primeru Moje linija).

Dobro je debljine linija definisati i u Leyer-u još pri crtanju. Podešavanje u Leyer-u i Layout-u treba da je istovetno.



Sl. 18.90: Crtanje okvira i tabele na papirnom prostoru crteža

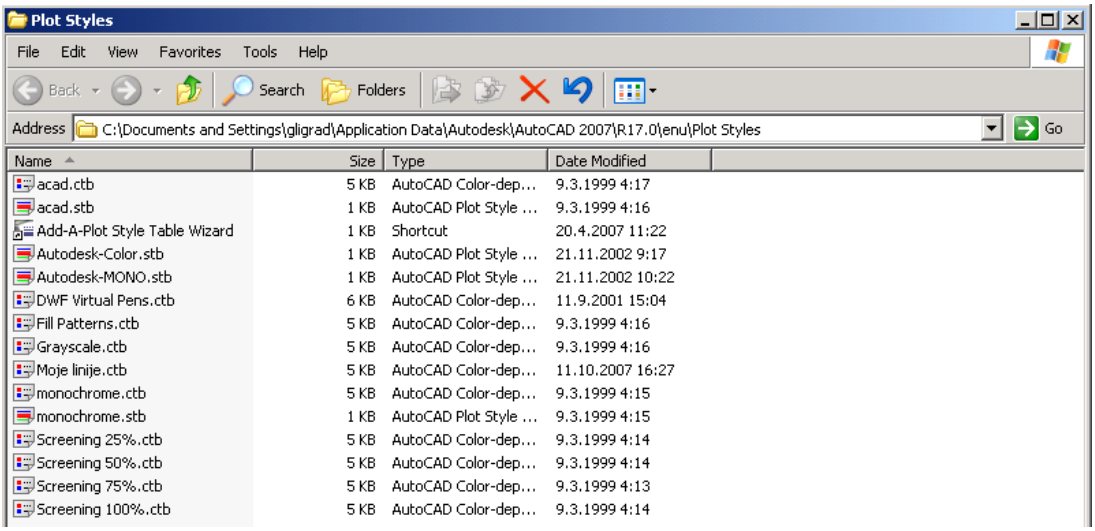
Aktiviranjem stila Moje linije i opcije Form View otvara se dijalog za izbor debljina linija i boja pri štampanju (sl. 18.92).

Markiranim bojama linija koje su sa leve strane dijaloga (Plot styles) dodeljujemo crnu boju (Black) koja je sa desne strane dijaloga (Properties) i tako redom svim linijama u boji sa crteža dodeljujemo crnu boju pri štampanju.

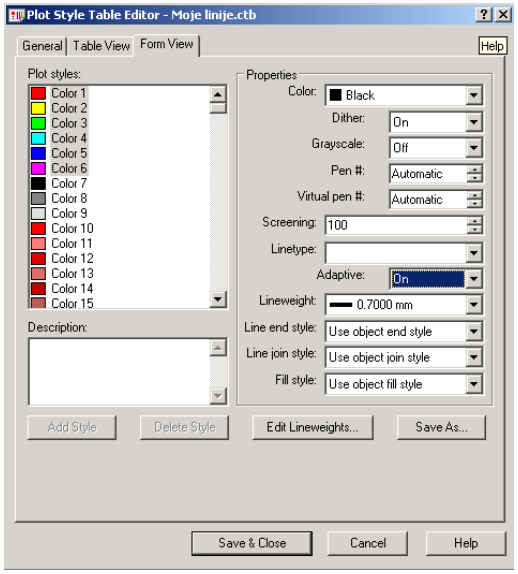
Debljina linija se bira otvaranjem opcije Lineweight vodeći računa da budu dve debljine linija, debela i tanka, ako je to moguće. Pri tome, debela linija treba bar dva puta da je deblja od tanke.

Da bi pri štampanju izbegli okvire Viewports-a markiramo ih i dodelimo im Leyer bele boje (sl. 18.93).

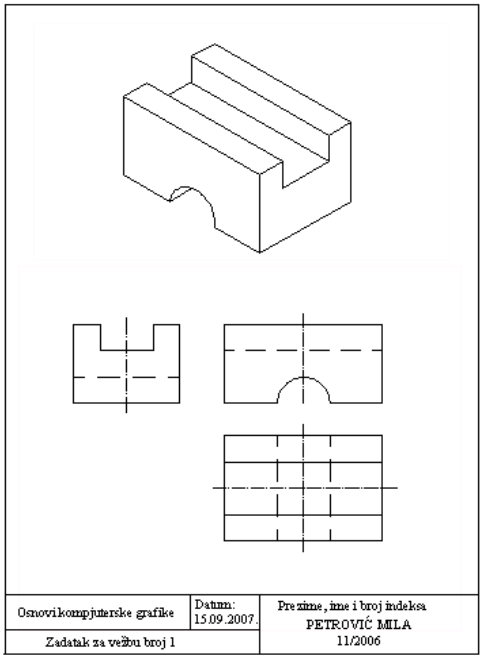
Od istog crteža u Modelu možemo pripremiti više različitih varijanti za štampanje, što definišemo u Layout 2, Layout 3 itd. koliko nam različitih varijanti treba.



Sl. 18.91: Dijalog za izbor stila debljina linija



Sl. 18.92: Dijalog za izbor boja i debljina linija i pri štampanju



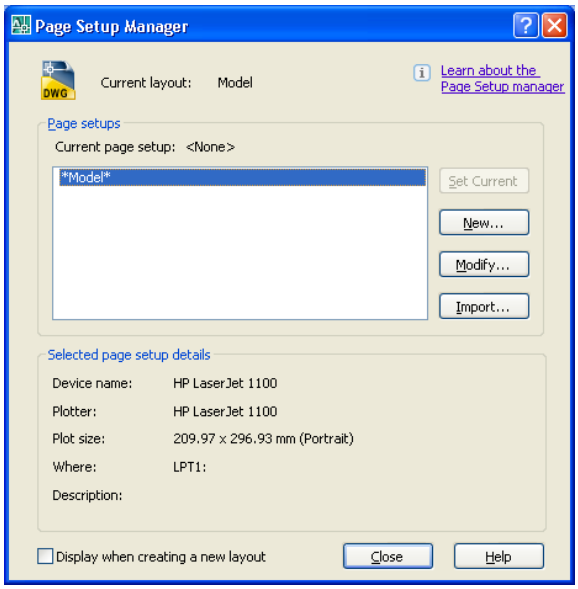
Sl. 18.93: Crtež pripremljen za štampanje bez crnih okvira Viewports-a

18.5.2. Priprema crteža za štampanje iz Modela

Ukoliko se crtež štampa iz modelnog prostora treba uraditi odgovarajuća podešavanja koja se neznatno razlikuju po tome da li se štampa u boji ili ne.

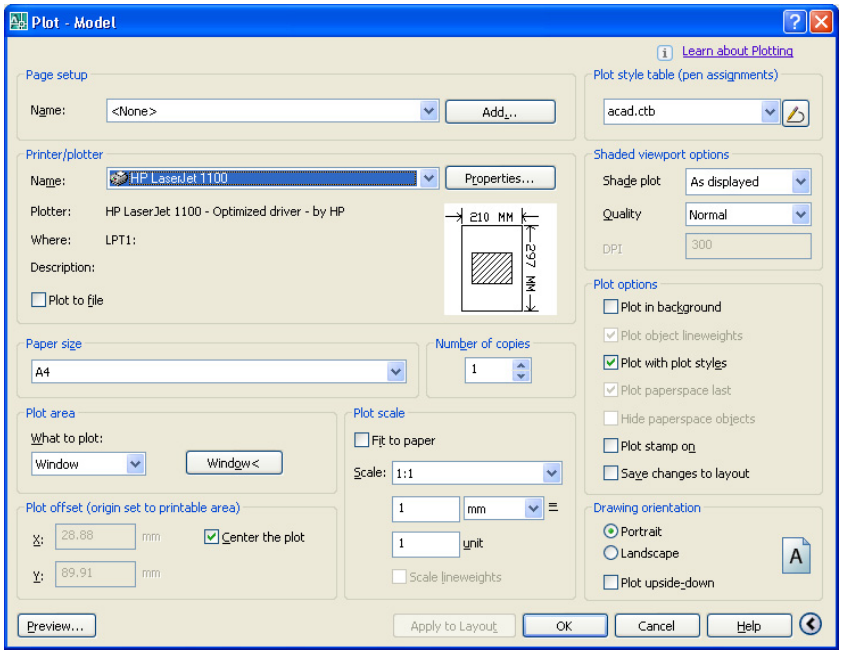
Štampanje iz modela u boji

Iz padajućeg menija File otvori se opcija Page Setup Manager i dobija se dijalog za podešavanja Modify (sl. 18.94).



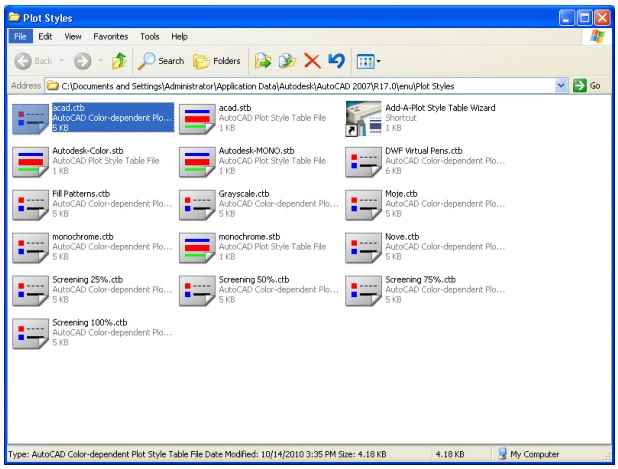
Sl. 18.94: Podešavanja štampanja iz Model-a

Levim klikom na mišu dobijamo dijalog za podešavanje Plot – Model u okviru kojeg podešavamo veličinu papira (Papir size), razmeru štampanja (Plot scale), orijentaciju crteža na papiru (Drawing orientation), stil štampanja (Plot style table – acad.ctb), položaj crteža na papiru (Plot offset). Na dijalogu podesiti sve kao na sl. 18.95. Odabran je štampač HP LaserJet 1100. Linije su „acad.ctb" jer trebaju da su u boji. Štampaće se u razmeri 1:1 (Scale). Crtež će biti centriran na sredini na A4 formatu. What to Plot će biti Window.



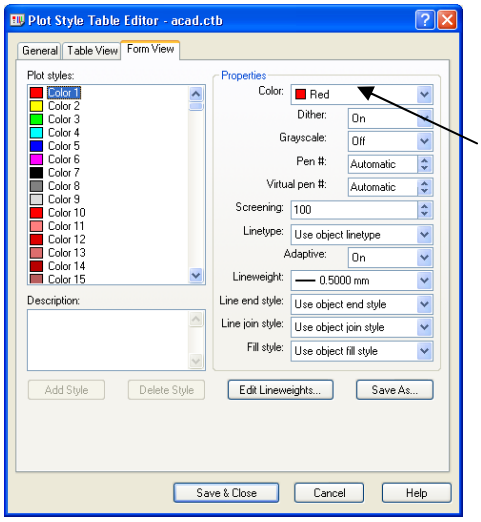
Sl. 18.95: Dijalog za štampanje iz Model-a u boji

Pored toga treba podesiti i boju svake linije, odnosno da boje štampanja budu onakve kako smo ih crtali (mogu biti i drugačije). Iz padajućeg menija File otvori se opcija Plot Style Manager i dobija dijalog za podešavanja (sl. 18.96). Selektuje se označen stil linija "acad.ctb".



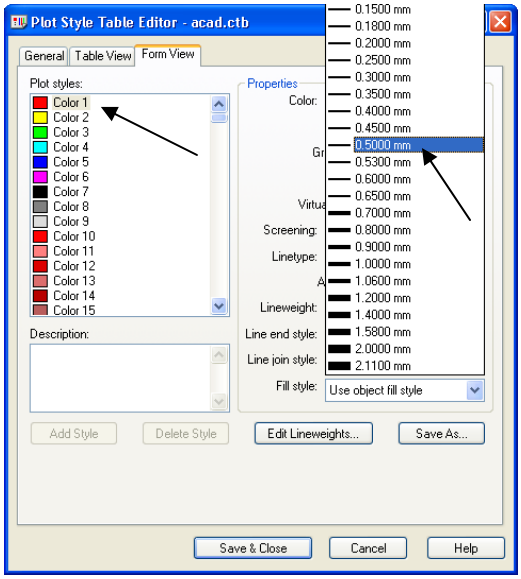
Sl. 18.96. Podešavanje boja za štampanje u boji

Nakon ovoga otvori se dijalog Plot Style Table Editor na kome se označe korišćene boje i kakve će biti pri štampanju, Color 1 pri štampanju će biti „Red" (Properties). Svaka korišćena boja se selektuje na isti način i dodeli joj se boja pri štampanju (sl. 18.97).



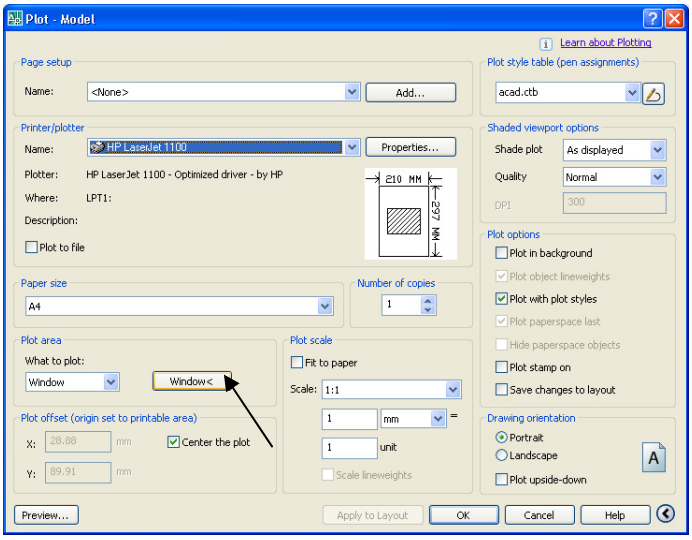
Sl. 18.97. Određivanje boja linija pri štampanju

U ovom istom dijalogu Plot Style Table Editor podešavaju se i debljine linija, ako nisu već podešene u Layer-u (sl. 18.98). Podešava se debljina svake linije ponaosob.



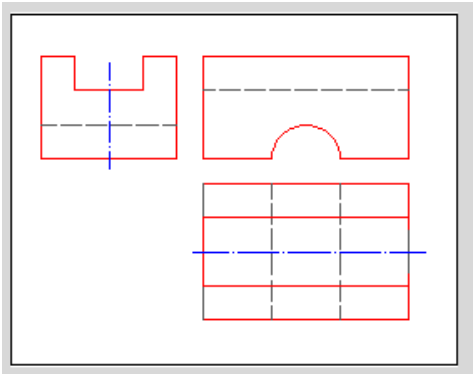
Sl. 18.98: Podešavanje debljina linija

Nakon ovih podešavanja iz padajućeg menija File klikne se na opciju Plot nakon čega se dobije dijalog za štampanje Plot – Model (sl. 18.99). Levim klikom na Window vraćamo se na prostor crteža (Model-a).



Sl. 18.99: Označavanje crteža koji se štampa

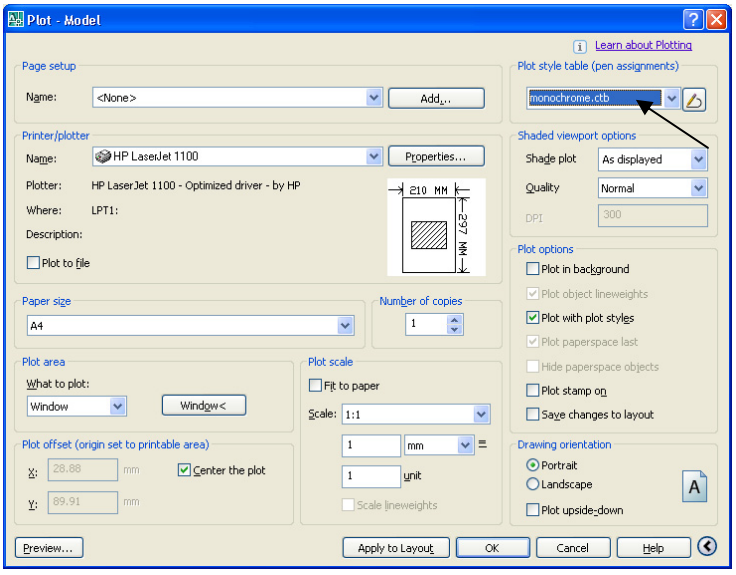
Sada smo u prostoru crteža koji markiramo, oivičimo pomeranjem levog klika sa mišem (sl. 18.100). Nakon ovoga automatski se vraćamo u dijalog Plot – Model, levim klikom na OK dajemo nalog za štampanje.



Sl. 18.100: Selektovanje dela crteža za štampanje iz Model-a

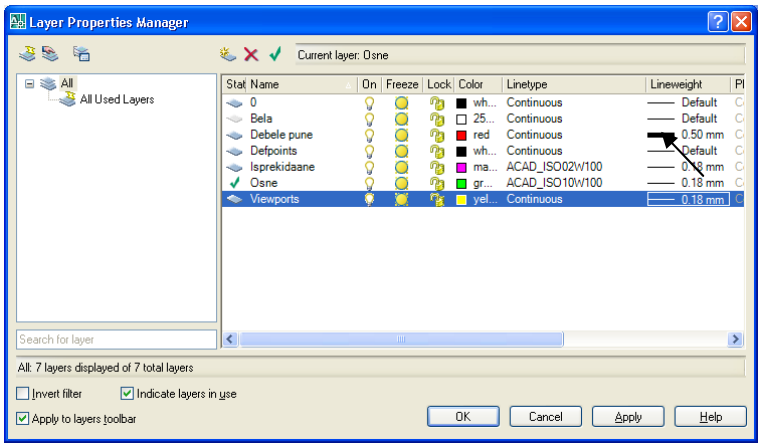
Štampanje iz Model-a u crno boji

Postupak je isti kao što je štampanje u boji, s tim što se u opciji Plot-Model označi linija Monochrome (sl. 18.101).



Sl. 18.101: Podešavanje linija u crnoj boji

Pri štampanju u crnoj boji debljine linija treba definisati u Layer-u (sl. 18.102).



Sl. 18.102: Podešavanje debljina linija u Leyer-u

18.5.3. Priprema crteža za "uvlačenje" u drugi softver

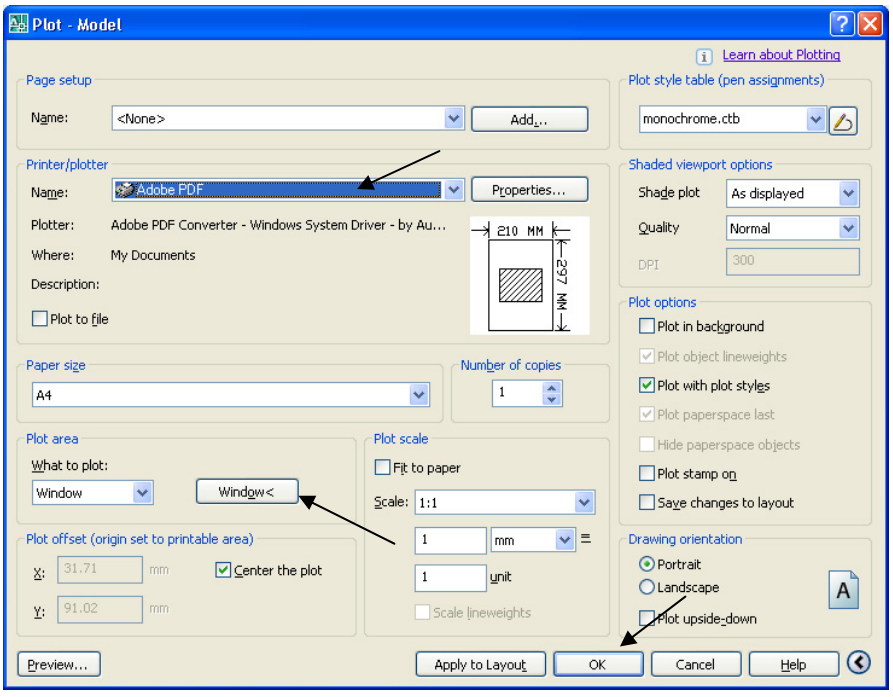
U tehničkoj dokumentaciji često je uz crteže neophodan i odgovarajući tekst, tabele, dijagrami i sl. za što je pogodan komjuterski program Word.

Stoga se crteži nacrtani u AutoCAD-u pripremaju za „uvlačenje" u druge kompjuterske programe na više načina, zavisno od željenog kvaliteta crteža, od toga da li je potreban crtež u boji ili u crno-beloj tehnici itd.

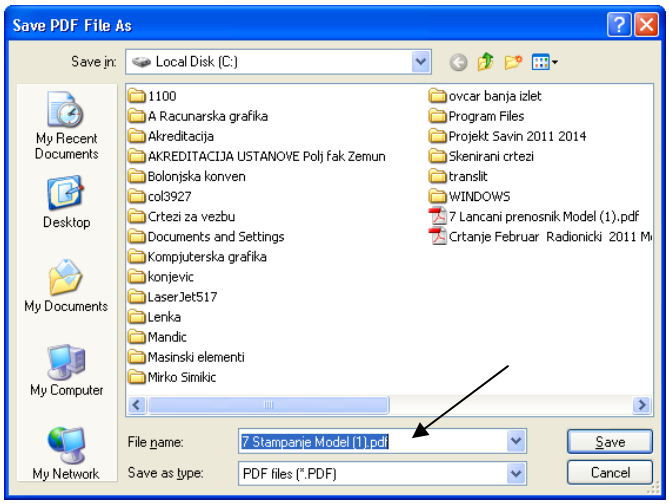
Za „uvlačenje" crteža u Word potrebno je koristiti još neke softvere, kao što su: Adobe Acrobat, Corel PHOTO, PHOTO SHOP ili Adobe Photoshop CS2.

Da bi se postigao dobar kvalitet linija koji je potreban za štampanje, npr. knjiga, potreban je pored AutoCAD-a još i softver **Adobe Acrobat** i **Adobe Photoshop CS2.** Na ovaj način se postiže najbolji kvalitet crteža, zadržavanje boja i veličine u kojoj je crtež nacrtan (merilo 1:1).

Komandom Plot iz menija File otvara se dijalog gde odaberemo umesto štampača (Printer-a) format Adobe PDF (sl. 18.103). Klikom na Window označimo crtež koji štampamo. Na OK potvrdimo snimanje, dodelimo ime novom dokumentu (fajlu) „7 Stampanje" u PDF formatu i snimimo (sl. 18.104).

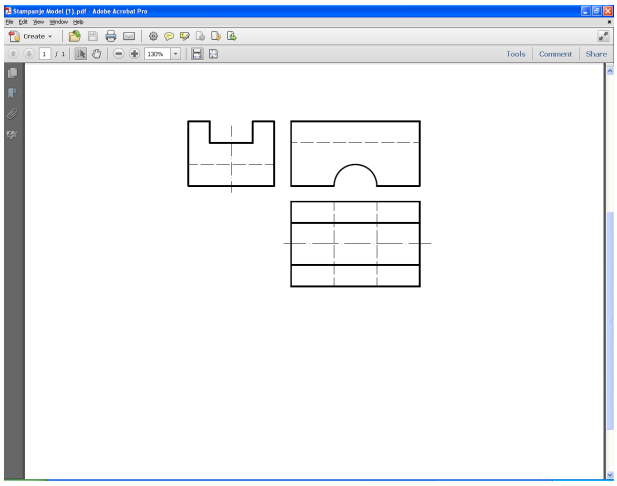


Sl. 18.103: Snimanje crteža u PDF formatu



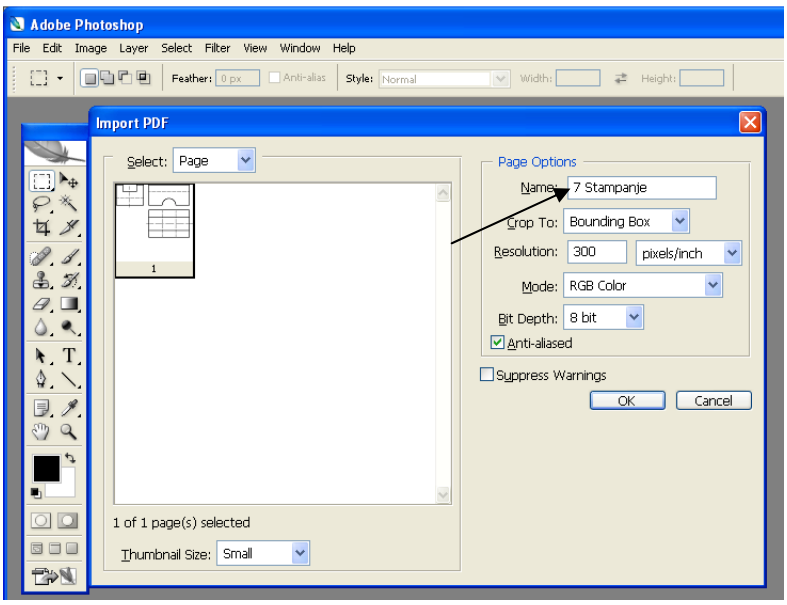
Sl. 18.104: Snimanje crteža u PDF formatu kao posebnog fajla

Dobijeni crtež kao fajl pod nazivom „7 Stampanje” u PDF formatu dat je na sl. 18.105.

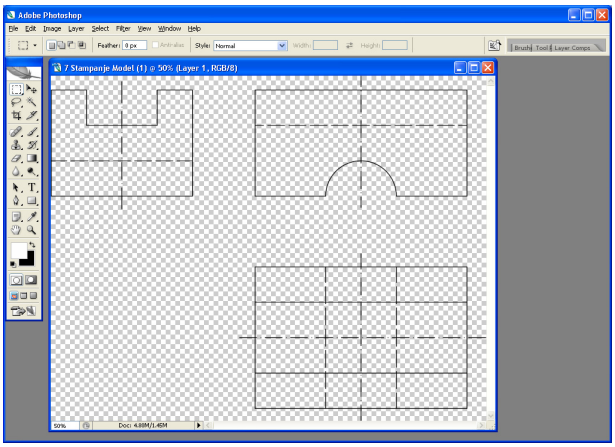


Sl. 18.105: Snimljen crtež u PDF formatu (podešen u crno boji)

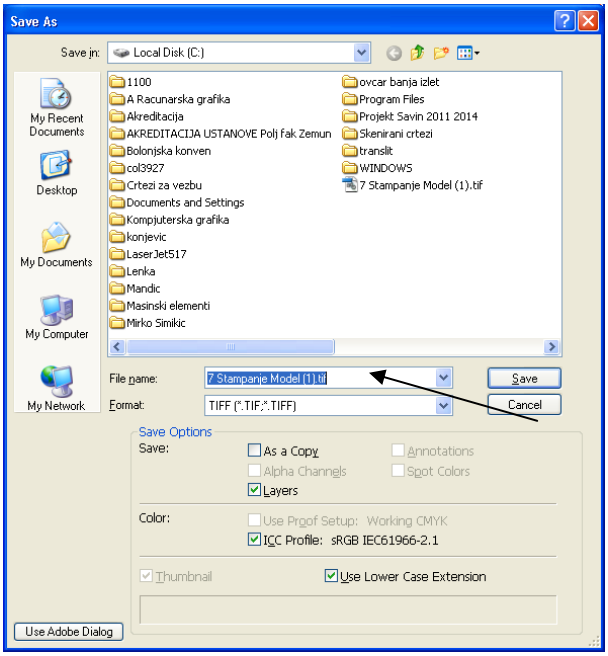
Nakon toga iz softvera **Adobe Photoshop CS2** otvaramo dokument (fajl) „7 Stampanje” iz PDF formata komandom Open (sl. 18.106). Podesimo rezoluciju na 300 i snimimo sa komandom Save as u TIF formatu (sl. 18.107. i sl. 18.108).



Sl. 18.106: Otvaranje crteža u Adobe Photoshop CS2 iz PDF formata

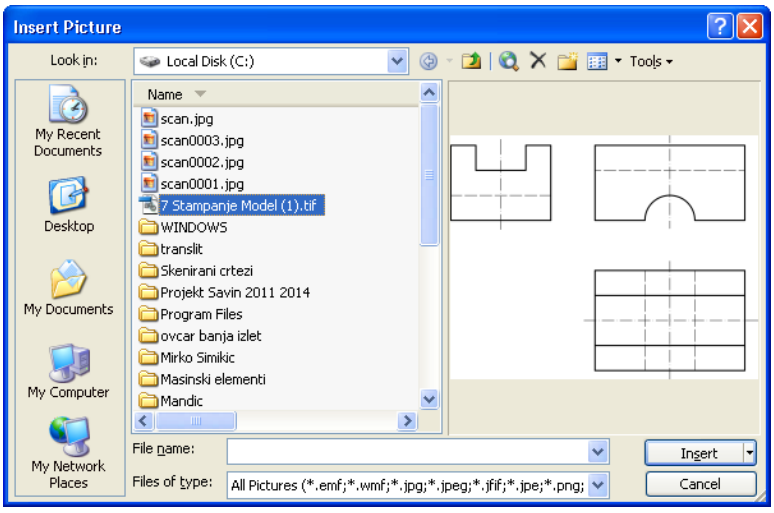


Sl. 18.107: Otvoren crtež u Adobe Photoshop-u CS2



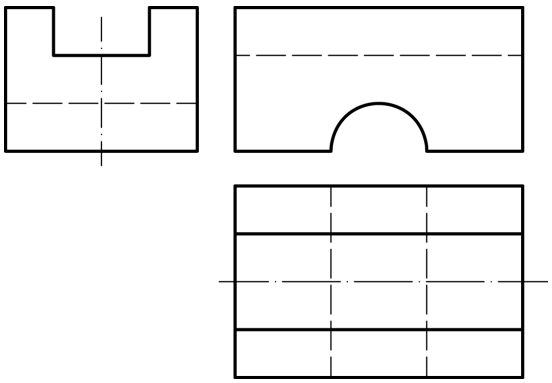
Sl. 17.108: Snimanje crteža u TIF formatu

U programu za obradu teksa Word „uvučemo" crtež snimljen u TIF formatu komandom Insert (sl. 18.109). Naziv ovog fajla je „7 Stampanje".



Sl. 18.109: „Uvlačenje" gotovog crteža komandom Insert iz TIF formata u Word

Ovako „uvučen" crtež u Wordu se dobija u onoj veličini u kojoj je nacrtan u AutoCAD-u i u odabranoj razmeri. Pri tome su zadržane debljine linija, boja (ako je tako podešen) i dobar kvalitet (sl. 18.110).

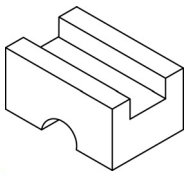


Sl. 18.110: Crtež „uvučen" u Word

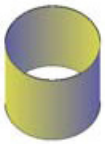
Postoje i druge mogućnosti „uvlačenja" crteža u Word, primenom drugih softvera Corel PHOTO Paint itd. Ovo je jedna od mogućih kombinacija softvera koja daje dobar kvalitet crteža, zadržava debljinu linija i razmeru.

18.6. OSNOVNI ELEMENTI TRODIMENZIONALNOG (3D) CRTANJA i MODELIRANJA

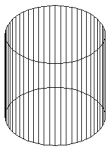
Prostorno prikazivanje predmeta na crtežu može biti različito, zavisno od predmeta i namene crteža. Vrste prostornih crteža su:



- Aksonometrijski 2D crteži,



- Trodimenzionalni površinski modeli,



- Žičani modeli i



- Solidi (Modeli).

Aksonometrijski crteži (dimetrija, izometrija i kosa projekcija) i centralna perspektiva nisu pravi prostorni modeli jer im se ne može odrediti površina niti zapremina, već samo dočaravaju prostor.

Trodimenzionalni površinski modeli su primitivni prostorni modeli, kojima se može odrediti površina.

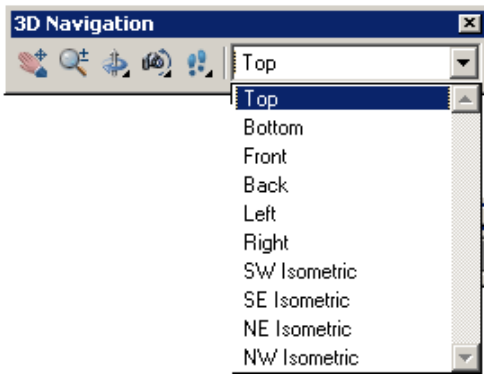
Žičani modeli su prostorni prikazi u vidu žičanog modela kojima se može odrediti i površina i zapremina ali sa prikazom samo tačaka u čvorovima.

Solidi su potpuni prostorni modeli kojima se može odrediti i površina i zapremina, kao i sve ostale karakteristike (naponi, naprezanja, deformacije itd.)

18.6.1. Palete sa osnovnim alatima za crtanje i prikazivanje predmeta u prostoru

3D NAVIGATION

Koristi se za prikazivanje pogleda nacrtanog predmeta (modela) u prostoru (pogled odozgo, odozdo, spreda, straga, sleva, zdesna) i izometrijski prikazi (sl. 18.111).



Sl. 18.111: Paleta 3D Navigation sa alatima za crtanje ortogonalnih pogleda

View

U ovoj paleti su izdvojeni alati za ortogonalne i izometrijske poglede, kao u 3D Navigatoru (sl. 18.112).



Sl. 18.112: Paleta View sa alatima za crtanje ortogonalnih i izometrijskih pogleda

Modeling

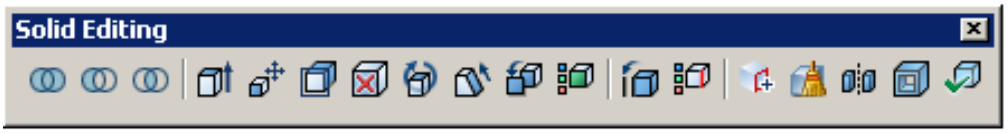
Alati iz ove palete koriste se za crtanje modela osnovnih geometrijskih tela: polusolid, kocka, klin, kupa, kugla, valjak, torus, prizma, zavojnica... Pored toga, imamo alate: Estrude, Sweep, Revolve, Union, Subtract itd. (sl. 18.113).



Sl. 18.113: Paleta Modeling sa alatima za crtanje modela

Solid editing

Alati iz ove palete se koriste za prostornu modifikaciju nacrtanih modela (solida) (sl. 18.114).



Sl. 18.114: Paleta Solid Editing sa alatima za modifikaciju nacrtanih modela

Visual styles

Alati za prikaz izgleda nacrtanih modela nalaze se u paleti Visual Styles (sl. 18.115).

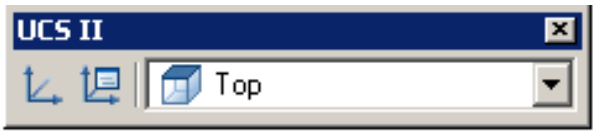


Sl. 18.115: Paleta Visual Styles sa alatima za prikaz nacrtanih modela

UCS II

Paleta za izbor standardnog koordinatnog (Dekartovog) sistema (sl. 18.116).

Najčešće se koristi ovaj koordinatni sistem.



Sl. 18.116: Paleta UCS II sa Dekartovim koordinatnim sistemom

UCS

Paleta UCS služi za pomeranje koordinatnog sistema (sl. 18.117). Koordinatni sistem se prilagođava izgledu modela, odnosno njegovim površinama.



Sl. 18.117: Paleta UCS za pomeranje koordinatnog sistema

Orbit

Alati palete Orbit se koristi za okretanje nacrtanog modela proizvoljno, po kružnici ili automatski samostalno (sl. 18.118).



Sl. 18.118: Paleta Orbit za pomeranje nacrtanog modela

Camer

Alati ove palete se koriste za izbor očne tačke (položaj kamere) (sl. 18.119).



Sl. 18.119: Paleta Camer za izbor očne tačke

Render

Paleta Render se koristi za stvaranje realističnog izgleda nacrtanog predmeta (sl. 18.120).



Sl. 18.120: Paleta Render za realističan izgled predmeta

Lights

Alati za osvetljavanje modela (stvaranje senki) (sl. 18.121).



Sl. 18.121: Paleta Lights za osvetljavanje modela

Mapping

Alati za kreiranje teksture (izbor materijala) (sl. 18.122).



Sl. 18.122: Paleta Mapping za kreiranje teksture modela

18.6.2. Crtanje trodimenzionalnih površinskih modela

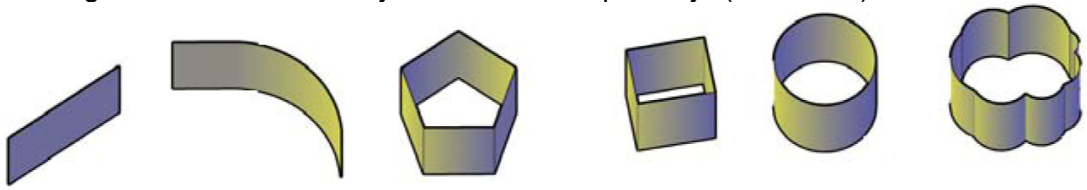
Trodimenzionalni površinski modeli se dobijaju primenom različitih opcija i alata:

- Komandom THICKNESS, koja se nalazi u opciji Properties;
- Komandom 3D Face;
- Komandom 3Dmesh za crtanje mrežne površine.

Komanda Thickness

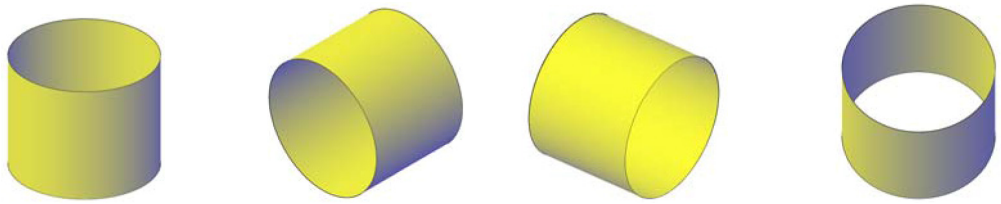
Trodimenzionalni površinski modeli dobijaju se primenom komande Thickness kada se osnovnim površinskim elementima koji su nacrtani u 2D okruženju doda visina. Visina se dodaje komandom Thickness, koja se nalazi u opciji Properties.

Trodimenzionalni površinski modeli se mogu dobiti od: linija, polilinija, poligona, pravougaonika, kvadrata, radijusa, kružnica i Splin linija (sl. 18.123).



Sl. 18.123: Površinski modeli dobijeni komandom Thickness

Dodata visina je upravna na nacrtani bazis. Projekcijsku ravan na kojoj se crta bazis biramo alatima sa palete View. Izborom pogleda odozgo (Top) nacrtana kružnica kao bazis biće na horizontalnoj ravni – pogled odozgo (sl. 18.124,a). Ako bazis leži na vertikalnoj ravni bira se pogled od napred (Front) (sl. 18.124,b) ili ako bazis leži na profilnoj ravni (primer 3) bira se pogled sa strane (Left) (sl. 18.124,c). Površinski modeli nemaju bazise, već samo omotač (sl. 18.124,d).



a) b) c) d)

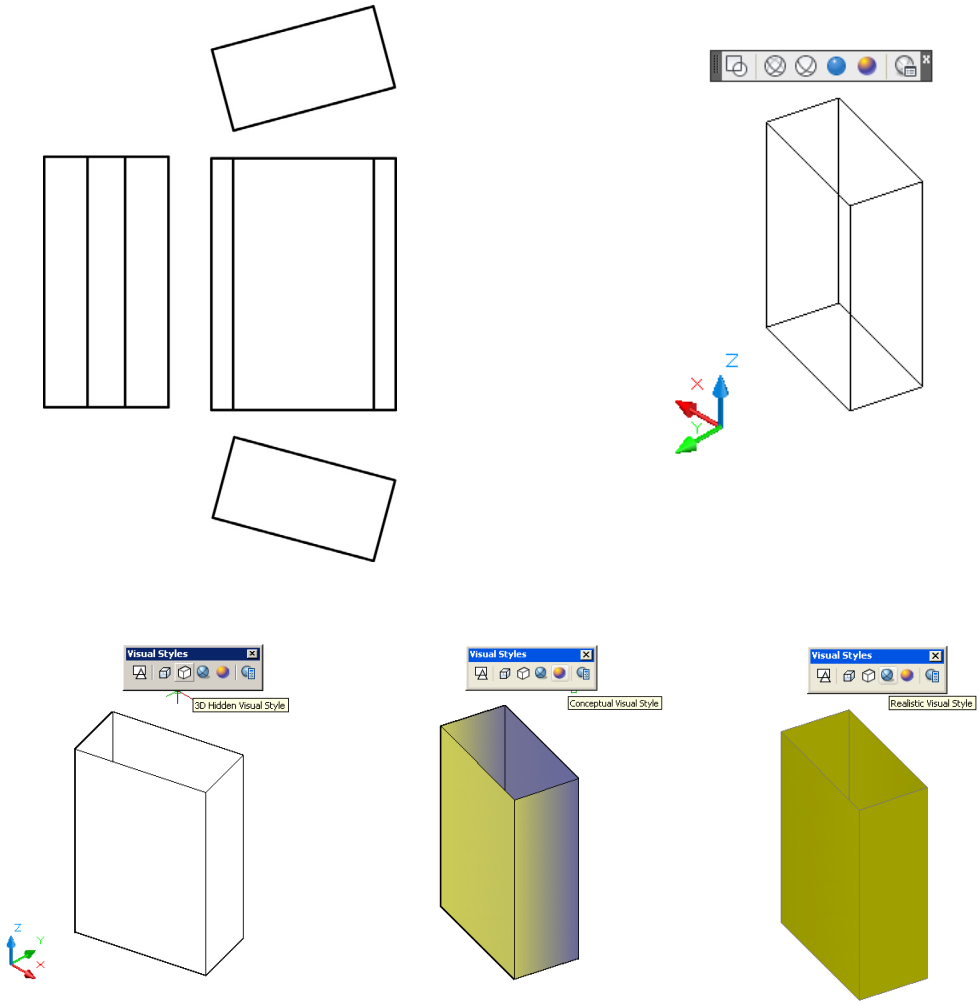
Sl. 18.124: Površinski modeli dobijeni komandom Thickness u različitim položajima

Primer 6.1. Nacrtati model prizme dimenzija 20x10x30. Bazis leži na H ravni. Duža strana je pod uglom od 15 ° u odnosu na vertikalnu ravan.

Nacrta se 2D crtež pravougaonika. Instrukcije na komandnoj liniji su:

1. Command: _rectang;
2. Specify first corner point or [Chamfer/Elevation/Fillet/Thickness/Width]: označi se početna tačka;
3. Specify other corner point or [Area/Dimensions/Rotation]: r Enter;
4. Specify rotation angle or [Pick points] <0>: 15 Enter;

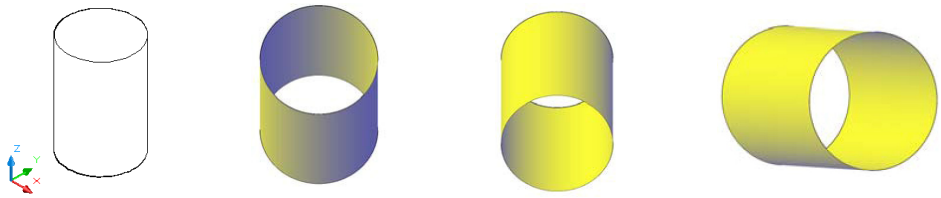
5. Specify other corner point or [Area/Dimensions/Rotation]: d Enter;
6. Specify length for rectangles <0.0000>: 20 Enter;
7. Specify width for rectangles <0.0000>: 10 Enter (sl. 18.125).



Sl. 18.125: Površinski model prizme primenom komande Thickness (primer 6.1)

Primer: 6.2. Nacrtati površinski model valjka poluprečnika 10 mm i visine 30 mm, bazisa paralelnog sa horizontalnom projekcijskom ravni.

1. Nacrta se kružnica poluprečnika 10 mm da leži na horizontalnoj projekcijskoj ravni;
2. Markira se nacrtana kružnica i aktivira Properties;
3. U rubrici Thickness ukuca se visina od 30 i potvrdi sa Enterom (sl. 18.126).



Sl. 18.126: Površinski model valjka primenom komande Thickness u više položaja (primer 6.2)

Komanda 3D Face

Komanda 3D Face koristi se za crtanje trodimenzionalnih površinskih modela

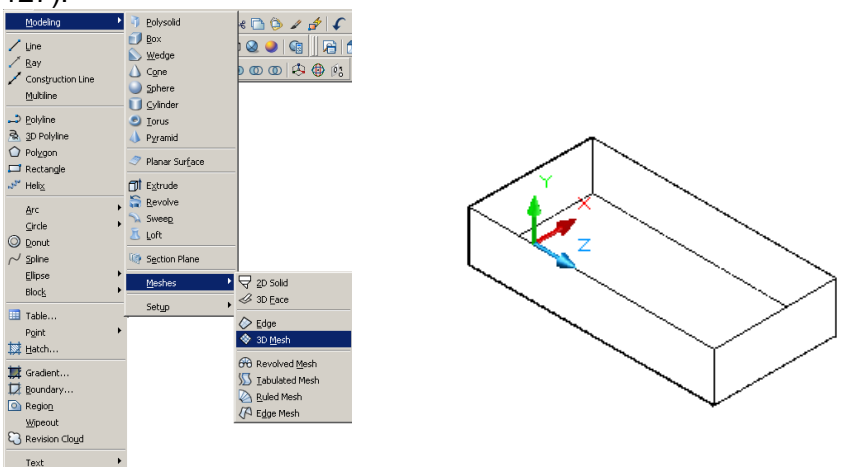
sastavljenih od najviše 4 linije. Komanda 3D Face se aktivira iz menija Draw/Modeling/Meches/3D Face.

Primer 6.3. Nacrtati kutiju dimenzija 100x50x20.

Aktiviranjem alata 3D face crta se jedna po jedna stranica vodeći računa o dimenzijama i koordinatnom sistemu:

1. Command: _3dface Specify first point or [Invisible]:;
2. Specify second point or [Invisible]: @50,0,0 Enter;
3. Specify third point or [Invisible] <exit>: @0,20,0 Enter;
4. Specify fourth point or [Invisible] <create three-sided face>: @-50,0,0 Enter;
6. Specify third point or [Invisible] <exit>:@0,-20,0 Enter.

Na ovaj način je nacrtana bočna stranica kutije, na sličan način se crtaju i ostale stranice kutije (sl. 18.127).



Sl. 18.127: Površinski model primenom komande 3D Face (primer 6.3)

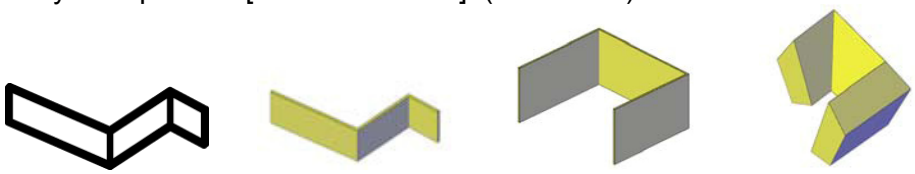
18.6.3 Crtanje solid modela

Solid modeli su trodimenzionalni crteži predmeta koji imaju i zapreminu. Okrženje za crtanje solida su alati iz paleta Modeling i Solid Editing. Sa alatima iz palete Modeling crtaju se osnovni solidi, a sa alatima iz palete Solid Editing se modifikuju nacrtani osnovni solidi.

Komanda Polysoloid

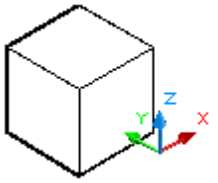
Alat za crtanje polusoloida je Polysoloid iz palete Modeling.

1. Command: _Polysolid Height = 5.0000, Width = 5.0000, Justification = Center;
2. Specify start point or [Object/Height/Width/Justify] <Object>: h;
3. Specify height <5.0000>: 2;
4. Height = 2.0000, Width = 5.0000, Justification = Center;
5. Specify start point or [Object/Height/Width/Justify] <Object>: w;
6. Specify width <5.0000>: 4;
7. Height = 2.0000, Width = 4.0000, Justification = Center;
8. Specify start point or [Object/Height/Width/Justify] <Object>:;
9. Specify next point or [Arc/Undo]:;
10. Specify next point or [Arc/Undo]:;
11. Specify next point or [Arc/Close/Undo]:;
12. Specify next point or [Arc/Close/Undo]: (Sl. 18.128).



Sl. 18.128: Polusoloidi

Komanda Box - crtanje kocke i prizme:



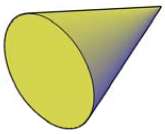
1. Command: _box;
2.Specify first corner or [Center]: označi se centar kocke;
3.Specify other corner or [Cube/Length]: c;
4.Specify length <0.0000>: 50 Enter (ivica kocke).

Alat Wedge – crtanje klina:



1.Command: _wedge;
2.Specify first corner or [Center]: označi se centar klina;
3.Specify other corner or [Cube/Length]: L (da bi se definisale dimenzije);
4.Specify length <0.0000>: 20 Enter (dužina po osi X);
5.Specify width <30.0000>: 30 Enter (dužina po osi Y);
6.Specify height or [2Point] <0.0000>: 10 Enter (visina po osi Z).

Alat Cone – crtanje konusa;

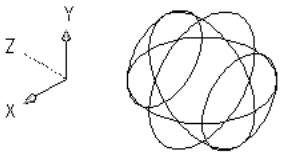




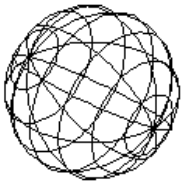
1.Command: _cone;
2.Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]: levim klikom miša označi se centar bazisa;
3.Specify base radius or [Diameter] <0.0000>: 10 Enter;
4.Specify height or [2Point/Axis endpoint/Top radius] <0.0000>: 20 Enter visina kupe.

Bazis kupe leži na onoj projekcijskoj ravni koju odaberemo iz palete View.

Alat Sphere - crtanje kugle:



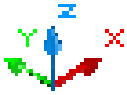
1. Command: _sphere;
2. Specify center point or [3P/2P/Ttr]: levim klikom miša označi se sentar kugle;
3. Specify radius or [Diameter] <0.0000>: 20 Enter.

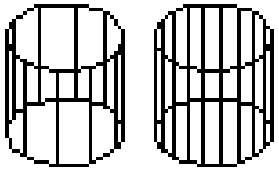


Za povećanje broja elipsi koristi se komanda sistemske promenljive ISOLINES.

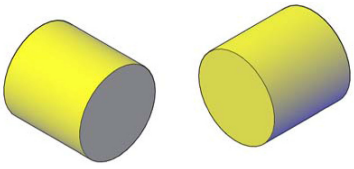
1. Command: isolines Enter;
2. Enter new value for ISOLINES <4>: 10 Enter;
3. Command: Specify opposite corner.

Komanda Cylinder - crtanje valjka:





1. Command: _cylinder;
2. Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]: označi se centar bazisa valjka;
3. Specify base radius or [Diameter] <0.0000>: 10 Enter;
4. Specify height or [2Point/Axis endpoint] <0.0000>: 20 Enter.

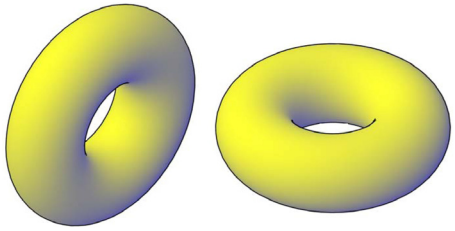


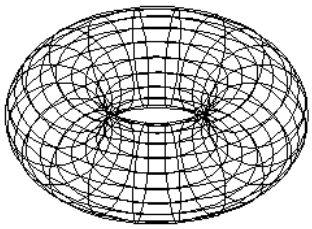
Drugi primer je nacrtan sa promenom linija sa komandom Isolines.

Prikazani su različiti položaji valjka u odnosu na projekcijske ravni.

Komanda Torus - Crtanje torusa:

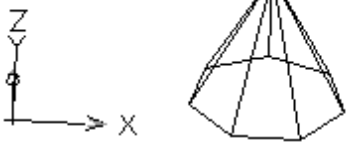
1. Command: _torus;
2. Specify center point or [3P/2P/Ttr]: levim klikom miša označi se centar torusa;
3. Specify radius or [Diameter] <0.0000>: 20 Enter (veći poluprečnik torusa);
4. Specify tube radius or [2Point/Diameter] <0.0000>: 10 Enter (manji poluprečnik torusa).





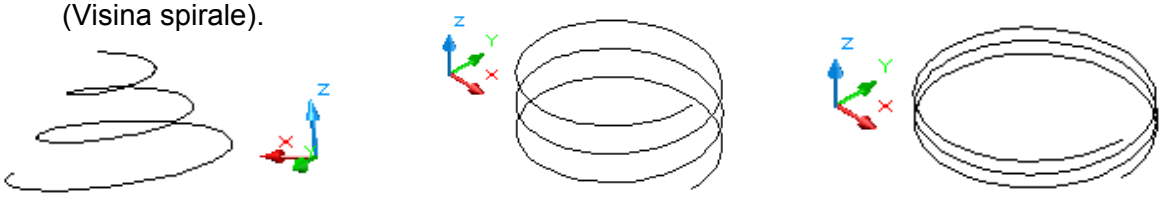
Komanda Piramid - crtanje piramide:

1. Command: _pyramid;
2. 7 sides Circumscribed;
3. Specify center point of base or [Edge/Sides]: s;
4. Enter number of sides <7>:;
5. Specify center point of base or [Edge/Sides]:;
6. Specify base radius or [Inscribed] <22.1983>: 20;
7. Specify height or [2Point/Axis endpoint/Top radius] <40.0000>:.



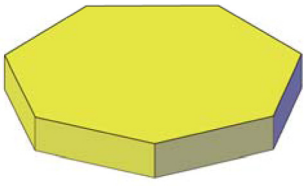
Komanda Helix - crtanje putanja u obliku spirala (opruga):

1. Command: _Helix;
2. Specify center point of base: levim klikom miša označi se centar opruge;
3. Specify base radius or [Diameter] <0.0000>: 60 Enter (poluprečnik donjeg bazisa);
4. Specify top radius or [Diameter] <0.0000>: 10 Enter (poluprečnik gornjeg bazisa);
5. Specify helix height or [Axis endpoint/Turns/turn Height/tWist] <0.0000>: 60 Enter (Visina spirale).

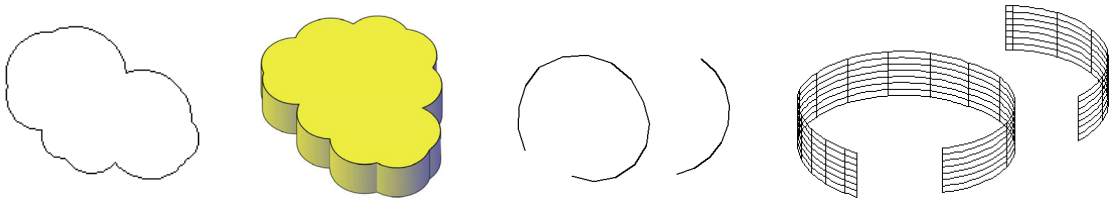


Komanda Extrude - crtanje tela izvlačenje ravnih površina:

1. Command: _polygon Enter number of sides <4>: 7 Enter;
2. Specify center of polygon or [Edge]: označavanje centra sedmougaonika;
3. Enter an option [Inscribed in circle/Circumscribed about circle] <I>: Enter (u opisanoj kružnici);
4. Specify radius of circle: 20 Enter. Nacrtana je površina - sedmougaonik;
5. Command: _extrude;
6. Select objects to extrude: 1 found (selektuje se petougaonik);
7. Specify height of extrusion or [Direction/Path/Taper angle] <0.0000>: 5 Enter (visina tela).

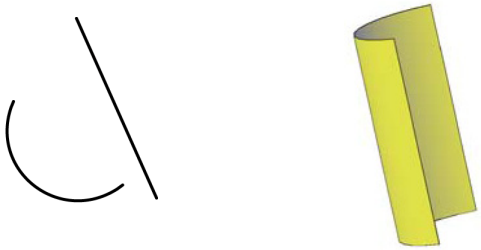


Komandom Extrude mogu se crtati rasličite zatvorene ili otvorene površi. Ako je kontura zatvorena dobija se telo, a ako je otvorena dobija se površ.



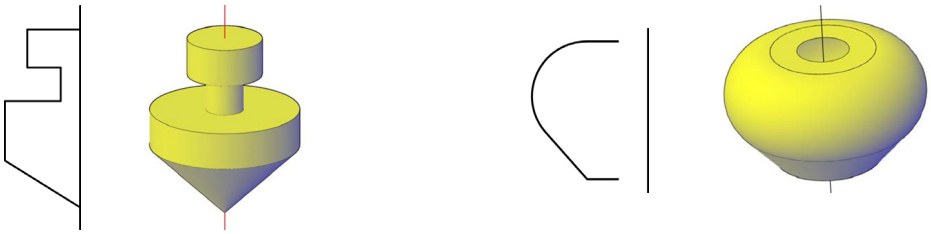
Komandom Sweep - crtanje površi po zadatoj putanji:

1. Command: _sweep;
2. Select objects to sweep: selektuje se kriva linija enter;
3. Select sweep path or [Alignment/Base point/Scale/Twist]: selektuje se prava oko koje će se kriva zarotirati, zatim Enter.



Komanda Revolve - modeliranje rotaciono simetričnih površi:

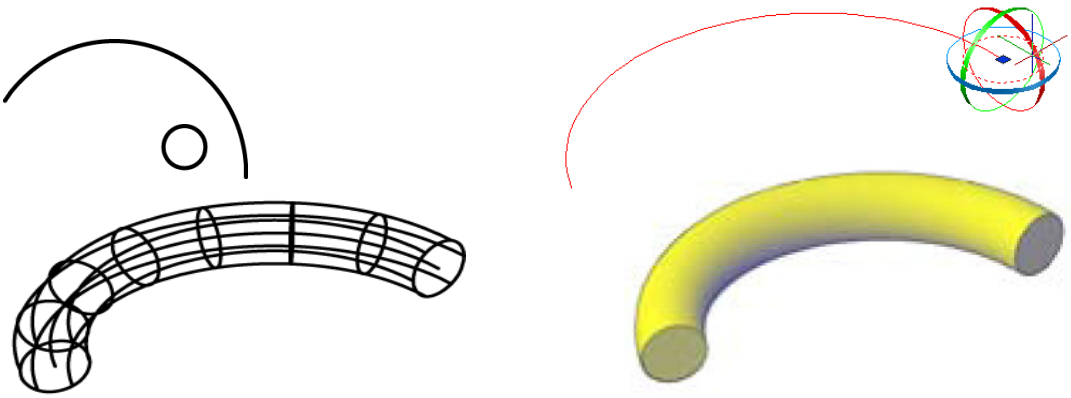
1. Command: _revolve;
2. Current wire frame density: ISOLINES=10;
3. Select objects to revolve: Specify opposite corner: 7 found;
4. Specify axis start point or define axis by [Object/X/Y/Z] <Object>:;
5. Specify axis endpoint:;
6. Specify angle of revolution or [STart angle] <360>:.



Komanda Extrude - crtanje solida

Primer: Napraviti cev oblika krive linije prečnika zadate kružnice.

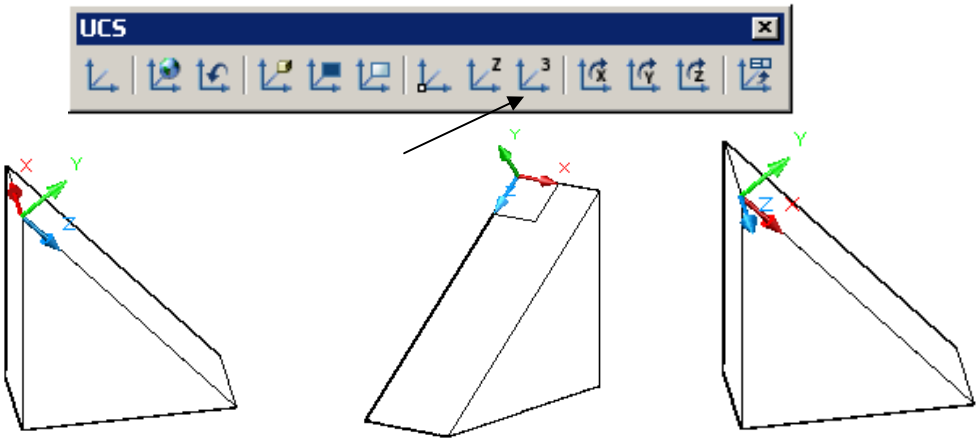
Kružnica se dovede na početak linije i zarotira za 90° oko ose X komandom 3D Rotate. Komandom Extrude se kružnica povuče po putanji (liniji).



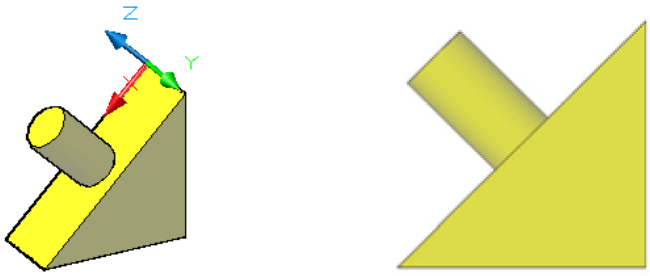
Komanda UCS - rotacija koordinatnog sistema

Najčeće se koristi takozvani svetski koordinatni sistem. To je Dekartov koordinatni sistem gde je osa X horizontalna, osa Z vertikalna, a osa Y upravna na vertikalnu projekcijsku ravan.

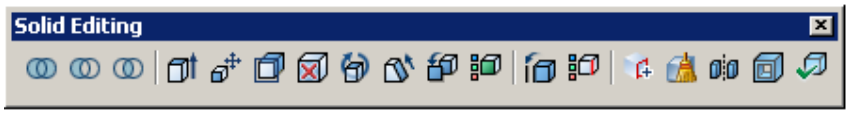
Međutim, veoma je praktično da se koordinatni sistem prilagođava površinama koje su pod uglom na projekcijske ravni (H, V ili P).



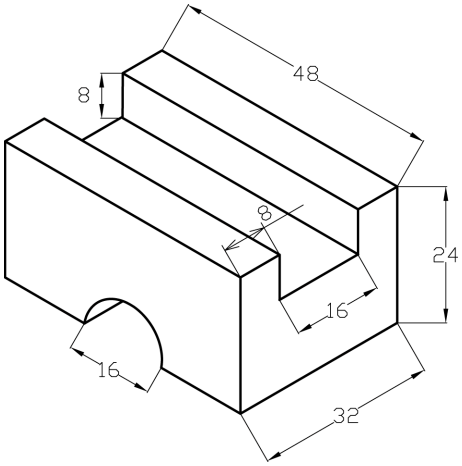
Aktivira se koordinatni sistem 3 (označen strelicom). Označi se jedna ivica predmeta, zatim druga koje definišu pavac osa, npr. X i Y. Osa Z je samim tim već određena jer je upravna na prethodne dve. Ovako prilagođen koordinatni sistem omogućava lakše crtanje na kosoj površini. Sada se na označenoj kosoj površini može nacrtati npr. valjak koji je upravan na nju.



18.6.4. Modifikacije nacrtanih solida

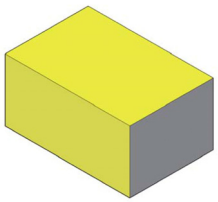


Komande Union, Subtrast i Intersect – crtanje modela spajanjem, odsecanjem i zajedničko jezgro



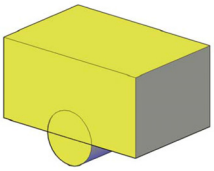
Primer: Nacrtati model predmeta zadatih dimenzija.

Model se može dobiti na više načina. Najjednostavniji način je da se od prizme dimenzija 32x24x48 usecanjem sa valjkom dimenzija Ø16x32 i prizmom dimenzija 16x8x48 dobije zadati predmet. Odabere se pogled od napred i prateći koordinatni sistem napravi se model prizme:



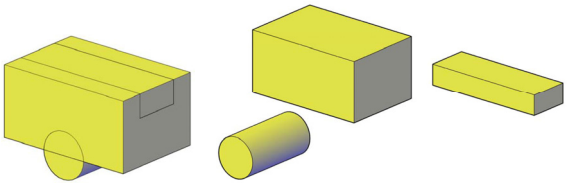
1. Command: _box;
2. Specify first corner or [Center]:;
3. Specify other corner or [Cube/Length]: l;
4. Specify length <48.0000>:;
5. Specify width <24.0000>:
6. Specify height or [2Point] <32.0000>:.

Odabere se onaj pogled tako da stranica prizme 48x24 bude paralelna sa vertikalnom projekcijskom ravni i nacrta valjak Ø16 x32:



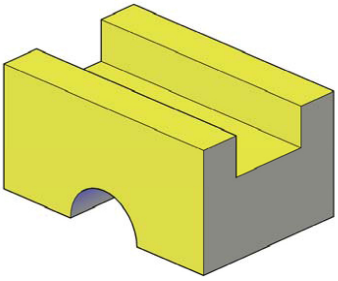
1. Command: _cylinder;
2. Specify center point of base or [3P/2P/Ttr/Elliptical]:;
3. Specify base radius or [Diameter] <8.0000>: 8;
4. Specify height or [2Point/Axis endpoint] <32.0000>:.

Odabere se onaj pogled da stranica prizme 32x24 bude paralelna sa V ravni i na njoj nacrta stranica prizme 16x8x48:



1. Command: _box;
2. Specify first corner or [Center]:;
3. Specify other corner or [Cube/Length]: l;
4. Specify length <16.0000>: 16;
5. Specify width <8.0000>: -8;
6. Specify height or [2Point] <48.0000>: 48.

Alatom Subtract odseče se osnovna prizma:

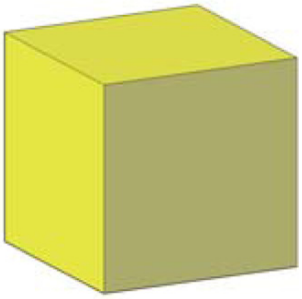


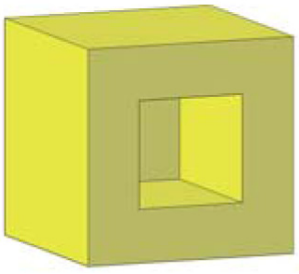
1. Command: _subtract Select solids, surfaces, and regions to subtract from;
2. Select objects: 1 found;
3. Select objects:;
4. Select solids, surfaces, and regions to subtract;
5. Select objects: 1 found;
6. Select objects:.

Komanda Shell - Isecanje solida komandom

Ovim alatom prave se šupljine, rupe, žlebovi i slično.

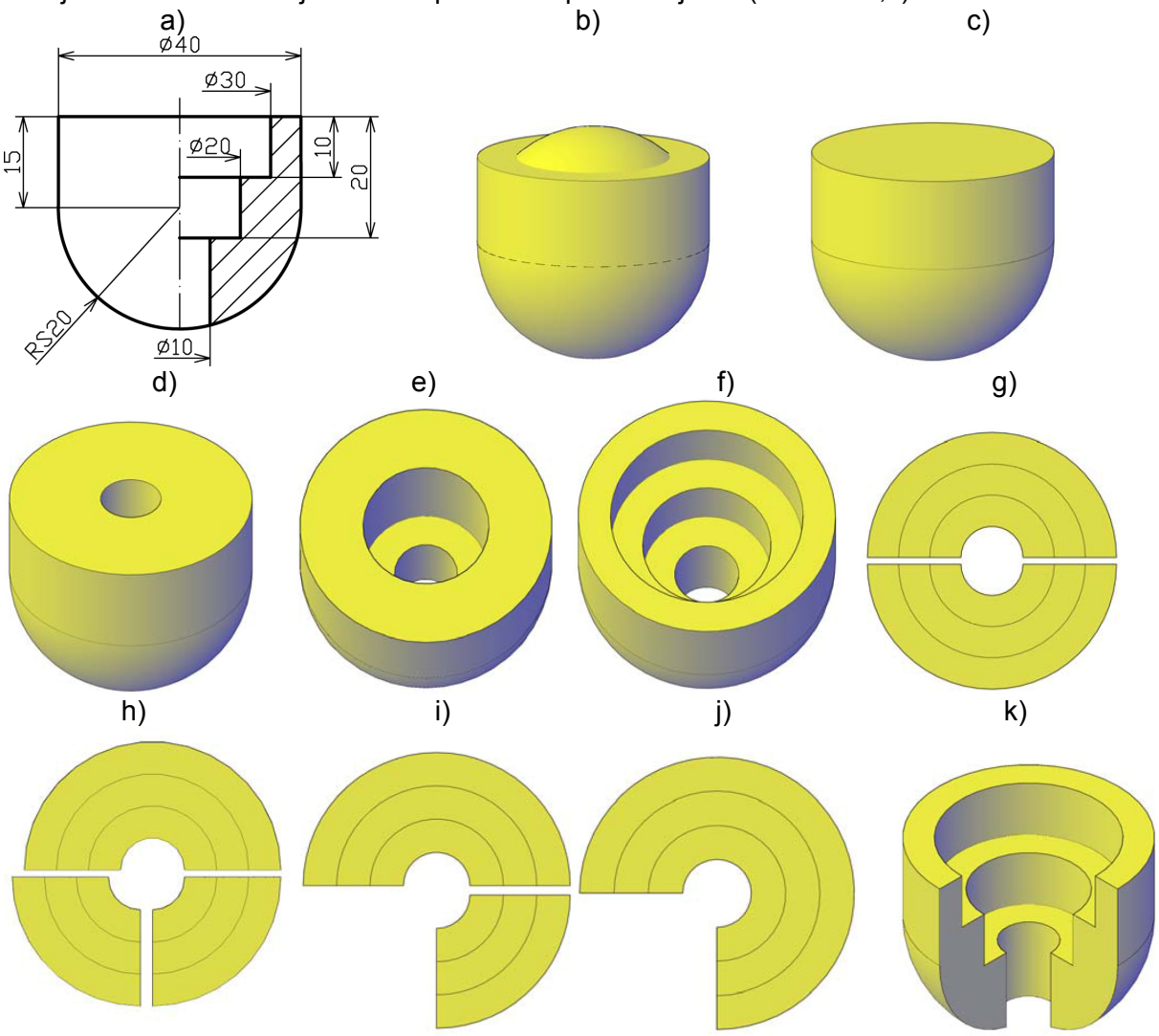
1. Nacrta se kocka ivice 20;
2. [Imprint/seParate solids/Shell/cLean/Check/Undo/eXit] <eXit>: _shell;
3. Select a 3D solid: selektuje se kocka;
4. Remove faces or [Undo/Add/ALL]: 1 face found, 1 removed. Remove faces or [Undo/Add/ALL]: označi stranica koja se iseca;
5. Enter the shell offset distance: 5 Enter (debljine zidova).





Komanda Slice – presecanje solida

Komandom Slice presecaju se nacrtani solidi. Ova alatka nalazi se u padajućem meniju Modify / 3D Operations / Slice. Potrebno je za predmet sa sl. 18.129,a nacrtati solid i napraviti polovičan presek. Postupak crtanja može biti sledeći. Nacrta se kugla prečnika Ø40. Zatim se nacrta valjak prečnika Ø40 visine 15 iz središta kugle (sl. 18.129,b) Komandom Union od dva tela napravi se jedno. Komandom Slice odseče se deo kugle (sl. 18.129,c). Pomoću valjka prečnika Ø10 probuši se solid po ukupnoj visini s alatkom Subtract (sl. 18.129,d). Na isti način pomoću valjka prečnika Ø20 napravi se rupa na dubini od 20 (sl. 18.129,e). Isti postupak se ponovi sa valjkom prečnika Ø30 na dubinu 10 (sl. 18.129,f). Alatkom Slice preseče se predmet po osi simetrije na dve polovine (sl. 18.129,g). Zatim se preseče donja polovina po osi simetrije (sl. 18.129,h) i obriše četvrtina predmeta (sl. 18.129,i). Komandom Union spoje se polovina i četvrtina predmeta u jedno telo (sl. 18.129,j). Dobijeni solid u izometriji sa četvrt presekom prikazan je na (sl. 18.129,k).



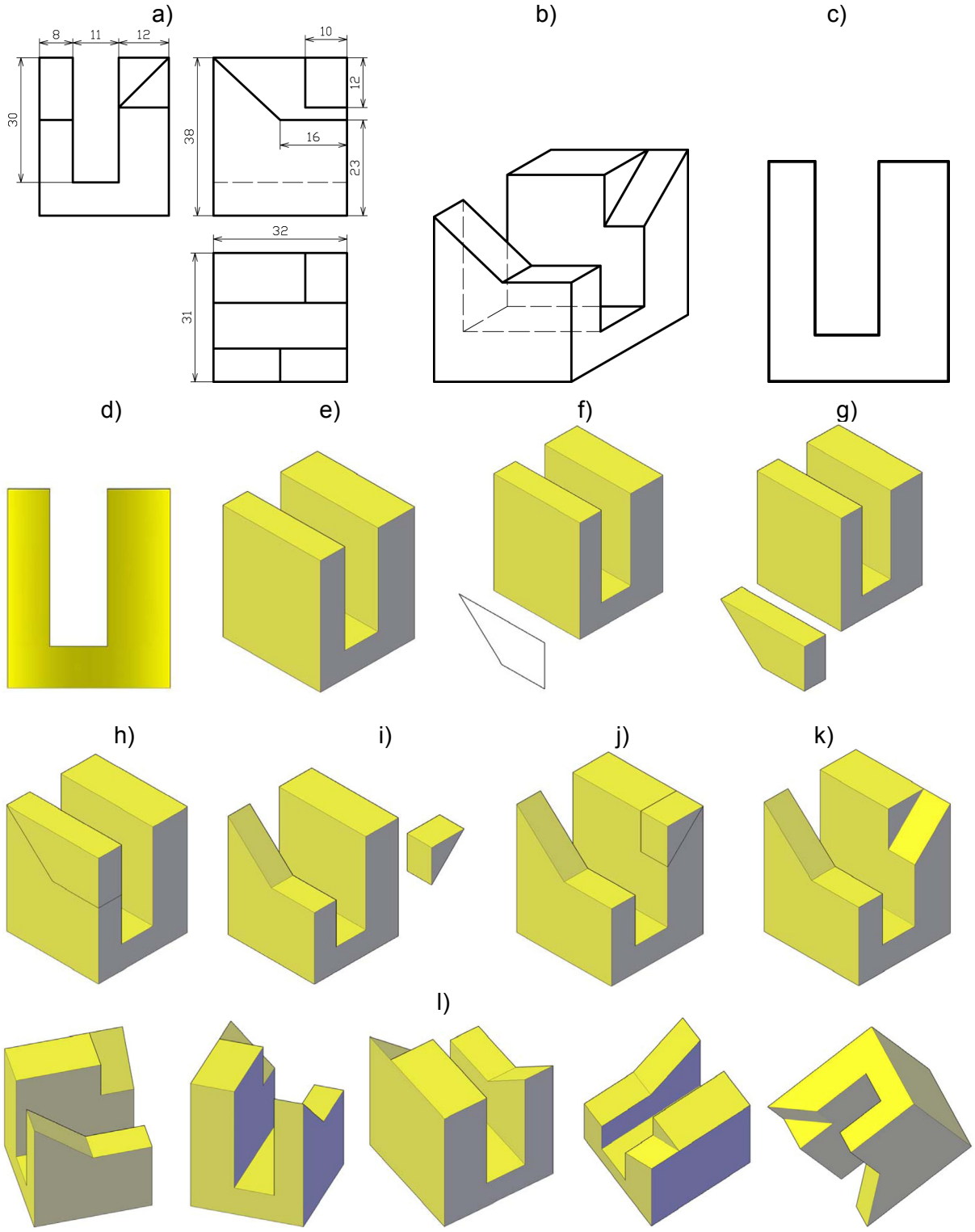
Sl. 18.129. Primer izrade solida

Navedene alatke i komande za izradu solida su samo neke od mogućnosti ovog softvera. Međutim, dovoljne su za izradu 2D, 3D crteža i solida pojedinačnih predmeta kao i sklopova.

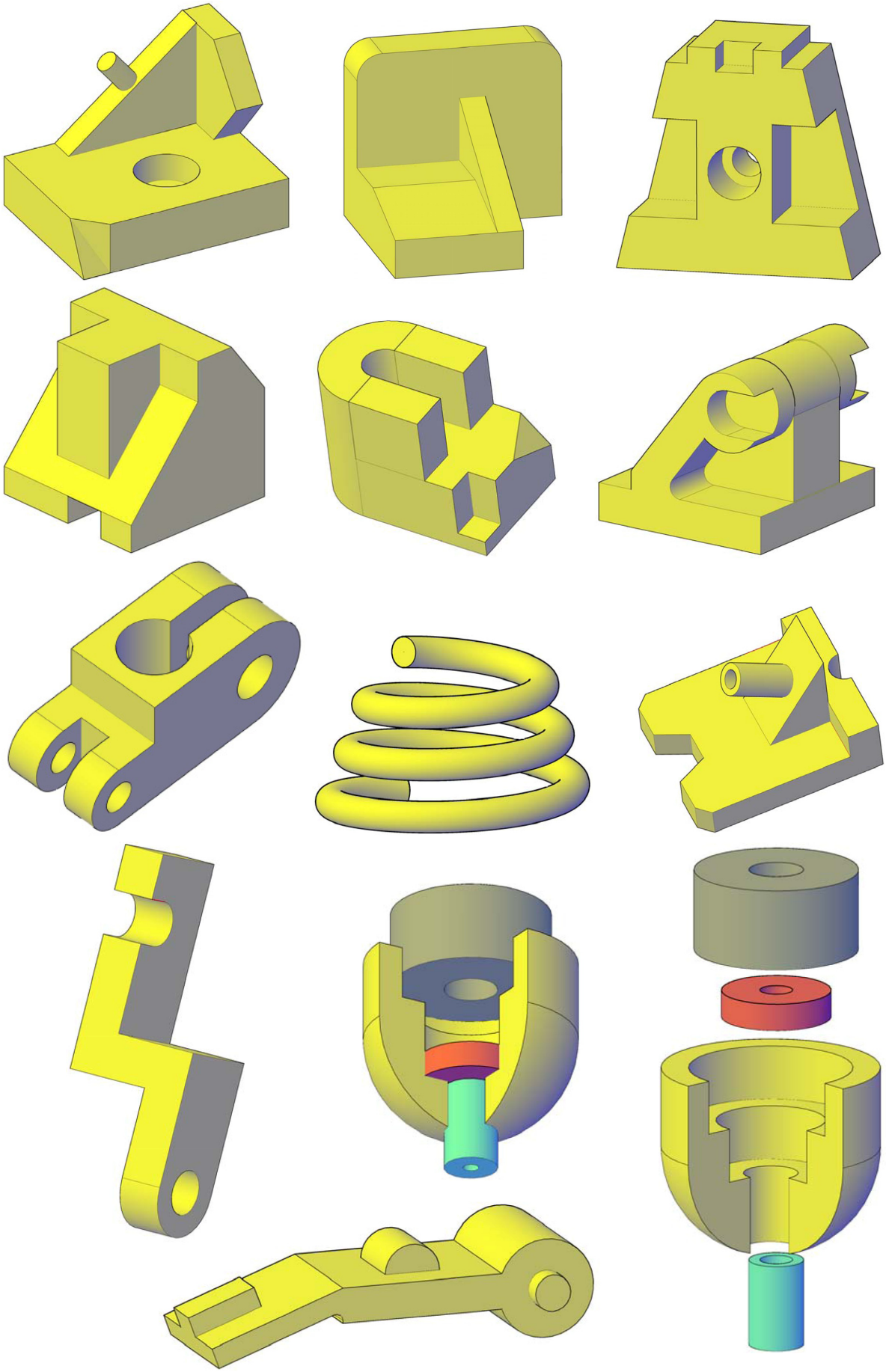
Primer postupka izrade solida dat je na sl. 18.130. Konstruktivni izgled predmeta i mere definisane su na ortogonalnim pogledima (sl. 18.30,a), a aksonometrijski izgled na sl. 18.30,b. Faze izrade mogu biti različite kao i alatke kojima će se solid izraditi. Jedna od mogućnosti je ta, da se prvo nacrta bočna površina početnog izgleda bez odsecanja

gabaritnih dimenzija 31 x 38 (sl. 18.30,c). Od ove površine komandom Region napravi se zatvorena figura (sl. 18.30,d). Ovoj zatvorenoj površini komandom Extrude dodeli se dubina od 32 mm (sl. 18.30,e). Postupkom odsecanja od ovog osnovnog tela dobija se konačan izgled predmeta. Prednja površina se odseče tako što se napravi zatvorena figura (sl. 18.30,f) od koje se napravi Region i komandom Extrude dodeli se debljina od 8 mm (sl. 18.30,g). Komandom Move premesti se na osnovno telo (sl. 18.30,h) i komandom Subtract odseče (sl. 18.30,i). Na isti način se odseče i zadnji deo predmeta (sl. 18.30,i, j). Konačan izgled predmeta pokazan je na (sl. 18.30,k) i komandama Orbit sa više strana (sl. 18.30,l).

Na sličan način napravljeni su i solidi sa sl. 18.131.



Sl. 18.130. Primer postupka izrade solida



Sl. 18.131. Primeri izrade solida

18.7. REZIME OSNOVNIH ALATAKI AutoCAD-a

Tabela 18.1: Paleta alatki za crtanje Draw

Simbol	Naziv	Namena	Prečica	
	Line	Crtanje linija	L+enter	Draw/line
	Construction Line	Crtanje beskonačno dugih linija	XL+enter	Draw/Construction Line
	Polyline	Crtanje linija složenog oblika	PL+enter	Draw/Polyline
	Polygon	Crtanje višeugaonih površina	POL+enter	Draw/Polygon
	Rectangle	Crtanje pravougaonih površina	REC+enter	Draw/Rectangle
	Arc	Crtanje kružnih isečaka	A+enter	Draw/Arc
	Circle	Crtanje kruga	C+enter	Draw/Circle
	Revision Cloud	Crtanje linija tipa „oblak“		Draw/Revision Cloud
	Spline	Crtanje linija savitljivih u jednoj ili više tačaka	SPL+enter	Draw/Spline
	Ellipse	Crtanje elipsa	EL+enter	Draw/Ellipse/...
	Ellipse Arc	Crtanje isečaka elipse		Draw/Ellipse/Arc
	Insert Block	Umetanje blokova		Insert/Block
	Make Block	Izrada blokova	B+enter	Draw/Block/Make
	Point	Crtanje tačaka	PO+enter	Draw/ Point
	Hatch...	Ispunjavanje kontura šrafurom	H+enter	Draw/ Hatch...
	Gradient...	Ispunjavanje kontura bojom		Draw/Gradient...
	Region			Draw/ Region
	Table...	Izrada tabele		Draw/Table...
	Multiline Text...	Unos teksta	T+enter	Draw/Multiline Text...

Tabela 18.2: Paleta alatki Modify

Simbol	Naziv	Namena	Prečica	
	Erase	Brisanje objekta ili dela objekta	E+enter	Modify/Erase
	Copy	Kopiranje objekta unutar modela	CO+enter	Modify/Copy
	Mirror	Kopiranje objekta kao slika u ogledalu	MI+enter	Modify/Mirror
	Offset	Paralelno kopiranje objekta po simetrali	O+enter	Modify/Offset
	Array	Kopiranje objekta po nizu	AR+enter	Modify/Array
	Move	Pomeranje selektovanog objekta	M+enter	Modify/Move
	Rotate	Rotiranje selektovanog objekta	RO+enter	Modify/Rotate
	Scale	Proporcionalna promena dimenzija objekta	SC+enter	Modify/Scale
	Stretch		S+enter	Modify/Stretch
	Trim	Brisanje delova objekta do definisane ravni	TR+enter	Modify/Trim
	Extend	Nastavljanje dela objekta do definisane ravni	EX+enter	Modify/Extend
	Break at point	Prekida liniju u jednoj tački	BR+enter	
	Break	Prekida liniju u dve unapred definisane tačke		Modify/Break
	Join	Pridružiti	J+enter	Modify/Join
	Chamfer	Spaja dve linije pod određenim uglom		Modify/Chamfer
	Fillet	Spaja dve linije kružnim isečkom		Modify/Fillet
	Explode	Rastavaljanje blokova na elementarne delove		Modify/Explode

Tabela 18.3: Paleta alatki Object Snap

Simbol	Naziv	Namena	Prečica	
	Temporary track point	Privremena vezna tačka	Tt + enter	
	Snap From	Funkcija za odlaganje odabira tačke	From + enter	
	Snap to endpoint	Hvatanje krajnjih tačaka	Endp + enter	
	Snap to midpoint	Hvatanje središnje tačke	Mid + enter	
	Snap to intersection	Hvatanje presečne tačke	Int + enter	
	Snap to apparent intersect	Hvatanje očigledne presečnice	Appint + enter	
	Snap to Extension	Hvatanje produžene veze	Ext + enter	
	Snap to centar	Hvatanje centra	Cen + enter	
	Snap to quadrant	Hvatanje po kvadrantima kruga	Qua + enter	
	Snap to tangent	Hvatanje tangente kruga	Tan + enter	
	Snap to perpedicular	Hvatanje pod pravim uglom	Per + enter	
	Snap to parallel	Paralelno hvatanje	Par + enter	
	Snap to insert		Ins + enter	
	Snap to Node	Hvatanje tačke	Nod + enter	
	Snap to nearest	Hvatanje bilo koje tačke na pravoj	Nea + enter	
	Snap to none	Ne hvata ni jednu tačku na objektu	Non + enter	
	Osnap settings...	Podešavanje mesta hvatanja		

Tabela 18.4: Paleta alatki Dimension

Simbol	Naziv	Namena	Prečica	
	Linear	Horizontalno ili vertikalno kotiranje		Dimension/Linear
	Aligned	Kotiranje pod uglom		Dimension/Aligned
	Arc length	Lučno kotiranje		Dimension/Arc length

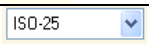
	Ordinate	Definisanje kota tačaka		Dimension/Ordinate
	Radius	Kotiranje malih radijusa		Dimension/Radius
	Jogged	Kotiranje velikih radijusa		Dimension/Jogged
	Diameter	Kotiranje prečnika		Dimension/Diameter
	Angular	Kotiranje ugla		Dimension/Angular
	Duick Dimension			Dimension/Duick Dimension
	Baseline	Paralelno kotiranje		Dimension/Baseline
	Continue	Redno kotiranje		Dimension/Continue
	Quick Leader	Pokazna linija		Dimension/Quick Leader
	Tolerance	Tolerancijska polja	TOL+enter	Dimension/Tolerance
	Centar mark	Definisanje centra kružnice		Dimension/Centar mark
	Dimension Edit	Editovanje teksta		Dimension/Dimension Edit
	Dimension text edit	Editovanje teksta		Dimension/Dimension text edit
	Dimension update			Dimension/Dimension update
	Dim stile control	Promena definisanog stila kotiranja		Dimension/Dim stile control

*Tabela 18.5: Paleta alatki **TEXT***

Simbol	Naziv	Namena	Prečica	
	Multiline Text...	Ispisivanje teksta u više redova	MT+enter	Draw/text/...
	Single Line Text	Ispisivanje jednorednog teksta	DT+enter	Draw/text/...
	Edit...	Promena stila teksta		
	Find...	Nalaženje nekog pojma u tekstu		
	Text Style...	Izrada stila teksta		
	Scale	Skaliranje teksta		
	Justify	Poravnavanje teksta s leva, desna ili u centru		

19. VEŽBE I ZADACI

Zadaci su podeljeni na 15 vežbi koje studenti traba da samostalno urade. Tako su koncipirani da se provežba i nauči celokupno gradivo iz knjige. Na kraju poglavlja dati su primeri ispitnih zadataka. Sve vežbe treba uraditi primenom računara i odštampati ih na A4 formatu.

Vežba broj 1. – TAČKA I PRAVA

1. Nacrtati tri ortogonalne projekcije zadatih tačaka u prostoru i napisati u kojem se oktantu nalaze: A(-2;1;1); B(3;-2;-2); C(-3;2;-3); D(-0,5;-2,5;3); E je 2,5 cm desno od P ravni, 2,5 cm ispred V ravni i 3,5 cm ispod H ravni; F je 3,5 levo od P ravni, 3,5 cm iza V ravni i 1,5 cm ispod H ravni; G je na V ravni 1 cm desno od P ravni i 1,5 cm iznad H ravni; tačka H je na Z osi 3,5 cm iznad H ravni; tačka I je na P ravni 3 cm iza V ravni i 4 cm iznad H ravni i tačka J je na H ravni 4 cm levo od P ravni i 1,5 cm ispred V ravni.
2. Za tačke iz prethodnog zadatka nacrtati tri ortogonalne projekcije nakon obaranja projekcijskih ravni.
3. Nacrtati u paru ortogonalnih projekcija: pravu a koja prolazi kroz tačku A(3;2;1,5), paralelna je sa P ravni, a sa V ravni zaklapa ugao od 45°; pravu b koja prolazi kroz tačku B(1,5;2;5) paralelna je sa P ravni, a sa V ravni zaklapa ugao od 60°; pravu c koja prolazi kroz tačku C(-2;3;?) leži na H ravni i paralelna je sa X osom; pravu d koja prolazi kroz tačku D(5;4;3,5) upravna je na ravan P i pravu e koja prolazi kroz tačku E(7;2,5;2,5) i upravna je na V ravan.
4. Data je prava a tačkama A(1,5;2;3) i B(5;1;1,5). Kroz tačku C(-1,5;5;2,5) nacrtati pravu b koja je paralelna sa pravom a.
5. Date su prave a tačkama A(1;2;2) i B(4;3,5;0,5) i b tačkama C(1;-5;-1,5) i D(4,5;-2;2). Odrediti prodore, oktante kroz koje prolaze i naznačiti vidljivost. Da li se prave seku ili se mimoilaze?
6. Nacrtati ortogonalne projekcije sva tri prodora prave a koja prolazi kroz tačke A(-2;6;5) i B(5;-1;6). Odrediti vidljivost projekcija i oktante kroz koje prava a prolazi.
7. Pravu a iz prethodnog zadatka nacrtati u kosoj projekciji. Odrediti vidljivost prave i njenih projekcija i oktante kroz koje prolazi. Ugao između osa –XY=30°, skraćenje 3:4. Veličina ravni u oktantu je 7 cm po svakoj osi.

Vežba broj 2 - KRIVE LINIJE

Nacrtati krive linije od 1 do 6. Dati podaci su:

1. Cikloida. Prečnik kruga D_2 =4 cm (sl. 4.29)
2. Zavojnica. Prečnik kruga D_3 =4 cm, korak zavojnice P=3 cm (sl. 4.28)
3. Elipsa. Dužina velike ose AB=8 cm, a male CD=4 cm. Koristiti metodu dve kružnice - šestara (sl. 4.27)
4. Evolventa. Prečnik kruga D_5 =3 cm (sl. 4.30)
5. Spajanje kružnica i pravih linija:
   prečnika D =3 cm (sl. 4.31);
   prečnika D_1 =6 cm, D_2 =3 cm (sl. 4.32);
   prečnika D_1 =5 cm, D_2 =2,5 cm (sl. 4.33)
   prečnika D_1 =3 cm, D_2 =4 cm i D_3 =3 cm (sl. 4.34);
   prečnika D_1 =2 cm, D_2 =4 cm, $\alpha=30^o$ (sl. 4.35);
   prečnika D_1 =2 cm, $D_1' = 4\,cm$, D_2 =2 cm i D_2'=4 cm. (sl. 4.36),

Zadatak broj 3 - AKSONOMETRIJSKI CRTEŽ

Nacrtati zadate predmete u aksonometriji. Razmere za zadatak pod 1 i 2 treba da su iste. Razmere i raspored aksonometrijskih crteža usvojiti tako da se dobije pregledna slika.

1. Nacrtati predmete (sl. 19.1) u dimetriji, ako su zadate ose X i Y pod uglom od (10°;45°), (7°;42°), (45°;45°) ili (15°;60°).
2. Iste predmete nacrtati u izometriji.
3. Nacrtati predmete (sl. 19.2) u kosoj projekciji, koristeći presek tako da je pravac Y ose od 30°, 45° ili 60°.
4. Dati/usvojeni predmet nacrtati u kosoj projekciji, tako da je skraćenje po Y osi 1/2, 2/3 ili 3/4.

Zadatak broj 4 - ORTOGONALNI CRTEŽ

1. Za predmete (sl. 19.3) nacrtati šest ortogonalnih pogleda koristeći se evropskim rasporedom pogleda.
2. Za iste te predmete nacrtati pogled A, B i C ili D koristeći se američkim rasporedom pogleda.
3. Za predmete (sl. 19.1, sl. 19.2, sl. 19.4, sl. 19.5 i sl. 19.6) nacrtati dovoljan broj pogleda da bi se predmet jednoznačno definisao, koristeći se evropskim rasporedom pogleda.
4. Za dati/usvojeni predmet nacrtati dovoljan broj pogleda koristeći se evropskim rasporedom pogleda.

Zadatak broj 5 - POVEZANOST ORTOGONALNIH POGLEDA

Za predmete (sl. 19.7 - 19.9) na osnovu zadata dva pogleda nacrtati traženi.

Zadatak broj 6 - PRESECI U TEHNIČKOM CRTANJU

Za date predmete (sl. 19.10 - 19. 13) nacrtati dovoljan broj pogleda koristeći sledeće preseke:

1. Potpun uzdužni (označen sa a);
2. Četvrt (polovičan) (označen sa b);
3. Zarotiran (označen sa c);
4. Poprečni (označen sa d);
5. Delimičan (označen sa e);
6. Izlomljen (stepenast) (označen sa f);
7. Zaokrenut (označen sa i);
8. Za predmete (označene sa g) nacrtati odgovarajuće razreze i
9. Za predmete (označene sa h) nacrtati specijalan pogled i označeni presek.

Zadatak broj 7 - KOTIRANJE

Za predmete (sl. 19.1, 19.2, 19.4, 19.5 i 19.6) nacrtati dovoljan broj ortogonalnih pogleda i kotirati ih koristeći kombinovani način kotiranja.

Zadatak broj 8 - ČITANJE ORTOGONALNIH POGLEDA

Pročitati ortogonalne poglede predmeta (sl. 19.15 do 19.21) i nacrtati ih u aksonometriji. Metodu aksonometrije usvojiti.

Zadatak broj 9 - ISPRAVLJANJE ZADATIH GREŠAKA

Za predmete (sl. 19.22) ispraviti namerno nacrtane greške, nacrtati pogled sa strane i kotirati predmet.

Zadatak broj 10 - CRTANJE MAŠINSKIH ELEMENATA

1. Nacrati i kotirati vijak sa šestougaonom glavom u tri pogleda. Vijak je M18; 20; 22 (dužine po izboru). Navoj je do polovine stabla (sl. 10.15).
2. Nacrtati i kotirati goli vijak (bez glave i navrtke) M10; 12; 14, dužine po izboru. Navoj je sa oba kraja do četvrtine dužine, jedan levi, a dugi desni. Ivice na oba kraja su oborene (sl. 10.21,a)
3. Nacrtati i kotirati šestougaonu navrtku M20; 22; 24 u pogledu A i B koristeći četvrt presek (sl. 10.19). Ne crtati kote koje su date samo zbog konstruisanja.
4. Nacrtati i kotirati navoje u otvoru (sl. 10.13). Navoj je metrički. Ivice su oborene kod većeg otvora.
5. Nacrtati vijak sa šestougaonom glavom u sklopu sa pločama (sl. 10.18).

6. Nacrtati i kotirati cilindrični zupčanik sa pravim zupcima (sl. 10.70) sa dodatnom tabelom 10.8.
7. Nacrtati i kotirati konični zupčanik (sl. 10.71).
8. Nacrtati i kotirati cilindričnu torzionu oprugu kružnog poprečnog preseka žice sa d=8 mm, D=20; 30 mm, h=10; 15 mm i dužine l=80 mm (sl. 10.45).
9. Nacrtati kotrljajni ležaj sa jednim redom kuglica (bez uprošćenja), koji se nalazi u kućištu na kraju vratila (sl. 10.112).
10. Nacrtati i kotirati dve zavarene ploče u pogledu A i B (sl. 10.55 po izboru).

Zadatak broj 11 - TOLERANCIJE MERA

1. Izračunati visinu tolerancijskog polja za grupu prečnika *50-90* mm za kvalitet tolerancije *IT7*
2. Odrediti a_g, a_d i T_o i skicirati položaj tolerancijskog polja za *∅60d10*.
3. U sistemu *ZO* odrediti vrstu i toleranciju naleganja i skicirati položaj tolerancijskih polja za *∅240B7/h6.*
4. U sistemu *ZR* odrediti nepoznatu toleranciju da naleganje bude neizvesno i skicirati položaj tolerancijskih polja za *∅45H9/?.*
5. Za spoj osovine i glavčine točka nominalnog prečnika *∅110* odrediti toleranciju oba dela tako da u sistemu *ZO* obrazuju naleganje sa $P_g = 200\ \mu m$ i $P_d = 60\ \mu m$. Kvalitet osovine je za stepen ″finiji″ od kvaliteta rupe. Proveriti usvojeno naleganje.

Zadatak broj 12 - RADIONIČKI CRTEŽ

Nacrtat radionički crtež predmeta (sl. 19.23 i 19.24 izrađenih livenjem) i predmeta (sl. 19.25 i 19.26 izrađenih zavarivanjem) i označiti:

- da se jedna gornja i donja površina predmeta nakon livenja obrađuju usvojenim kvalitetom površinske hrapavosti;
- da se najmanji otvori obrade finim struganjem;
- da se jedan otvor izradi sa tolerancijom H9;
- da su gornja i donja površina paralelne sa tolerancijom t=600 μm;
- da je verikalni otvor upravan na donju horizontalnu površinu sa tolerancijom t=500 μm.

Zadatak broj 13 - SKLOPNI CRTEŽ

Za sklop (sl. 19.27, 19.28, 19.29 i 19.30) nacrtati:

- sklopni crtež i
- radionički crtež delova sklopa.

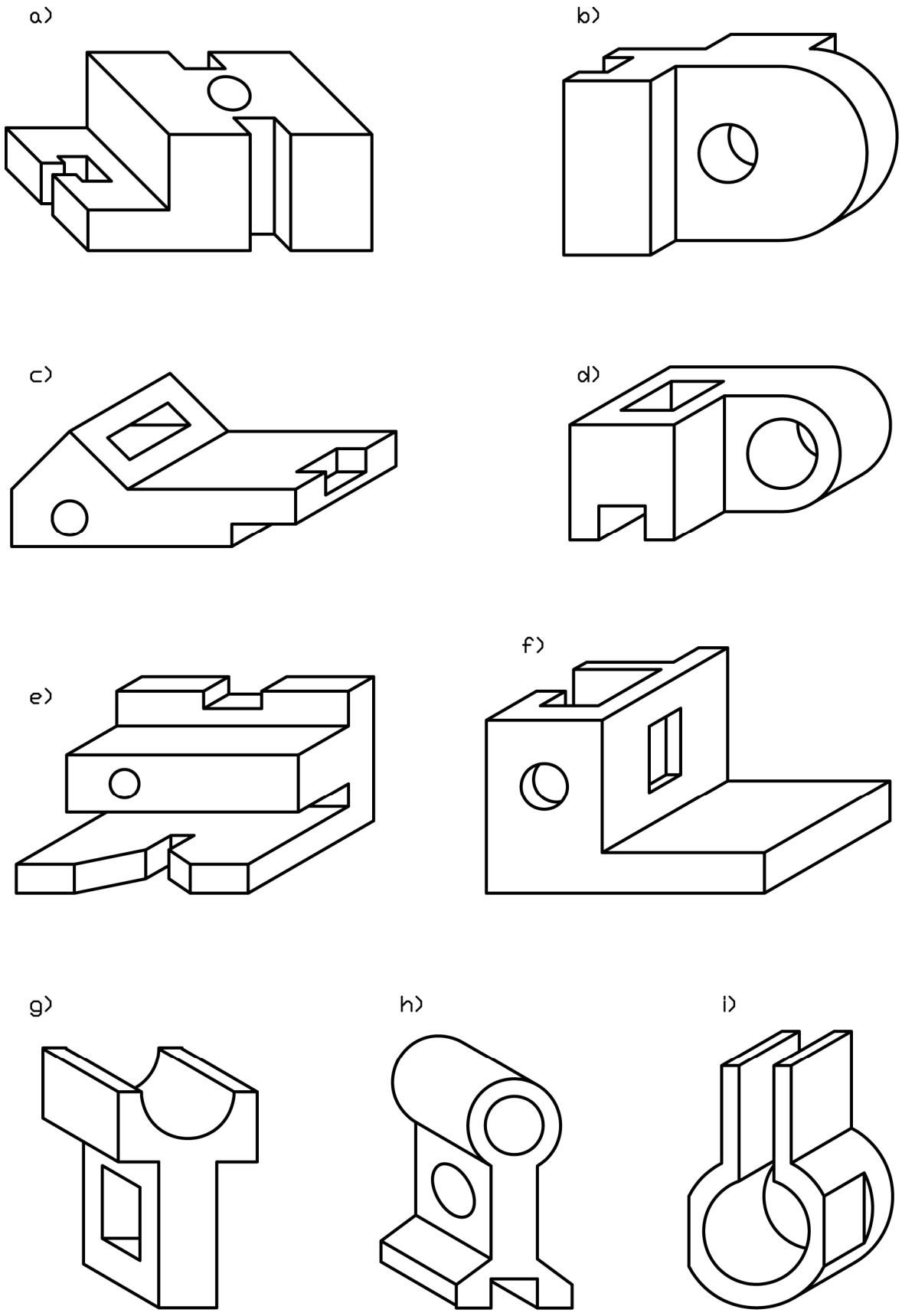
Usvojiti kvalitet obrade površina, tolerancije mera i tolerancije oblika i položaja. U principu, za površine predmeta koje ne naležu u sklopu, predvideti najgrublji kvalitet površinske hrapavosti, shodno postupku izrade. Za površine koje naležu u sklopu predvideti ″finiju″ obradu, a još ″finiju″ za one površine koje se za vreme funkcije predmeta međusobno kreću. Isti princip važi i za izbor tolerancija mera i tolerancije oblika i položaja.

Zadatak broj 14 - ŠEMATSKI CRTEŽ

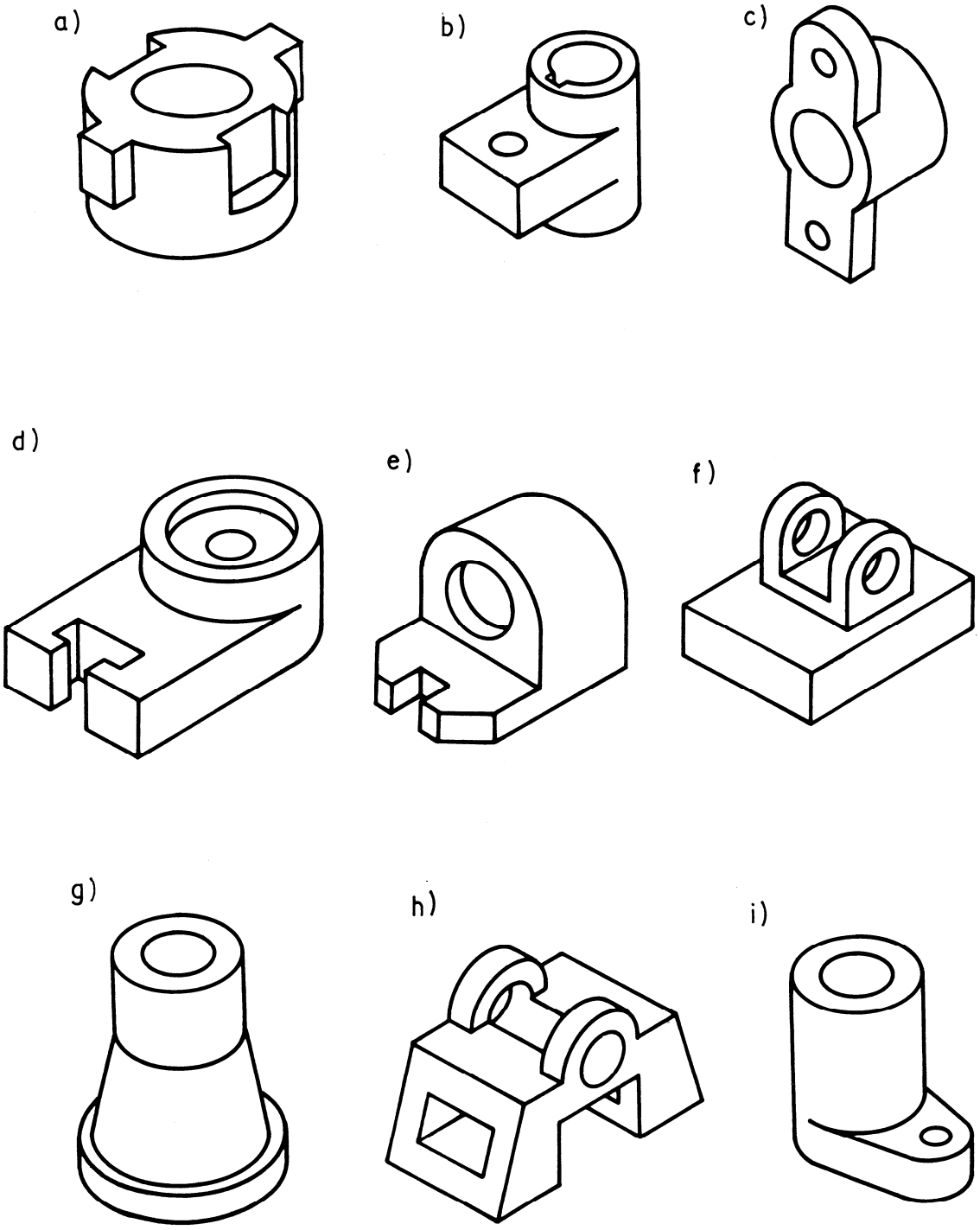
Za transmisione uređaje nacrtati kinematičku šemu (sl. 19.31 - 19.33) i funkcionalnu za sistem za zalivanje (sl. 19.34) i lančani transporter (sl. 19.35).

Zadatak broj 15 – MODEL

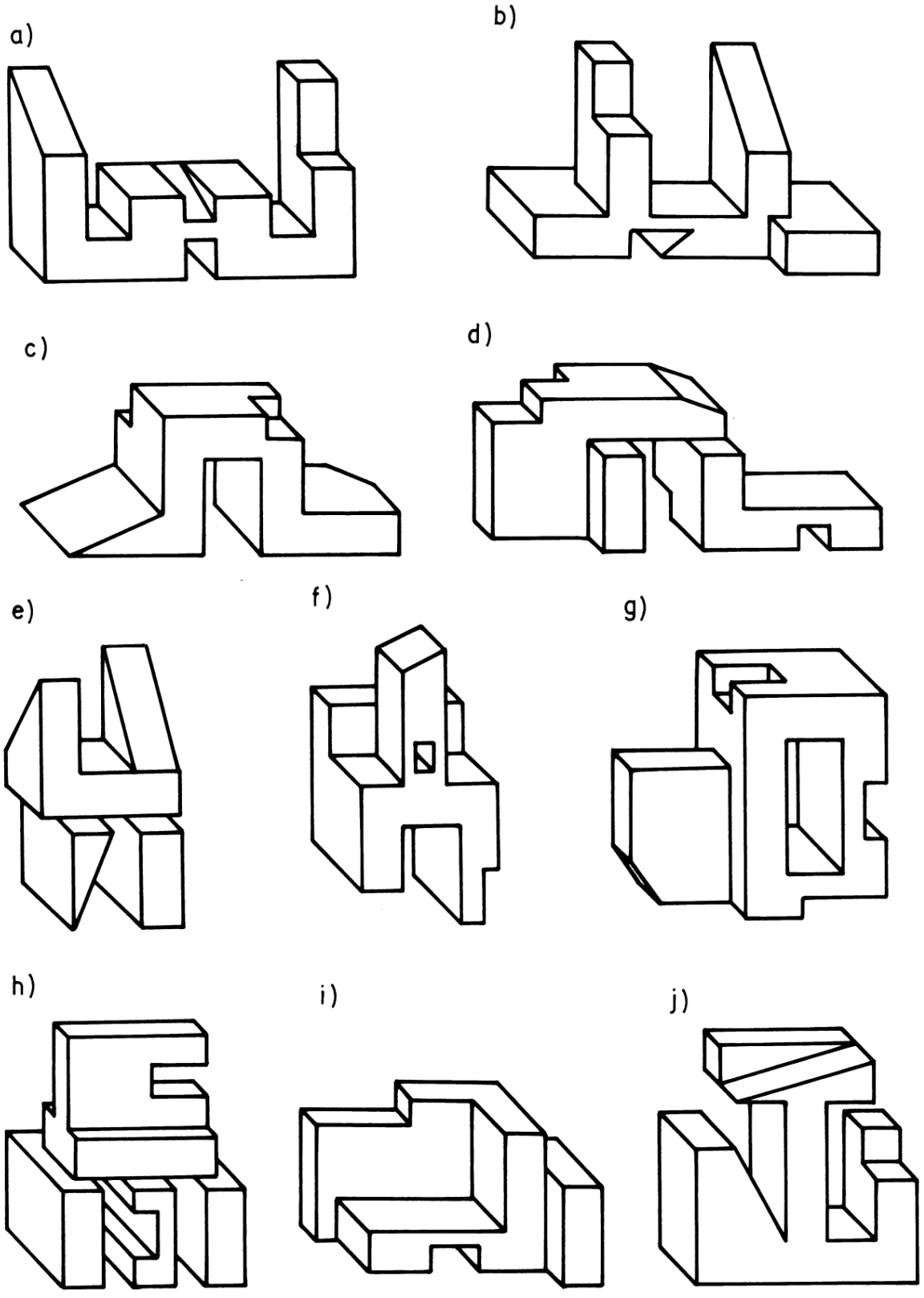
Napraviti solid (model) predmeta (sl. 19.1, sl. 19.4 i sl. 19.5). Solid predmeta odštampati u najmanje četiri različita položaja na jednom A4 formatu.



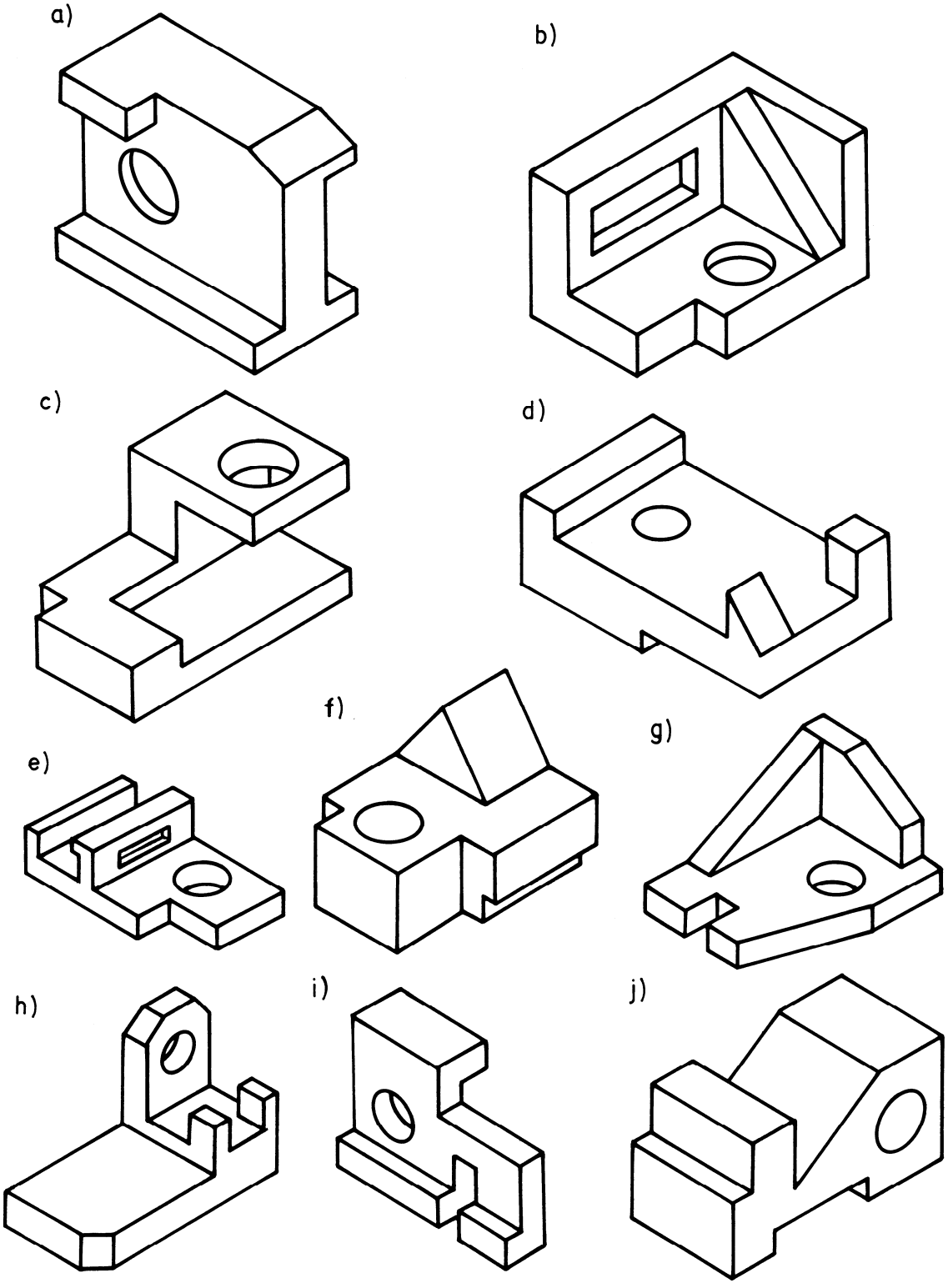
Sl. 19.1: Date predmete nacrtati u dimetriji i izometriji



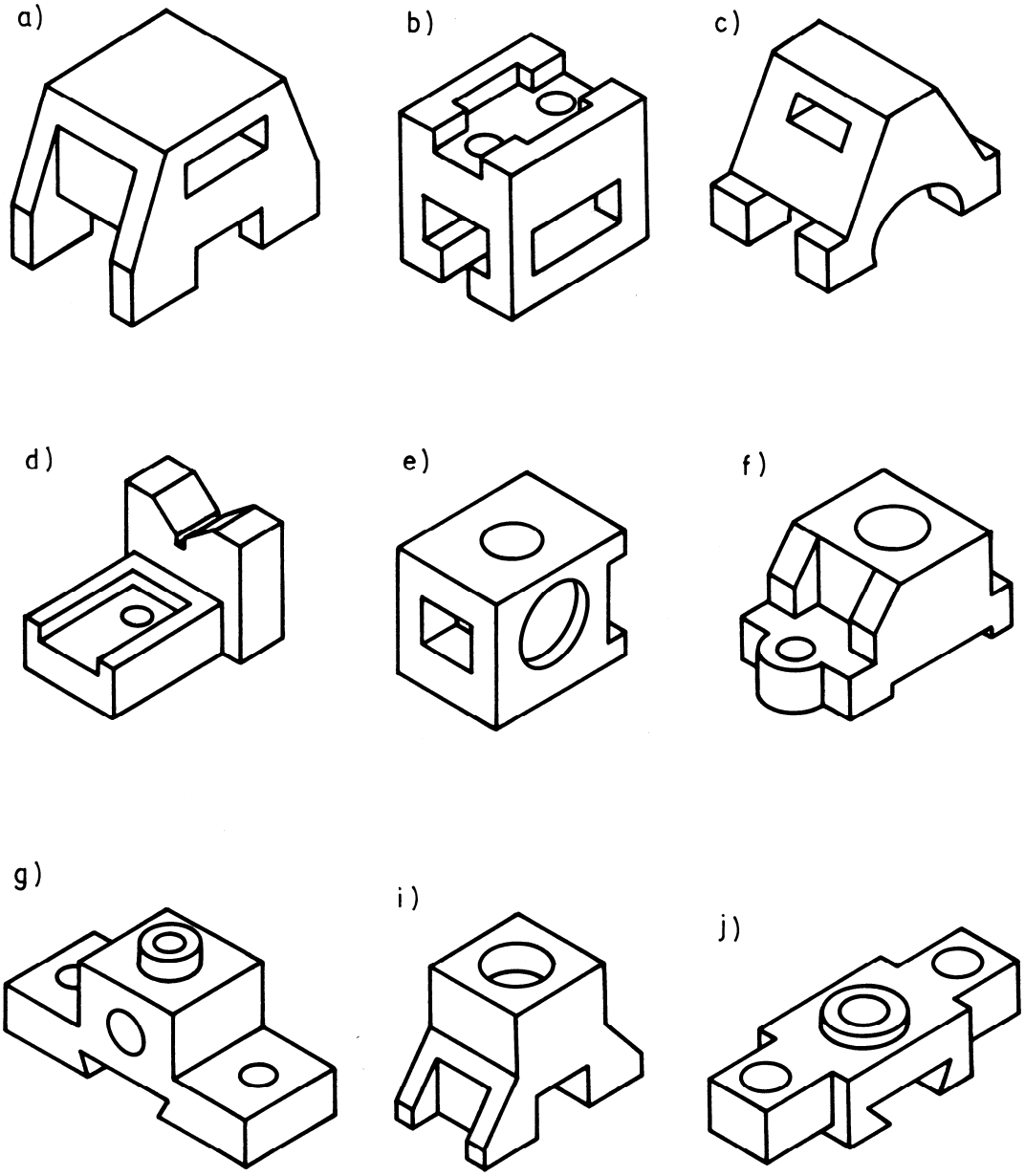
Sl. 19.2: Predmete nacrtati u kosoj projekciji koristeći presek



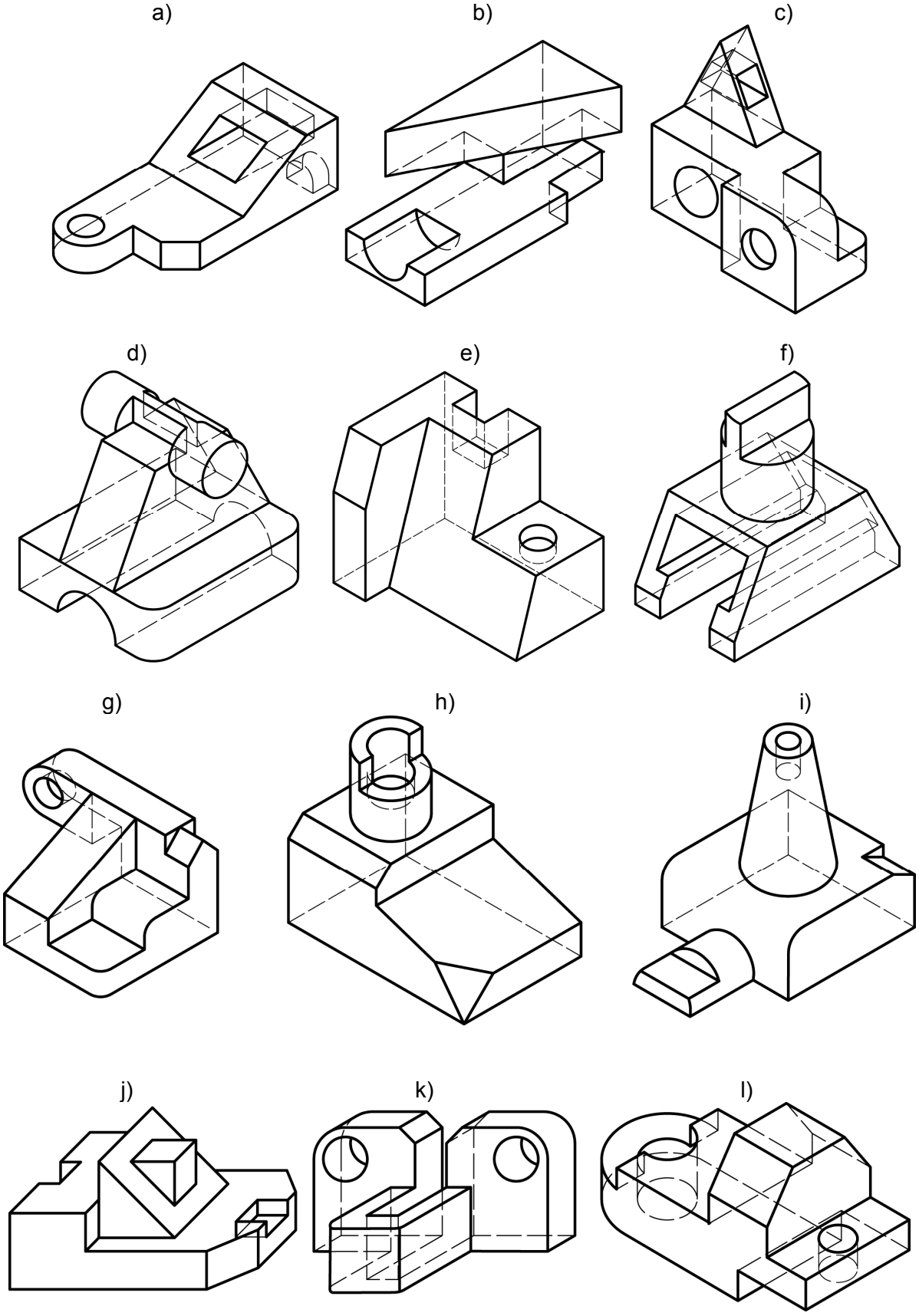
Sl. 19.3: Za date predmete nacrtati šest osnovnih ortogonalnih pogleda koristeći evropski raspored projekcija



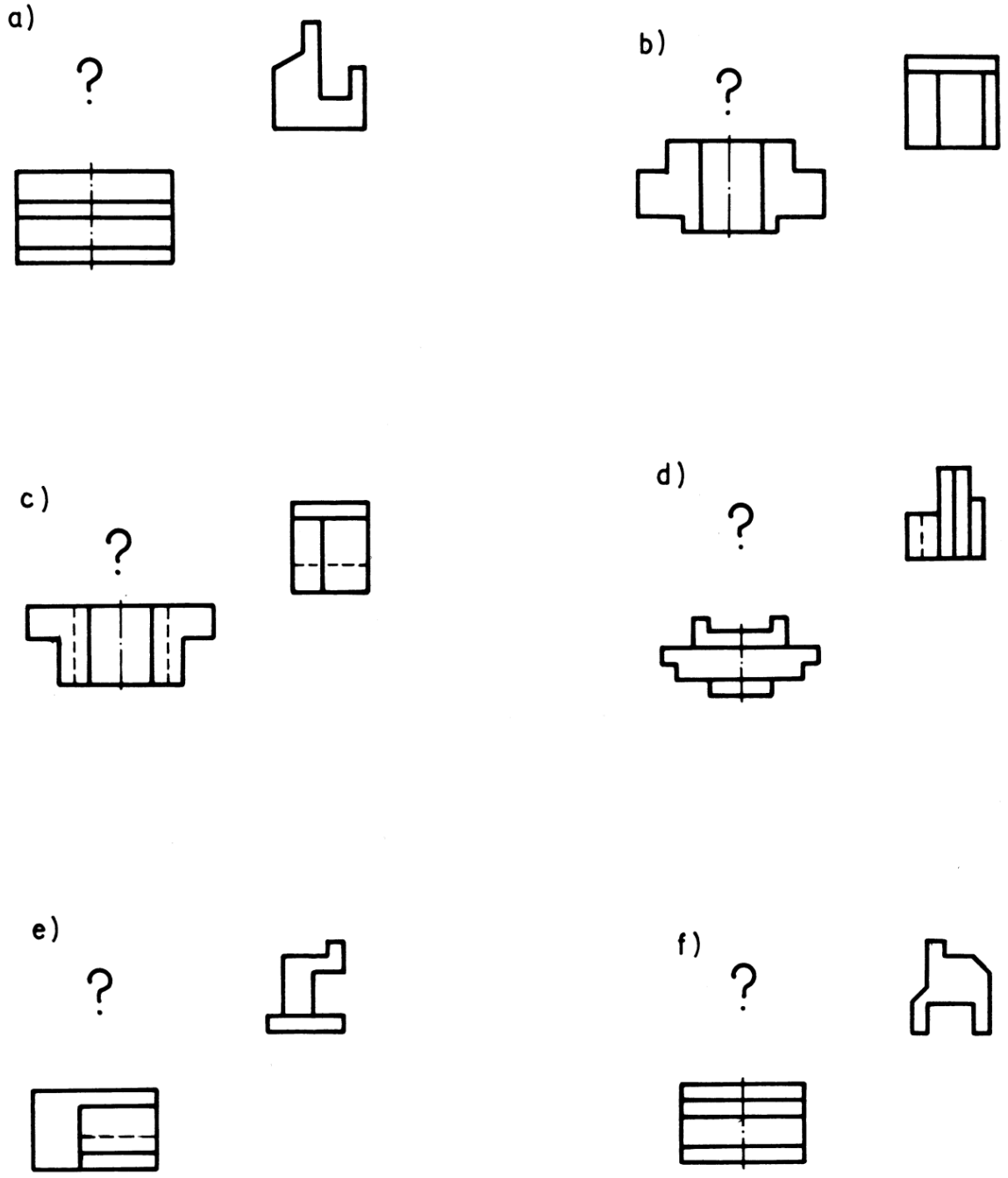
Sl. 19.4: Za date predmete nacrtati dovoljan broj ortogonalnih pogleda koristeći evropski raspored projekcija



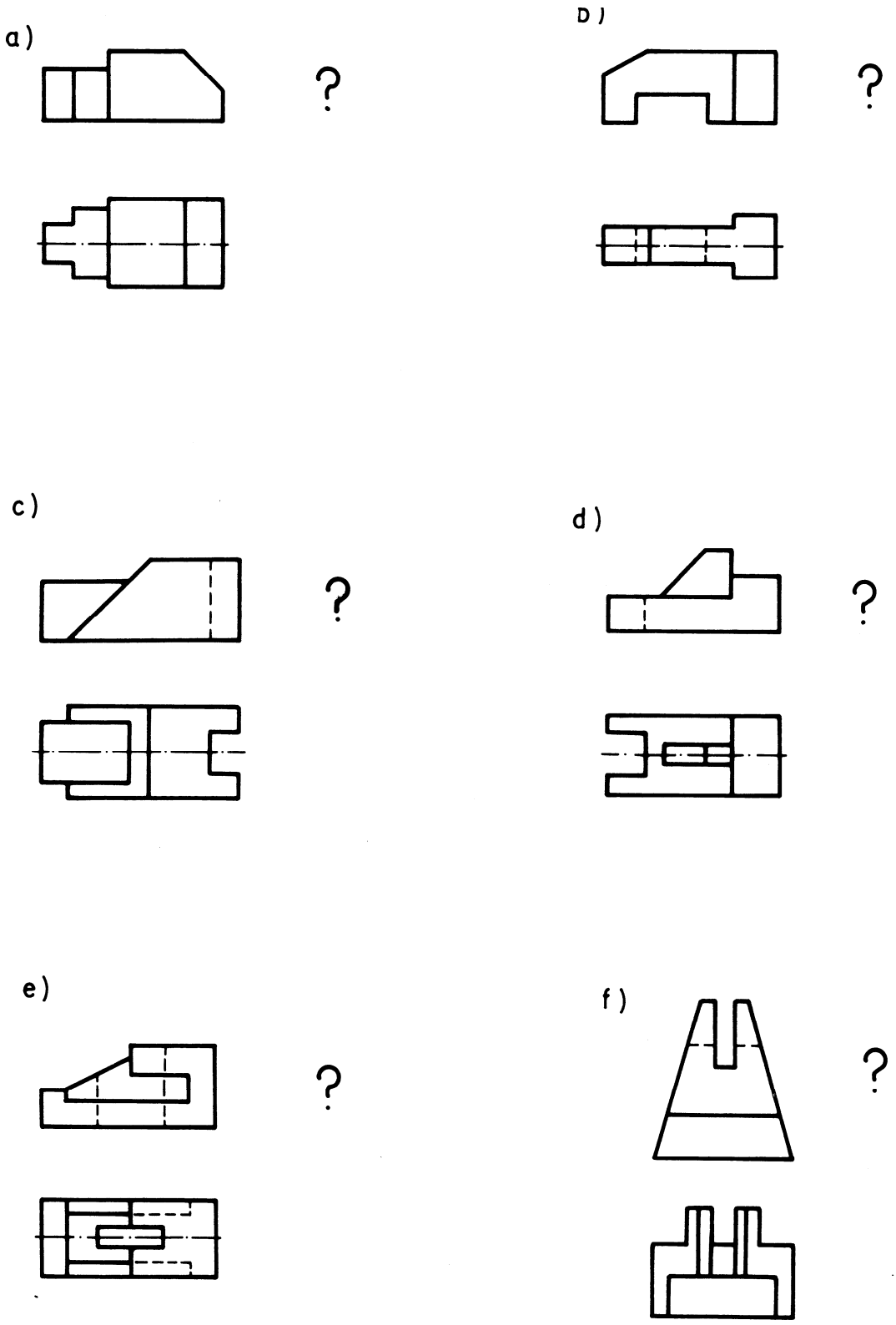
Sl. 19.5: Za date predmete nacrtati dovoljan broj ortogonalnih pogleda koristeći evropski raspored projekcija



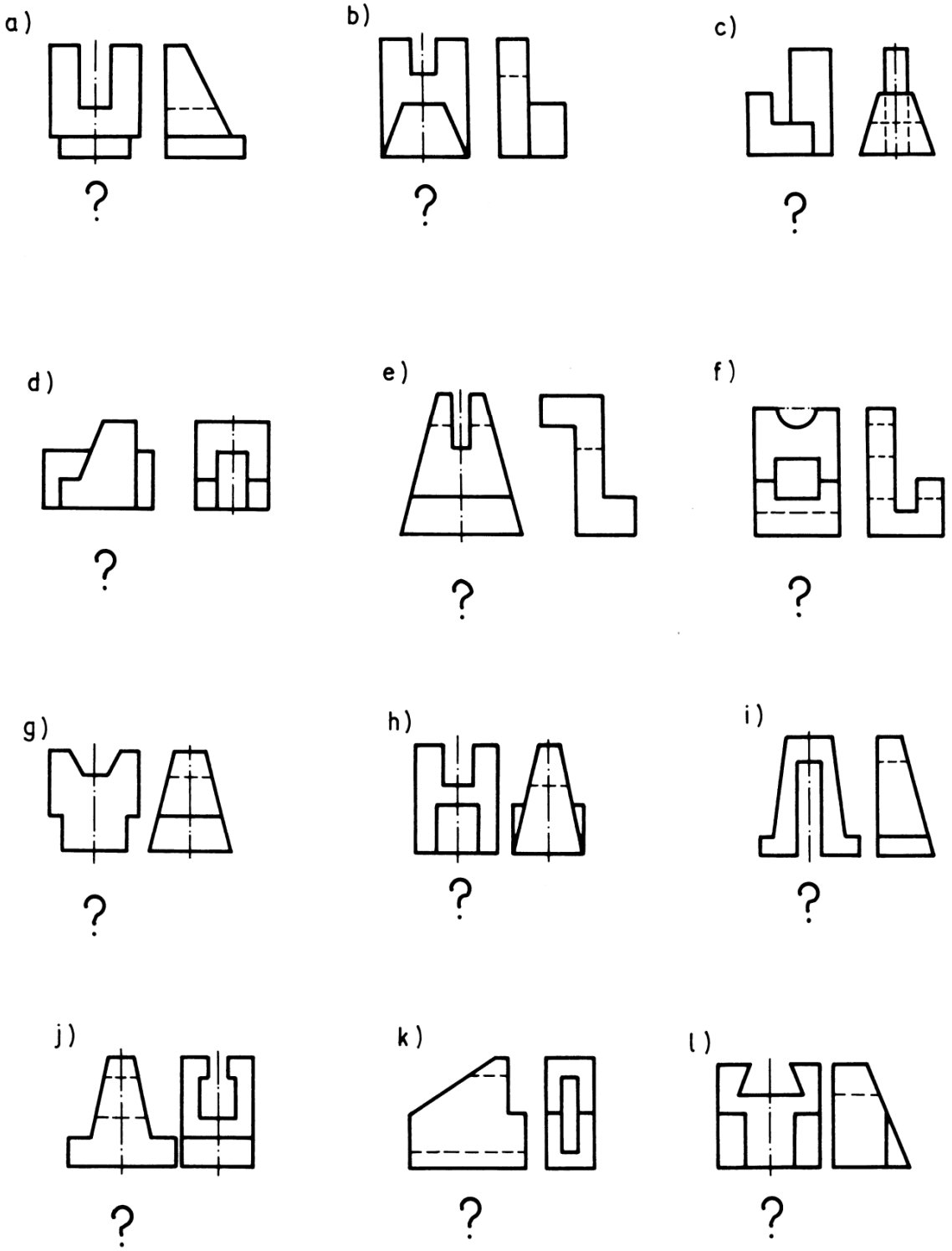
Sl. 19.6: Za date predmete nacrtati dovoljan broj ortogonalnih pogleda koristeći evropski raspored projekcija



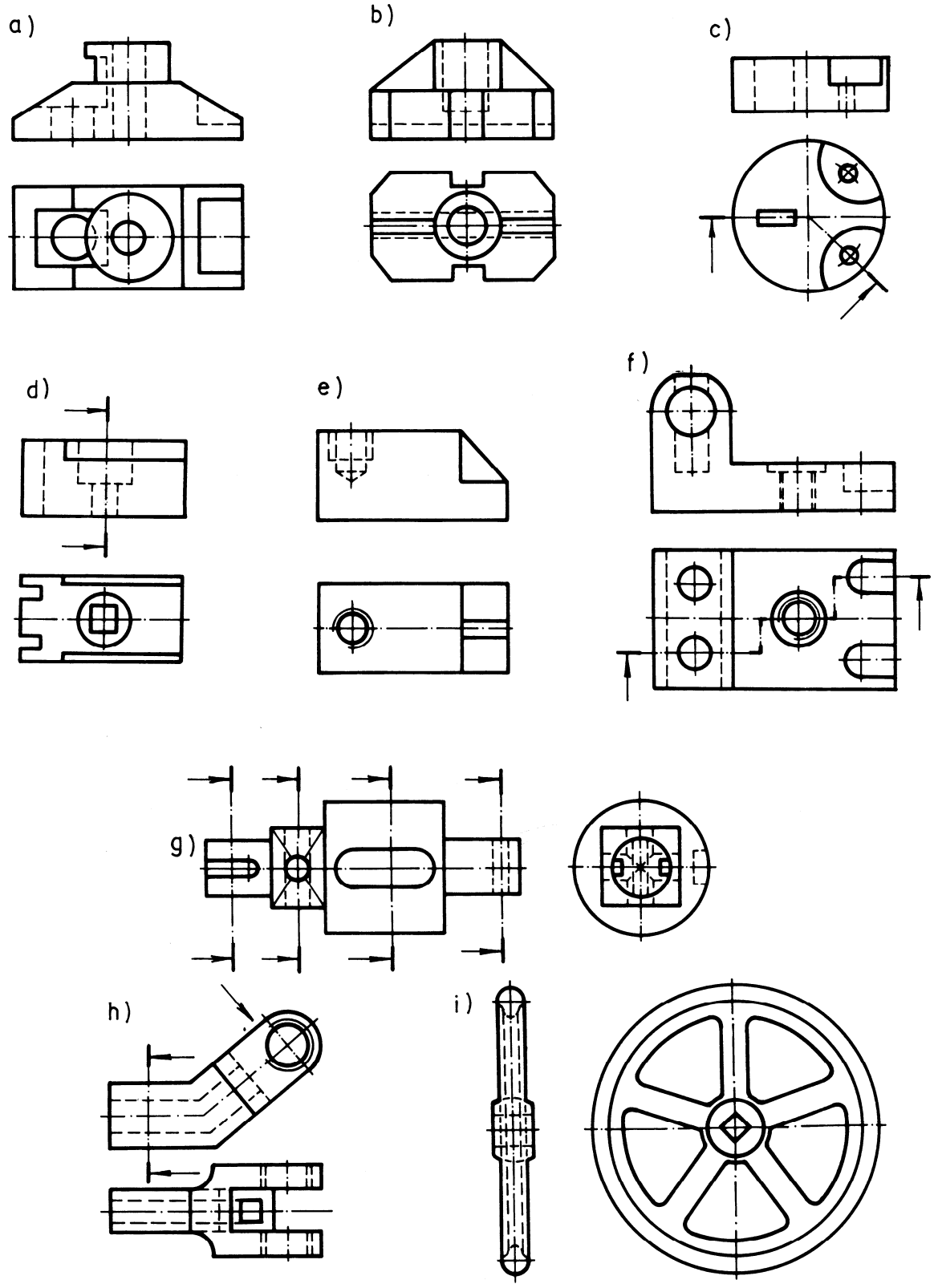
Sl. 19.7: Na osnovu zadata dva ortogonalna pogleda nacrtati traženi



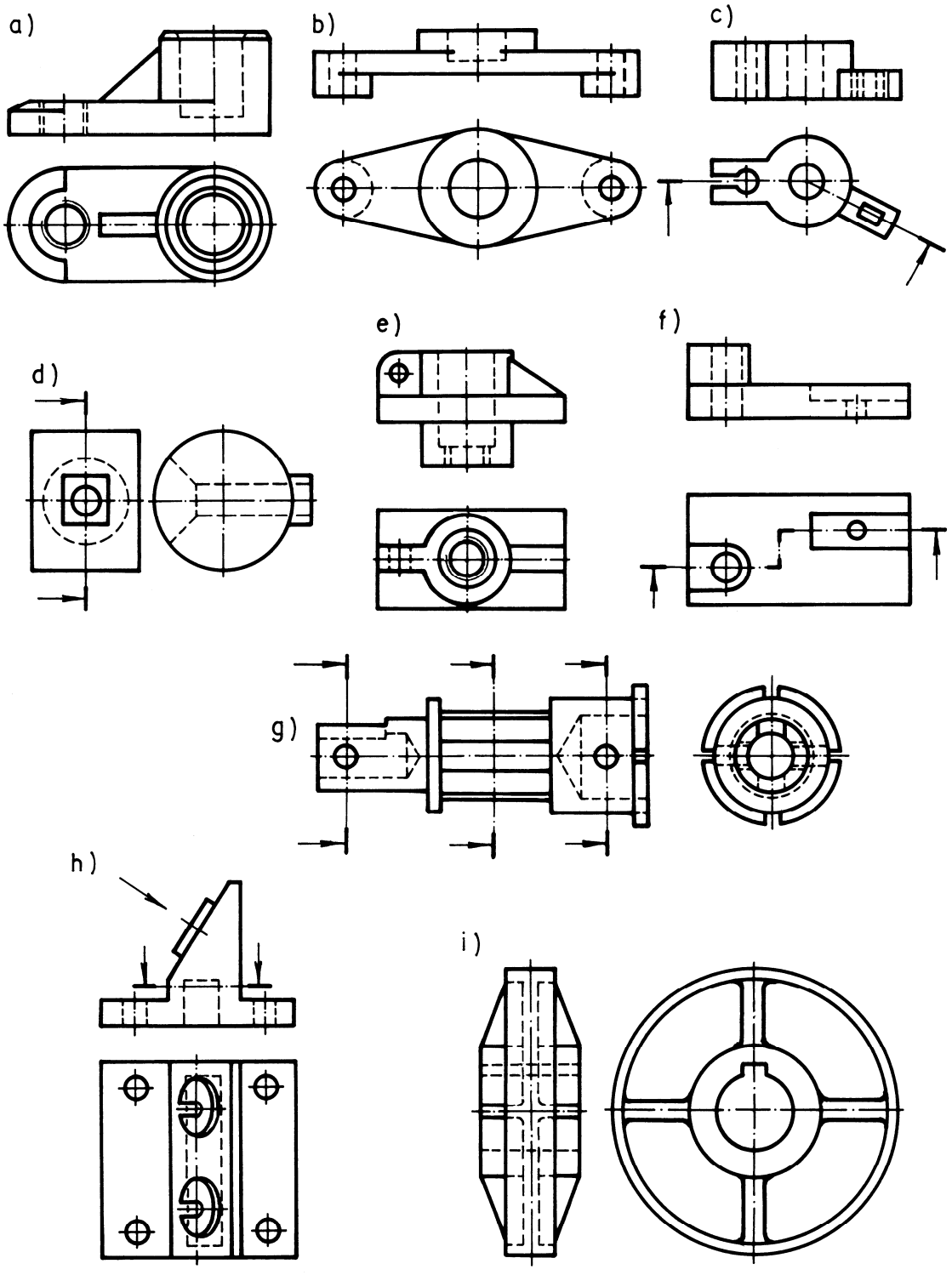
Sl. 19.8: Na osnovu zadata dva ortogonalna pogleda nacrtati traženi



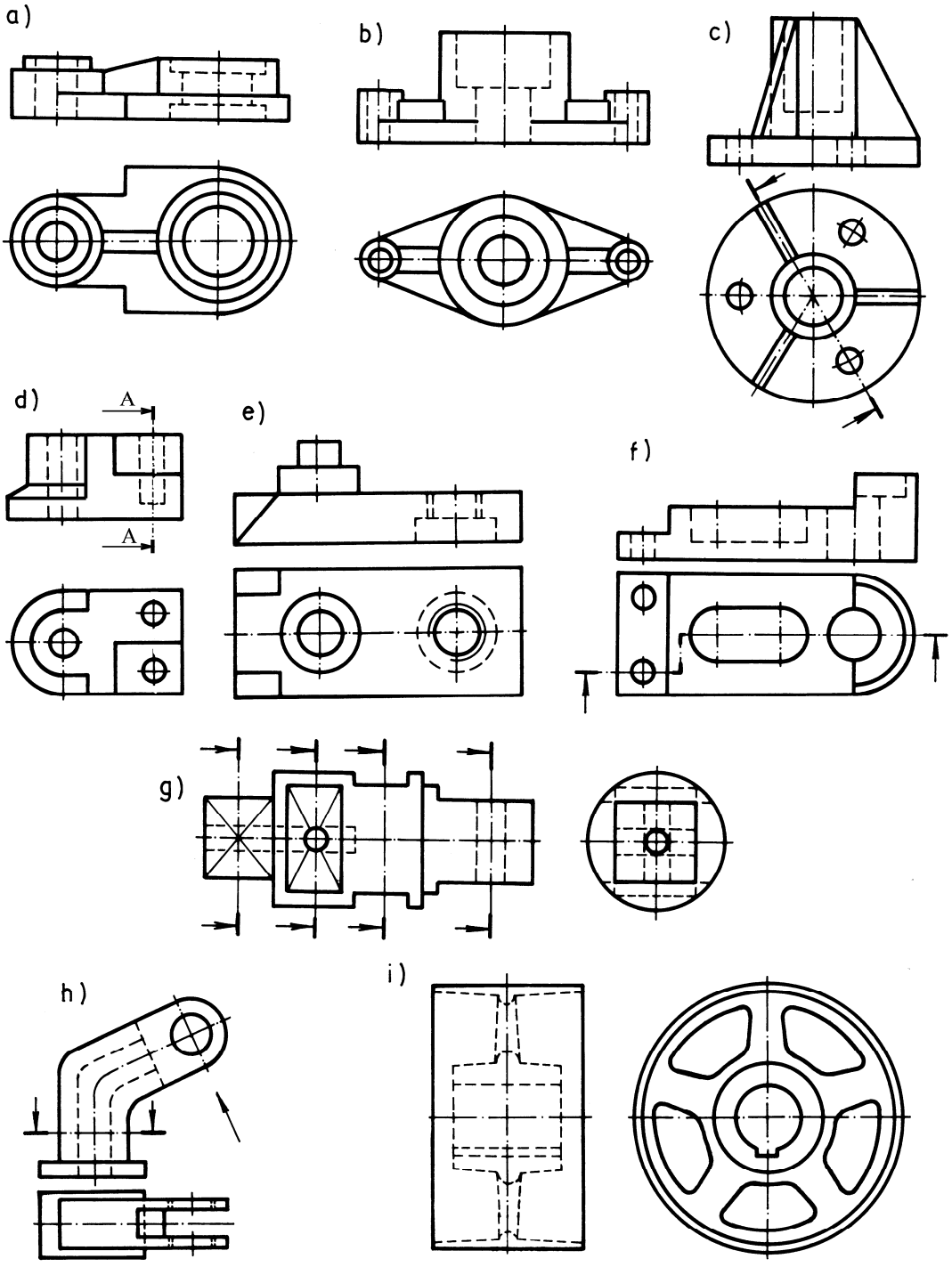
Sl. 19.9: Na osnovu zadata dva ortogonalna pogleda nacrtati traženi



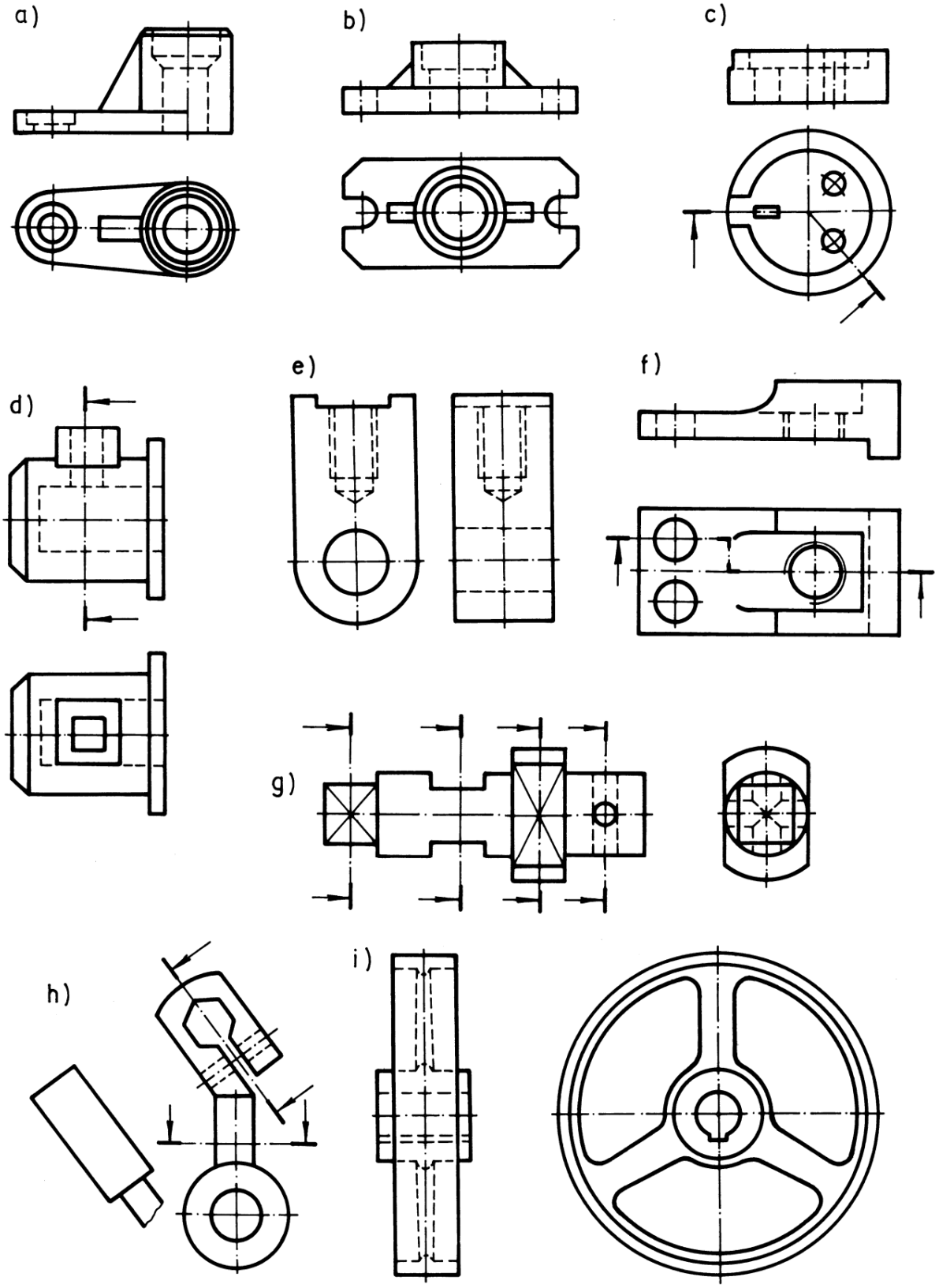
Sl. 19.10: Nacrtati ortogonalne poglede predmeta koristeći zadate preseke



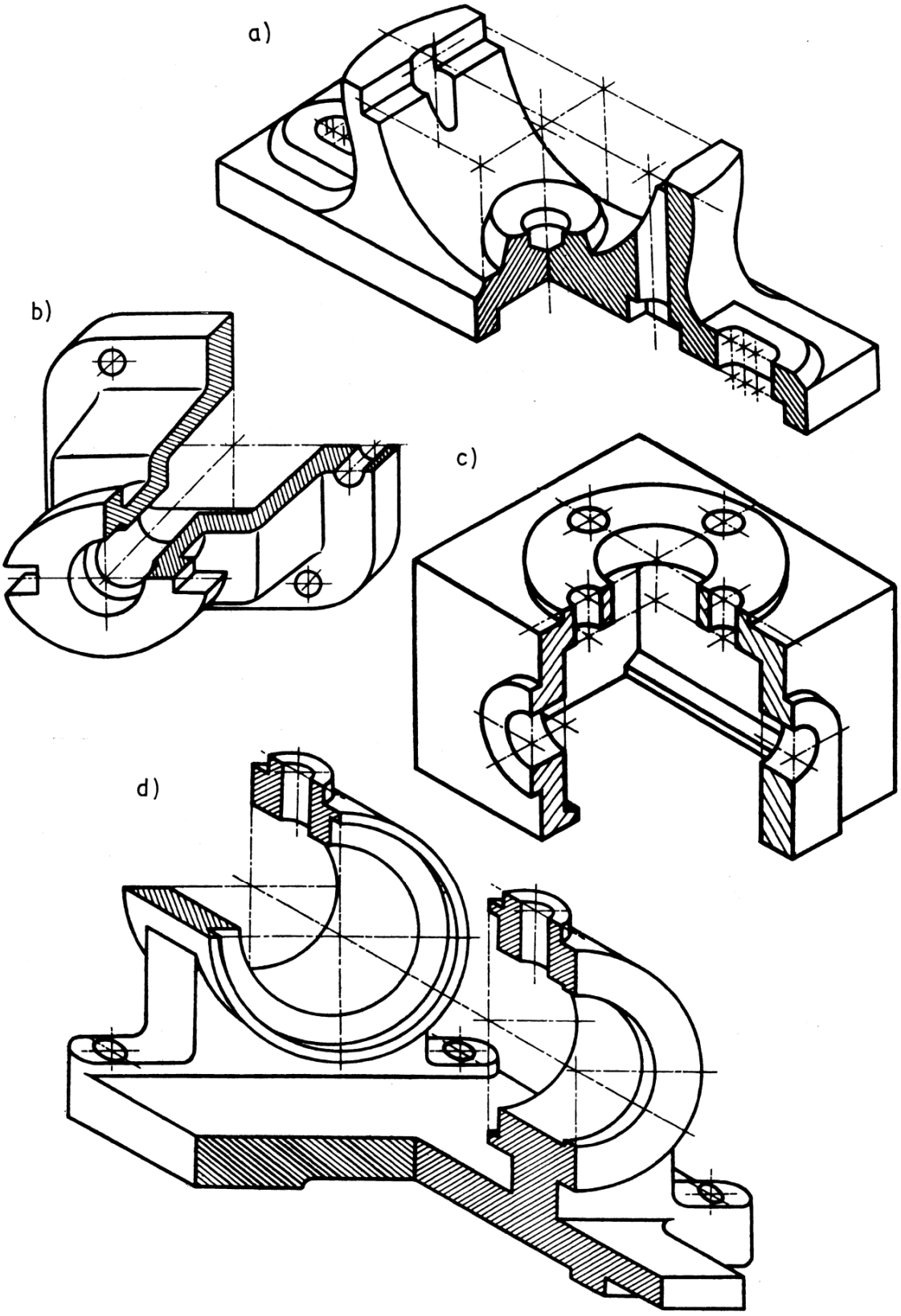
Sl. 19.11: Nacrtati ortogonalne poglede predmeta koristeći zadate preseke



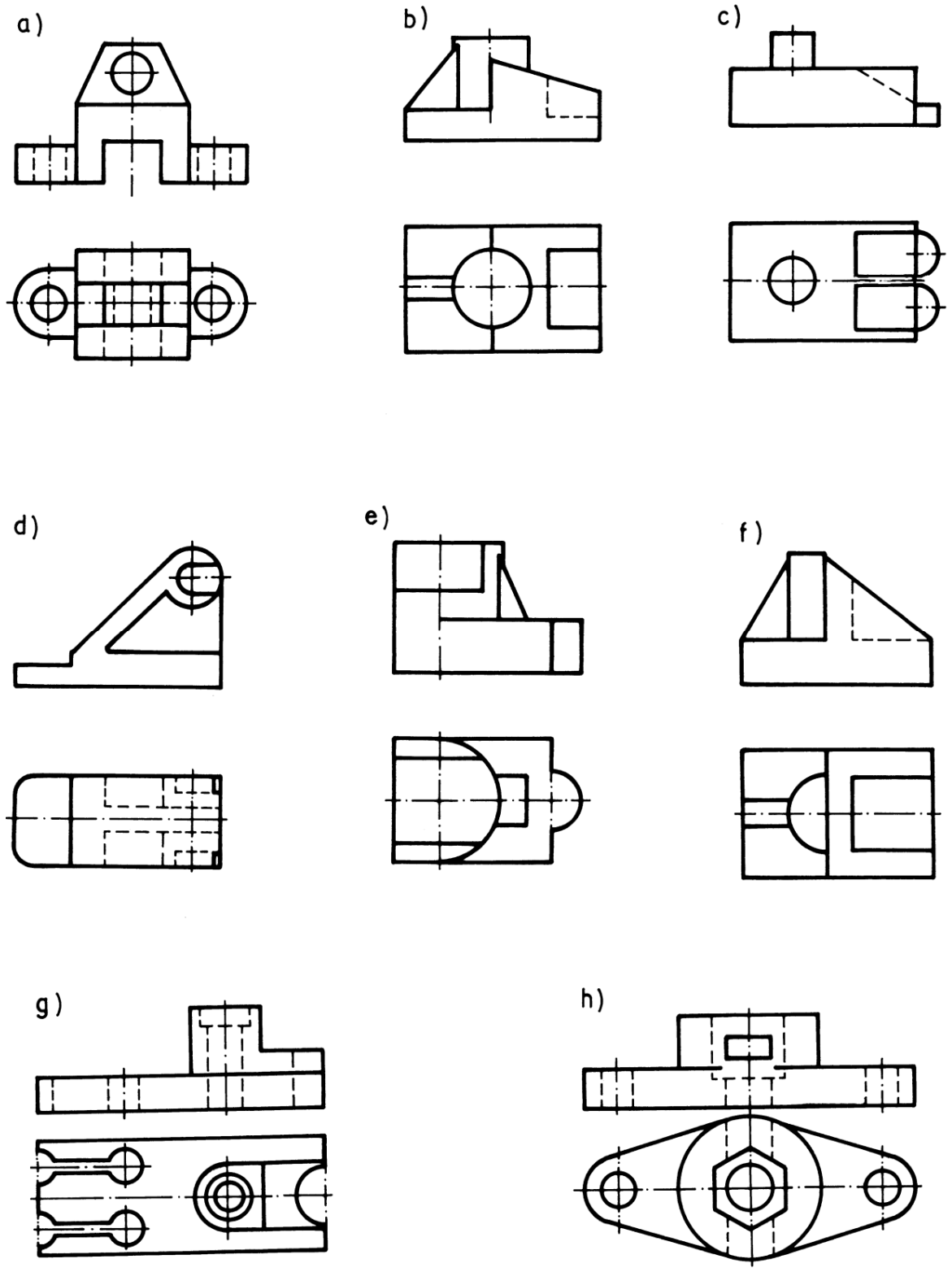
Sl. 19.12: Nacrtati ortogonalne poglede predmeta koristeći zadate preseke



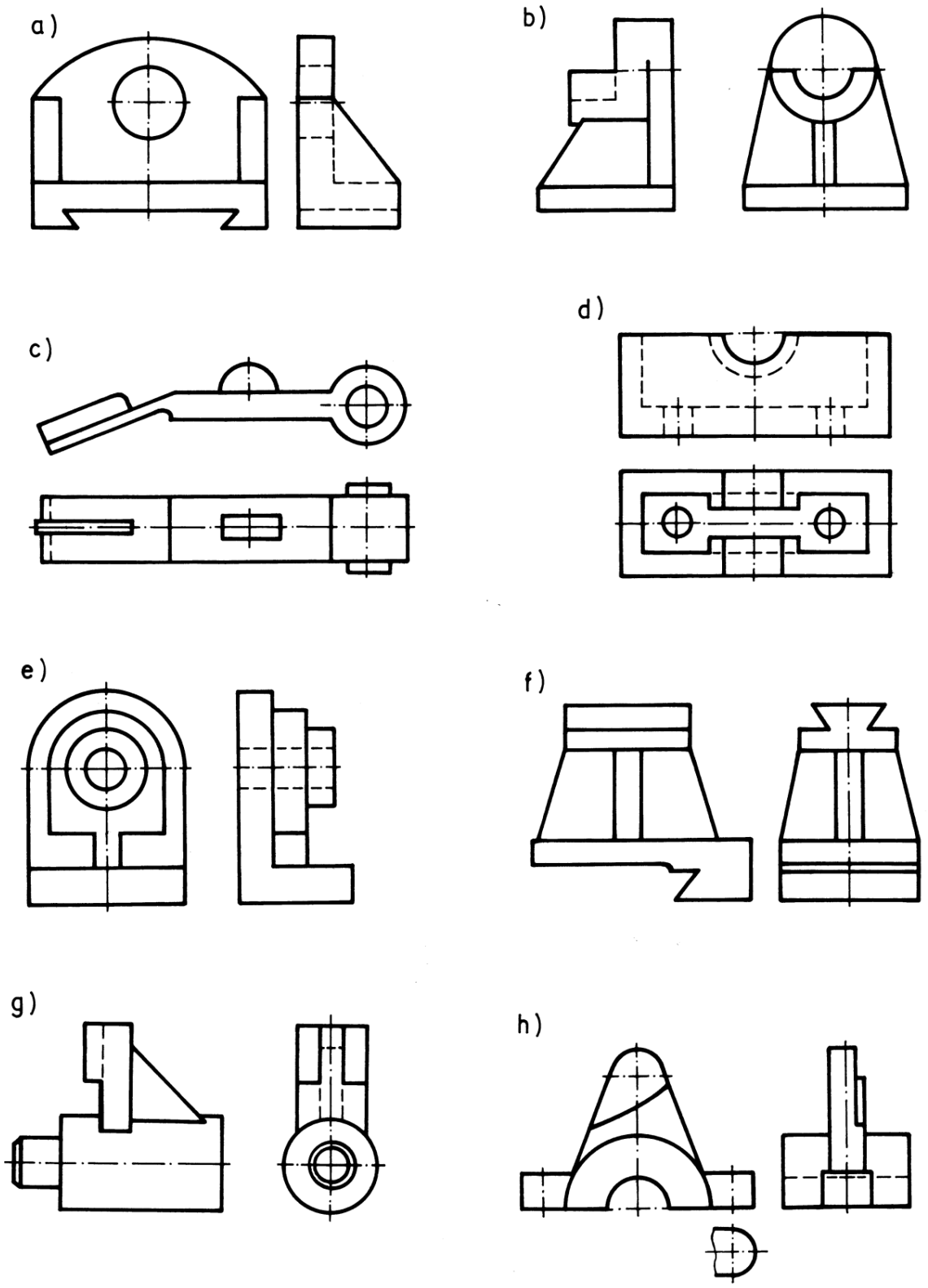
Sl. 19.13: Nacrtati ortogonalne poglede predmeta koristeći zadate preseke



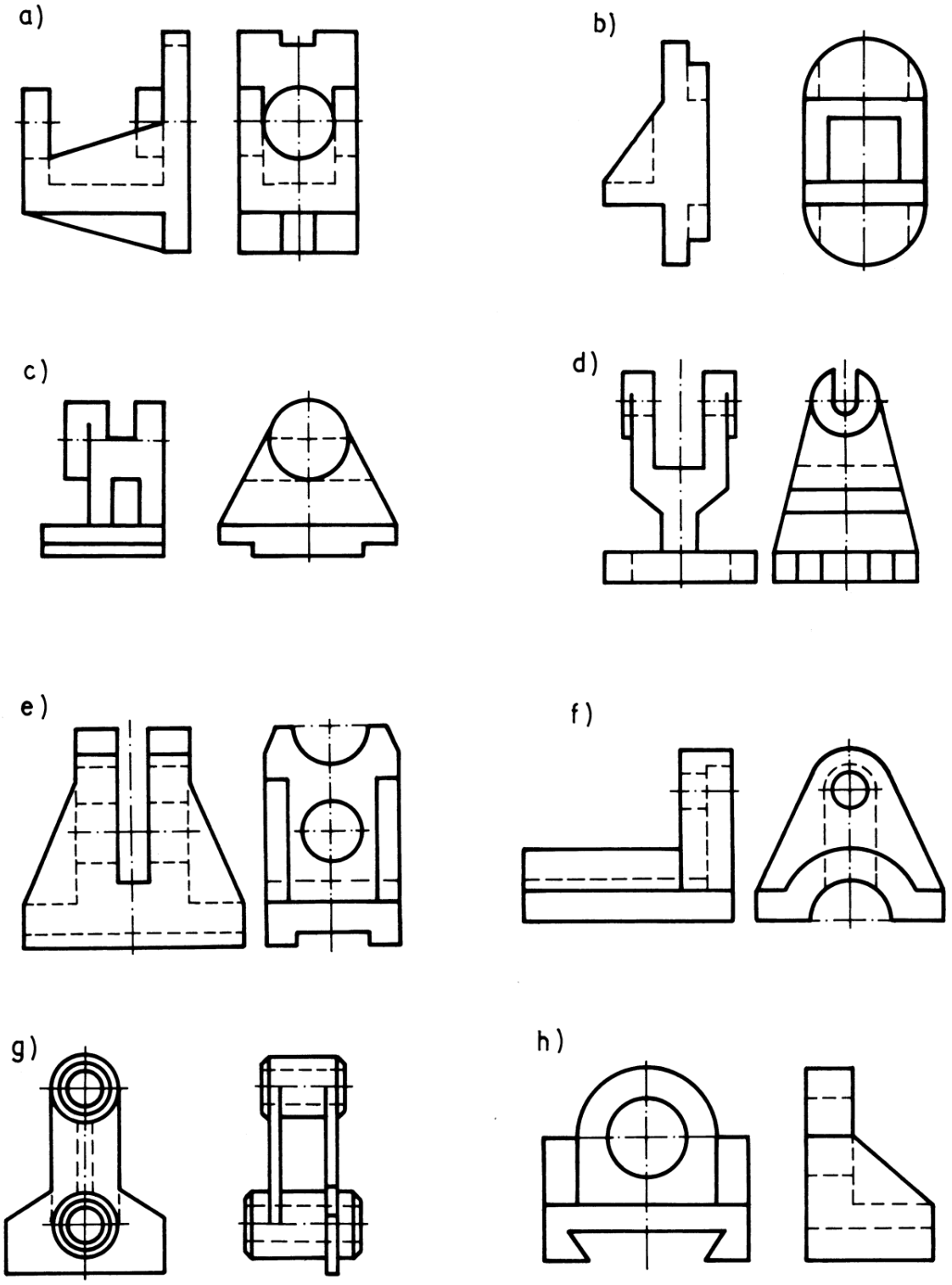
Sl. 19.14: Nacrtrati dovoljan broj pogleda i kotirati predmet



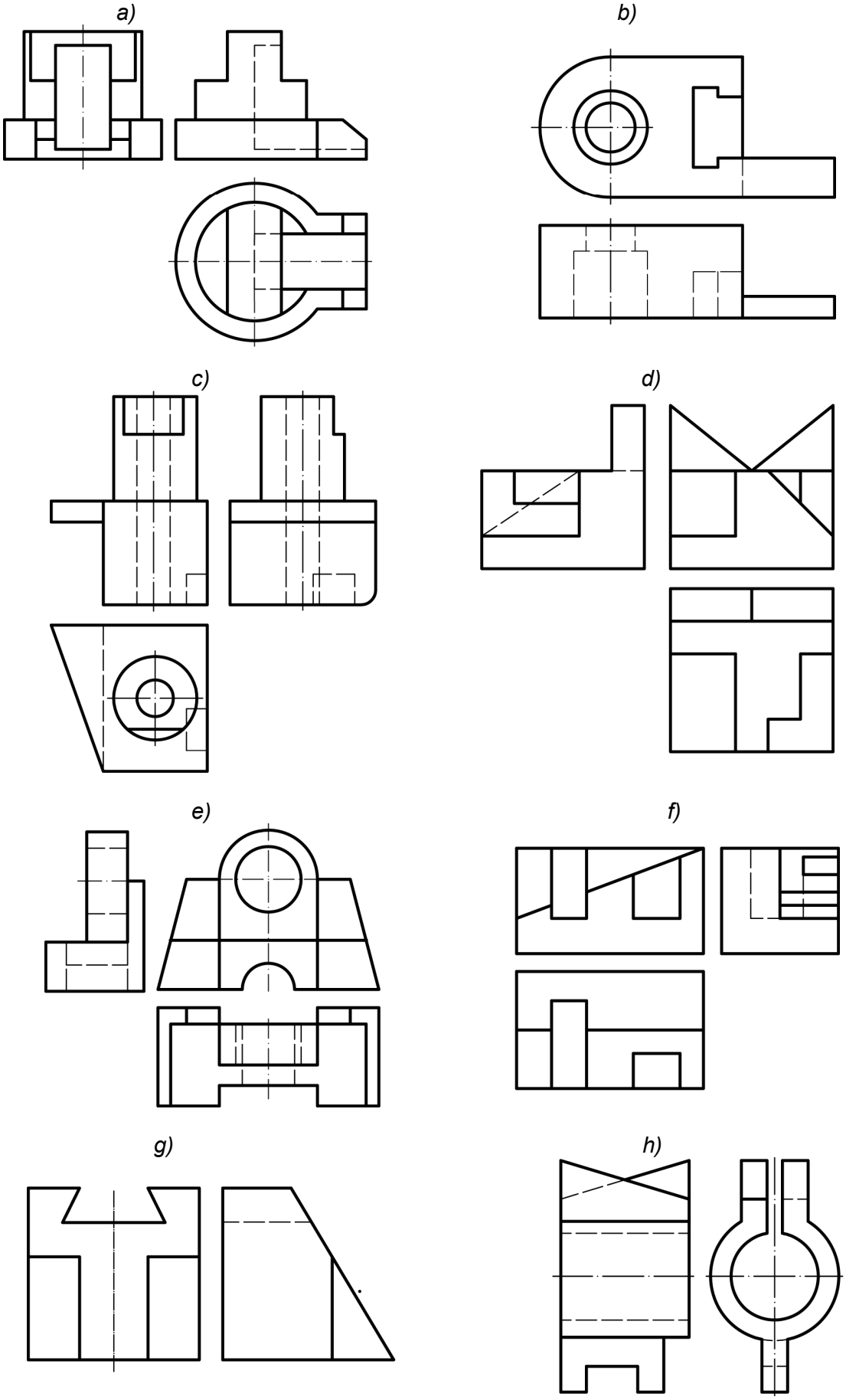
Sl. 19.15: Pročitati ortogonalne poglede predmeta i nacrtati ih u aksonometriji



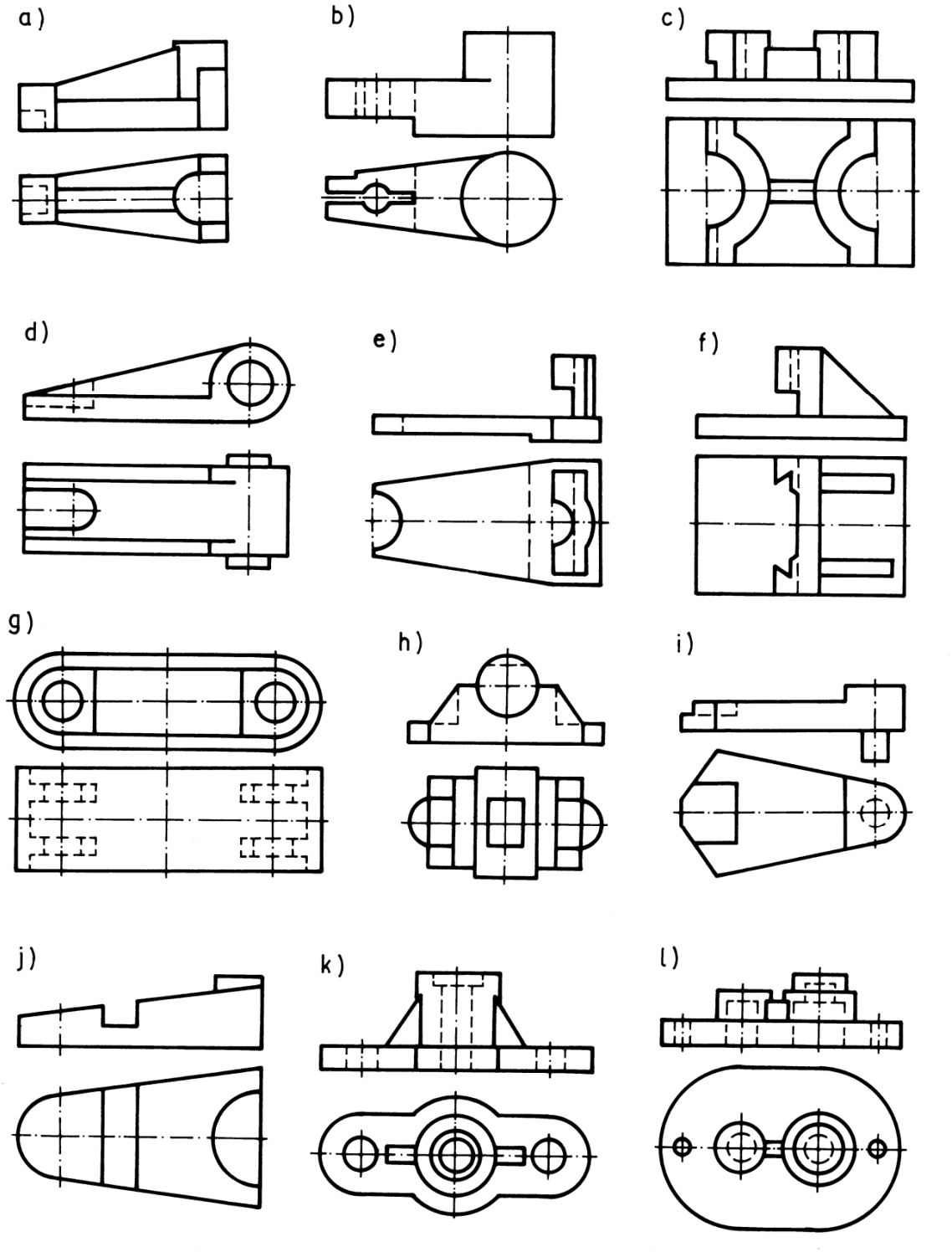
Sl. 19.16: Pročitati ortogonalne poglede predmeta i nacrtati ih u aksonometriji



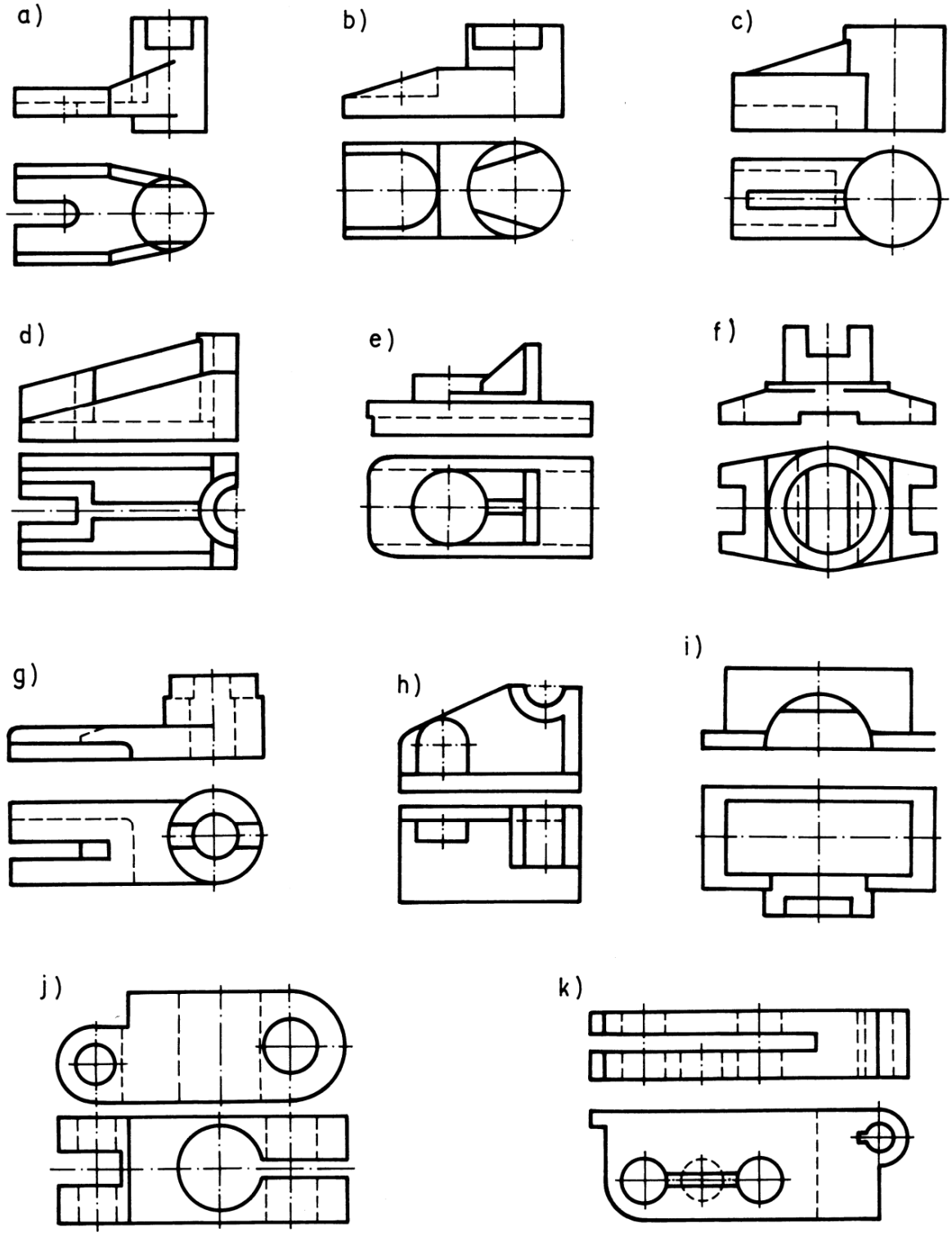
Sl. 19.17: Pročitati ortogonalne poglede predmeta i nacrtati ih u aksonometriji



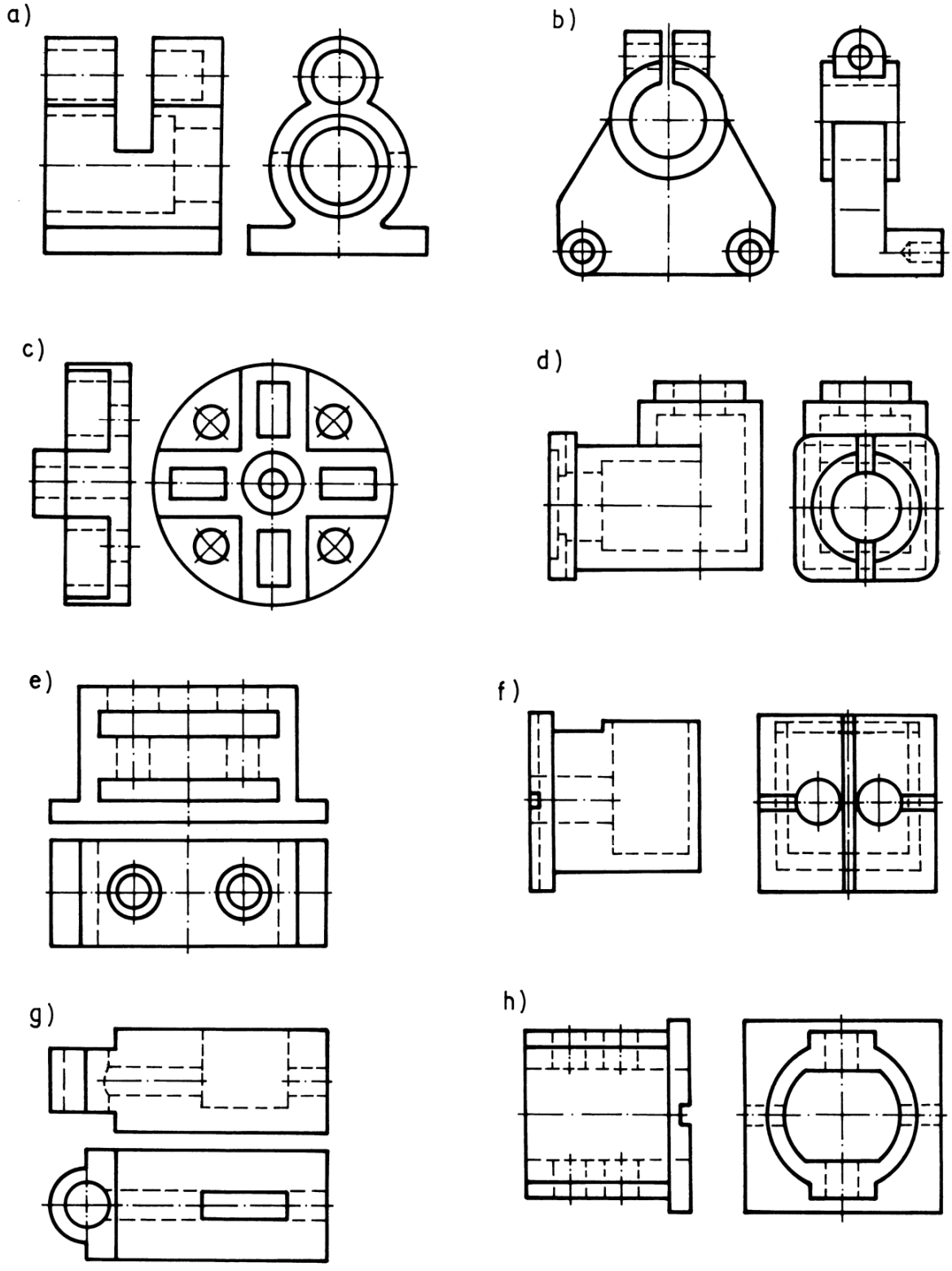
Sl. 19.18: Pročitati ortogonalne poglede predmeta i nacrtati ih u aksonometriji



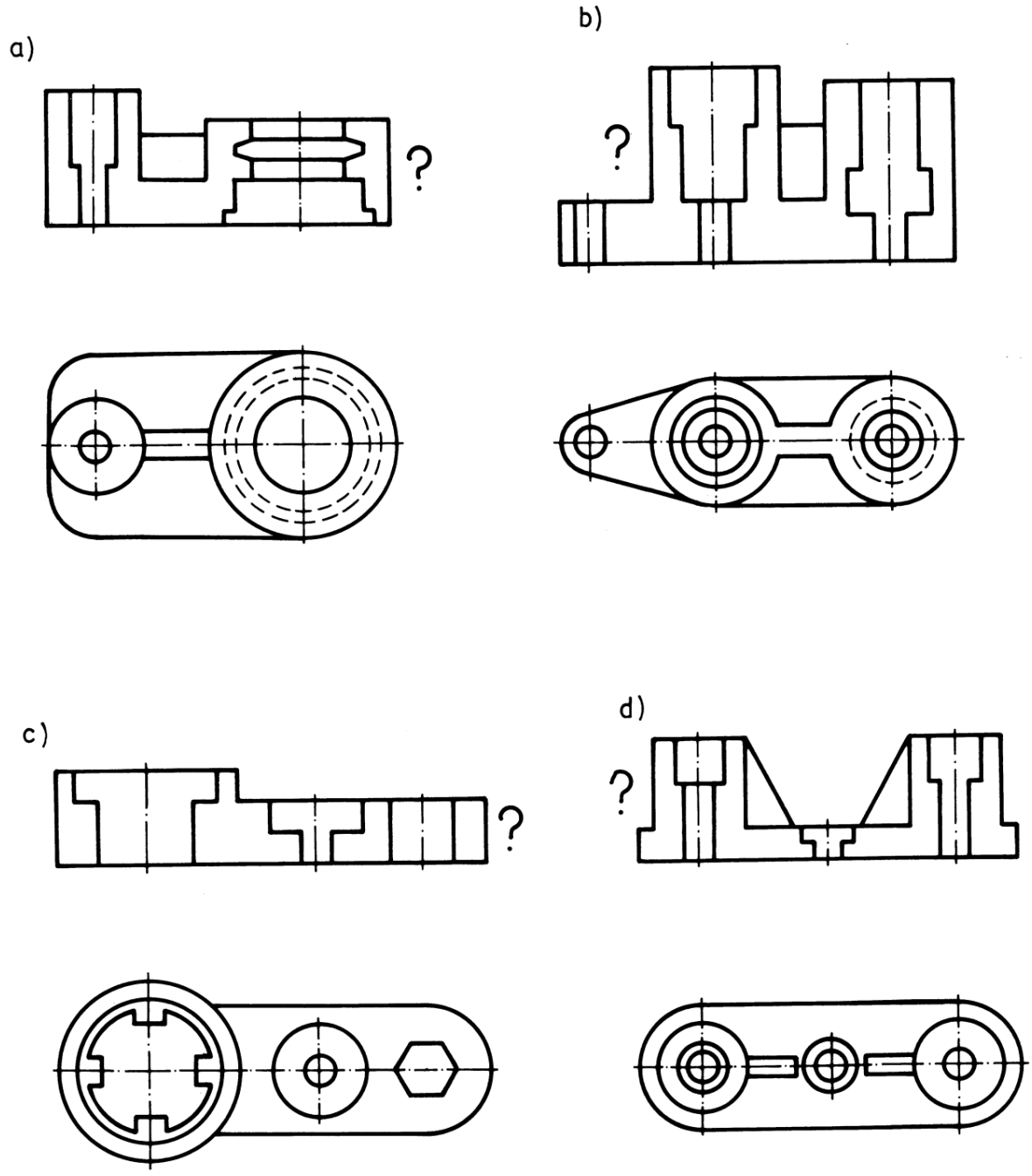
Sl. 19.19: Pročitati ortogonalne poglede predmeta i nacrtati ih u aksonometriji



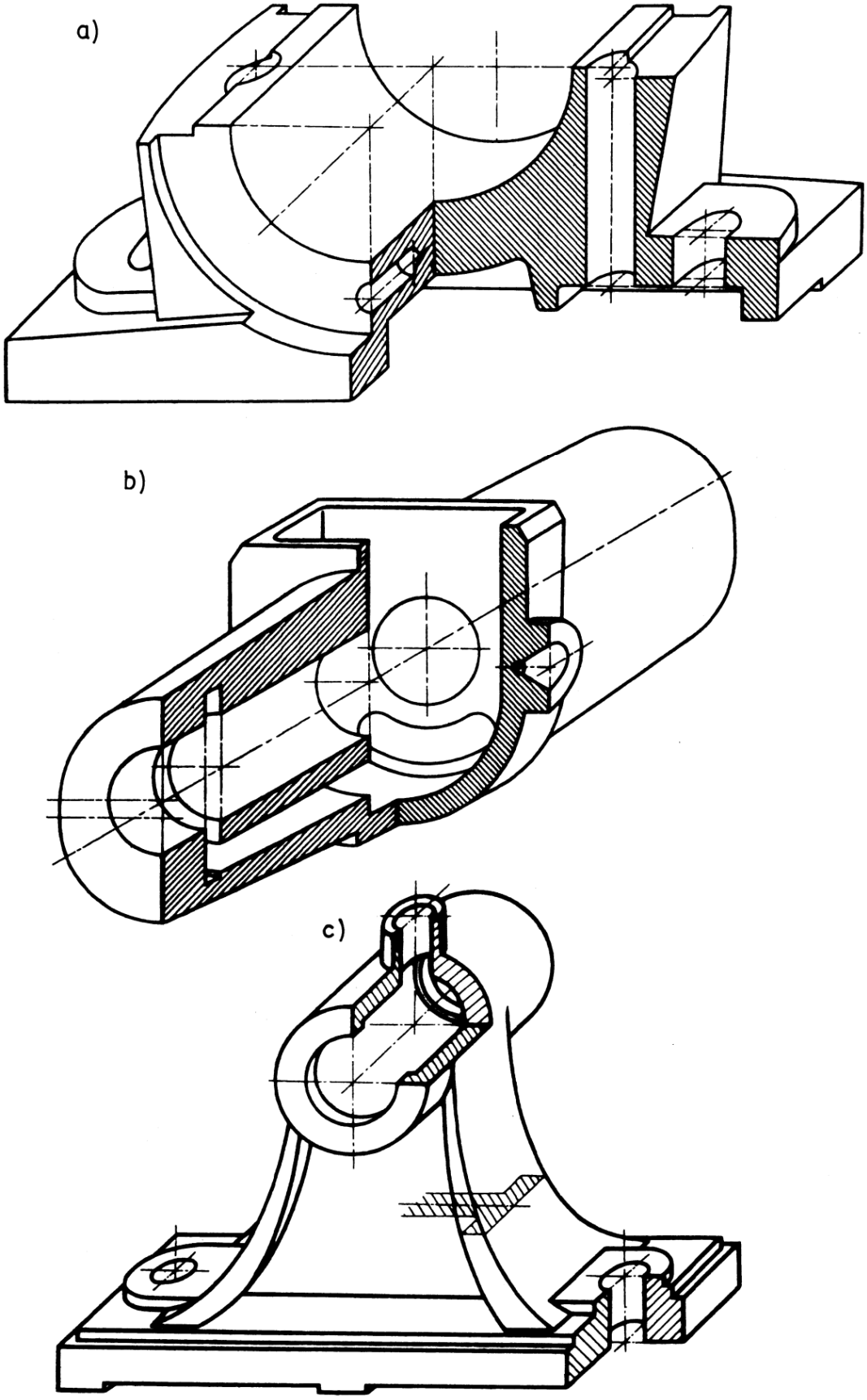
Sl. 19.20: Pročitati ortogonalne poglede predmeta i nacrtati ih u aksonometriji



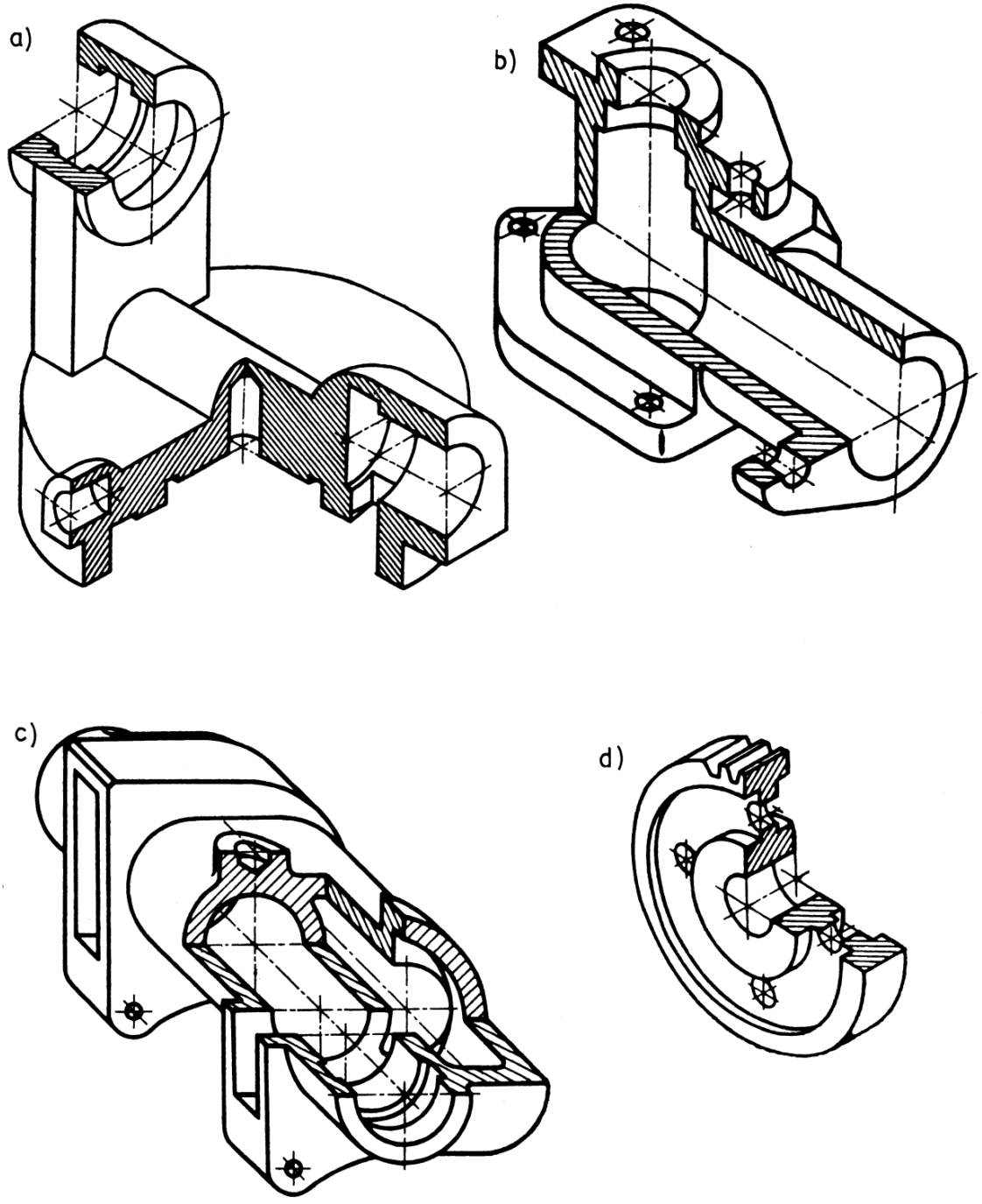
Sl. 19.21: Pročitati ortogonalne poglede predmeta i nacrtati ih u aksonometriji



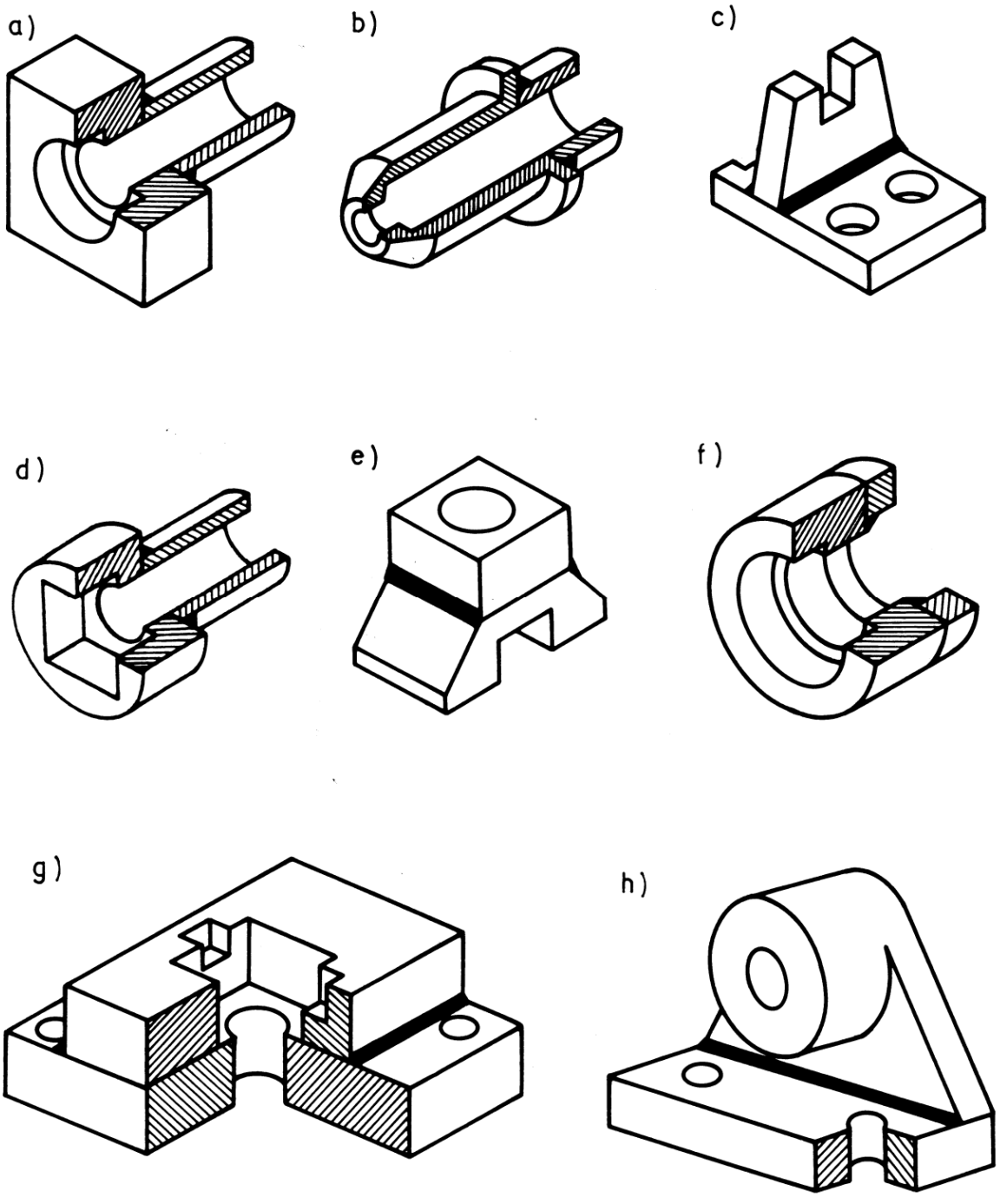
Sl. 19.22: Ispraviti namerno napravljene greške, docrtati pogled sa strane i kotirati predmet



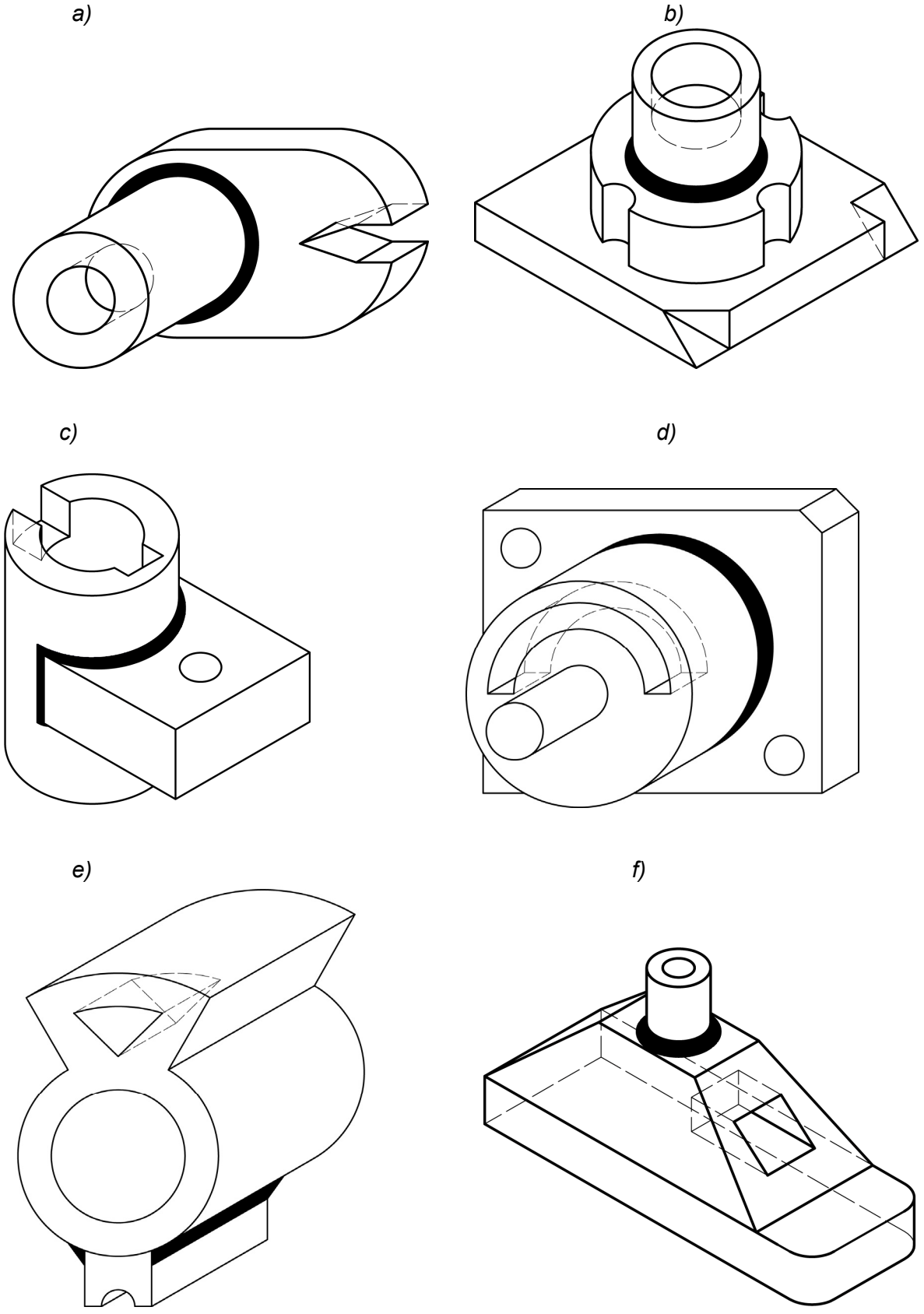
Sl. 19.23: Nacrtati radionički crtež datih predmeta



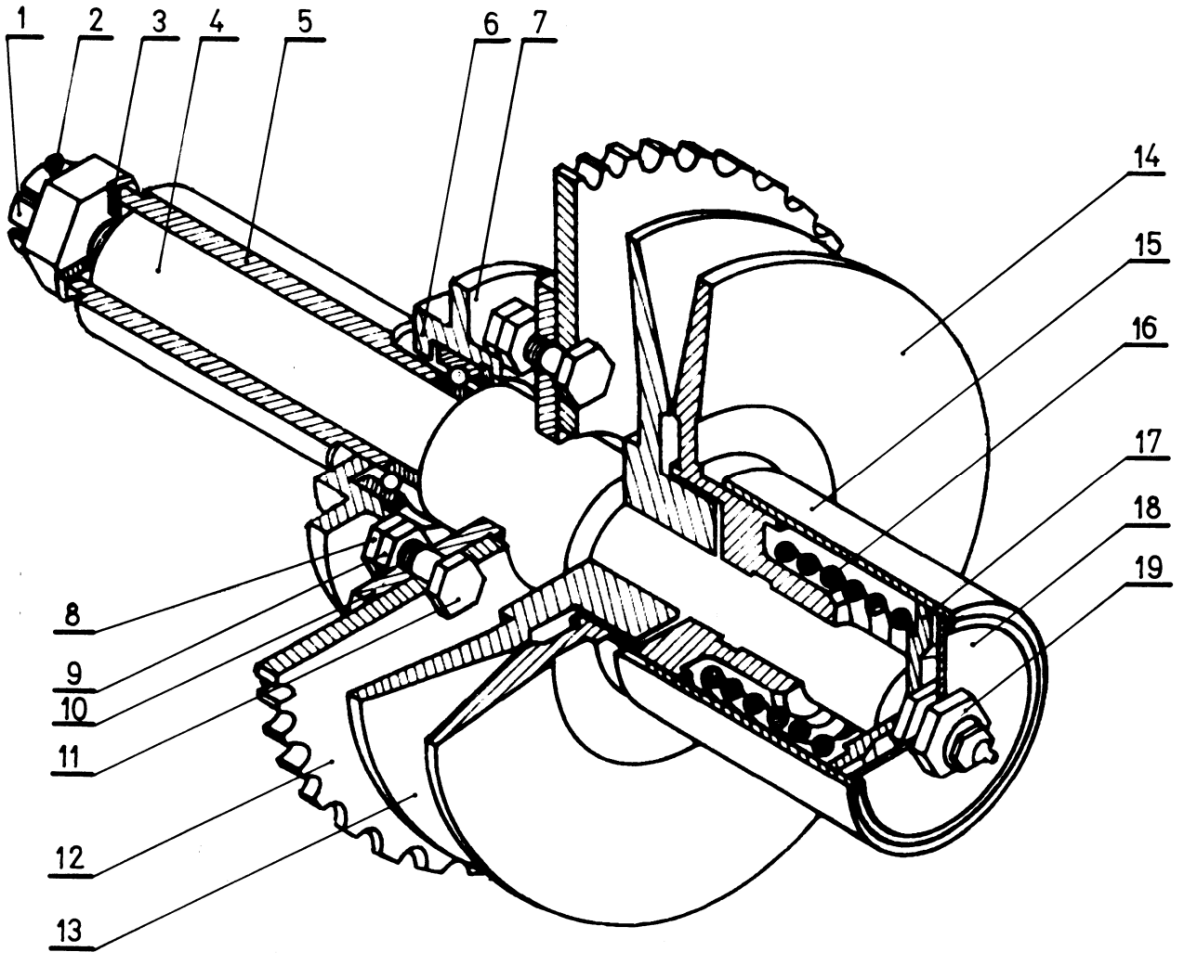
Sl. 19.24: Nacrtati radionički crtež datih predmeta



Sl. 19.25: Nacrtati radionički crtež predmeta, koji su dobijeni zavarivanjem

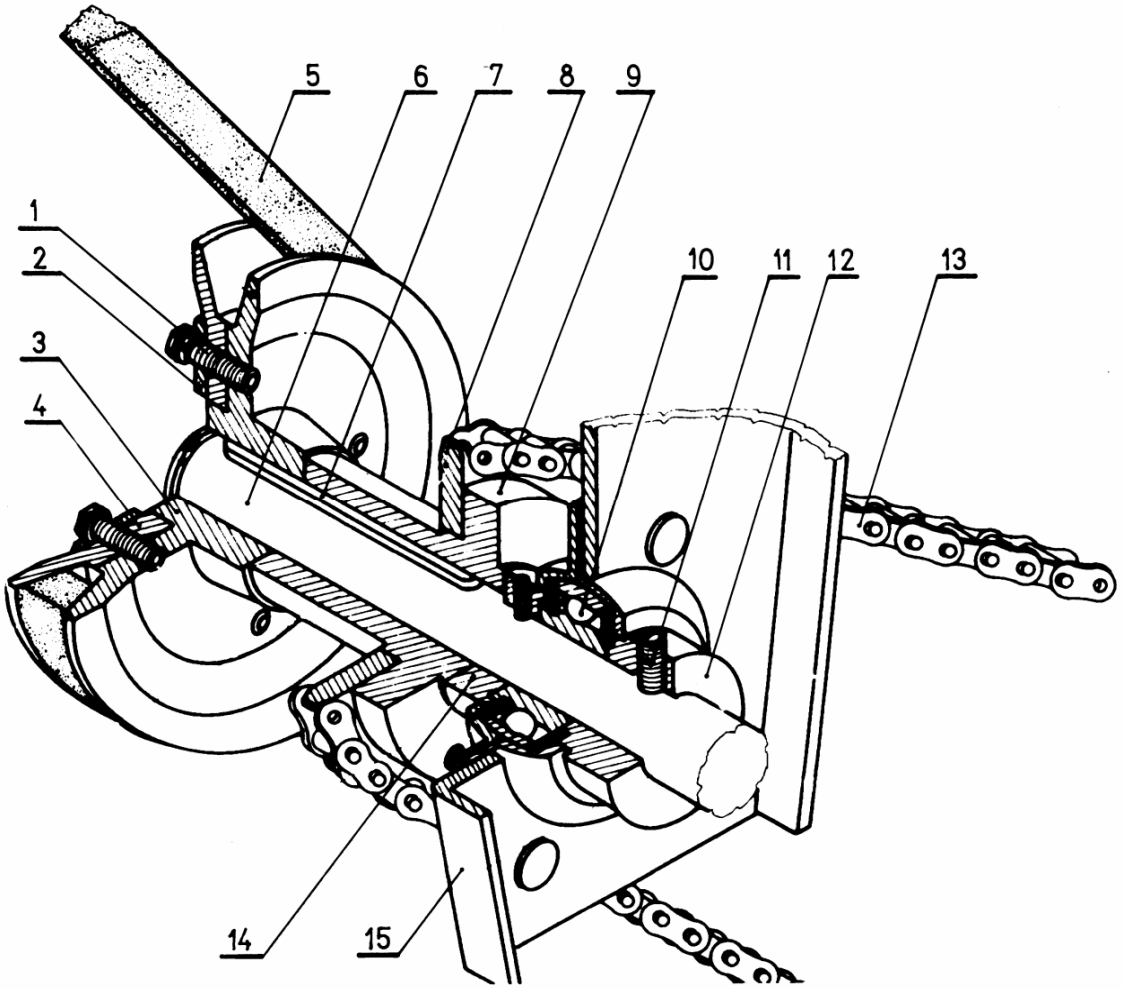


Sl. 19.26: Nacrtati radionički crtež predmeta, koji su dobijeni zavarivanjem



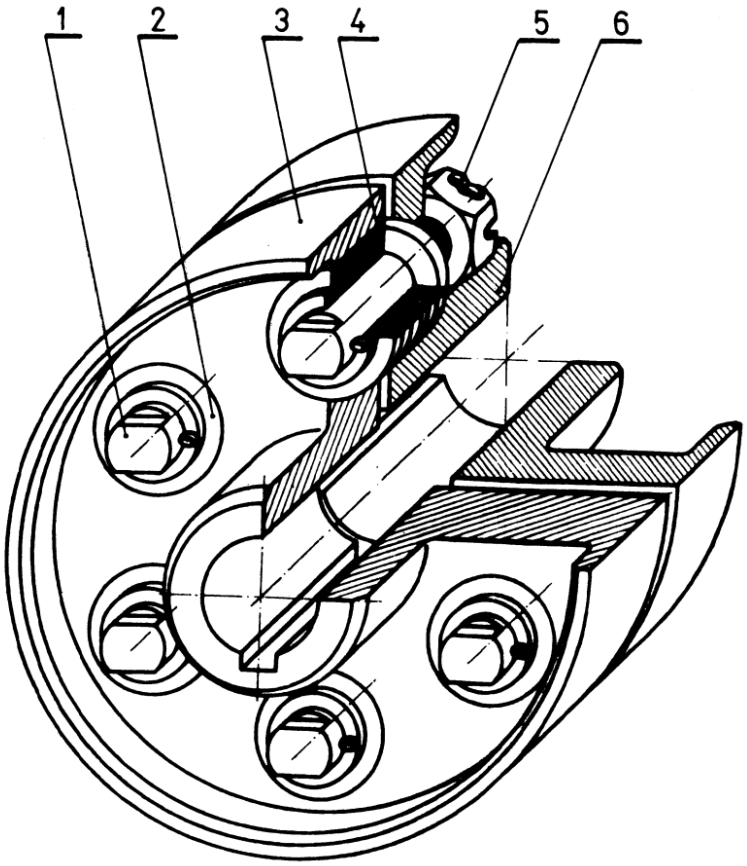
Sl. 19.27: Nacrtati ortogonalni sklopni crtež varijatora na spiralnom transporteru žitnog kombajna

1. krunasta navrtka, 2. rascepka, 3. podloška, 4. vratilo, 5. sedlo, 6. kućište ležaja, 7. ležaj, 8. sigurnosna navrtka, 9. navrtka, 10. ploča, 11. zavrtanj, 12. lančanik, 13. levi obod remenice, 14. desni obod remenice, 15. čaura, 16. opruga, 17. ploča za podešavanje, 18. poklopac, 19. navrtka za podešavanje

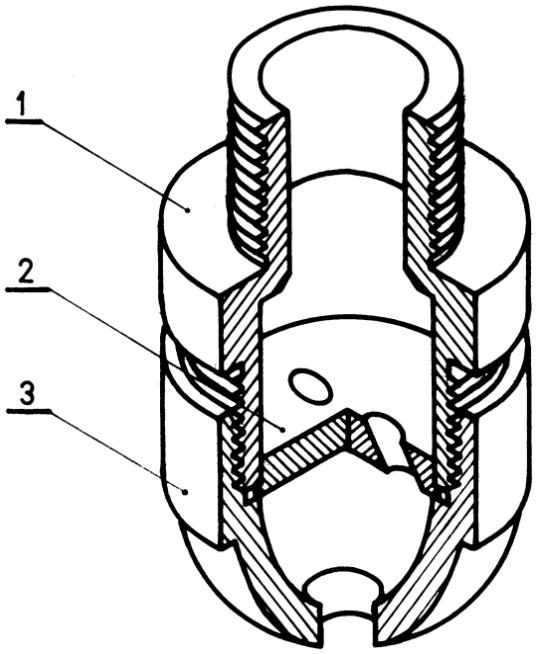


Sl. 19.28: Nacrtati ortogonalni sklopni crtež uređaja za pogon ventilatora i elevatora žitnog kombajna

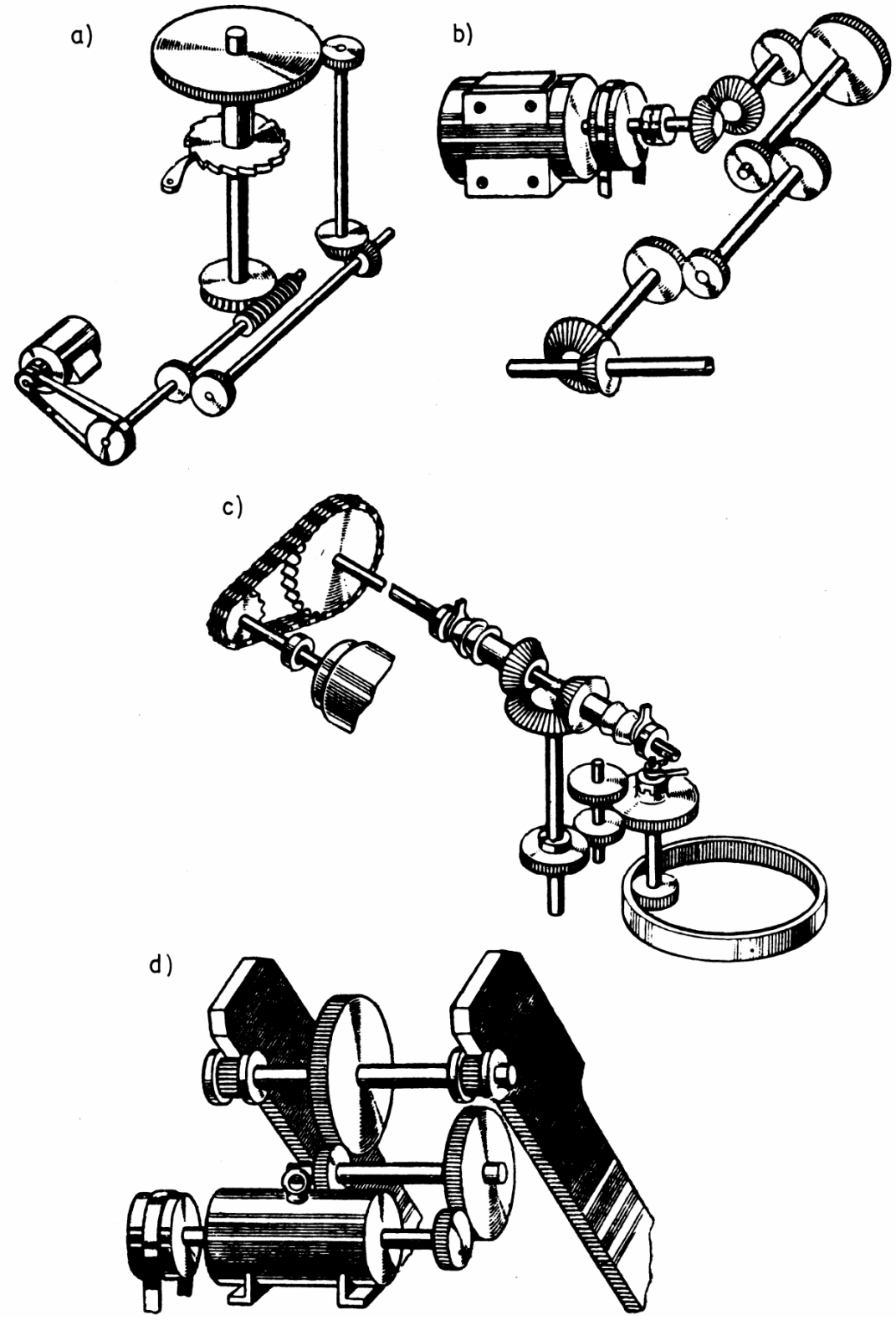
1. zavrtanj, 2. podloška, 3. desni obod remenice, 4. levi obod remenice, 5. remen, 6. vratilo, 7. klin, 8. lančanik, 9. sedlo, 10. ležaj, 11. zavrtanj za osiguranje, 12. prsten za osiguranje, 13. lanac, 14. prsten za osiguranje - čaura, 15. nosač



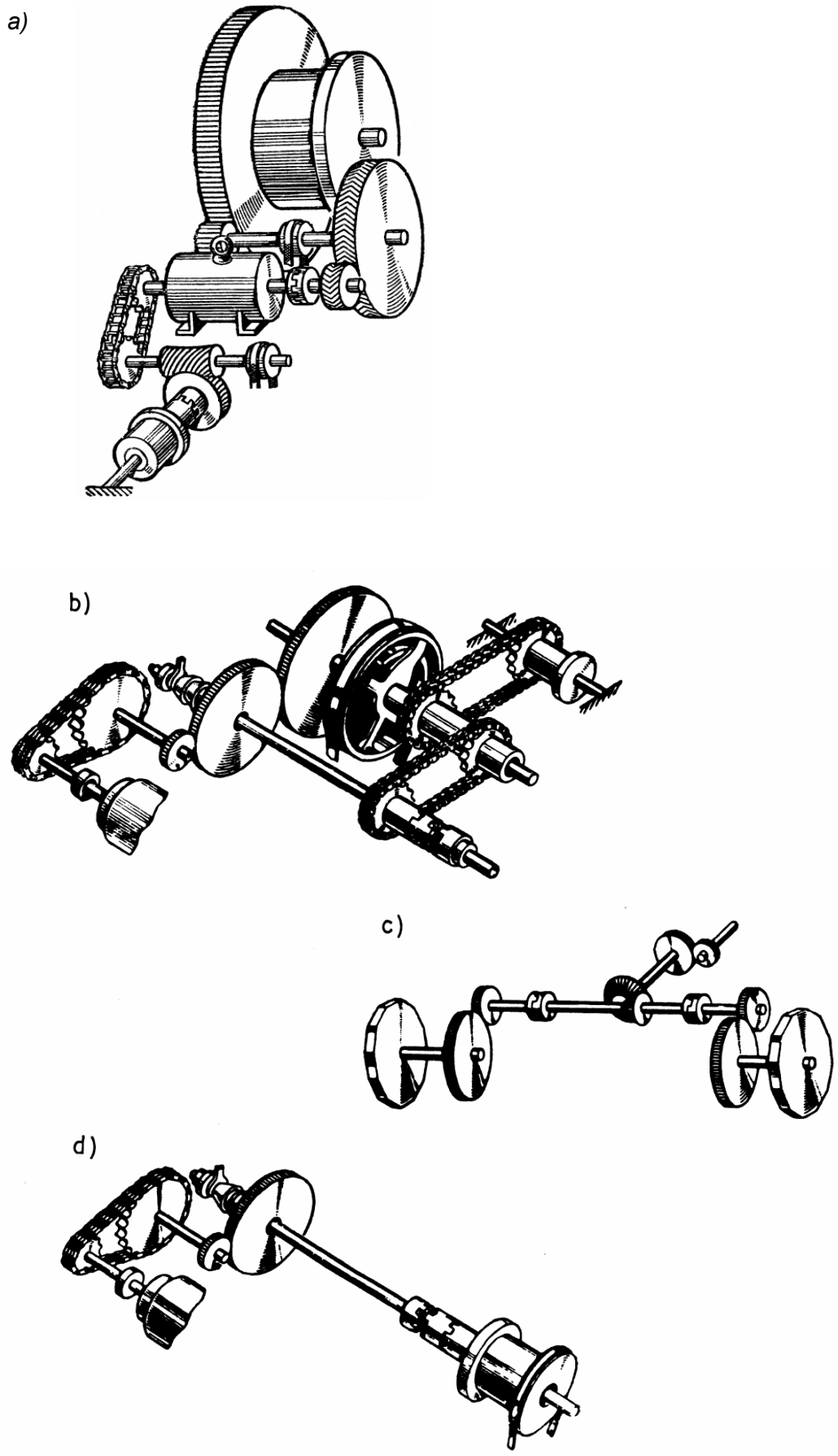
Sl. 19.29: Nacrtati sklopni crtež spojnice
1. zavrtanj, 2. podloška, 3. levi obod, 4. elastični prstenovi, 5. rascepka, 6. desni obod



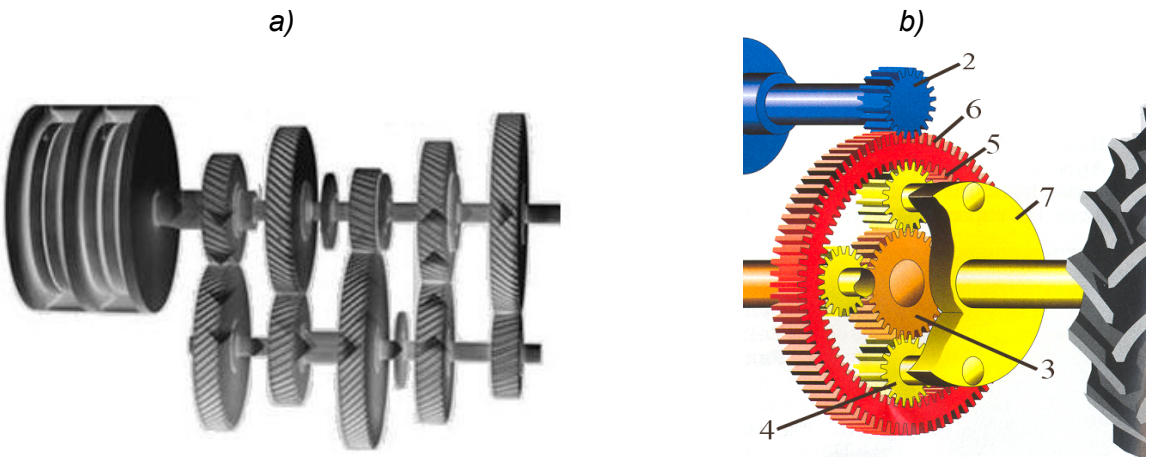
Sl. 19.30: Nacrtati sklopni crtež rasprskivača niskog pritiska
1. nastavak za cev, 2. vrtložnik, 3. telo rasprskivača



Sl. 19.31: Nacrtati šematski crtež transmisionih uređaja

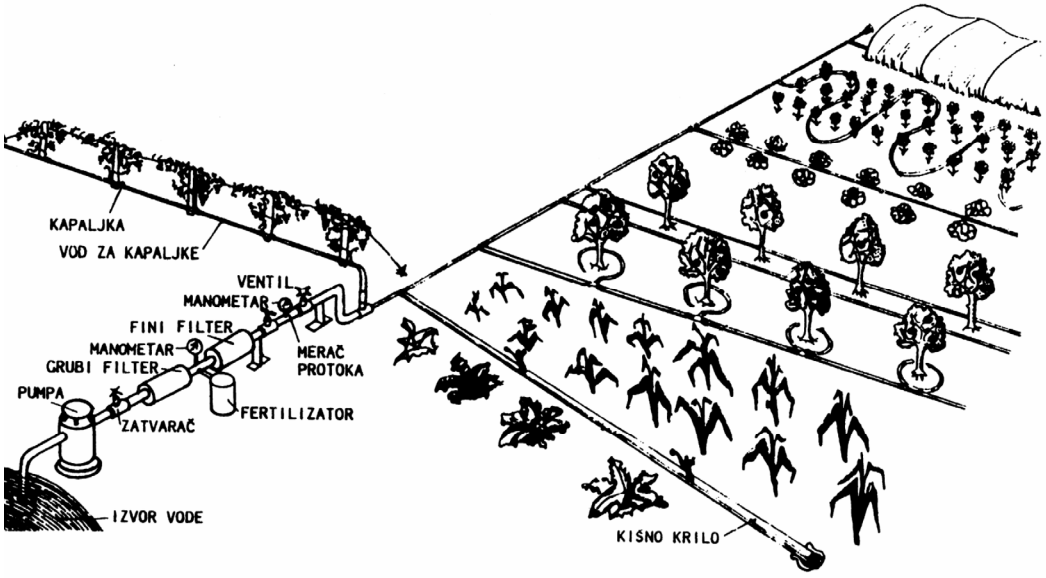


Sl. 19.32: Nacrtati šematski crtež transmisionih uređaja

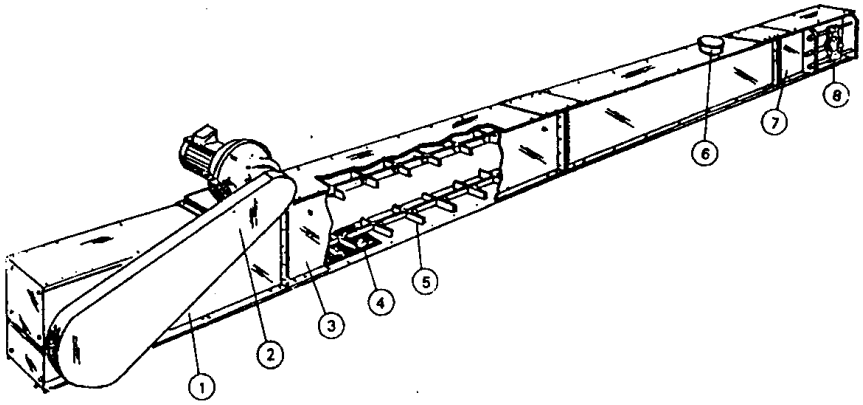


Sl. 19.33. Nacrtati kinematičku šemu transmisionih uređaja

1.točak, 2. pogonski zupčanik, 3. centralni zupčanik, 4. sateliti, 5. unutrašnje zupčanje prstenastog zupčanika, 6. spoljašnje zupčanje prstenastog zupčanika, 7. nosač



Sl. 19.34: Nacrtati šematski srtež sistema za zalivanje kapanjem

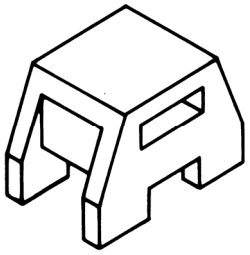


Sl. 19.35: Nacrtati šematski crtež lančanog transportera

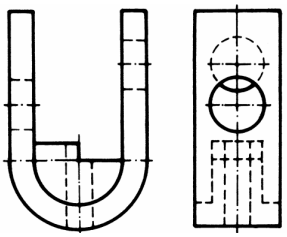
1. pogonski deo, 2. lančani prenosnik, 3. zaštitna obloška, 4. izuzimanje zrna, 5. vučni lanac, 6. usipanje zrna, 7. kućište zatezne glave, 8. zatezna glava

ISPITNI ZADACI

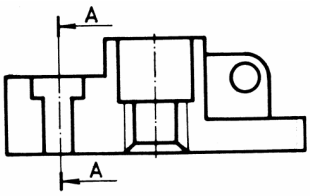
a)



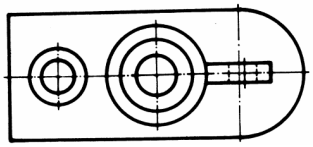
1. Za zadati predmet koji je nacrtan u aksonometriji nacrtati dovoljan broj ortogonalnih pogleda da se jednoznačno definiše.



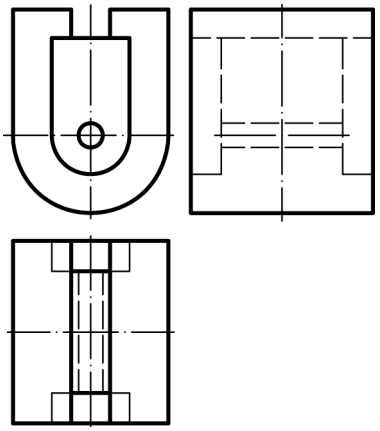
2. Pročitati ortogonalne poglede predmeta nacrtane u razmeri 1:2. Nacrtati aksonometrijski crtež. Metodu aksonometrije i razmeru crtanja usvojiti.



3. Na ortogonalnim pogledima predmeta, koji su nacrtani u razmeri 2:1 ispraviti namerno nacrtane greške i nacrtati označeni poprečni presek. Predmet kotirati.



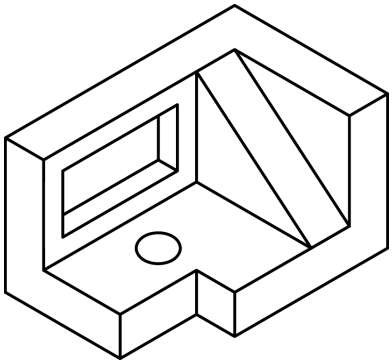
4. Za predmet nacrtan u izometriji u razmeri 1:2 nacrtati ortogonalni radionički crtež. Predmet se izrađuje livenjem od ČI.150. Za rupe na bočnim zidovima predvideti zavojnicu po celoj dubini, kvaliteta hrapavosti N7. Tolerancija mera središnjeg žljeba je H9. Donja površina je kvaliteta hrapavosti N9, ravna sa tolerancijom t=1200 μm i paralelna sa gornjom s tolerancijom t=600 μm. Naziv predmeta i broj crteža usvojiti. Razmeru crtanja usvojiti.

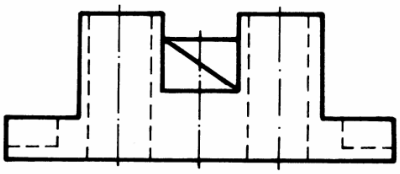


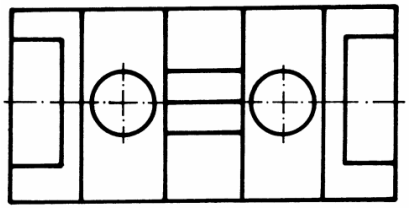
5. Za predmet definisan ortogonalnim projekcijama nacrtati model. Solid predmeta odštapmati u više različitih položaja na jednom A4 formatu.

b)

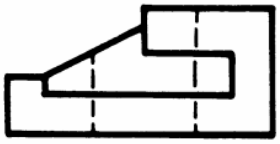
1. Za zadati predmet koji je nacrtan u aksonometriji nacrtati dovoljan broj ortogonalnih pogleda da se jednoznačno definiše.



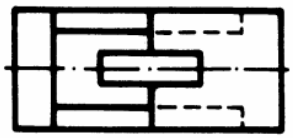




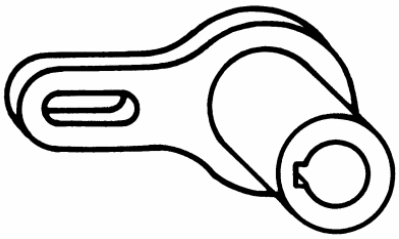
2. Pročitati ortogonalne poglede predmeta i nacrtati aksonometrijski crtež. Metodu aksonometrije usvojiti.



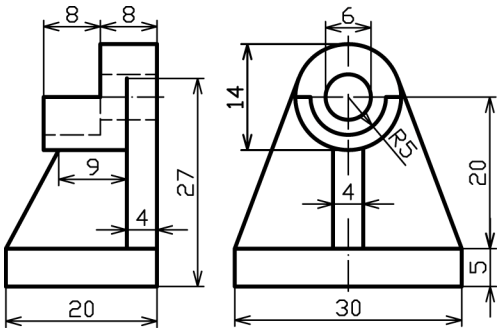
3. Za zadate poglede predmeta koji su nacrtani u razmeri 1:2 nacrtati pogled sa strane. Predmet kotirati.



4. Za predmet nacrtan u kosoj projekciji u razmeri 1:2 nacrtati ortogonalni radionički crtež. Predmet se izrađuje od Č.0445 skidanjem strugotine. Spoljašnja cilindrična površina obrađuje se kvalitetom hrapavosti N7, prednja sa N8, a kvalitet ostalih površina treba usvojiti. Tolerancija mera kružnog otvora je B9. Spoljašnja cilindrična površina treba da je cilindrična sa tolerancijom od t=900 μm i upravna na zadnju površinu sa tolerancijom t=400 μm. Naziv predmeta i broj crteža usvojiti. Razmeru crtanja usvojiti.

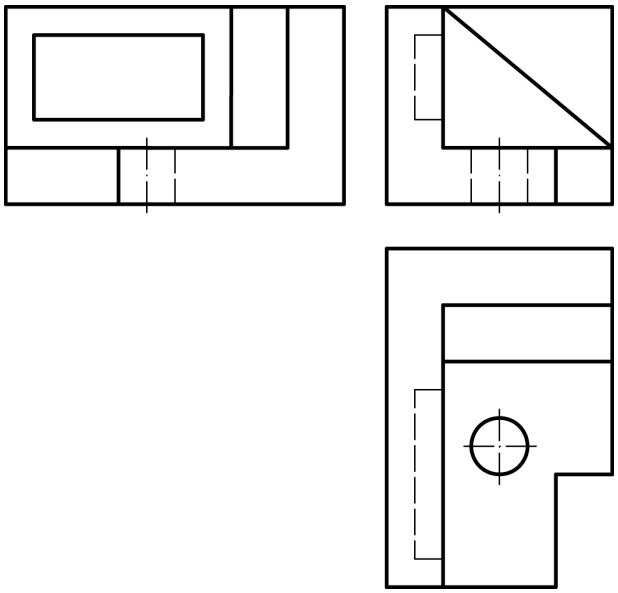


5. Za predmet definisan ortogonalnim projekcijama napraviti solid (model). Solid predmeta odštapmati u više različitih položaja na jednom A4 formatu.

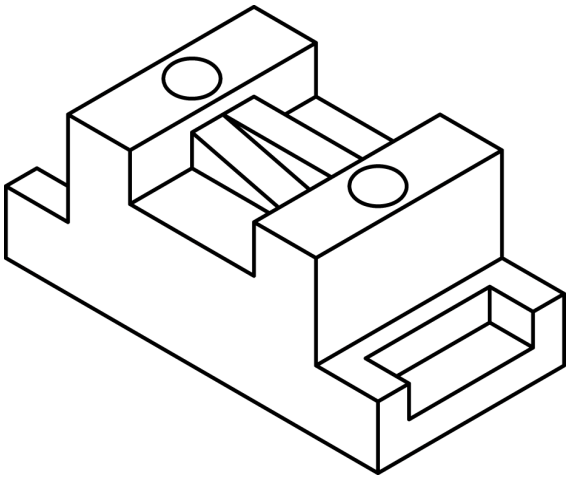


REŠENJE ISPITNIH ZADATAKA b)

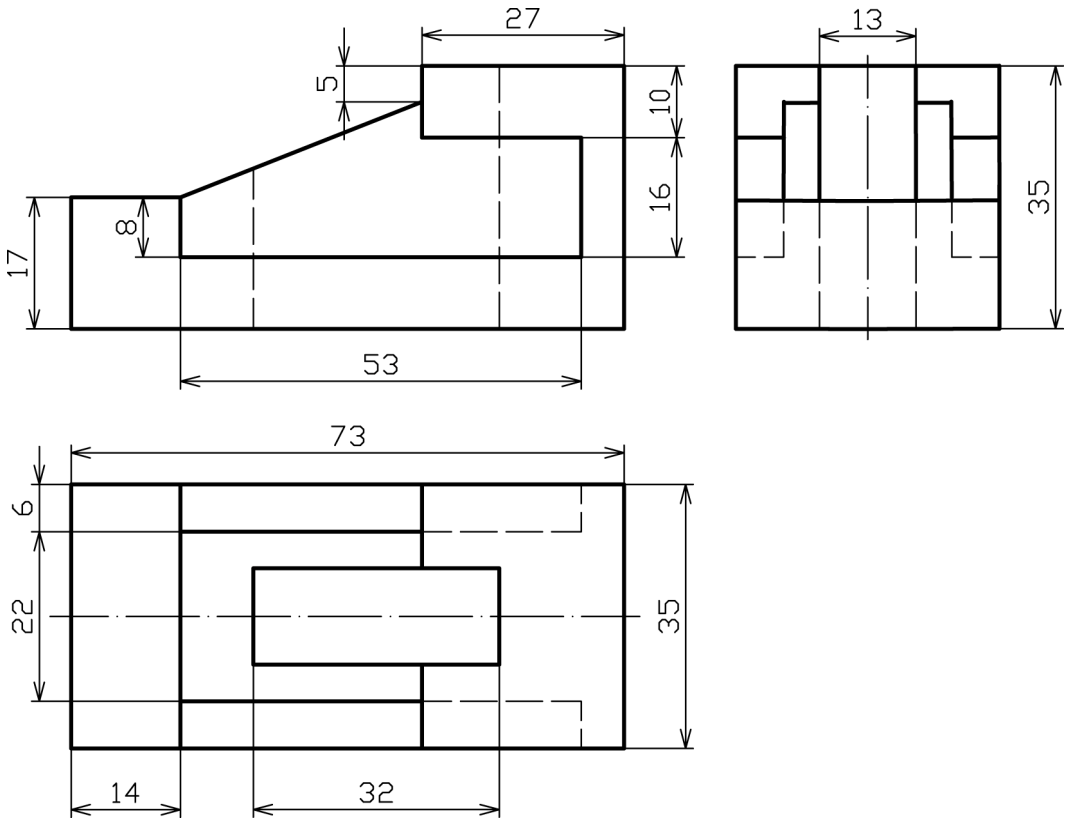
1.



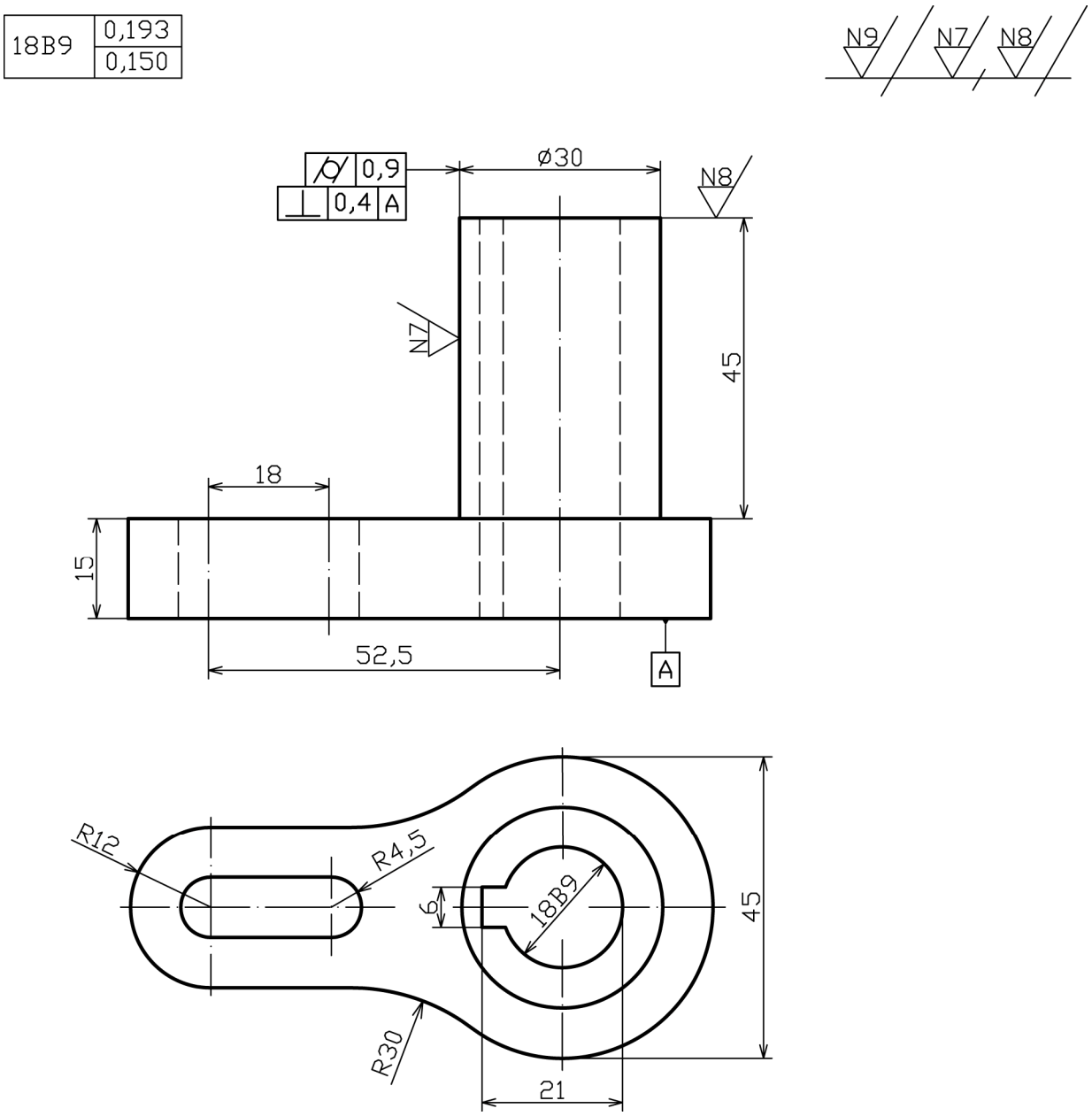
2.



3.

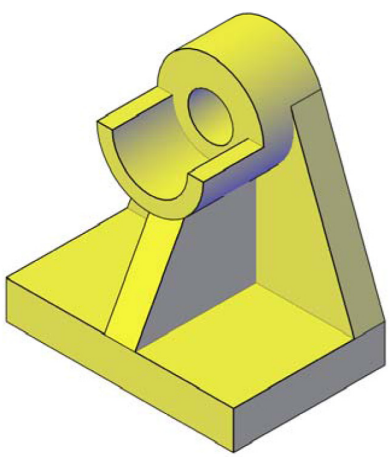


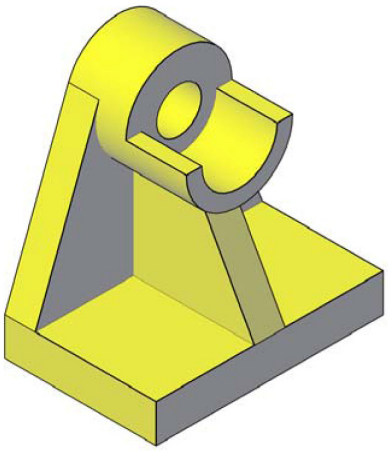
4.

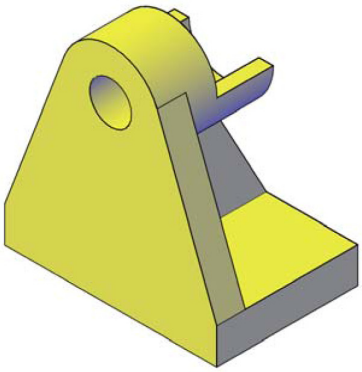


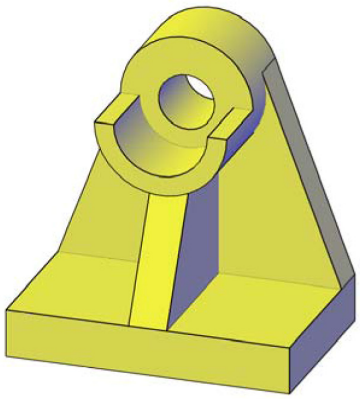
				SRPS M.A1.410 normalni		N9	Merilo: 1:1 Č.0545	(Masa kg/kom)
					Datum	Ime	**NASTAVAK**	
				Obradio	09.02.2011.	Danilovac Jovan		
				Ispitao	23.02.2011.	Skendžić Milan		
				Stand.				
				Označio				
				Poljoprivredni fakultet Univerzitet u Novom Sadu			**3.0**	list L:240
St.i.	Izme.	Datum	Ime					

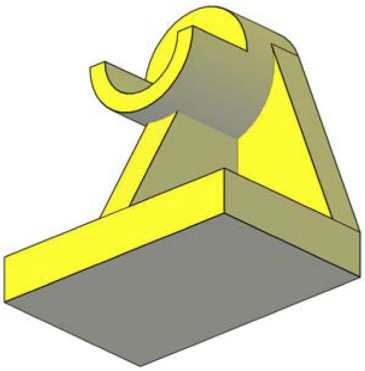
5.

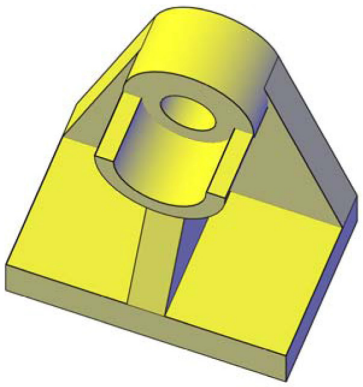


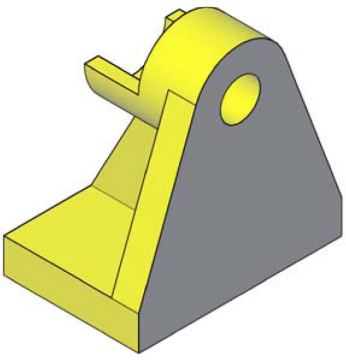


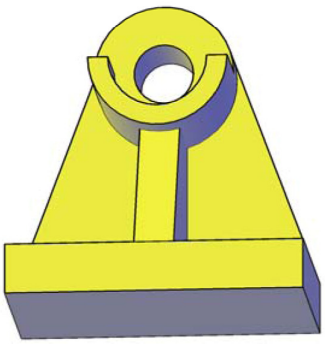












LITERATURA

1. Babić Lj., Babić M.: Sušenje i skladištenje, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 2000.
2. Bajla J.: Technicko kreslenie II prepracovano vydanie, Vysoka škola polnohospodarska v Nitre, Nitra 1990.
3. Bajla J., Horský: Technicko kreslenie - Navody na cvičenia, Vysoka škola polnohospodarska v Nitre, Nitra 1992.
4. Баханов Ю. Н.: Сборник заданий по техническому черчению, Выша школа, Москва, 1984.
5. Gligorić R., Milošević T.: Nacrtna geometrija, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 1999.
6. Gligorić R., Milojević Z.: Tehničko crtanje – inženjerske komunikacije, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 2004.
7. Gligorić R.: Nacrtna geometrija - primena, Univerzitet u Novom Sadu, Poljoprivredni fakultet, 2006.
8. Gligorić R., Tomić M.: Osnove kompjuterske grafike, autorizovana skripta, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, 2007.
9. Ćurčić B.: Tehničko crtanje, Naučna knjiga, Beograd, 1987.
10. Dovniković L.: Tehničko crtanje, uvođenje u mašinske konstrukcije, Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad, 1989.
11. Đorđević S.: Inženjerska grafika, Mašinski fakultet, Beograd, 1983.
12. Đorđević V. D.: Tehničko crtanje sa nacrtnom geometrijom, Kragujevac, 1994.
13. Đorđević V. D.: Praktikum za tehničko crtanje sa nacrtnom geometrijom, Naučna knjiga, Beograd, 1998.
14. Егоров Ф. И.: Черчение и рисование, Высшая школа, Москва, 1985.
15. Ilijević K.: Tehničko sporazumevanje u mašinstvu I, Naučna knjiga, Beograd, 1988.
16. Ilijević K.: Tehničko sporazumevanje u mašinstvu II, Naučna knjiga, Beograd, 1992.
17. Кузьмина И. А., Хамутова А. И.: Задачник по основам черчения, Машиностроение, Москва, 1985.
18. Lawrowski Z.: Metodyczny zbiór zadań z rysunku technicznego, Politechnika, Wrocĺawska, Wrocĺav, 1973.
19. Lewandowski Z.: Zbiór zadań z rysunku technicznego maszynowego, Państwowe wydawnictwo naukowe, Warszava, 1979.
20. Мерзон Э. Д. Мерзон И. Э: Задачник по машиностроитеьному черчению, Высшая школа, Москва, 1990.
21. Муравьев Л. М.: Пособие для сельских механизаторов по чтению чертежей, Высшая школа, Москва, 1975
22. Pantelić L. T.: Tehničko crtanje, Građevinska knjiga, Beograd, 1990.
23. Papić Ž., Savović M.: Tehničko pismo, metodička vežba, Epoha, Požega, 1994.
24. Pavkov I.: Očuvanje kvaliteta zrna soje u procesu skladištenja, diplomski rad, Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Novom Sadu, 2001.
25. Radovanović D.: Tehničko crtanje sa nacrtnom geometrijom, Beograd, 1987.
26. Степанов Б.Л. и сат.: Задачник по машиностроительному черчению, Машиностроение, Москва, 1983.
27. Вышнепольский И. С., Вышнепольский В. И.: Машиностроительное черчение с елементами программированогго обучения, Машиностроение, Москва, 1986.
28. Василенко Е. А.: Практикум по черчению, Просвещение, Москва, 1986.
29. SRPS standardi
30. Uputstvo za korišćene AutoCAD-a 2007 i 2010.

O autoru

Dr RADOJKA GLIGORIĆ je redovni profesor Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu, u Departmanu za poljoprivrednu tehniku na predmetima Inženjerske komunikacije, Računarska grafika, Elementi i mehanizmi poljoprivrednih mašina i Mehanički prenosnici snage.

Oblast posebnog naučnog interesovanja su elementi i mehanizmi poljoprivrednih mašina. Iz ove oblasti je odbranila magistarsku i doktorsku tezu. Do sada je objavila preko 350 naučno-stručnih radova u međunarodnim i domaćim časopisima i na naučnim skupovima. Koautor je više monografija i tehničkih rešenja.

Autor je udžbenika Tehničko crtanje, Nacrtna geometrija, Nacrtna geometrija – primena, Mehanizmi poljoprivrednih mašina i Mašinski elementi.

Sarađuje sa više inostranih fakulteta. Obavila je specijalizaciju u trajanju od godinu dana na temu Teorija mašina i mehanizama na Timirjazovskoj akademiji nauka u Moskvi.

Jedan je od pokretača nacionalnog naučnog časopisa „Traktori i pogonske mašine" koji izlazi dvadeset godina.

Iz Recenzija

Udžbenik "INŽENJERSKE KOMUNIKACIJE**"**, autora prof. dr Radojke Gligorić namenjen je studentima prve godine Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Novom Sadu studijskih programa Poljoprivredna tehnika i Agroindustrijsko inženjerstvo, kao i svima onima koji se na bilo koji način bave izradom i korišćenjem konstrukcione i projektne tehničke dokumentacije.

Sadržaj i obim udžbenika usklađen je sa nastavnim planom i programom predmeta Inženjerske komunikacije.

Sastoji se iz poglavlja: Predgovor; Zadatak i značaj inženjerskih grafičkih komunikacija; Osnovni elementi nacrtne geometrije; Uvodno razmatranje; Opšti standardi u tehničkom crtanju; Aksonometrijski crteži; Ortogonalni crteži; Preseci u tehničkom crtanju; Dimenzionisanje (Kotiranje); Čitanje ortogonalnih crteža; Crtanje mašinskih elemenata; Označavanje kvaliteta površinske hrapavosti; Tolerancije mera; Tolerancije oblika i položaja; Sklopni crteži; Radionički crteži; Šematski crteži; Snimanje i crtanje oštećenog predmeta; Primena računara za tehničko crtanje; Vežbe i zadaci i Literatura.

Knjiga sadrži preko 650 crteža i 38 tabela, koji uz minimalno potreban tekst, sistematično i pregledno uvode studente u ovu oblast. Crteži su jasni, tehnički korektno nacrtani, ujednačeni po kvalitetu i stilu.

U kratkim crtama objašnjeni su osnovni elementi nacrtne geometrije tačke i prave. Pravila tehničkog crtanja detaljno su pokazana na primerima. Ukratko su dati osnovni elementi 2D i 3D crtanja primenom računara, tj. AutoCAD-a.

Udžbenik je napisan lakim i jednostavnim stilom, koncizno, jasno i pregledno, tako da je pogodan i za samostalno učenje ove složene materije. Korišćena su najnovija saznanja iz ove oblasti.

Dr Slobodan Navalušić, redovni profesor, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu

Dr Zoran Milojević, vanredni profesor, Fakultet tehničkih nauka Univerziteta u Novom Sadu


Ø50
M18
40
M20
1x45
78
R8
NASAČ
2.00
Merilo: 1:1
Pol.poprivredni fakultet Novi Sad