

1

Uvod u tehničko crtanje

Ključni pojmovi

crtanje na crtaćoj ploči
pribor za crtanje
računalom podržano crtanje
računalna oprema za crtanje

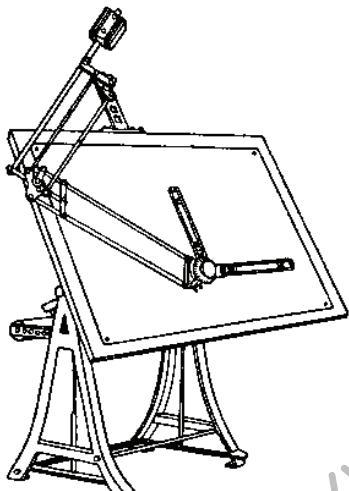
Ciljevi

- razlikovati crtanje na ploči i s pomoću računala
- razumjeti potrebu crtanja na ploči
- nabrojiti pribor za tehničko crtanje i namjenu
- uočiti prednosti crtanja podržanog računalom
- nabrojiti uređaje u sustavu računalom podržanog crtanja

Crtanje na crtaćoj ploči

Tradicionalna metoda crtanja u tehnički je crtanje s pomoću ploče i pribora, poznatije kao crtanje na ploči ili crtaćoj tabli (slika 1-1). Ovaj način crtanja je istisnut iz uporabe zbog računalom podržanog crtanja koji crtačima omogućava brže obavljanje posla, veću preciznost i naknadne izmjene.

Ipak, crtanje na ploči je još uvijek potrebno:



Slika 1-1

Crtaća ploča (tabla)

- u manjim poduzećima te poduzećima koja tehniku crtanja koriste samo povremeno. Ta poduzeća možda trošenje novca na računalnu opremu neće smatrati potrebnim ako korištenjem postojećih ploča za crtanje i uz pomoć zaposlenika mogu udovoljiti potrebama poduzeća.
- kada je potrebna mala promjena na crtežu koji je originalno nastao crtanjem tradicionalnim priborom za crtanje. Tada se izmjene unose izravno na postojeći crtež.
- u većim poduzećima koja mogu imati mnoštvo nacrta izrađenih tehnikom crtanja na ploči, a koji su još u uporabi. Ukoliko je potrebno brzo unijeti neku izmjenu, to je najlakše učiniti na postojećem crtežu crtanjem na ploči.
- kod nekih digitaliziranih crteža koji su originalno izrađeni crtanjem na ploči i preneseni u elektroničku datoteku (koju je moguće mijenjati s pomoću crtanja na računalu). Iako osoba koja digitalizira crtež ne treba posjedovati znanja crtanja na ploči, poznavanje ove tehnike pomoći će bržoj i preciznijoj digitalizaciji.

Računalom podržano crtanje

Računala su u potpunosti promijenila način crtanja u gospodarstvu. Programi (softver) za računalom podržano crtanje (CAD – *Computer Aided Design*) nastali su kako bi crtačima omogućili crtanje prema svim zahtjevima, tehnikama i vještinama crtanja na ploči.

Prednosti CAD-a

Računalom podržano crtanje (CAD) je mnogo više od same zamjene tradicionalnih tehnika crtanja. Zbog elektroničkog karaktera dovoljno je fleksibilan za interaktivno korištenje tijekom procesa računalom podržanog oblikovanja i crtanja (CADD – *Computer Aided Design and Drafting*) kako bi se razlikovao od samog crtanja.

CAD programima se mogu izrađivati tradicionalni, dvodimenzionalni nacrti 2D (u ravnini), većina CAD programa danas, može kreirati trodimenzionalne (3D) modele. Ti se modeli mogu kreirati kao virtualna (zamišljena) 3D geometrijska tijela koja mogu imati materijalna svojstva. Ako je takav model kreiran s izrazitom pažnjom i preciznošću, može se koristiti za:

- proračune i dimenzioniranje elemenata i strojeva,
- stvaran prikaz izgleda budućeg proizvoda kupcima,
- izvođenje raznovrsnih testiranja proizvoda bez izrade fizičkog prototipa,
- izdvajanje bilo kojeg dvodimenzionalnog nacrta za potrebe inženjera, djelatnika kontrole kvalitete i drugih radnika.

Računalo u proizvodnji

Budući da su danas mnogi proizvodni procesi potpuno ili djelomično upravljeni s pomoću računala, računalom podržano crtanje ima mnoge prednosti. CAD crteži u digitalnom obliku mogu biti ulazni podaci za računala koja kontroliraju proizvodni proces te se mogu koristiti za izravno pokretanje proizvodnje proizvoda. CAD/CAM – računalom podržano crtanje/računalom podržana proizvodnja (slika 1-2) i CIM – računalno integrirana proizvodnja neizbjegna su stvarnost svakog velikog proizvodnog poduzeća.

Stariji programi vođenja, poput programa za numeričko upravljanje NC (*Numerical Control*), također su zamijenjeni kako bi se iskoristile prednosti računala. NC strojevi su radili s pomoću bušene trake. Položaj rupica na bušenoj traci očitavan je kao numerički podatak prema kojem je stroj izvodio zadani radnju. Sustav bušene trake je zamijenjen CNC (*Computer Numerical Control*) sustavima, odnosno računalnim numeričkim upravljanjem. Ti sustavi su zadržali numeričko upravljanje, ali s korištenjem programa (softvera) za pretvorbu CAD datoteke u numerički format koji upravljačka jedinica može učitavati.



Slika 1-2

Računalom integrirana proizvodnja

Vizualizacija proizvoda

Kupci i ulagači u proizvode rijetko imaju predznanje crtanja ili sposobnost čitanja nacrtta proizvoda. Kako bi im pomogli u predočavanju izgleda budućeg proizvoda, crtači i tehnički ilustratori su kreirali tradicionalne raznovrsne slikovne prikaze koristeći zračne kistove i boje. Ove tehnike često ostavljaju pozitivne dojmove, ali njihovo kreiranje oduzima mnogo vremena. CAD modeli čvrstih tijela su alternativa za čiju je izradu potrebno manje vremena. Ako CAD crtež predstavlja model čvrstog tijela, crtež može izgledati kao završni proizvod. U mnogo je slučajeva teško odrediti je li prikazani predmet stvaran ili je prikazan CAD programom. Iako se procesom prikazivanja također gubi vrijeme, on radi s geometrijskim podatcima u originalnoj CAD datoteci, tako da je preciznost apsolutno zajamčena. Budući da se crtač ne mora brinuti o preciznosti, više se može koncentrirati na umjetničke dojmove (slika 1-3).

Drugi način korištenja vizualizacije uključuje stvaranje 3D slike presjeka. Takve presjeke najčešće koriste inženjeri i crtači da bi slikovno prikazali kako bi dijelovi sklopa (uredaja) trebali istovremeno raditi.

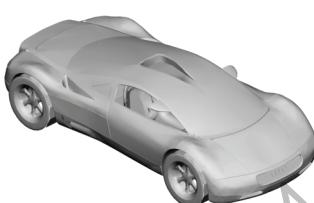
Testiranje proizvoda

Budući da je kreiranim čvrstim modelima u CAD-u moguće pridružiti stvarne materijale, modeli se mogu koristiti za onoliko testiranja na koliko bi se i novi proizvod mogao podvrgnuti.

Ranije su projektanti izrađivali fizičke modele u omjeru i testirali ih s pomoću zračnih tunela i drugih uređaja. Mnogi su testovi bili uvelike zasnovani na komplikiranim principima matematike i fizike.

Osim simulacija ponašanja materijala pod opterećenjem, koje se mogu odrediti CAD modelima, računalom je moguće programirati i simulaciju utjecaja vremenskih uvjeta.

Danas su mnogi testovi ovakvog tipa u potpunosti napravljeni s pomoću raču-



Slika 1-3

Vizualizacija proizvoda

nala. Testovi su još uvijek zasnovani na kompleksnim zakonima matematike i fizike, no s pomoću računala su moguća takva izračunavanja. Projektant može odrediti čvrstoću i uočiti nedostatke proizvoda uz puno manje troškove i u puno kraćem vremenu, izvršavanjem simulacija testova na CAD modelima.



Slika 1-4
3D Digitalizacija proizvoda

3D digitalizacija

U izradi dijelova koji sadrže složene prostorne krivuljne plohe ili umjetničke reljefe koristi se skeniranje plohe dodirom (mehanički) i optički (laserom). Učitavanjem geometrije plohe i pretvorbom analognih podataka u digitalne podatke omogućuje se daljnja obrada ploha u računalu (kao skaliranje, zrcaljenje objekta pri izradi alata) ili je to učitavanje neposredna podloga za tehnologiju izrade na numerički upravljenim strojevima (slika 1-4).

Kontrola kvalitete

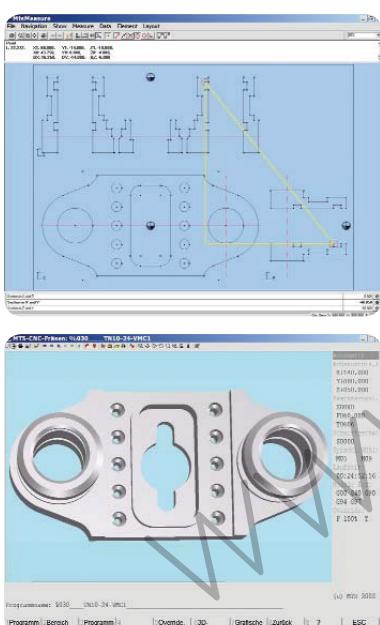
U kontroli kvalitete još se uvijek koriste dvodimenzionalni crteži. Većina CAD programa ima mogućnost izdvajanja dvodimenzionalnih crteža iz virtualnog 3D modela. Ti se crteži po potrebi mogu iscrtati i kontrolirati (slika 1-5).

Crtac mora samo jednom nacrtati model. Sve naknadne modifikacije se automatski prikazuju u svakom području korištenja. Gospodarstvo je, stoga, s entuzijazmom preuzele CAD ili CADD sustav crtanja.

Specifičnosti CAD-a

Uporabom CAD-a javljaju se problemi. Jedan od najčešćih problema nema nikakve veze s programima. Naime, odnosi se na način na koji ljudi razumijevaju sustav CAD. Ljudi koji tek počinju raditi u CAD-u, posebno crtači početnici, skloni su oslanjati se na program prepuštajući mu odluke koje samo crtač može donijeti. Ipak, program ne osporava dobre tehnike crtanja. On radi gotovo sve ono što crtač naredi. Stoga, CAD programi (softver) nisu zamjena za stjecanje osnovnog znanja i vještine crtanja. Oni su samo alat koji zamjenjuje mnoštvo tradicionalnog pribora za crtanje. I dalje crtač mora imati znanja i vještine ispravnog korištenja pribora i metoda crtanja.

Korištenje CAD sustava zahtijeva početne troškove nabave opreme i programa. Oprema i program, potrebni za funkcionalan rad CAD sustava, zahtijevaju financijske izdatke. Također, računalna oprema može biti nedostupna kada je potrebna izvan ureda. Prijenosna računala i dlanovnici mogu pomoći u rješavanju ovog problema, ali dostupnost i dalje ima značaj.



Slika 1-5
Kontrola kvalitete

Pribor za tehničko crtanje

Izrada crteža ručno, obavezno tušem zbog arhiviranja crteža, na crtačoj tabli je spora, male prilagodljivosti i u mnogome zavisi o sposobnosti i urednosti crtača. Primjenom računalom podržanog crtanja od pribora za ručno crtanje u uporabi su ostali:

- tehnička olovka, grafitna (grafitna se olovka prvi put javlja u 18. stoljeću – tvrtka Faber u Njemačkoj) debljine 0,3, 0,5, 0,7 mm i tvrdoće:
 - › meka reda B,
 - › tvrda reda H,
 - › ili srednja HB;
- tehničke olovke punjene tintom – otporne na vodu i svjetlo,
- gumica za brisanje,
- par pravokutnih trokuta $45-45^\circ$ i $60-30^\circ$ i ravnala,
- kutomjer,
- krivuljari,
- šestar – bez mijenjanja uzetog položaja s dodatnim umetkom za prihvatanje tehničke olovke,
- trobridno mjerilo.

Ovaj se pribor koristi u obrazovanju, skiciranju (u tehničkim objašnjavanjima), u slučajevima nedostupnosti računala i uređaja za iscrtavanje.



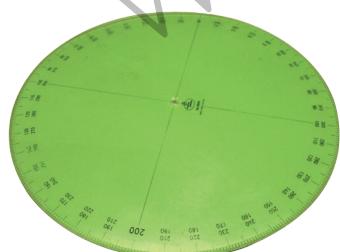
a



b



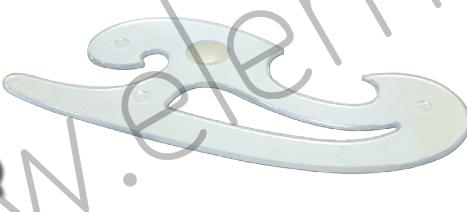
c



d



e



f

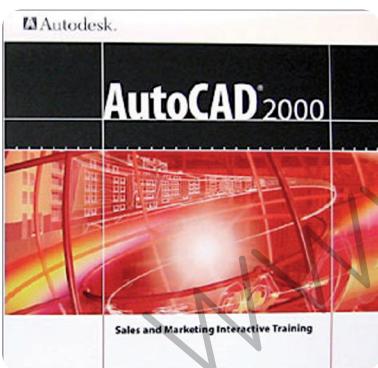


g

Slika 1-6

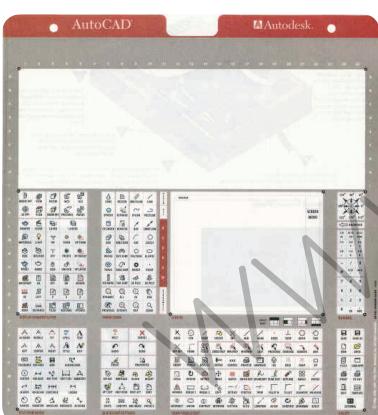
Pribor za tehničko crtanje: a) olovka, b) gumica, c) trokuti, d) kutomjer, e) šestar, f) krivuljari, g) trobridno mjerilo

Računalna oprema za tehničko crtanje



Slika 1-7

Programi za crtanje i dizajniranje



Slika 1-8

Grafička ploča za crtanje s pomoću računala

Sustav za računalom podržano crtanje (CAD) se koristi za izradu, pregledavanje, pohranu i prijenos na daljinu izvornog crteža u elektronskom obliku. U opremi za oblikovanje i crtanje podržano računalom (CADD – *Computer Aided Design and Drafting*) su uređaji i programi.

CAD sustav = računalo + ulazni uređaji + izlazni uređaji + CAD programi

Ulagani uređaji su uređaji za unos podataka: tipkovnica, grafička ploča, digitalizator i miš. U centralnoj jedinici računala je obrada podataka pod ljudskom operativnog sustava u programu za crtanje. Izlazni uređaji su uređaji za ispis i iscrtavanje.

Nephodni uređaji su:

- računalo → s prikladnim procesorom, dovoljno radne memorije i odgovarajuću grafičku karticu. Navođenje karakteristika računala nema smisla jer su zbog napretka svakim danom sve kvalitetnija, jeftinija i manja.

Za izradu manje zahtjevnih crteža i crtanje u 2D može poslužiti i računalo osrednjih karakteristika.

Zaslon → diagonale najmanje 19",

- razlučivosti najmanje 1280 x 1024 točaka,
- osvježavanja slike od najmanje 70 Hz.

Kvalitetu zaslona se ne smije zanemariti zbog opasnosti za vid. Crtanje uz loš zaslon umara oči i izaziva glavobolju.

Izlazni uređaji

- pisač (laser ili tintni),
- uređaji za iscrtavanje velikih crteža, elektrostatski (ploteri),

Ulagani uređaji

- uređaj za digitalizaciju crteža (skeneri) – koristi se za učitavanje crteža s papira i pretvorbu u elektroničku datoteku,
- grafička ploča (i svjetlosno pero) – omogućava brži interaktivni rad na računalu (slika 1-8).

Programi za crtanje

- programi koji podržavaju crtanje i/ili oblikovanje (ACAD, Solid Edge, Catia... (slika 1-7)).



Ponavljanje

1. Koja je razlika između pojmova *crtanje* i *tehničko crtanje*?
2. Zašto je potrebno znati tehniku crtanja na ploči?
3. Koji se pribor koristi za tehničko crtanje na ploči?
4. Koje su prednosti računalom podržanog crtanja?
5. Ima li nedostataka u crtaju s pomoću računala i koji su?
6. Koji su uređaji u opremi za crtanje podržano računalom?
7. Koje su najvažnije komponente u opremi za crtanje s pomoću računala?
8. Koji programi podržavaju crtanje s pomoću računala?
9. Što znači pojam 2D, a što 3D?
10. Što znači pojam *digitalizacija crteža*?

2

Norme u tehničkom crtanju

Ključni pojmovi

tehnički crtež
norma
puna široka crta
isprekidana široka crta
puna uska crta
crta-točka-crta uska crta
mjerilo
format papira
zaglavljve
sastavnica
tehničko pismo
mjernica
pomoćna mjerna crta
mjerni broj
koordinatne osi
koordinatne ravnine
projekcija

Ciljevi

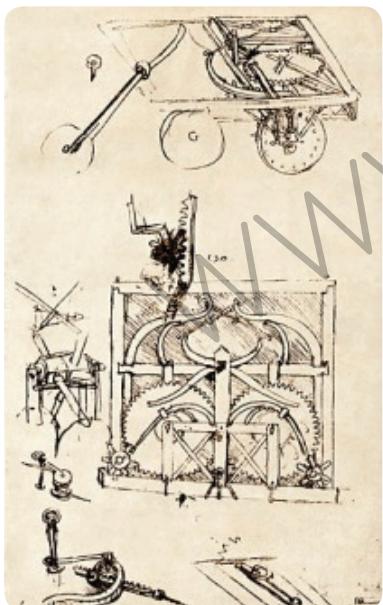
- spoznati svrhu tehničkog crteža
- objasniti svrhu normi i nabrojiti razine
- nabrojiti crte prema obliku, nazivu i namjeni
- primijeniti mjerilo u predočavanju predmeta
- nabrojiti veličine papira i kako se dobivaju
- objasniti dijelove crteža, namjenu i pripadajuće mjesto
- nabrojiti sadržaj elemenata u zaglavljvu i sastavnicama
- nabrojiti vrste tehničkoga pisma
- objasniti normirane visine u tehničkom pismu
- nabrojiti elemente kote
- primijeniti osnovna pravila kotiranja
- nabrojiti osi koordinatnog sustava i njihov odnos
- nabrojiti ravnine koordinatnog sustava i međusobni odnos

Tehnički crtež



Slika 2-1

Leonardo da Vinci



Slika 2-2

Da Vinci-jev tehnički crtež

Pismo je jedan od načina komunikacije među ljudima više od 6000 godina. Prvo pismo je bilo slikovno (grafičko) i bilo je univerzalno. Današnje slovno pismo temelji se također na grafičkim znakovima. U tehnici je crtež osnova komunikacije, a predočava predmet ili ideju. Prvi tehnički crtež bio je tlocrt utvrde na kamenu u Babilonu oko 4000. godine prije naše ere. Projiciranje je razvijeno u Italiji u 15. stoljeću, a prvu knjigu je napisao Leonardo da Vinci u 17. stoljeću (slike 2-1 i 2-2).

Tehnički crtež je predočenje jednog ili više dijelova sklopljenih u jednu cjelinu koja jednoznačno definira nacrtani dio ili sklop. Jednoznačna definiranost znači razumljivost i potpunost crteža.

Vrste tehničkih crteža

Tehnički crteži se razlikuju prema izradi, namjeni i prema načinu predočavanja.

Prema izradi se razlikuju:

- Skica je crtež izrađen prostoručno prema pravilima tehničkog crtanja.
- Orginalni crtež je crtež izrađen ručno s priborom ili s pomoću računala prema normama tehničkog crtanja.
- Preslika orginala je crtež dobiven preslikavanjem orginala na uređajima za preslikavanje.

Prema namjeni može biti:

- Crtež dijela ili detaljni crtež je crtež za izradu sa svim potrebnim detaljima.
- Sastavni ili montažni crtež je crtež koji prikazuje više dijelova sastavljenih u cjelinu (sklop ili stroj).
- Shematski crtež je crtež kojim je predočen dio, stroj ili postrojenje s pomoću simbola.
- Crtež opisa uporabe je crtež u opisu uporabe proizvoda sa značajkama proizvoda važnim za uporabu.

Prema načinu predočavanja dijela ili sklopa:

- Ortogonalni crtež je crtež na kojem je dio ili sklop predočen u projekcijama na ravnine – 2D (2 dimenzije).
- Prostorni crtež je crtež dijela ili sklopa predočenog prostorno – 3D (3 dimenzije).

Tehničko crtanje ili izrada tehničkog crteža je propisana normama u tehničkom crtaju. Norme omogućavaju tehničko razumijevanje u cijelom svijetu. Države propisuju norme i/ili ih preuzimaju na međunarodnoj ili regionalnoj razini. U Hrvatskoj norme propisuje Hrvatski zavod za norme, a naziv je HRVATSKA NORMA označke HRN ####-##.

Međunarodne norme su:

- ISO – međunarodne norme,
- EN – europske norme.

Hrvatske norme preuzete iz međunarodnih normi ISO imaju oznaku HRN ISO, a HRN EN ISO je međunarodna norma preuzeta za europsku i hrvatsku normu. Još se uvijek može naći tehnička dokumentacija s njemačkim normama DIN.

Vrste crta

HRN ISO 128

Kako bi se postigli jednoznačnost i preglednost tehničkog crteža normama su propisani vrsta, oblik, širina i namjena crta za različita predočavanja. Normirane širine crta su: 0,13, 0,18, 0,25, 0,35, 0,5, 0,7, 1, 1,4 i 2 mm.

Omjer širine široke i uske crte mora biti najmanje 2 : 1. Prema tablici 2-1 za uporabu deset je vrsta crta označenih slovima A, B, C, D, E, F, G, H, J, K.

Naziv i oblik linije		Širina d							Namjena
		formati manji od A1			formati A1 i veći				
		0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	
puna	A široka		0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	vidljivi bridovi i obrisi
	B uska		0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0
	C uska prostoručna		0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	lomne crte djelomičnih pogleda i presjeka
	D uska izlomljena		0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0
	E široka		0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0
	F uska		0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0
isprekidana	J široka		0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0
	G uska		0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0
	H uska (sa širokom na krajevima)		0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0
crta-točka-crta			0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	površine na koje se postavljaju zahtjevi
	K uska		0,13	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0
crt-dvije točke-crta									simetrala, središnjica
									oznaka presječne ravnine
									krajnji položaj dijelova, težišnice, obrisi prije oblikovanja, dijelovi ispred presječne ravnine

Tablica 2-1

Mjerilo

HRN EN ISO 5455

Za pregledno i detaljno predočavanje dijelova malih dimenzija ili stavljanje objekta velikih dimenzija u cijelosti na crtež, potrebno je dio na crtežu povećati ili smanjiti u odnosu na stvarnu veličinu. Mjerilo je omjer veličina na crtežu i u prirodoj (stvarnoj) veličini. Predočena veličina nacrtanog objekta ovisi o mjerilu, a na crtež se upisuje koliko izmjerene veličine (kote) iznose u stvarnosti.

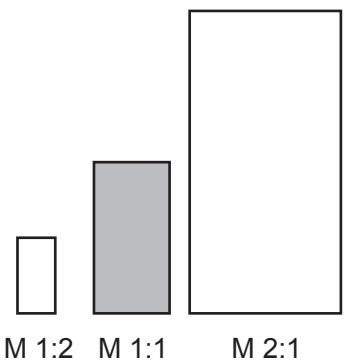
Moguća su tri mjerila (slika 2-3):

- mjerilo u prirodnoj veličini 1:1,
 - mjerilo za uvećanje (npr. 2:1),
 - mjerilo za umanjenje (npr. 1:2).

Primjer označavanja:

M 5:1 M označava mjerilo, a 5:1 znači da je svaka izmjera na crtežu pet puta veća nego u stvarnosti.

Za očitanje izmjera na crtežima s mjerilima korištenima za uvećanje ili umanjenje koristi se trobridno mjerilo (razmjernik).

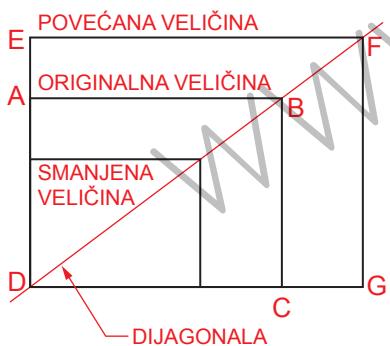


Slika 2-3

Vrsta mjerila	Mjerila
Uvećana mjerila	20 : 1 2 : 1
Prirodna veličina	1 : 1
Umanjena mjerila	1 : 2 1 : 20 1 : 200 1 : 2000
	50 : 1 5 : 1 10 : 1
	1 : 5 1 : 50 1 : 500 1 : 5000
	1 : 10 1 : 100 1 : 1000

Tablica 2-2

Normirana mjerila



Povećavanje ili smanjivanje crteža

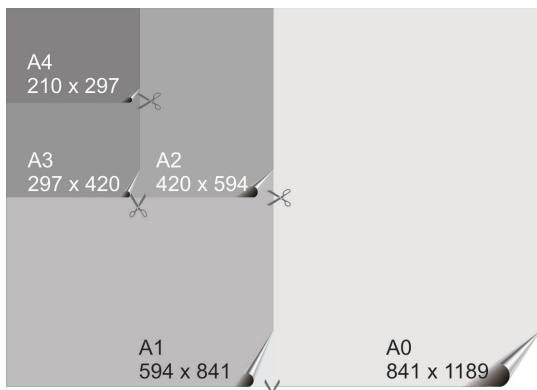
Ako je crtež kvadratnog ili pravokutnog oblika, za smanjivanje ili povećavanje crteža treba koristiti dijagonalu prema slici 2-4.

1. Nacrtati dijagonalu kroz vrhove D i B.
 2. Izmjeriti potrebnu širinu ili visinu na dužini DC ili DA (na primjer: DG).
 3. Nacrtati okomicu iz točke G do dijagonale.
 4. Nacrtati okomicu na dužinu DE kroz točku F.

Slika 2-4

Formati papira za crtanje

ISO 5457

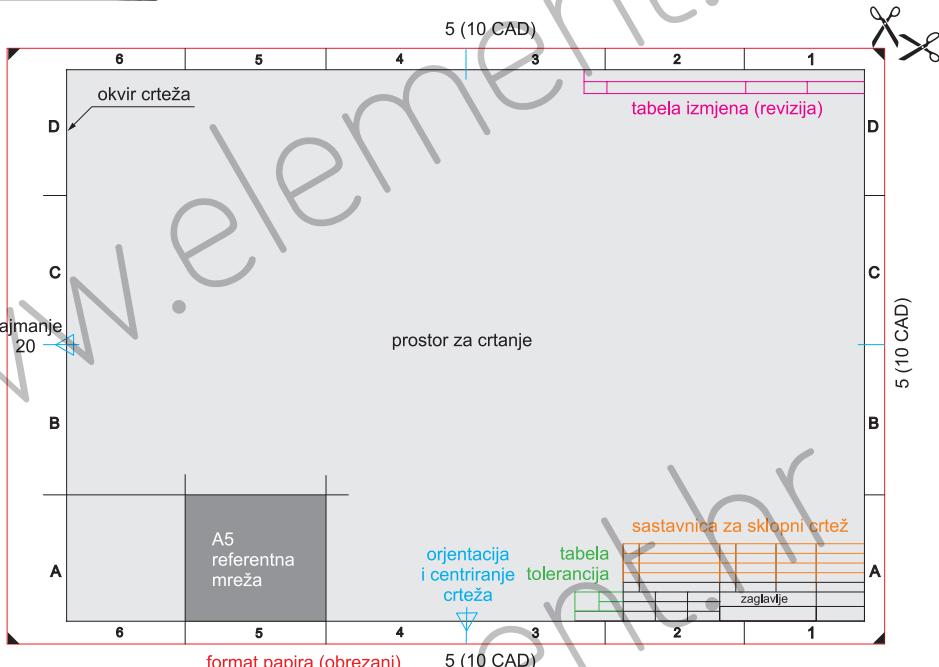


Slika 2-5

Formati tehničkih crteža

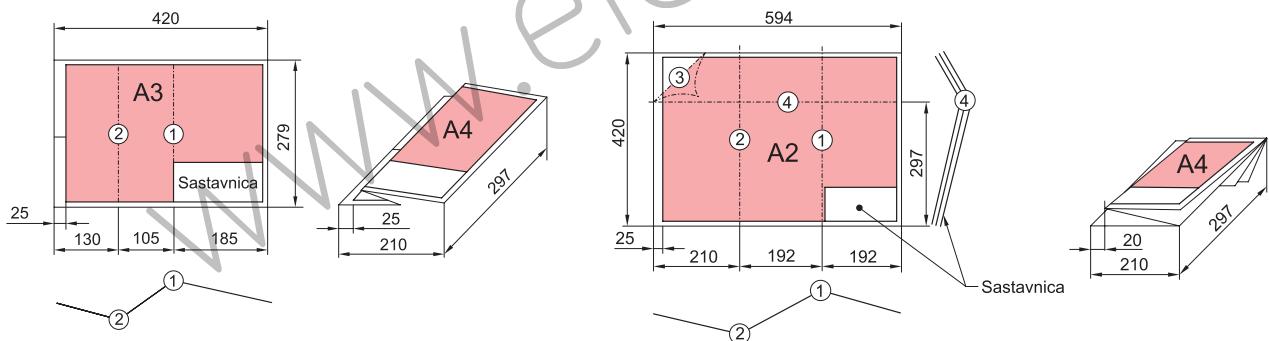
Format papira predstavlja veličinu papira na kojem je crtež. Najveći format papira je A0 iz kojeg se izvode svi manji formati papira. Omjer stranica formata A0 je $1:\sqrt{2}$, a površina 1 m^2 . Manji format papira nastaje prepolovljavanjem dulje stranice prethodno većeg formata (slika 2-5).

Na gotovom formatu je prema slici 2-6: okvir, koji daje graniče površine za crtanje (puna široka crta), prostor za crtanje, zaglavje (sastavnice za sastavne crteže), tablica tolerancija, tablica izmjena, referentna mreža, oznaka za orientaciju i centriranje crteža i oznaka za obrezivanje crteža.



Slika 2-6

Izgled formata crteža sa zaglavljem, sastavnicom i tablicom izmjena



Slika 2-7

Crtež presavijanja

Mape i registratori za ulaganje i arhiviranje crteža su A4 formata pa sve veće formate treba presaviti i složiti na veličinu A4 formata. Format se previja i slaže u vijek tako da je zaglavje crteža na prvoj stranici i dolje desno (slika 2-7).