



TOLERANCE MER

V poglavju Tolerance mer bomo spoznali:

- pojem toleranca mere,
- osnovne pojme za pojasnjevanje tolerance mere,
- splošne tolerance, standarde za tolerance prostih mer; odčitavali bomo dopustne odstopke in določali mejne mere za mere na tehniških risbah,
- tolerančni sistem ISO, tolerančna polja, stopnje toleranc, standard za tolerančni sistem ISO, na delavniških risbah bomo prepoznavali tolerirane mere po tolerančnem sistemu ISO in določali dopustne odstopke in mejne mere,
- kako tolerance mer podajamo na tehniških risbah,
- osnovne smernice za izbiro toleranc mer.

CILJI

- Ozavestimo, da ne moremo izdelati popolnoma identične mere, kot je zapisana na tehniški risbi, in da je odstopanje izdelane mere omejeno za pravilno delovanje celotnega stroja.
- Znamo pojasniti in s skico prikazati elemente tolerance: imensko mero, mejni meri, dejansko mero, velikost tolerance, tolerančno polje, ničelnico, zgornji odstopke mere, spodnji odstopke mere, dejanski odstopke mere.
- Znamo pojasniti splošne tolerance in vemo, katerim meram jih predpisujemo. Na tehniških risbah prepoznamo proste mere in s pomočjo standarda znamo določiti odstopke in s sliko predstaviti elemente tolerance.
- Znamo predstaviti tolerančni sistem ISO, pojasniti lege tolerančnih polj, poznamo njihove oznake, lege in tolerančne stopnje. Na tehniških risbah prepoznamo mere, tolerirane po tolerančnem sistemu ISO in s pomočjo standarda znamo določiti njihove odstopke in mejne mere.

Konstruktor v fazi razvijanja stroja predpiše za vsak element dovoljena odstopanja mer in oblike. Pri tem upošteva nalogo elementa v stroju, možnost izdelave, kontrole, montaže in ceno.

Dovoljena odstopanja imenujemo tolerance. Razlikujemo dve vrsti toleranc:

- tolerance dolžin in kotov in
- geometrične tolerance (tolerance oblike, lege, orientacije, teka).

Praviloma predpisujemo tolerance tistim meram, ki so pomembne za delovanje stroja.

Preostale mere imenujemo proste mere. Njihova odstopanja ne vplivajo na delovanje stroja, če so v mejah, ki jih določajo običajni obdelovalni postopki.

7.1 TOLERANCE

Ko element izdelamo po predpisani risbi, ugotovimo, da so dejanske dimenzije na elementu in oblike različne od tistih, predpisanih na risbi. Tudi če se zelo trudimo, ne bomo izdelali elementa s takimi dimenzijami in oblikami, kot so podane na risbi. Na to vpliva netočnost oziroma nepopolnost človeka, orodja, materiala, stroja in merilnega orodja.

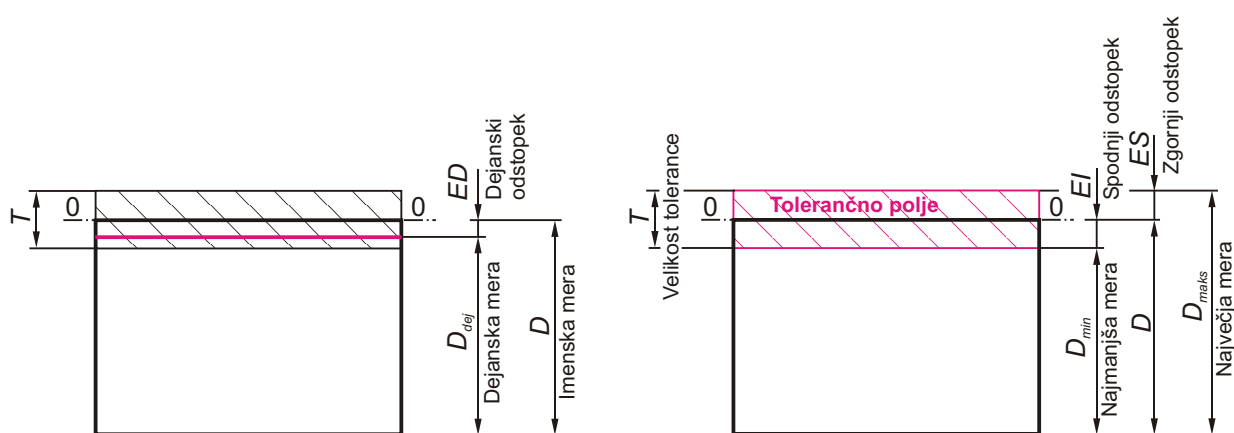
Za pravilno obratovanje stroja pa ugotovimo, da absolutna točnost mer in oblike delov, ki stoj sestavljajo, ni potrebna. Nekatere mere in oblika lahko bolj odstopajo od podanih, druge manj. Naloga konstruktorja je, da določi zahtevano točnost. Pri določanju odstopanj mora upoštevati nalogo dela v sestavu, možnost izdelave, kontrole in montaže ter ekonomičnost. Večja stopnja točnosti je zahtevana, dražji je stroj.

V fazi konstruiranja predpišemo dovoljena odstopanja ali tolerance. V splošnem razlikujemo:

- tolerance dolžin in kotov,
- geometrične tolerance.

Izbira različnih stopenj točnosti izdelave je odvisna tudi od velikosti proizvodnje. Tako je v maloserijski oziroma obrtniški proizvodnji, kjer se v celoti izdelajo stroji in se zaključna faza obdelave vrši pri montaži, velika stopnja točnosti stroja. To ima za posledico podoben postopek pri popravilu in vzdrževanju takšnega stoja, ki je zaradi tega dražje. Pri velikoserijski ali industrijski proizvodnji je izdelava in montaža ločena. Posamezne dele je treba sestaviti v funkcionalno celoto in jih zamenjati brez naknadne obdelave ali prilagajanja. Zaradi tega so tolerance ožje kot pri maloserijski proizvodnji, vzdrževanje pa enostavnejše in cenejše.

7.2 ELEMENTI TOLERANCE MERE



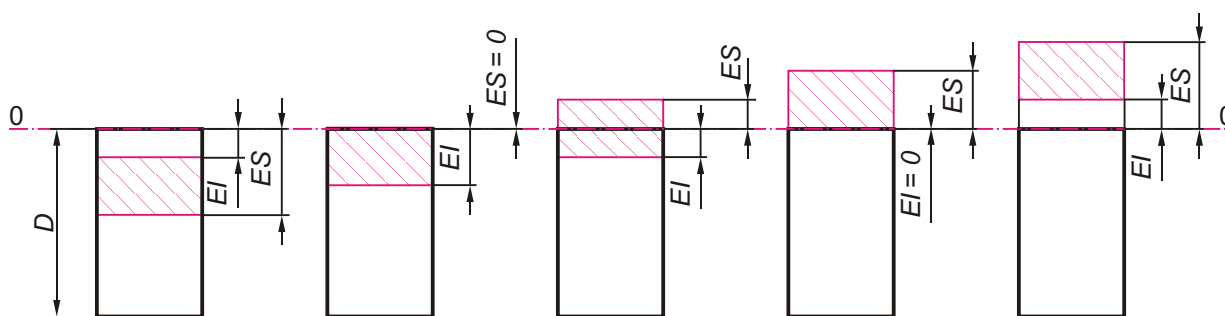
Slika 7.1: Veličine za opis tolerance mere: ničelnica (0-0), imenska mera (D), dejanska mera (D_{dej}), dejanski odstopak (ED), velikost tolerance (T), tolerančno polje, najmanjša mera (D_{min}), spodnji odstopak mere (EI), največja mera (D_{maks}), zgornji odstopak (ES)

Osnovne veličine za opis tolerance mere so definirane po tolerančnem sistemu ISO.

- **Imenska mera (D)** je na risbi predpisana dimenzija elementa. Lahko je celo število ali decimalno število.
- **Mejni meri** sta največja in najmanjša dovoljena mera za določeno dimenzijo. Med njima mora ležati dejanska mera. Tako je:
 - **največja mera (D_{maks})** največja še dovoljena mera za določeno dimenzijo in
 - **najmanjša mera (D_{min})** najmanjša še dovoljena mera za določeno dimenzijo.
- **Dejanska mera (D_{dej})** je vrednost določene dimenzije na izdelku. Ugotovimo jo z merjenjem. Ustrezna dejanska mera je tista, ki leži med mejnima merama oziroma leži v območju tolerančnega polja.
- Razlika med mejnima merama je **velikost tolerance (T)**. Pogosto jo imenujemo kar toleranca. Šrafirana površina med mejnima merama je **tolerančno polje**.
- **Ničelnica ($0-0$)** je črta, ki jo uporabljamo pri grafični ponazoritvi mejnih mer. Vedno leži na imenski meri in nanjo se podajajo odstopki in tolerance.
- **Odstopek** je razlika med mejno mero in imensko mero. Tako ločimo:
 - **zgornji odstopok mere (ES)**, ki je razlika med največjo mero in imensko mero, in
 - **spodnji odstopok mere (EI)**, ki je razlika med najmanjšo mero in imensko mero.
 - **Dejanski odstopok mere (ED)** pa je razlika med dejansko mero in imensko mero.

Elementi tolerance mere:

- imenska mera
- mejni meri
 - največja mera
 - najmanjša mera
- dejanska mera
- velikost tolerance
- tolerančno polje
- ničelnica
- odstopok
 - zgornji odstopok mere
 - spodnji odstopok mere
 - dejanski odstopok mere
- zunanja mera



Slika 7.2: Lega tolerančnega polja in vrednosti spodnjih in zgornjih odstopkov mer

- **Tolerančno polje** je določeno z imenskima odstopkoma. Imenski odstopok je lahko pozitiven, pomeni da ima pozitivni predznak in leži nad ničelnico, ali negativen, kar pomeni, da ima negativni predznak in leži pod ničelnico. Če sta oba odstopka pozitivna, leži tolerančno polje nad ničelnico, še sta oba negativna, leži tolerančno polje pod ničelnico, če je eden pozitiven, drugi negativen, leži tolerančno polje na ničelnici. V izjemnih primerih ima lahko eden od imenskih odstopkov tudi vrednost nič, kar pomeni, da leži na ničelnici. Tolerančno polje se takrat dotika ničelnice. Kakšni bodo imenski odstopki posamezne mere, je odvisno od naloge elementa v sestavu.

Večini mer ni treba predpisati zahtevnih toleranc za pravilno delovanje stroja. Takšne mere imenujemo proste mere. Za take mere je v glavi risbe zapisan standard, ki predpisuje dovoljena odstopanja, npr. SIST ISO 2786-m.

Splošne tolerance veljajo za:

- dolžinske mere,
- kotne mere,
- posnetja ostrih robov in zaokrožitve.

Razdeljene so v štiri tolerančne razrede:

- fina kvaliteta (f),
- srednja kvaliteta (m),
- groba kvaliteta (c),
- zelo groba kvaliteta (v).

- **Velikost tolerančnega polja** je odvisna od velikosti imenske mere in kvalitete izdelovalnega postopka. Določimo jo glede na namen uporabe elementa, pri tem pa ne zahtevamo nepotrebne natančnosti, ker s tem izdelek podražimo.

7.3 SPLOŠNE TOLERANCE MER

Večini mer ni treba predpisati zahtevnih toleranc za pravilno delovanje stroja. Dopustni odstopki so tako veliki, da jih dosežemo z običajnimi obdelovalnimi postopki. Takšne mere imenujemo proste mere. Zraven imenske mere nimajo nič zapisanega. Za take mere je v glavi risbe zapisan standard, ki predpisuje dovoljena odstopanja. Teh mer ne kontroliramo, razen v izjemnih primerih: večje odstopanje teže, vidne nepravilnosti ...

S standardom SIST ISO 2786 so za proste mere, izdelane z odvzemanjem materiala, določena največja dovoljena odstopanja. Za lite, kovane in varjene dele veljajo priporočila drugih standardov.

Splošne tolerance veljajo za:

- dolžinske mere,
- kotne mere,
- posnetja ostrih robov in zaokrožitve.

Splošne tolerance so razdeljene v štiri tolerančne razrede, glede na zahtevano stopnjo natančnosti:

- fina kvaliteta (f),
- srednja kvaliteta (m),
- groba kvaliteta (c),
- zelo groba kvaliteta (v).

Vrednosti splošnih toleranc za vse kvalitete so navedene v preglednicah:

- preglednica 7.1: Splošne tolerance dolžinskih mer,
- preglednica 7.2: Splošne tolerance kotov,
- preglednica 7.3: Splošne tolerance za zaokrožitve in posnetja ostrih robov.

Preglednica 7.1: Splošne tolerance dolžinskih mer

RAZRED TOLERANCE	Mejna odstopka v mm za območja imenskih mer v mm								
	od 0,5 do 3	nad 3 do 6	nad 6 do 30	nad 30 do 120	nad 120 do 400	nad 400 do 1000	nad 1000 do 2000	nad 2000 do 4000	nad 4000 do 8000
f (fino)	±0,05	±0,05	±0,1	±0,15	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	/
m (srednje)	±0,1	±0,1	±0,2	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3
c (grobo)	±0,15	±0,3	±0,5	±0,8	±1,2	±2	±3	±4	±4
v (zelo grobo)	/	±0,5	±1	±1,5	±2	±4	±6	±6	±8

* Za dolžinske mere, manjše od 0,5 mm, podajamo mejna odstopka zraven imenske mere.

Preglednica 7.2: Splošne tolerance kotov

RAZRED TOLERANCE	Mejna odstopka kota v ° in ´ za območja imenskih mer v °				
	do 10	nad 10 do 50	nad 50 do 120	nad 120 do 400	nad 400
f (fino) in m (srednje)	± 1°	± 0°30´	± 0°20´	± 0°10´	± 0°5´
c (grobo)	± 1°30´	± 1°	± 0°30´	± 0°15´	± 0°10´
v (zelo grobo)	± 3°	± 1°	± 1°	± 0°30´	± 0°20´

Preglednica 7.3: Splošne tolerance za zaokrožitve in posnetja ostrih robov

RAZRED TOLERANCE	Mejna odstopka v mm za območja imenskih mer v mm				
	od 0,5 do 3	nad 3 do 6	nad 6 do 30	nad 30 do 120	nad 120 do 400
f (fino) in m (srednje)	± 0,2	± 0,5	± 1	± 2	± 4
c (grobo) in v (zelo grobo)	± 0,4	± 1	± 2	± 4	± 8

* Za zaokrožitve in posnetja, manjša od 0,5 mm, podajamo mejna odstopka zraven imenske mere.

Splošne tolerance podamo v glavi risbe tako, da zapišemo standard in razred tolerance v glavi risbe, npr. SIST ISO 2786-m, ali zapišemo opombo ob glavi risbe, npr. Splošne tolerance dolžin, kotov, zaokrožitev in posnetij po SISI ISO-m.

7.4 TOLERANCE MER PO TOLERANČNEM SISTEMU ISO

Praviloma predpisujemo tolerance tistim meram, ki so pomembne za delovanje stroja. Tolerance so predpisane po tolerančnem sistemu ISO. Ta je prirejen za tolerance premerov, uporablja pa se za vse dolžinske mere. Sistem razlikuje notranje in zunanje mere.

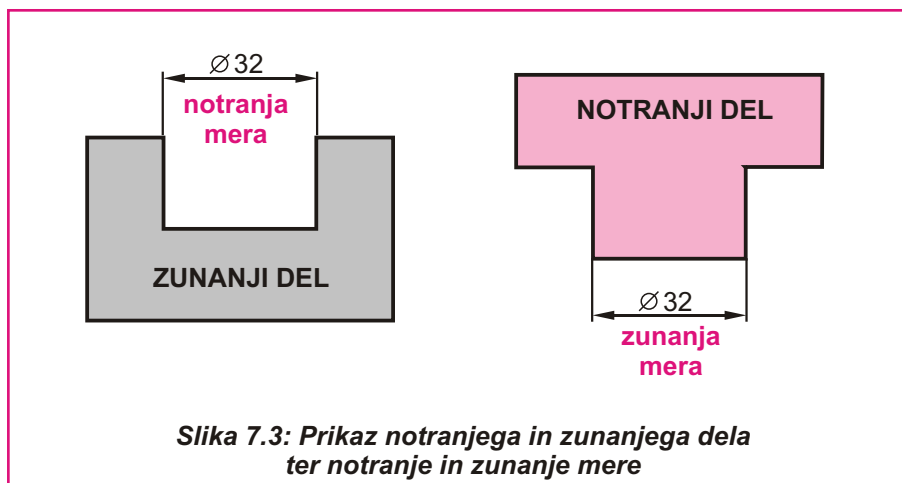
- **Zunanja mera** je predstavljena s premerom čepa. Pri merjenju se dotikalne površine merilnega instrumenta nahajajo zunaj merjene dolžine.
- **Notranja mera** je predstavljena s premerom izvrtine. Pri merjenju se dotikalne površine merilnega instrumenta nahajajo znotraj merjene dolžine.

Notranja mera je na zunanjem elementu, ki objame notranji element, zunanja mera pa je na notranjem elementu, ki je vstavljen v zunanji element.



Praviloma predpisujemo tolerance tistim meram, ki so pomembne za delovanje stroja. Sistem toleranc je predpisan s standardom SIST ISO 286 in velja za vse dolžinske mere strojnih delov, razen delov z navoji, kotalne ležaje in zobnike.

Na zunanjem delu je notranja mera in obratno, na notranjem delu je zunanja mera.



Po tolerančnem sistemu ISO označujemo lego tolančnega polja s črkami, velikost tolerančnega polja pa s številkami.

7.4.1 Lega tolerančnega polja po ISO tolerančnem sistemu

Legu tolerančnega polja po tolerančnem sistemu ISO označujemo s črkami.

Tolerančna polja označujemo:

- Z VELIKIMI ČRKAMI ANGLEŠKE ABECEDA ZA NOTRANJE MERE,
- z malimi črkami angleške abecede za zunanje mere.

Tolerančna polja za notranje mere (premer izvrtine) označujemo z velikimi črkami, tolerančna polja za zunanje mere (premer čepa) pa z malimi črkami. Za zunanje in notranje mere se uporabljajo črke angleške abecede od a (A) do z (Z). Črke i, l, L, o, O, q, Q, w in W so izpuščene. Za potrebe finomehanike in urarstva pa so bila uvedena še vmesna tolerančna polja cd, CD, ef, EF, fg, FG, js in JS. Poleg navedenih so dodana še tolerančna polja za, ZA, zb, ZB, zc in ZC.

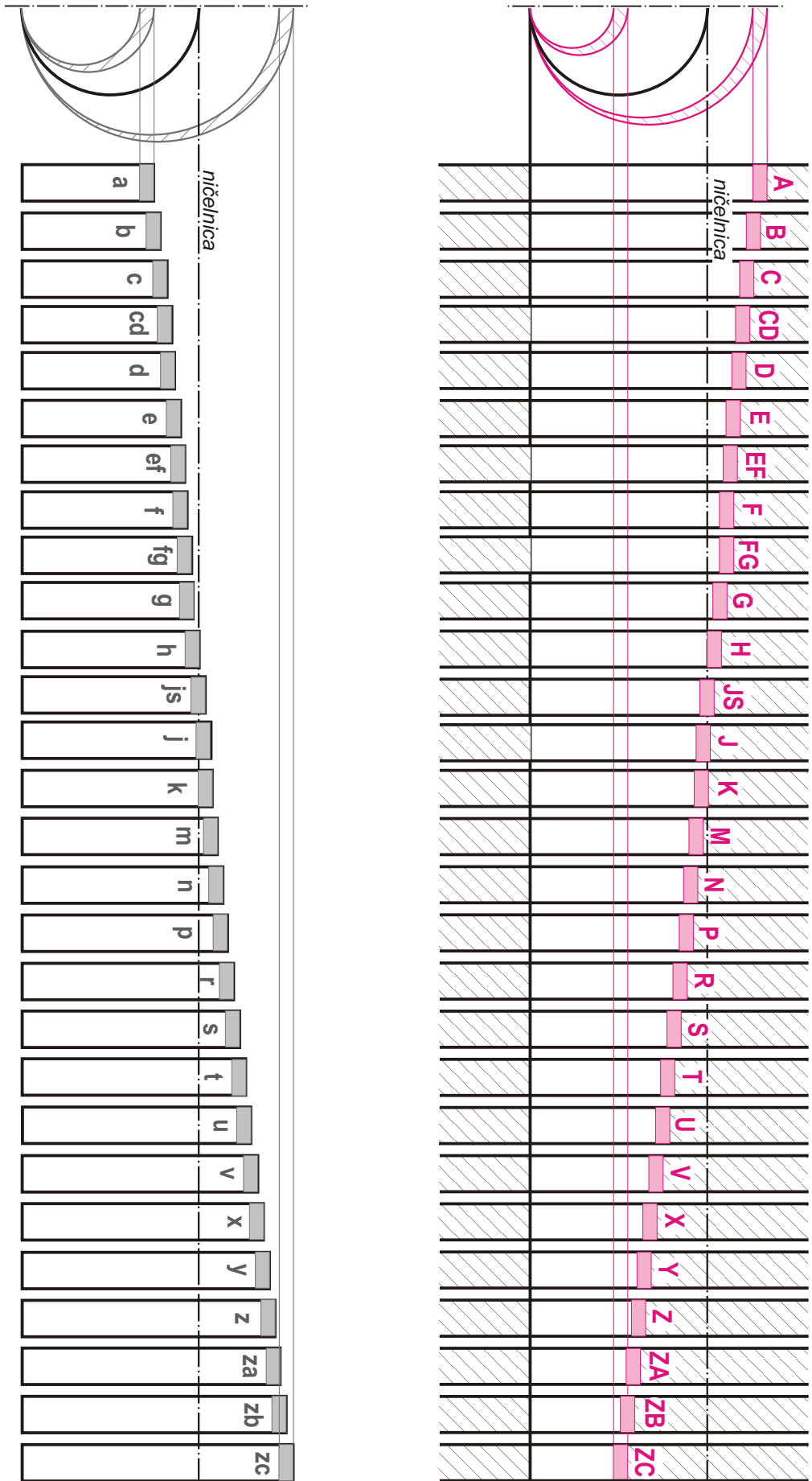
Notranje mere

Tolerančna polja od A do G imajo oba odstopka pozitivna. Tolerančno polje H ima zgornji odstopke pozitiven, spodnji pa ima vrednost nič. Tolerančno polje JS je simetrično glede na ničelnico. Zgornji odstopke ima pozitivno vrednost, spodnji negativno, po velikosti pa sta enaka. Tolerančni polji J in K sta nesimetrični glede na ničelnico. Tolerančna polja od M do ZC imajo oba odstopka negativna.

Zunanje mere

Tolerančna polja od a do g imajo oba odstopka negativna. Tolerančno polje h ima spodnji odstopke negativen, zgornji pa ima vrednost nič. Tolerančno polje js je simetrično glede na ničelnico; ima oba odstopka enaka, vendar različnega predznaka. Tolerančno polje j je nesimetrično glede na ničelnico. Tolerančna polja od k do zc imajo oba odstopka pozitivna.

Pri enakih črkah ($\varnothing 20A$, $\varnothing 20a$) za premer izvrtine (A) in čepa (a) leži tolerančno polje enako odmaknjeno od ničelnice, vendar v nasprotnih smereh, ker imajo odstopki različne predznake.



Slika 7.4: Prikaz lege tolerančnih polj za notranje in zunanje mere po tolerančnem sistemu ISO

Tolerančni sistem ISO določa velikost tolerančnega polja glede na kvaliteto izdelovalnega postopka in velikost imenske mere.

Do 500 mm loči glede na kvaliteto izdelave 20 tolerančnih stopenj: IT 00, IT 0, IT 1, IT 2, IT 3, IT 4, IT 5, IT 6, IT 7, IT 8, IT 9, IT 10, IT 11, IT 12, IT 13, IT 14, IT 15, IT 16, IT 17, IT 18, za imenske mere nad 500 mm pa 18 tolerančnih stopenj od IT 1 do IT 18.

Standard SIST ISO 286 opisuje izračun mejnih odstopkov v odvisnosti od imenske mere in izbrane tolerančne stopnje. Za najbolj pogosto uporabljene tolerance so odstopki izračunani v različnih priročnikih.

7.4.2 Velikost tolerančnega polja po tolerančnem Sistemu ISO

Tolerančni sistem ISO določa velikost tolerančnega polja glede na kvaliteto izdelovalnega postopka in velikost imenskih mer. Za imenske mere do 500 mm loči glede na natančnost izdelave 20 kakovosti izdelave ali tolerančnih stopenj, za imenske mere nad 500 mm pa 18 tolerančnih stopenj. Tolerančne stopnje so označene IT 00, IT 01, IT 1, IT 2 do IT 18. Tolerančna stopnja IT 00 ima najmanjše tolerančno polje in zahteva največjo natančnost izdelave. S številko se tolerančno polje večja, prav tako pa je dovoljena večja nenatančnost v izdelavi.

V praksi velikosti tolerančnih polj določamo glede na uporabo izdelkov. Tako se tolerančne stopnje IT 00, IT 0, IT 1, IT 2, IT 3 in IT 4 uporabljajo le za precizni merilni pribor, IT 5, IT 6 in IT 7 za merila, ki so namenjena delavniški kontroli. Tolerančne stopnje od IT 5 do IT 11 se uporabljajo v splošnem strojništvu, IT 5 do IT 7 za najboljše kvalitete izdelave, IT 6 do IT 9 za srednje kvalitete izdelave, IT 9 do IT 11 za grobo kvaliteto izdelave. Tolerančne stopnje od IT 12 do IT 18 se uporabljajo za kovane, lite in grobo obdelane polproizvode.

Preglednica 7.5: Smernice za izbiro tolerančne stopnje glede na uporabo strojnega dela

Področje uporabe	IT-tolerančna stopnja																			
	01	00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
merilni pribor	precizna merila						merila za delavniško kontrolo													
							najboljša kvaliteta													
splošno strojništvo							kvalitetna izdelava													
							srednja izdelava													
							groba izdelava													
										grobe tolerance za kovane, lite in grobo obdelane polproizvode										

Pri izbrani IT-tolerančni stopnji se velikost tolerančnega polja večja z imensko mero. Postopek določanja odstopkov za posamezne tolerančne stopnje in imenske mere podrobno opisuje standard SIST ISO 286.

Tolerančni sistem ISO ponuja zelo širok izbor toleranc, s katerimi je mogoče zadovoljiti vsem zahtevam, ki jih morajo strojni elementi imeti. Najpogosteje uporabljene tolerance v strojništvu so podane v preglednici 7.5: Mejni odstopki izbranih toleranc za zunanje mere po SIST ISO 286 in preglednici 7.6: Mejni odstopki izbranih toleranc za notranje mere po SIST ISO 286.

Preglednica 7.6: Mejni ostopki izbranih toleranc za zunanje mere po SIST ISO 286 v m

Imenska mera v mm	Vrednosti odstopkov za mere gredi v m																Imenska mera v mm	
	a 11	c 11	d 9	e 8	f 7	g 6	h 6	h 8	h 9	h 11	j 6	k 6	n 6	r 6	s 6	u 8		x 8
do 3	-270 -330	-60 -120	-20 -45	-14 -28	-6 -16	-2 -8	0 -6	0 -14	0 -25	0 -60	+4 -2	+6 0	+10 +40	+16 +10	+20 +14	+32 +18	+34 +20	do 3
nad 3 do 6	-270 -345	-70 -145	-30 -60	-20 -38	-10 -22	-4 -12	0 -8	0 -18	0 -30	0 -75	+6 -2	+9 +1	+16 +8	+23 +15	+27 +19	+41 +23	+46 +28	nad 3 do 6
nad 6 do 10	-280 -370	-80 -170	-40 -76	-25 -47	-13 -28	-5 -14	0 -9	0 -22	0 -36	0 -90	+7 -2	+10 +1	+19 +10	+28 +19	+32 +23	+50 +28	+56 +34	nad 6 do 10
nad 10 do 18	-290 -400	-95 -205	-50 -93	-32 -59	-16 -34	-6 -17	0 -11	0 -27	0 -43	0 -110	+8 -3	+12 +1	+23 +12	+34 +23	+39 +28	+60 +33	+67 / +40 +72 / +45	nad 10 do 14 nad 14 do 18
nad 18 do 30	-300 -430	-110 -240	-65 -117	-40 -73	-20 -41	-7 -20	0 -13	0 -33	0 -52	0 -130	+9 -4	+15 +2	+28 +15	+41 +28	+48 +35	+74 / +41 +81 / +48	+87 / +54 +97 / +64	nad 18 do 24 nad 24 do 30
nad 30 do 40	-310 -470	-120 -280	-80 -142	-50 -89	-25 -50	-9 -25	0 -16	0 -39	0 -62	0 -160	+11 -5	+18 +2	+33 +17	+50 +34	+59 +43	+99 +60	+119 +80	nad 30 do 40
nad 40 do 50	-320 -480	-130 -290	-90 -142	-50 -89	-25 -50	-9 -25	0 -16	0 -39	0 -62	0 -160	+11 -5	+18 +2	+33 +17	+50 +34	+59 +43	+109 +70	+136 +97	nad 40 do 50
nad 50 do 65	-340 -530	-140 -330	-100 -174	-60 -106	-30 -60	-10 -29	0 -19	0 -46	0 -74	0 -190	+12 -7	+21 +2	+39 +20	+60 +41	+72 +53	+133 +87	+168 +122	nad 50 do 65
nad 65 do 80	-360 -550	-150 -340	-110 -174	-70 -106	-40 -60	-10 -29	0 -19	0 -46	0 -74	0 -190	+12 -7	+21 +2	+39 +20	+62 +43	+78 +59	+148 +102	+192 +146	nad 65 do 80
nad 80 do 100	-380 -600	-170 -390	-120 -207	-72 -126	-36 -71	-12 -34	0 -22	0 -54	0 -87	0 -220	+13 -9	+25 +3	+45 +25	+73 +51	+93 +71	+178 +124	+232 +178	nad 80 do 100
nad 100 do 120	-410 -630	-180 -400	-120 -207	-72 -126	-36 -71	-12 -34	0 -22	0 -54	0 -87	0 -220	+13 -9	+25 +3	+45 +25	+76 +54	+101 +79	+198 +144	+264 +210	nad 100 do 120
nad 120 do 140	-460 -710	-200 -450	-145 -245	-85 -148	-43 -83	-14 -39	0 -25	0 -63	0 -100	0 -250	+14 -11	+28 +3	+52 +27	+88 +63	+117 +92	+233 +170	+311 +248	nad 120 do 140
nad 140 do 160	-520 -770	-210 -460	-145 -245	-85 -148	-43 -83	-14 -39	0 -25	0 -63	0 -100	0 -250	+14 -11	+28 +3	+52 +27	+90 +65	+125 +100	+253 +190	+343 +280	nad 140 do 160
nad 160 do 180	-580 -830	-230 -480	-170 -285	-100 -172	-50 -96	-15 -44	0 -29	0 -72	0 -115	0 -290	+16 -13	+33 +4	+60 +31	+93 +68	+133 +108	+273 +210	+373 +310	nad 160 do 180
nad 180 do 200	-660 -950	-240 -530	-170 -285	-100 -172	-50 -96	-15 -44	0 -29	0 -72	0 -115	0 -290	+16 -13	+33 +4	+60 +31	+106 +77	+151 +122	+308 +236	+422 +360	nad 180 do 200
nad 200 do 225	-740 -1030	-260 -550	-170 -285	-100 -172	-50 -96	-15 -44	0 -29	0 -72	0 -115	0 -290	+16 -13	+33 +4	+60 +31	+109 +80	+260 -550	+356 +284	+497 +425	nad 200 do 225
nad 225 do 250	-820 -1110	-280 -570	-170 -285	-100 -172	-50 -96	-15 -44	0 -29	0 -72	0 -115	0 -290	+16 -13	+33 +4	+60 +31	+113 +84	+169 +140	+356 +284	+497 +425	nad 225 do 250
nad 250 do 280	-920 -1240	-300 -620	-190 -320	-110 -191	-56 -108	-17 -49	0 -32	0 -81	0 -130	0 -320	+16 -16	+36 +4	+66 +34	+126 +94	+190 +158	+396 +315	+556 +475	nad 250 do 280
nad 280 do 315	-1050 -1370	-330 -650	-190 -320	-110 -191	-56 -108	-17 -49	0 -32	0 -81	0 -130	0 -320	+16 -16	+36 +4	+66 +34	-1050 -1370	-1050 -1370	-1050 -1370	-1050 -1370	nad 280 do 315
nad 315 do 355	-1200 -1560	-360 -720	-210 -350	-125 -214	-62 -119	-18 -54	0 -36	0 -89	0 -140	0 -360	+18 -18	+40 +4	+73 +37	+144 +108	+226 +190	+479 +390	+679 +590	nad 315 do 355
nad 355 do 400	-1350 -1710	-400 -760	-210 -350	-125 -214	-62 -119	-18 -54	0 -36	0 -89	0 -140	0 -360	+18 -18	+40 +4	+73 +37	+150 +114	+244 +208	+524 +435	+749 +660	nad 355 do 400
nad 400 do 450	-1500 -1900	-440 -840	-230 -385	-135 -232	-68 -131	-20 -60	0 -40	0 -97	0 -155	0 -400	+20 -20	+45 +5	+80 +40	+166 +126	+272 +232	+587 +490	+837 +740	nad 400 do 450
nad 450 do 500	-1650 -2050	-480 -880	-230 -385	-135 -232	-68 -131	-20 -60	0 -40	0 -97	0 -155	0 -400	+20 -20	+45 +5	+80 +40	+172 +132	+292 +252	+637 +540	+917 +820	nad 450 do 500

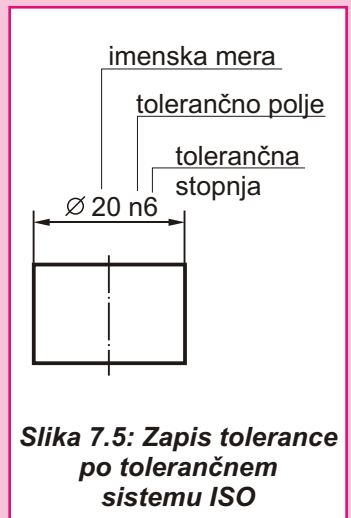
Preglednica 7.7: Mejni ostopki izbranih toleranc za notranje mere po SIST ISO 286 v m

Vrednosti odstopkov za mere lukenj v m																
Imenska mera v mm	A 11	C 11	D 10	E 9	F 8	G 7	H 6	H 7	H 8	H 9	H 11	J 6	P 8	P 9	N 9	Imenska mera v mm
do 3	+330 +270	+120 +60	+60 +20	+39 +14	+20 0	+12 0	+6 0	+10 0	+14 0	+25 0	+60 0	+2 -4	-6 -20	-6 -31	-4 -29	do 3
nad 3 do 6	+345 +270	+145 +70	+78 +30	+50 +20	+28 +10	+16 +4	+8 0	+12 0	+18 0	+30 0	+75 0	+5 -3	-12 -30	-12 -42	0 -30	nad 3 do 6
nad 6 do 10	+370 +280	+170 +80	+98 +40	+61 +25	+35 +13	+20 +5	+9 0	+15 0	+22 0	+36 0	+90 0	+5 -4	-15 -37	-15 -51	0 -36	nad 6 do 10
nad 10 do 18	+400 +290	+205 +95	+120 +50	+75 +32	+43 +16	+24 +6	+11 0	+18 0	+27 0	+43 0	+110 0	+6 -5	-18 -45	-18 -61	0 -43	nad 10 do 18
nad 18 do 30	+430 +300	+240 +110	+149 +65	+92 +40	+53 +20	+28 +7	+13 0	+21 0	+33 0	+52 0	+130 0	+8 -5	-22 -55	-22 -74	0 -52	nad 18 do 30
nad 30 do 40	+470 +310	+280 +120	+180 +80	+112 +50	+64 +25	+34 +9	+16 0	+25 0	+39 0	+62 0	+160 0	+10 -6	-26 -65	-26 -88	0 -62	nad 30 do 40
nad 40 do 50	+480 +320	+290 +130	+80 +30	+50 +20	+25 +9	+9 +3	+0 0	+0 0	+0 0	+0 0	+0 0	+0 0	+0 0	+0 0	+0 0	nad 40 do 50
nad 50 do 65	+530 +340	+330 +140	+220 +100	+134 +60	+76 +30	+40 +10	+19 0	+30 0	+46 0	+74 0	+190 0	+13 -6	-32 -78	-32 -106	0 -74	nad 50 do 65
nad 65 do 80	+550 +360	+340 +150	+260 +120	+159 +72	+90 +36	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+220 0	+16 -6	-37 -91	-37 -124	0 -87	nad 65 do 80
nad 80 do 100	+600 +380	+390 +170	+260 +120	+159 +72	+90 +36	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+220 0	+16 -6	-37 -91	-37 -124	0 -87	nad 80 do 100
nad 100 do 120	+630 +410	+400 +180	+260 +120	+159 +72	+90 +36	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+220 0	+16 -6	-37 -91	-37 -124	0 -87	nad 100 do 120
nad 120 do 140	+710 +460	+450 +200	+260 +120	+159 +72	+90 +36	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+220 0	+16 -6	-37 -91	-37 -124	0 -87	nad 120 do 140
nad 140 do 160	+770 +520	+460 +210	+305 +145	+185 +85	+106 +43	+54 +14	+25 0	+40 0	+63 0	+100 0	+250 0	+18 -7	-43 -106	-43 -143	0 -100	nad 140 do 160
nad 160 do 180	+830 +580	+480 +230	+260 +120	+159 +72	+90 +36	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+220 0	+16 -6	-37 -91	-37 -124	0 -87	nad 160 do 180
nad 180 do 200	+950 +660	+530 +240	+260 +120	+159 +72	+90 +36	+47 +12	+22 0	+35 0	+54 0	+87 0	+220 0	+16 -6	-37 -91	-37 -124	0 -87	nad 180 do 200
nad 200 do 225	+1030 +740	+550 +260	+355 +170	+215 +100	+122 +50	+61 +15	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+290 0	+22 -7	-50 -122	-50 -165	0 -115	nad 200 do 225
nad 225 do 250	+1110 +820	+570 +280	+355 +170	+215 +100	+122 +50	+61 +15	+29 0	+46 0	+72 0	+115 0	+290 0	+22 -7	-50 -122	-50 -165	0 -115	nad 225 do 250
nad 250 do 280	+1240 +920	+620 +300	+400 +190	+240 +110	+137 +56	+69 +17	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+320 0	+25 -7	-56 -137	-56 -186	0 -130	nad 250 do 280
nad 280 do 315	+1370 +1050	+650 +330	+400 +190	+240 +110	+137 +56	+69 +17	+32 0	+52 0	+81 0	+130 0	+320 0	+25 -7	-56 -137	-56 -186	0 -130	nad 280 do 315
nad 315 do 355	+1560 +1200	+720 +360	+440 +210	+265 +125	+151 +62	+75 +18	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+360 0	+29 -7	-62 -151	-62 -202	0 -140	nad 315 do 355
nad 355 do 400	+1710 +1350	+760 +400	+440 +210	+265 +125	+151 +62	+75 +18	+36 0	+57 0	+89 0	+140 0	+360 0	+29 -7	-62 -151	-62 -202	0 -140	nad 355 do 400
nad 400 do 450	+1900 +1500	+840 +440	+480 +230	+290 +135	+165 +68	+83 +20	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+400 0	+33 -7	-68 -165	-68 -223	0 -155	nad 400 do 450
nad 450 do 500	+2050 +1650	+880 +480	+480 +230	+290 +135	+165 +68	+83 +20	+40 0	+63 0	+97 0	+155 0	+400 0	+33 -7	-68 -165	-68 -223	0 -155	nad 450 do 500

7.4.3 Označevanje toleranc po tolerančnem sistemu ISO na delavniških risbah

Tolerance za posamezne mere predpišemo strojnim delom na delavniški risbi. Toleranco podamo tako, da za imensko mero zapišemo črko, ki podaja lego tolerančnega polja, in številko, ki podaja zahtevano IT-tolerančno stopnjo.

Za vsako predpisano toleranco mora biti na delavniški risbi posebna tabela, v kateri sta podana mejna odstopka ali mejni meri. Mejna odstopka sta v tabeli zapisana v enakih enotah, kot je imenska mera, se pravi v milimetrih. V preglednici 7.5 in 7.6 so odstopki podani v mikrometrih in jih je treba pretvotiti v milimetre. To naredimo tako, da velikost odstopka, ki je zapisana v preglednici, delimo s 1000. Mejna odstopka ali mejni meri pa lahko po želji zapišemo tudi zraven označbe tolerance. Zapisati ju moramo v oklepaju in v enakih enotah kot je imenska mera.



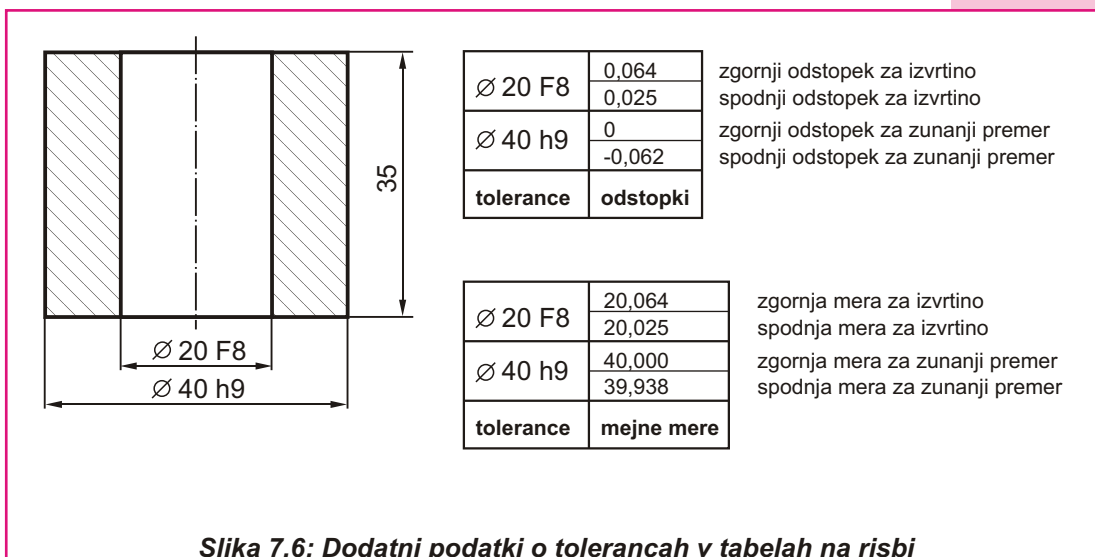
Slika 7.5: Zapis tolerance po tolerančnem sistemu ISO

Preglednica 7.6

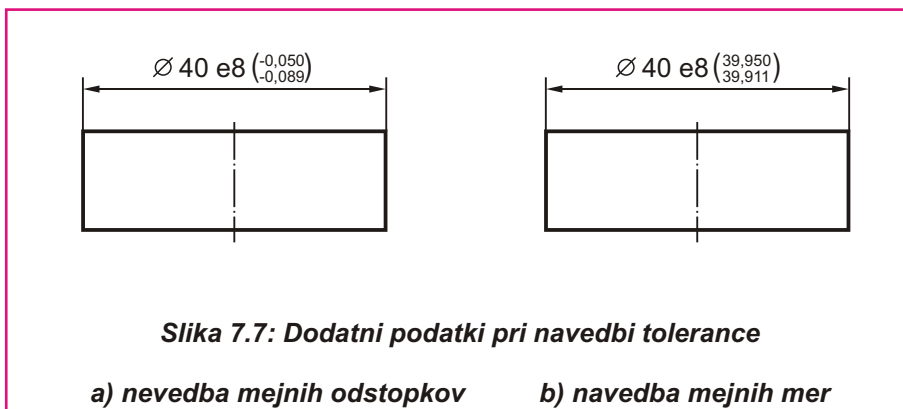
Imenska mera	Toleranca F8	
nad 18	+53	: 1000
do 24	+20	: 1000

∅ 20 F8	0,053	∅ 20 F8	20,053
	0,020		20,020
tolerance	odstopki	tolerance	mejne mere

Delovni zvezek
VAJA 35



Slika 7.6: Dodatni podatki o tolerancah v tabelah na risbi



Delovni zvezek
VAJA 36

Tolerance lahko podamo tudi neposredno zraven imenske mere z navedbo mejnih odstopkov.



Tolerance kotov podajamo z navedbo mejnih odstopkov ali z navedbo mejnih mer. Za kote nikoli ne uporabljamo tolerančnega sistema ISO.



7.5 TOLERANCE, PODANE NEPOSREDNO Z ODSTOPKI

Dolžinskim meram lahko določimo tolerance tudi tako, da odstopke zapišemo neposredno za imensko mero. V tem primeru sta odstopka zapisana nekoliko manjše od imenske mere in je zgornji zapisan nekoliko višje, spodnji pa nekoliko nižje od imenske mere. Odstopke podamo v enakih enotah, kot je imenska mera.

$\varnothing 32 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ -0,3 \end{smallmatrix}$ Zgornji odstopke je zapisan nekoliko višje, spodnji pa nekoliko nižje od imenske mere. Če predznak ni napisan, se privzame pozitiven predznak.

$\varnothing 32 \pm 0,2$ Odstopka enakih velikosti zapišemo z eno številko in obema predznakoma. Plus velja za zgornji odstopke, minus pa za spodnji odstopke.

$\varnothing 32 +0,2/ 0,3$ Pri poenostavljenem zapisu odstopkov lahko odstopke pišemo enake velikosti kot imensko mero. Ločimo ju s poševno črto.

$\varnothing 32 \begin{smallmatrix} +0,2 \\ 0 \end{smallmatrix}$ $\varnothing 32 +0,2$

Ničelni odstopke lahko izpustimo, če je pri tem izključena pomota.

Slika 7.8: Podajanje odstopkov zraven imenskih mer

Tolerance kotov podajamo z navedbo mejnih odstopkov ali z navedbo mejnih mer. Odstopke in mere navajamo v stopinjah kot decimalna števila ali navedemo stopinje, kotne minute in kotne sekunde.

$60^\circ \begin{smallmatrix} +0,340'' \\ -0,455'' \end{smallmatrix}$ $60^\circ \begin{smallmatrix} +0^\circ 20' 24'' \\ -0^\circ 27' 18'' \end{smallmatrix}$

Slika 7.9: Tolerance kotov z navedbo mejnih odstopkov