



ŠOLSKI CENTER VELENJE
VIŠJA STROKOVNA ŠOLA

Osnove strojništva

/ vaje /

študij mehatronike, leto 2011/12



Pripravila: Uroš Lukič, univ.dipl.inž.
Hrovat Jože, dipl.inž.

Avtor:
Pregledal:
Datum:

1.STANDARDI

SIST - Slovenski nacionalni standard

ISO (International Organization for Standardization) – je pristojen za vse standarde razen za elektrotehnične.

IEC (International Electrotechnical Commission)

DIN (Deutsches Institut für Normung)

EN (European Norms)

GOST (Rusija); **UNI** (Italija); **NF** (Francija); **BS** (Velika Britanija); **ASA** (USA) ...

SIST ISO, SIST DIN, SIST EN, DIN IEC, DIN EN...

Standardi so neobvezni dokumenti, ki jih lahko vsakdo prostovoljno uporablja. Obveznost uporabe standardov lahko izhaja iz tehničnih predpisov, pogodb ali drugih pravnih temeljev.

USM – urad za standardizacijo in meroslovje

Standard za vodenje in zagotavljanje kakovosti **ISO 9000**:

standard ISO 9001 - se nanaša na kakovost proizvoda v fazah razvoja/ konstruiranja, proizvodnje, vgradnje in servisiranja.

standard ISO 9002 - se nanaša na model zagotavljanja kakovosti proizvoda v fazah proizvodnje in vgradnje.

standard ISO 9003 - se nanaša na model zagotavljanja kakovosti v fazah končne kontrole in preizkušanja.

standard ISO 9004 - se nanaša na vodenje kakovosti in elementi sistema kakovosti – navodila. Standard ISO 9004, ki je v bistvu "most" k celovitemu vodenju kakovosti, obravnava tako "učinkovitost" kot "ekonomičnost" sistema, tj. kako stvari pravilno narediti, da bo zagotovljen uspeh organizacije.

standard ISO 14000 – je mednarodni standard, ki se uporablja za ravnanje z okoljem

standard ISO 18000 - je mednarodni standard za varstvo pri delu.

MERILNI POGREŠEK

Odstopki od prave vrednosti zaradi nepopolnosti merilne naprave so merilni pogoški.

POGREŠEK = DEJANSKI RAZBIREK minus IMENSKI RAZBIREK (npr. mera kladice)

Pogrešek je torej pozitiven, če je mera ali vrednost prevelika ali če merilna naprava pokaže preveliko vrednost oziroma negativen, če je mera ali vrednost premajhna ali če merilna naprava pokaže premalo vrednost. Če želimo izmerjeno vrednost ali razbirek merilne naprave popraviti, moramo pogrešek odšteti.

Pogrešek lahko podamo tudi kot absolutni pogrešek vezan z mersko enoto, oziroma kot relativni ali kot procentualni pogrešek.

VRSTE POGREŠKOV

Čeprav so vzroki za nastanek pogreška zelo različni in delujejo v praksi sočasno, je primerno pri analizi merilnih pogreškov, da celotni merilni pogrešek razmejimo po vzrokih nastanka v **grobe, sistematične in slučajne pogreške**.

GROBI POGREŠKI

Grobi pogreški temeljijo na pomoti, napačnem ali pomanjkljivem razbiranju razbirka na merilni napravi, na grobih napakah in okvarah merilne naprave ali na močnih zunanjih motilnih vplivih. Grobi pogreški se lahko odkrijejo in preprečijo z večkratnim ponavljanjem, merjenja in skrbnim delom merilca.

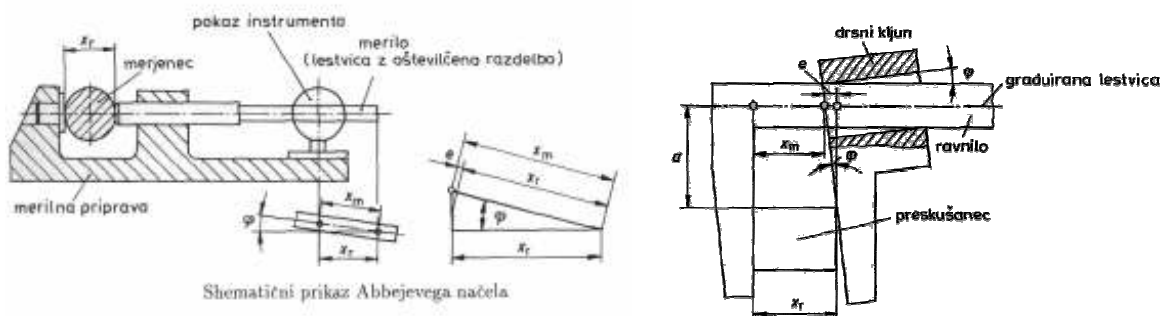
SISTEMATIČNI POGREŠKI

Sistematični pogreški predstavljajo skupino pogreškov, ki **imajo pri enakih pogojih vedno enako vrednost in predznak ali se spreminjajo po določenem matematičnem zakonu v odvisnosti od časa**. Sistematične pogreške lahko izračunamo, določimo s primerjavo z merilnimi napravami z manjšo merilno nezanesljivostjo ali spoznamo s spremembo merilne metode. Načelno jih je mogoče določiti. Nekatere med njimi si podrobneje ogledjmo:

Pogreški zaradi nepopolnosti merilnih naprav izhajajo iz nenatančno izdelanih konstrukcijskih elementov in sklopov in iz nenatančne montaže elementov in sklopov merilne naprave.

Pogreški zaradi pomanjkljive merilne metode. Pri sestavljenih merilnih napravah (npr. iz mehničnega in nemehničnega dela vizirne naprave, merilne normale ipd.) nastanejo zaradi vodenja delov v vodilih merilni pogreški.

Komparatorski princip se glasi: merilna normala in merjenec morata biti postavljena drug za drugim na isti osi in ne drug poleg drugega.



Vzporedne namestitve merjenca in merilne naprave se izogibamo, zaradi pojava pogreška prvega reda, če se temu ni mogoče izogniti, potem naj bo razdalja čim manjša. Opisana namestitev pa se pogosto uporablja npr. pri pomičnih merilih.

Pogrešek zaradi merilca:

Paralaksa je pogrešek, ki nastane kot posledica poševnega razbiranja izmerjene vrednosti, ko kazalec ali ničelna označba merila ne leži v isti ravnini s skalo. Da zmanjšamo možen

pogrešek zaradi paralakse, uporabljamo tanka ravnila, poševno posnete vzdolžne robove ravnil oz. meril pri merilni napravi z analognim kazalnikom z uporabo skale z ogledalom.

Pogreški zaradi vpliva okolice so lahko določljivi (zaradi vpliva temperature, zračnega tlaka in relativne vlage zraka) ali nedoločljivi (zaradi vpliva osvetlitve, vibracij, vsebnosti prahu v zraku, pri električnih merilnih napravah zaradi nihanja napetosti in frekvence, zaradi vpliva tujih električnih in magnetnih polj ipd.).

Največji vpliv ima **temperatura** in sicer:

- pri neposrednem merjenju zaradi razlike temperature merjenca in merilne naprave, kot tudi zaradi odstopanja od normalne **temperature $20^{\circ}\text{C} \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ ($293,15^{\circ}\text{K}$)**
- pri posrednem merjenju zaradi razlike temperature merjenca in merilne normale, kot tudi zaradi odstopanja temperature merjenca merilne naprave oz. merilne normale od normalne temperature;
- če imata merjenec in merilna naprava različni linearni temperaturni raztezek.

Pogrešek zaradi vpliva merilne sile in težnosti

Ker se merila in merjenja nanašajo na merilno silo, moramo izvesti meritve po možnosti brez delovanja merilne sile. To pa je mogoče le pri električnem ali optičnem merjenju. Pri mehničnem otipu merjenca je potrebna določena sila, da iztistnemo obstoječo zgoščeno (kondezirano) zračno blazino in da premagamo silo trenja v merilni napravi.

Vpliv merilne sile moramo v mnogih primerih upoštevati, saj pride do elastične deformacije (upogibka, skrčeka, sploščitve) in s tem do merilnega pogreška.

Merilna sila je predpisana in znaša za:

- delavniške merilne naprave do **10N**
- laboratorijske merilne naprave od **1 do 2N**

RAVNANJE, VZDRŽEVANJE IN NADZOR MERILNIH NAPRAV

1. Delajmo z občutkom

Osnovno pravilo za delo z merilnimi napravami je, da moramo delati z občutkom, ki se ravna po merilnem postopku in merilni napravi. Nestrokovno in grobo ravnanje z merilnimi napravami ima svoj vzrok v nepoznavanju poteka merjenja in manjkajočem občutku za natančno delo. Oboje lahko odpravimo z vzgojo in priučitvijo. Prav tako je potrebna mirna roka, potrpljenje, skrbnost, odgovornost in samokritičnost pri celotnem postopku merjenja. Pri merjenju ne smemo presiljevati in uporabljati sunkovite gibe.

2. Varujmo pred poškodbami

Mnoge merilne naprave so predčasno neuporabne zaradi poškodb ali zloma. Zato jih moramo varovati med uporabo pred udarci in glede na njihovo občutljivost pred sunkovitimi tresljaji in predvsem pred padci.

3. Skrbimo za čistočo merilne naprave in merjenca ter jih zaščitimo pred korozij

Prah, umazanija in odrezki, ki izvirajo od neočiščenega merjenca ali merilne naprave, lahko zmanjšajo življenjsko dobo merilne naprave, zato jih moramo pred merjenjem očistiti in razmastiti.

Po uporabi moramo vse nezašitene površine merilne naprave ponovno očistiti in jih premazati s tanko plastjo brez kislinke masti. Merilne naprave moramo hraniti v prostoru, kjer ne smejo biti izpostavljene vlagi ali kislim parametrom.

4. Skrbimo za stalno temperaturo

Merilne naprave ne smemo izpostavljati večjim temperaturnim nihanjem. Merilne naprave in merjenec moramo zaščititi pred izvori toplote kot so: radiatorji, osončena okna, močni izvori umetne svetlobe. Pri natančnih merjenjih moramo zaščititi merilne naprave in merjenec tudi pred telesno toploto.

5. Pazimo pri mazanju merilnih naprav

Ker pri mehaničnih merilnih napravah običajno ni daljših gibov in večjih sil mazanje za zmanjšanje trenja ni potrebno. Premikajoče dele zmerno mažemo le na daljša obdobja. Pri izdatnem mazanju lahko pride do večje nezanesljivosti merjenja.

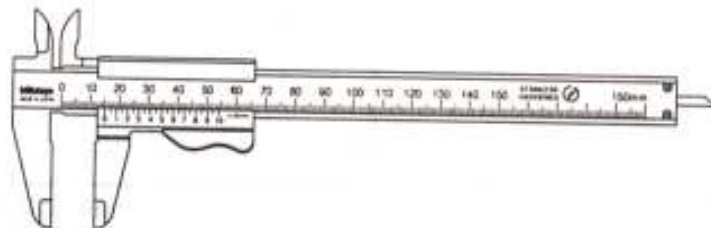
6. Skrbimo za ustrezno odlaganje in hrambo

Ustrezno odlaganje in hramba lahko bistveno vplivata na ohranjanje merilne naprave. Natančne merilne naprave odlagamo in hranimo tako, da se ne dotikajo med seboj ali z drugimi deli. Za hrambo uporabljamo zato izdelane zabojčke oziroma škatle in zaščitne prevleke. Pri skladiščenju večjega števila različnih merilnih naprav stremimo za preglednostjo in dostopnostjo pri najmanjši porabi prostora. Red pri odlaganju in hrambi povečuje življenjsko dobo merilnih naprav.

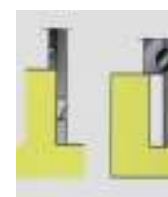
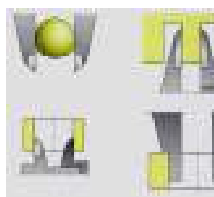
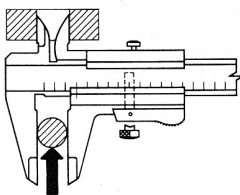
2. MEHANIČNE MERILNE NAPRAVE ZA MERJENJE DOLŽIN

POMIČNA MERILA

Pomična merila so dolžinska merila z vodilnim ravnilom in glavno skalo ter pomičnim delom z nonijem. Nonij je pomožna skala na pomičnem delu, ki omogoča razbiranje vrednosti, ki so manjše od razdelka na glavni skali. Nonij ima lahko deset (1/10), dvajset (1/20) ali petdeset (1/50) razdelkov.



Merjenje s kljunastim merilom. Kljuna nastavimo pravokotno na os merjenja, tako da merjenec nalega čim bližje ravnilu in pritisnemo z manjšo silo na pomični del, razberemo razbirek in razmaknemo kljuna. Premikanje merjenca med kljunoma ali samega merila ni priporočljivo, ker povzroča obrabo, ki zmanjša natančnost merila.



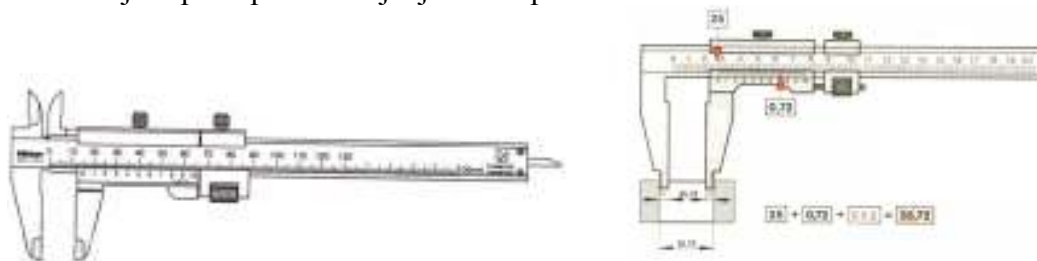
Razbiranje z nonijem se razlikuje po vrednosti vmesnega razbirka. Vrednost vmesnega razbirka znaša pri $(1/10) \text{ mm} = 0.1 \text{ mm}$, $1/20 \text{ mm} = 0,05 \text{ mm}$, ter $1/50 \text{ mm} = 0,02 \text{ mm}$.

Nonij 1/10 je tako zasnovan, da imamo npr. 9 mm razdeljeno na 10 enakih delov, tako da znaša razdelba $9/10 = 0,9 \text{ mm}$.

Da olajšamo razbiranje decimalnih vrednosti in povečamo preglednost razdelkov na skali nonija uporabljamo dvakratni nonij, ko razdelimo 19 mm na 10 enakih delov ($19/10 = 1.9 \text{ mm}$) oziroma 39 mm na 20 enakih delov ($39/20 = 1.95 \text{ mm}$). Vrednost vmesnega razbirka se ne menja.

Proizvajalci merilnega orodja izdelujejo različna pomična merila:

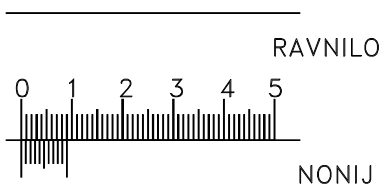
Najbolj znana so **kljunasta pomična merila** različnih izvedb, ki se razlikujejo po velikosti, izvedbi merilnih kljunov in pomičnega dela ter stopnje natančnosti. Kljunasta merila imajo merilno območje od 0 do 2000 mm z ustrezno dolžino kljuna od 35 do 200 mm. Glede na izvedbo dopušča merjenje zunanjih in notranjih mer ter merjenje globin. Z ustrezno oblikovanimi kljuni pa dopušča merjenje delov posebnih oblik.



Vaja 1 - Odčitovanje na kljunastem merilu

Na sliki spodaj razberi pravilno mero in jo vpiši v okno

Noniji na pomičnem merilu



DESETINSKI NONIJ
 Dolg je **devet mm** in razdeli enoto skale ravnila na **10 delov**. Zato omogoča odbiranje rezultatov meritve na **0,1 mm** natančno



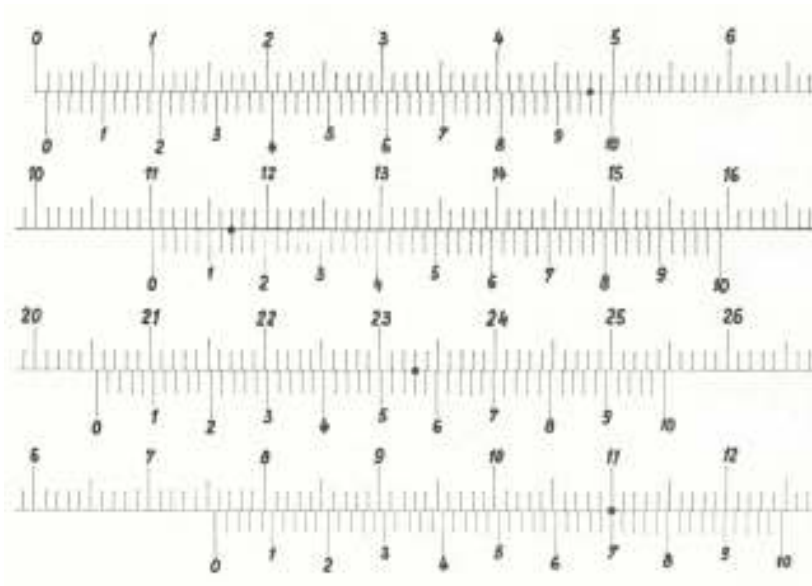
DVAJSETINSKI NONIJ
 Izračun ločljivosti: **1 mm/20 = 0,_____ mm**



PETDESETINSKI NONIJ
 Izračun ločljivosti: **1 mm/50 = 0,_____ mm**

Odčitovanje na kljunastem merilu

Na sliki spodaj razberi pravilno mero in jo vpiši v okno



X= _____ mm

X= _____ mm

X= _____ mm

X= _____ mm

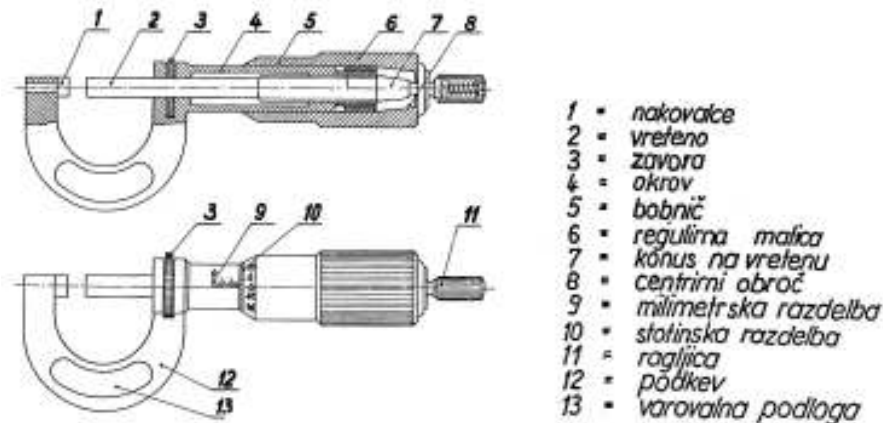
S kljunastim merilom izmerite zahtevane mere na vzornem kosu

Narišite skico testnega kosa, ga kotirajte in na kote vpišite izmerjene mere

3. VIJAČNA MERILA

Vijačna merila so mehanične merilne naprave za merjenje dolžin, pri katerih služi kot merilna normala natančno izdelano navojno vreteno z matico s korakom navoja **0.5 ali 1mm**.

V telo vijačnega merila z nakovalcem (nepremični naslon) je vstavljen merilni del, ki ga sestavlja vpeta tulka z milimetersko oziroma 0.5 mm razdelbo in matico, s katero je mogoče tudi nastavljati ujem med notranjim in zunanjim navojem in navojno vreteno z graduiranim merilnim bobnom in momentno sklopko (ragljico), ki zagotavlja vedno enako merilno **silu 5 do 10 N**.



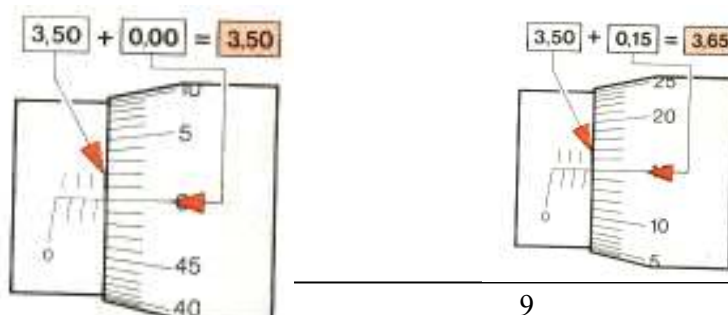
Dolžina navojnega vretena je omejena na 25 mm. Pri koraku navoja 0.5 mm ima merilni boben 50 razdelkov in na tulki skalo, ki ima milimetersko in pol milimetersko razdelbo. Natančnost razbirka je 0.01 mm.

Vijačno merilo za merjenje zunanjih mer (podkvasto vijačno merilo). Podkev je polkrožne ali pravokotne oblike s pravokotnim ali I prerezom, ki je obložena z umetno snovjo zaradi toplotne izolacije. Izdelujejo jih za mere do 2000mm z merilnim območjem po 25 mm. Nakovalce in merni del navojnega vretena sta ustrezno oblikovana.

Izvedbe vijačnih meril so različne in so prirejene za določene namene uporabe in se razlikujejo po tem ali nam služijo za merjenje zunanjih ali notranjih mer. Spreminja se le telo vijačnega merila, merilni del pa je pri vseh merilnikih skoraj identičen.



Vaja 2: Vaja pravilnega odčitovanja mer na mikrometru MITOTOYU

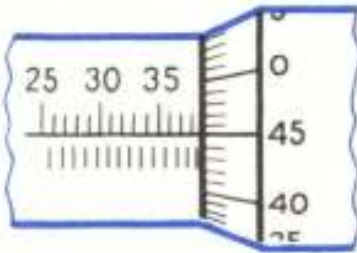




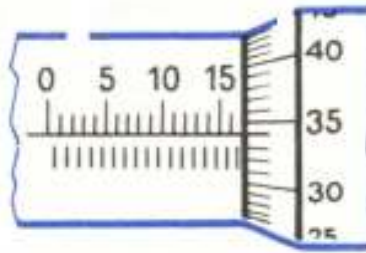
Zapiši pravi odčitek

$2,00 + \underline{\quad} = \underline{\quad} \text{ mm}$

Zapiši pravi odčitek na mikrometru



X= _____



X= _____

Vaja 3:

Nariši skico testne gredi, kotirajte dolžinske mere in premere ter vpišite vrednosti, ki ste ji izmerili na kotirne črte!

Premere izmerite z mikrometrom

Dolžinske mere merite z pomičnim merilom.

Skica z merami :

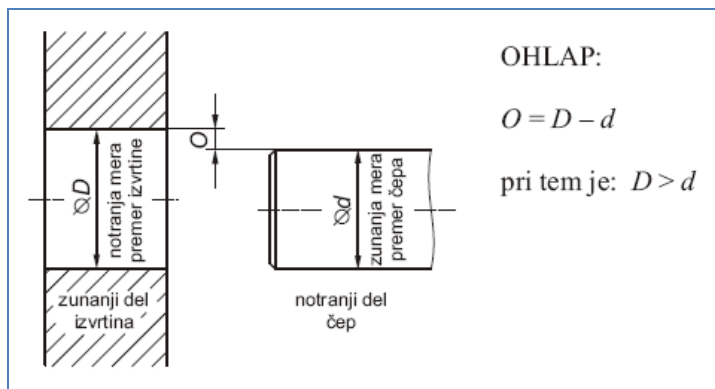
4. TOLERANCE IN UJEMI

V poglavju Ujemi bomo spoznali:

- pojme ujem, ohlap in nadmera,
- vrste ujemov: ohlapni, vmesni in tesni ujem.

Ujem je skladnost, dobljena iz razlike med dvema merama dveh sestavljenih strojnih elementov (npr. luknja in čep). Če smo tolerance predpisovali strojnim delom na delavniških risbah, podajamo ujeme na sestavnih risbah, ki so namenjene montaži. Dva strojna dela, ki tvorita ujem, imata enako imensko mero in različni toleranci. Glede na toleranco lahko med sestavljeima deloma nastopi ohlap ali nadmera

Ohlap je pozitivna razlika med dejansko notranjo mero na zunanjem delu (premer izvrtine) in dejansko zunanjo mero na notranjem delu (premer čepa). Pri tem je vedno notranja mero (premer izvrtine D) večja od zunanje mere (premer čepa d).

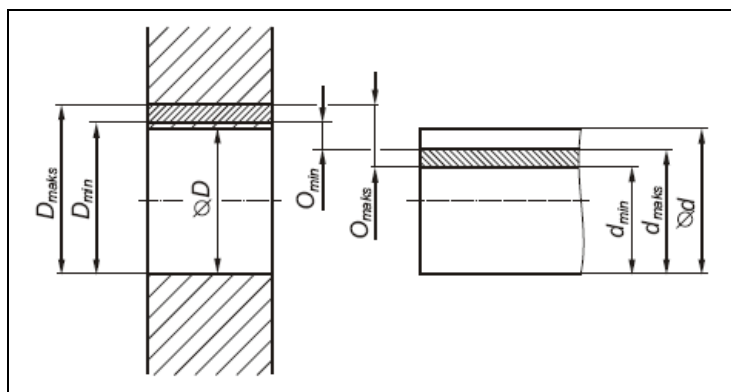


Slika 1 ohlap

Glede na lego in velikost tolerančnega polja zunanje in notranje mere, ki določata mejni meri obeh delov, je lahko ohlap znotraj najmanjše in največje vrednosti.

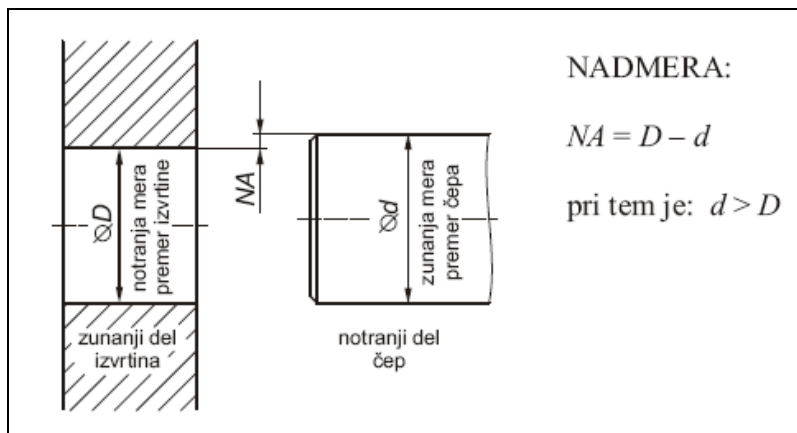
I **Najmanjši ohlap** (O_{min}) je pozitivna razlika med najmanjšo notranjo mero (najmanjša mera luknje D_{min}) in največjo zunanjo mero (največja mera čepa d_{maks}).

I **Največji ohlap** (O_{maks}) je pozitivna razlika med največjo notranjo mero (največja mera luknje D_{maks}) in najmanjšo zunanjo mero (najmanjša mera čepa d_{min}).



Slika 2 Osnovni pojmi ujemov; največji in najmanjši ohlap

Nadmera je negativna razlika med dejansko notranjo mero na zunanjem delu (premer izvrtine) in dejansko zunanjo mero na notranjem delu (premer čepa). Pri tem je vedno notranja mera (premer izvrtine D) manjša od zunanje mere (premer čepa d).

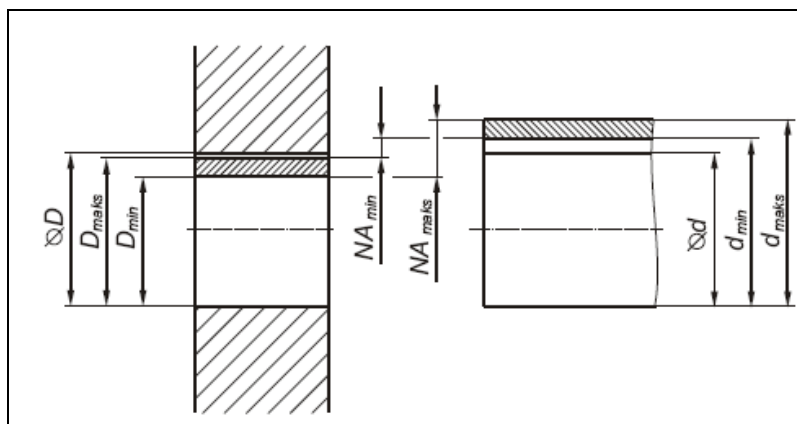


Slika 3 nadmera

Glede na lego in velikost tolerančnega polja zunanje in notranje mere, ki določata mejni meri obeh delov, je lahko nadmera znotraj najmanjše in največje vrednosti.

Najmanjša nadmera (NA_{min}) je negativna razlika med največjo D_{max} notranjo mero (največja mera luknje D_{max}) in najmanjšo zunanjo mero (najmanjša mera čepa d_{min}).

Največja nadmera (NA_{max}) je negativna razlika med najmanjšo notranjo mero (najmanjša mera luknje D_{min}) in največjo zunanjo mero (največja mera čepa d_{max}).



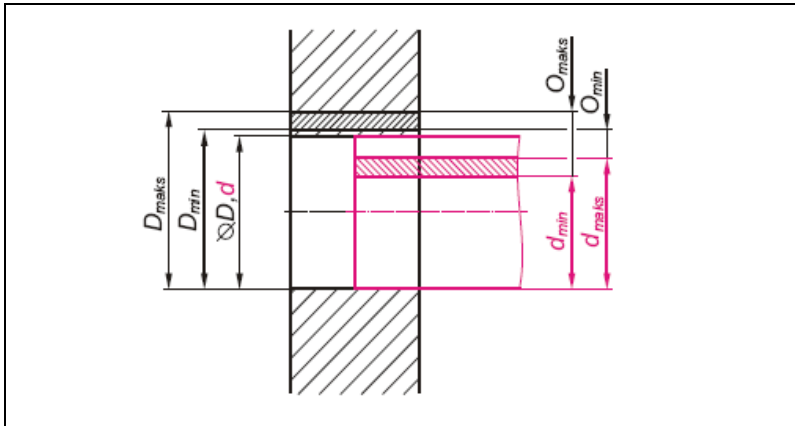
Slika 4 največja in najmanjša nadmera

VRSTE UJEMOV

Ločimo tri vrste ujemov: ohlapni, vmesni ali prehodni in tesni. Kateri ujem dobimo pri sestavi dveh strojnih delov, je odvisno od predpisanih toleranc in razlike dejanskih mer.

Ohlapni ujem

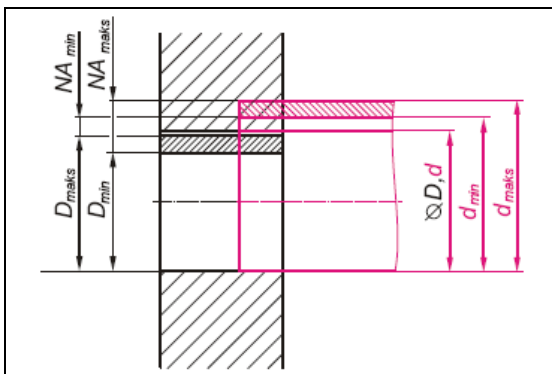
Ohlapni ujem nastopa med dvema strojnim elementoma, med katerima je vedno prisoten določen ohlap (zračnost). Zato takšna dela sestavimo brez sile in se lahko prosto gibljeta drug proti drugemu. Da zagotovimo med sestavljenima deloma ohlapni ujem, morata biti tolerančni polji strojnih delov izbrani tako, da je zgornja mejna mera notranjega dela d_{maks} (čepa) vedno manjša od spodnje mejne mere zunanjega dela D_{min} (izvrtine).



Slika 5 Ohlapni ujem

Tesni ujem

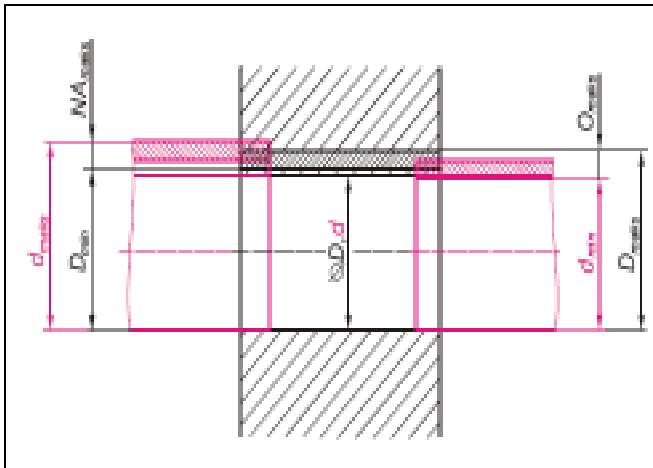
Tesni ujem nastopa med dvema strojnima elementoma, med katerima je vedno prisotna določena nadmera (presežek). Zato takšnih delov ne moremo sestaviti brez sile, da dosežemo potrebno deformacijo. Deformacijo lahko dosežemo tudi s segrevanjem zunanjega dela (izvrtine) ali z ohlajanjem notranjega dela (čepa). Dela sta s tesnim ujemom trdno povezana in se ne moreta prosto gibati drug proti drugemu. Da zagotovimo med sestavljenima deloma tesni ujem, morata biti tolerančni polji strojnih delov izbrani tako, da je spodnja mejna mera notranjega dela d_{min} (čepa) vedno večja od zgornje mejne mere zunanjega dela D_{maks} (izvrtine).



Slika 6 Tesni ujem

Prehodni ali vmesni ujem

Prehodni ujem nastopa med dvema strojnima elementoma, med katerima je lahko prisoten določen ohlap (zračnost) ali nadmera (presežek). Zato takšna dela ponavadi sestavimo ročno z uporabo manjše osne sile. Gibljivost delov je odvisna od dejanskih mer; dela sta gibljiva drug proti drugemu, če nastopa ohlap, in nista gibljiva, če nastopa nadmera. Da zagotovimo med sestavljenima deloma prehodni ujem, morata biti tolerančni polji strojnih delov izbrani tako, da se prekrivata.



Slika 7 Prehodni ujem

Vaja 4 - določitev ujema

Med gredjo in izvrtino v pestu je predpisan ujem $\varnothing (D) G7/e8$.

Za opisani ujem izpolni preglednice.

Podatki o velikosti tolerančnega polja dobite v prilogi zadaj ali v str. priločniku

Podatki za premer (D) :

Prva črka Priimka	A-E	F-K	L-O	P-T	U-Ž
Premer D	50	80	100	140	150

Toleranca za gred	odstopki

Toleranca za izvrtino	odstopki

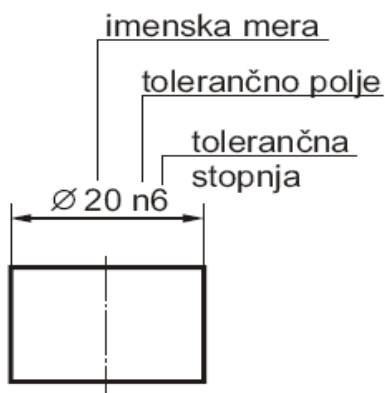
Ujem	odstopki

Izračun minimalne in maksimalne zračnosti:

Za zgornji primer narišite:

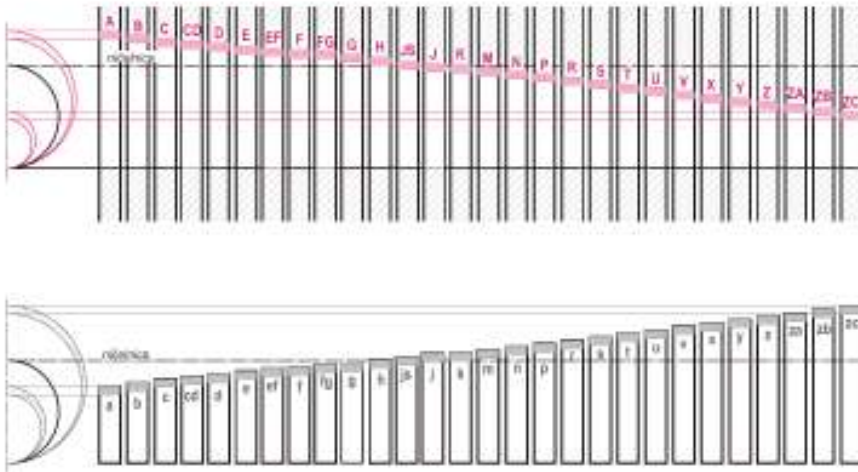
- Skico ujema
- Ničelnico
- Vriši tolerančno polje za gred in izvrtino v pestu
- Kotiraj spodnjo in zgornjo mero za premer gredi in premer izvrtine v pestu
- Izračunaj in kotiraj minimalno in maksimalno zračnost
- Določi vrsto ujema

Označevanje toleranc na delavniški rizbi

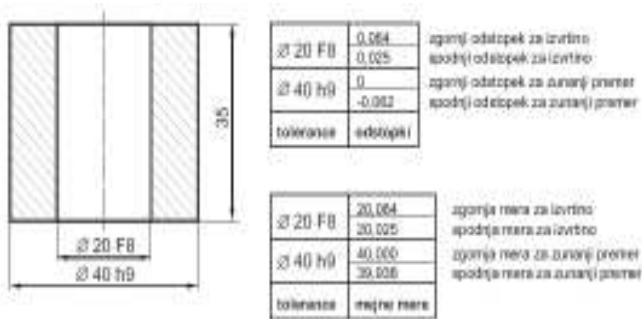


Področje uporabe	IT-tolerančna stopnja																				
	01	00	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
merilni pribor	precizna merila																				
							merila za delavniško kontrolo														
splošno strojništvo							najboljša kvaliteta														
							kvalitetna izdelava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

Tolerančno polje:

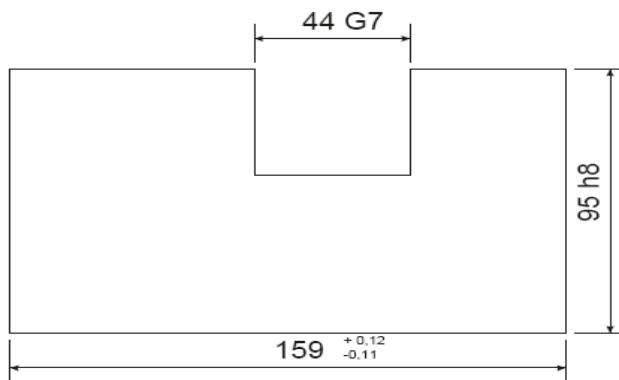


Primer označevanja mer z tolerancami:



Vaja 5: Določitev tolerance

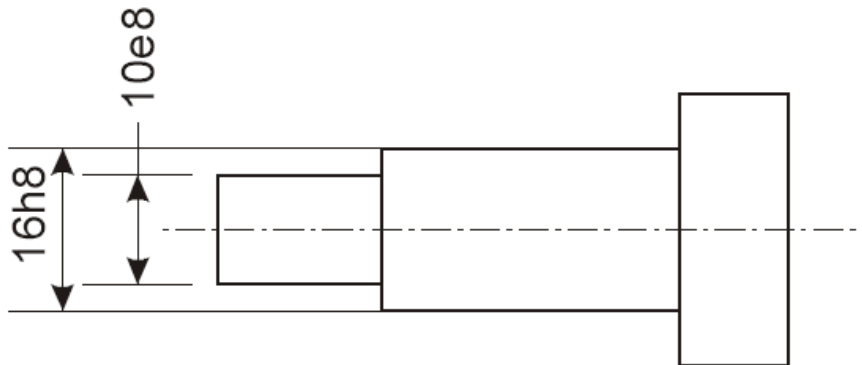
Za tolerirane mere na risbi ugotovi kakšna je njihova imenska mera, zgornji in spodnji odstopki, največja in najmanjša mejna mera ter velikost tolerančnega polja.



MERA	N	Es	Ei	Nman	Nmin	T

Vaja 6 - preverjanje tolerance

Merilec je za meri na skici izmeril vrednost 15,97 mm in 9,85 mm. Ali sta meri v predpisanih tolerancah?

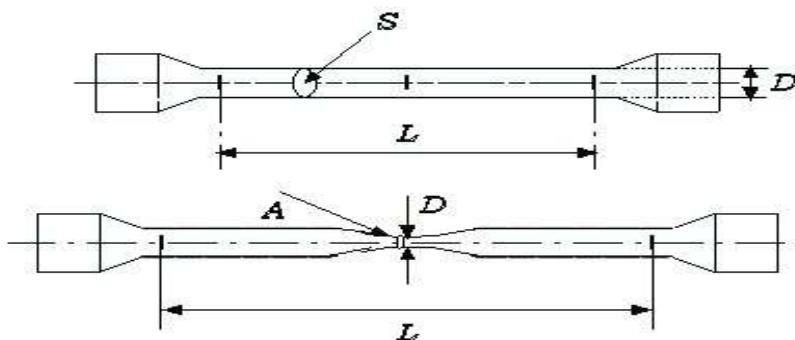


Odgovor: _____

Natezni preizkus

Pod izrazom natezni preizkus, pri katerem preskušavec natezno obremenjujemo v smeri vzdolžne osi. Pri tem se preskušavec elastično in plastično deformira, lahko pa se tudi strga, v tem primeru pa govorimo o *trgalnem poskusu*. Pri natezem preskusu beležimo spremembo sile v odvisnosti od raztezka preskušane materiala.

Označbe dolžin in prerezov preizkušanca:



Označbe veličin:

L_t – dolžina preizkušanca

L_c – preskusna dolžina

L_0 – začetna merilna dolžina

L – merilna dolžina

- L_u – končna merilna dolžina (po pretrgu)
- S_0 – začetni prerez
- S – prerez preizkušanca
- S_u – najmanjši prerez (po pretrgu)

2. Označbe veličin pri raztezanju in zoževanju:

Pri raztezanju veljajo označbe:

$$\Delta L = L - L_0 \text{ razteg (mm)}$$

$$\Delta L_u = L_u - L_0 \text{ razteg po pretrgu (mm)}$$

$$\varepsilon = (\Delta L / L_0) \cdot 100 \text{ raztezek (\%)}$$

$$A = (\Delta L_u / L_0) \cdot 100 \text{ razteznost - raztezek po pretrgu (\%)}$$

$$\Delta S = S_0 - S \text{ zožek (mm}^2\text{)}$$

$$\Delta S_u = S_0 - S_u \text{ največji zožek po pretrgu (mm}^2\text{)}$$

$$Z = (\Delta S_u / S_0) \cdot 100 \text{ zoženost - kontrakcija (\%)}$$

$$R_m = F_m / S_0 \text{ natezna trdnost (N/mm}^2\text{)}$$

$$R_p = F_p / S_0 \text{ napetost tečenja - meja plastičnosti (N/mm}^2\text{)}$$

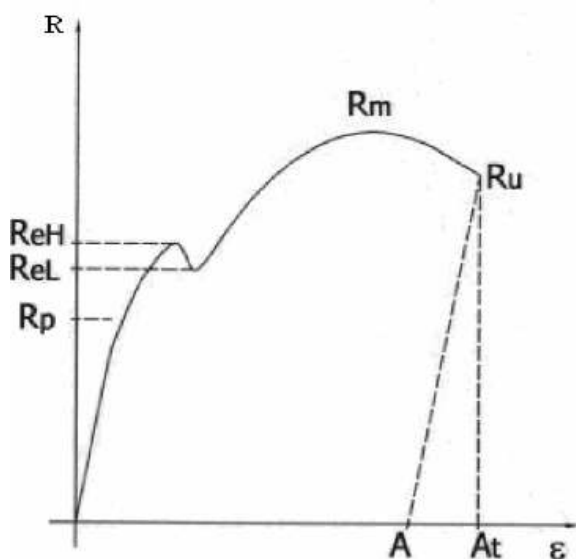
3. Označbe sil F in imenskih napetosti R:

Diagram sile F v odvisnosti od raztežka ΔL posnamemo neposredno na trgalnem stroju.

Imenske napetosti R so izražene s silo F, deljeno z začetnim prerezom S_0 . V diagramu $R(\varepsilon)$

potekajo imenske napetosti R v odvisnosti ε skladno z diagramom sile F v odvisnosti od raztega ΔL .

4. Napetosti



- R_m natezna trdnost
- R_u zlomna trdnost
- R_{eH} zgornja meja naravnega tečenja
- R_{eL} spodnja meja naravnega tečenja
- R_p meja dogovorjenega tečenja
- A_t skupna deformacija

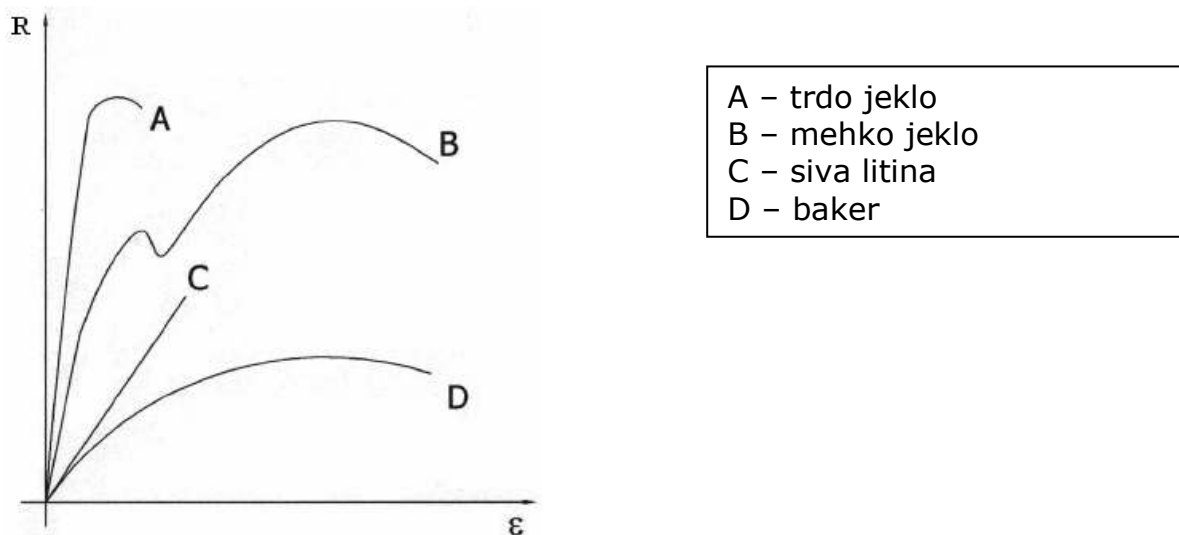
Mejo dogovorjenega tečenja (R_p) določimo tako, da na abscisni osi diagrama napetost-raztezek odčitamo deformacijo 0,2% in od tam vzporedno z linearnim področjem na diagramu potegnemo premico, dokler ne presekamo linije diagrama. Na presečišču je meja dogovorjenega tečenja.

Potek raztezanja v odvisnosti od napetosti je za različne materiale različen in zanje značilen.

Tako po obliki diagrama R, ε lahko razlikujemo materiale:

- Žilavi materiali – materiali se po začetnem elastičnem (linearnem) raztezanju, raztezajo do pretrga močno plastično, in sicer zvezno (baker) ali nezvezno s pojavom tečenja pri stalni napetosti (mehko jeklo)
- Krhki materiali - se po začetnem elastičnem raztezanju pretrgajo brez plastičnega raztezanja (siva litina)
- Plastični materiali – se samo neznatno elastično raztezajo (svinec) ali skoraj neelastično (asfalt)

Značilne krivulje:



Vaja 7: Natezni preizkus:

Izvršite natezni preizkus na namiznem trgalnem stroju GUNT WP 300. Dimenzije preizkušanca so po DIN 50125, zapišite material preizkušanca. Merite natezno silo in razteg ter s pomočjo računalnika v programu Excel ali ročno narišite diagram napetosti v odvisnosti od raztezka (diagram σ, ε). Ugotovite modul elastičnosti E , mejo plastičnosti R_p in natezno trdnost R_m za material preizkušanca.



Fotografija merilne naprave

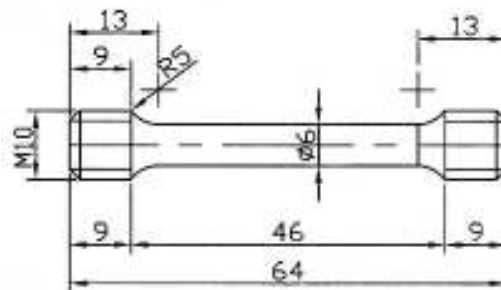
NAVODILA ZA IZVEDBO MERITEV:

Zavrtite ročno kolo 6 v smeri odvijanja, da se bo potisni bat skoraj v celoti pomaknil v delovni valj 5, vpenjalna naprava z zgornjim 3 in spodnjim 4 nosilcem bo prišla v položaj primeren za vpenjanje. Preizkušane samo z roko (brez dodatnega orodja) uvijte v vpenjalni glavi 9 tako, da ne bo čutiti zračnosti. Rdeči in črni kazalec merilnika sile 7 morata kazati 0 kN. Nastavite merilnik raztega 8 (merilno urico) na spodnji del zgornjega nosilca 3 in umerite skalo. Začnite s preizkusom. Privijajte ročno kolo ter na vsakem v tabeli predvidenem raztegu odčitajte silo, ki deluje na preizkušane

REZULTATI MERITEV IN OBDELAVA REZULTATOV :

Začetni podatki:

Skica preizkušanca:



Material preizkušanca: Aluminij.....

 $l_0 =$ mm, $d =$ mm,

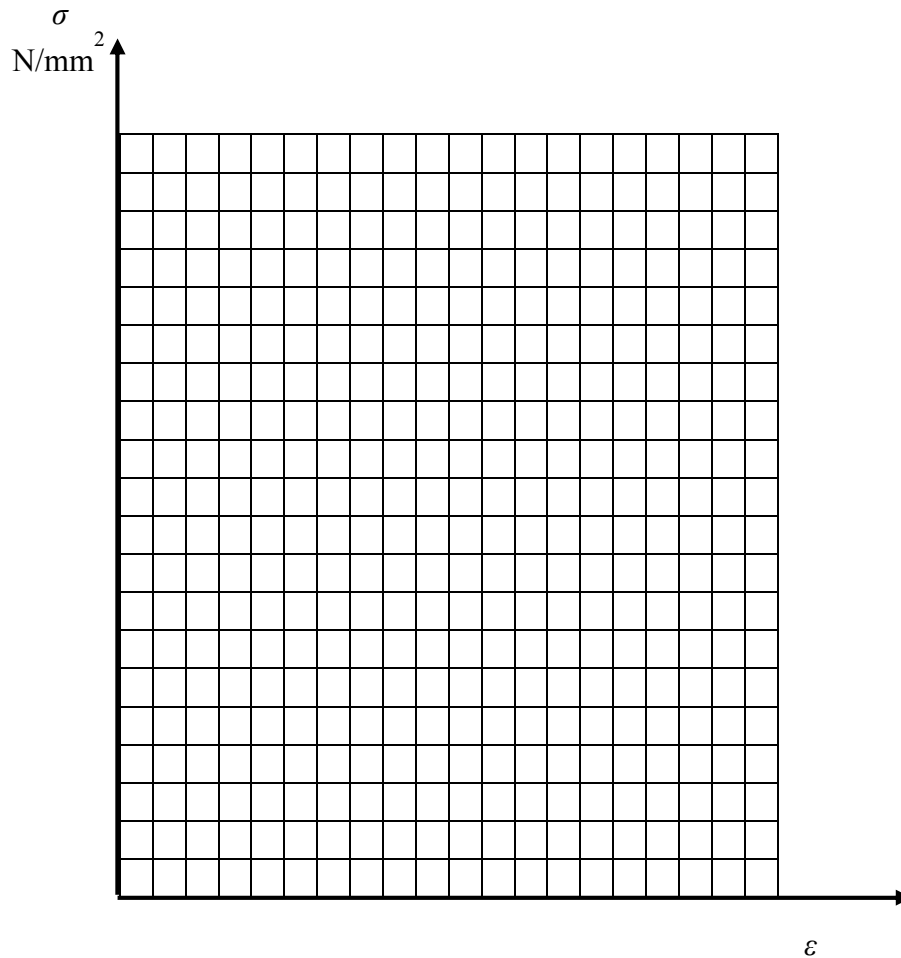
Izračun:

Ploščina prečnega prereza: $S_0 =$ Raztezek: $\varepsilon = \Delta l / l_0$ Napetost: $\sigma = F / S_0$

Tabela raztega za epruveto iz Auminija:

Št. meritve	Δl Mm	F kN	ε 1	σ N/mm ²	$E = \left(\frac{N}{mm^2} \right)$
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19					
20					
21					
22					
23					
24					
25					
26					

Graf:
(če ste graf generirali s pomočjo tabele excel ga prilepite)



Izračun modula elastičnosti:

E modul elastičnosti

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{N}{mm^2}$$

ZAKLJUČKI

Napetostno deformacijska krivulja σ, ϵ je ravna približno do napetosti $\sigma =$
in deformacije $\epsilon =$

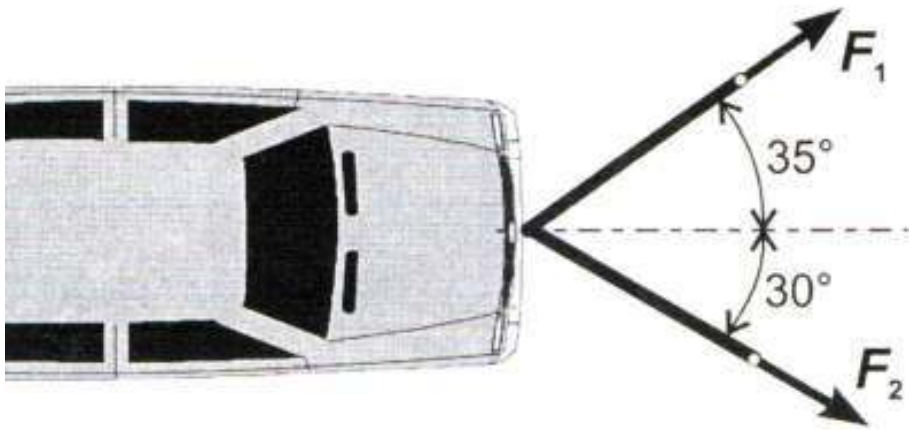
Največja napetost, ki smo jo dosegli pri poskusu je , _____
to napetost imenujemo _____ in jo označimo z _____

Podatek modula elastičnosti iz literature za Al in Al-zlitine je $70000 \frac{N}{mm^2}$

Povprečni modul elastičnosti E=

STATIKA**Vaja 8**

Dva delavca vlečeta pokvarjen avto, kot kaže slika. Izračunaj lego in velikost Rezultante če vlečeta s silo in kotoma: $F_1=400\text{ N}$, $F_2=500\text{ N}$, $\alpha_1=35^\circ$, $\alpha_2=330^\circ$

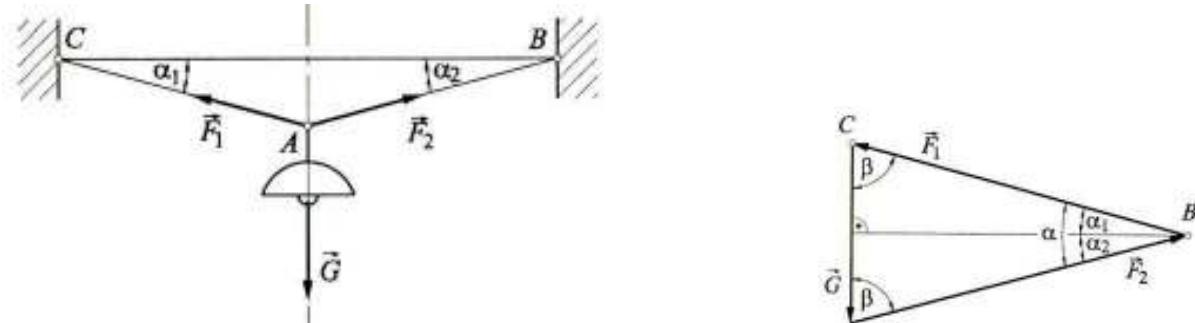


Izračun:

RAZSTAVLJANJE SILE NA DVE KOMPONENTI

Vaja 9

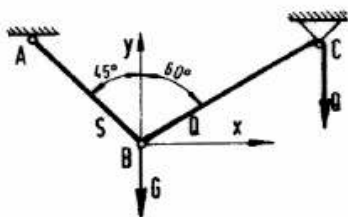
Izračunaj silo v vrveh, kateri držita svetilko teže 25N. Kot z horizontalno osjo je 15° .



Izračun:

Vaja 10

En konec vrvi je pritrjen v točki A, na drugem koncu, ki je speljan preko koluta C pa visi breme $Q = 200 \text{ N}$. V točki B je kavelj, ki nosi vertikalno obremenitev G (slika 5). Določite velikost obremenitve G in silo S v vrvi na odseku AB, če je to ravnotežno stanje.

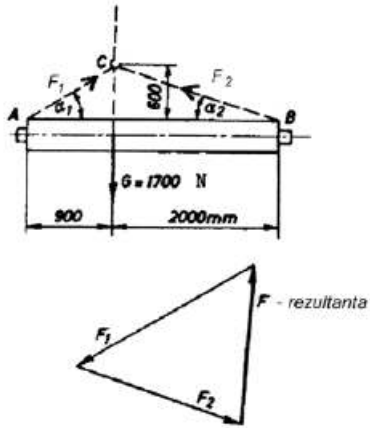


Izračun:

Vaja 11

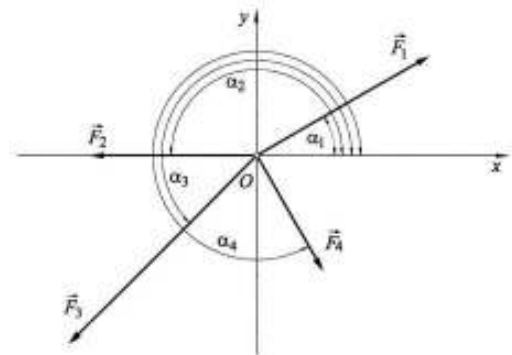
Zaboj je težak 1700 N in z verigo obešen na kavelj dvigala. Kolikšni sta sili F_1 in F_2 v obeh delih verige med razdaljami AC in BC (slika 4).

Izračun:

**Vaja 12**

Na materialno točko A delujejo 4 sile. Z analitičnim postopkom izračunajte velikost in kot rezultante, če so:

$$\begin{aligned} F_1 &= 300 \text{ N} & \alpha_1 &= 30^\circ \\ F_2 &= 250 \text{ N} & \alpha_2 &= 180^\circ \\ F_3 &= 400 \text{ N} & \alpha_3 &= 225^\circ \\ F_4 &= 200 \text{ N} & \alpha_4 &= 300^\circ \end{aligned}$$

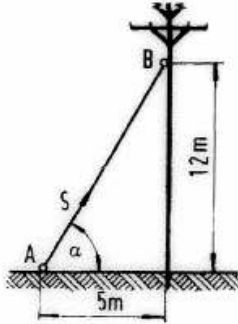


LEGOPIS SIL

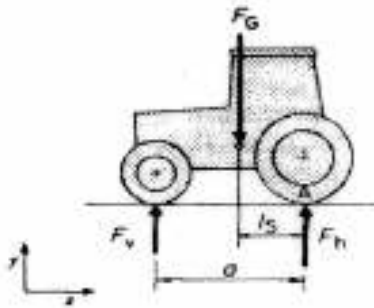
Izračun:

Vaja 13

V vrvi za telefonski drog je sila $S = 3 \text{ kN}$ v dolžini AB. Določite horizontalno in vertikalno komponento delujoče sile S v točki A (slika 7)

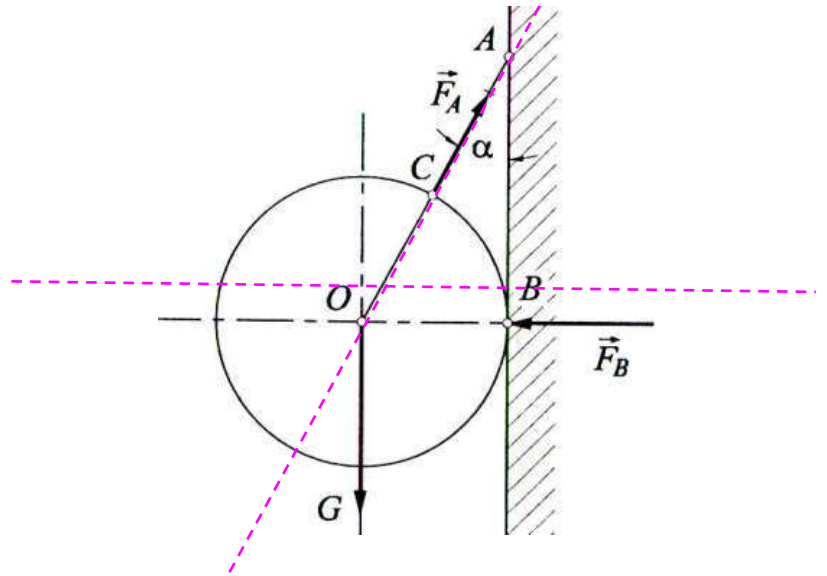
**Vaja 14**

Izračunajte osne obremenitve pri mirujočem traktorju, če znaša njegova masa 2700 kg!

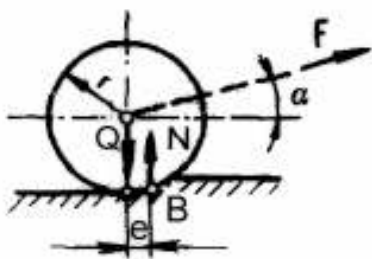


Primer 15

Na vertikalno steno je prislonjena krogla, ki je pritrjena z vrvjo dložine AC . Vrv tvori s steno kot 30° . Sila teže krogle je 600 N . Izračunajte silo v vrvi in silo s katero krogla pritiska na steno!

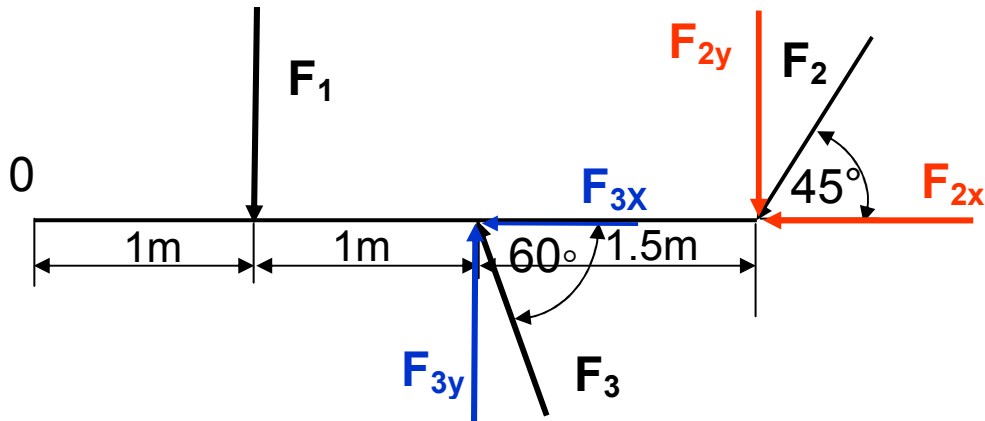
GrafičnoAnalitično**Vaja 16**

Valjar za ravnanje zemljišča s silo teže $Q = 2400\text{ N}$ ima polmer $r = 40\text{ cm}$. Kolikšna mora biti vlečna sila F , ki leži pod kotom $\alpha = 15^\circ$ nasproti horizontali, da se valj premakne, če je koeficient $e = 1,5\text{ cm}$ (slika 15)?



Vaja 17

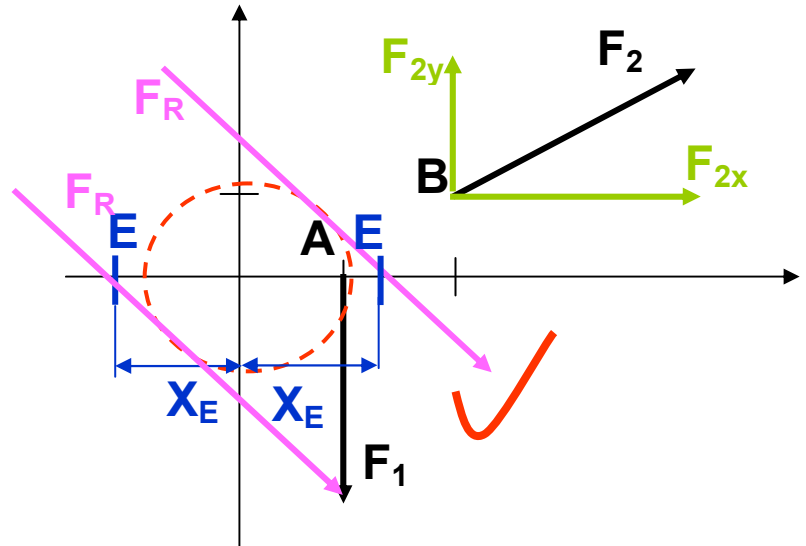
Določite moment rezultante, ki ga povzročijo sile $F_1=100\text{N}$, $F_2=200\text{N}$ in $F_3=100\text{N}$, okoli točke 0!



Primer 18

Določite rezultanto sil F_1 , F_2 , kot α_R in lego rezultante, ter jo vpišite glede na koordinatno izhodišče

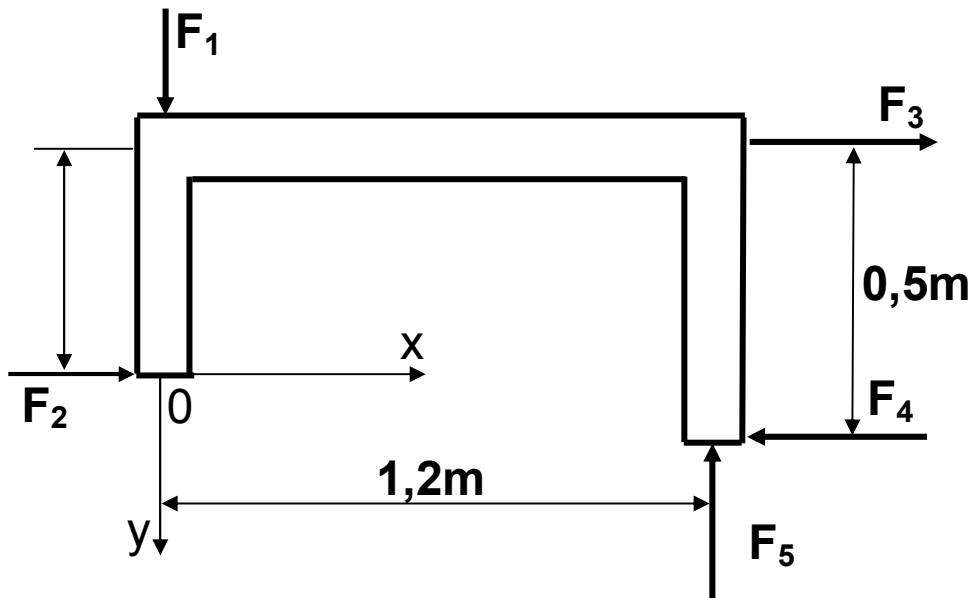
$$\begin{array}{lll} F_1=2000\text{N} & \alpha_1=270^\circ & A(1,0)\text{m} \\ F_2=1000\text{N} & \alpha_2=30^\circ & B(2,1)\text{m} \end{array}$$



Ravnotežje telesa**Vaja 19**

Na telo deluje pet sil. Ugotovi ali je telo v ravnotežju!

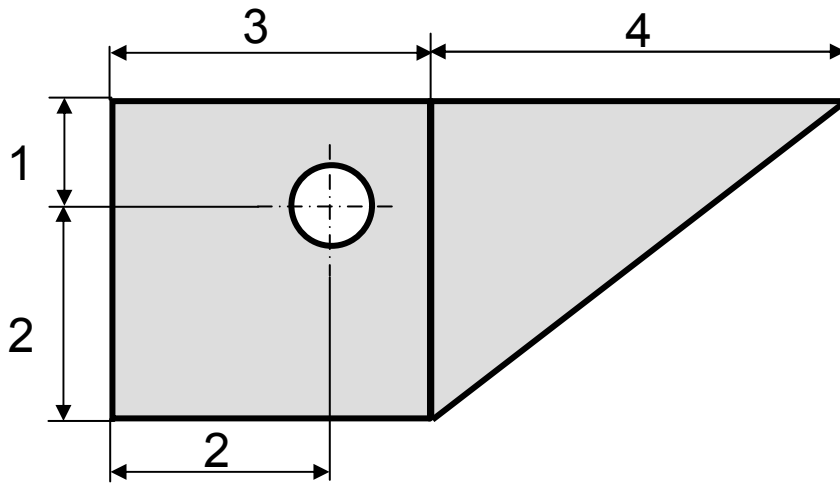
$F_1=100\text{N}$
 $F_2=50\text{N}$
 $F_3=220\text{N}$
 $F_4=270\text{N}$
 $F_5=100\text{N}$



Težišče likov

Vaja 20

Za narisani lik določite lego težišča (mere so v mm)



	Lik	A _i mm ²	x _i mm	y _i mm	x _i A _i mm ³	y _i A _i mm ³
Σ						

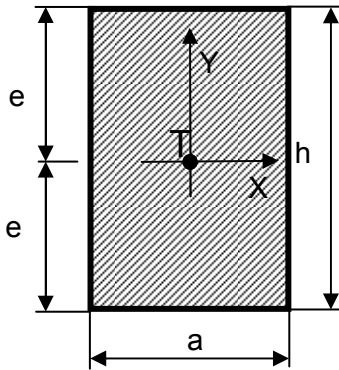
$$x_0 = \frac{\sum x_i \cdot A_i}{\sum A_i} =$$

$$y_0 = \frac{\sum y_i \cdot A_i}{\sum A_i} =$$

Vaja 21

a)

Določite velikost vztrajnostnega in odpornostnega momenta za pravokotnik s stranicami $a=5$ cm in $h=8$ cm, okrog težiščne osi, ki je vzporedna s starnico a .



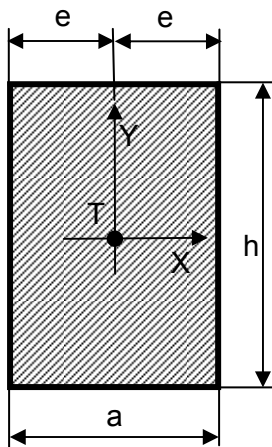
Vztrajnostni moment

Odpornostni moment

ali

b)

Za prejšnji primer izračunajte vztrajnostni in odpornostni moment okrog težiščne osi y !



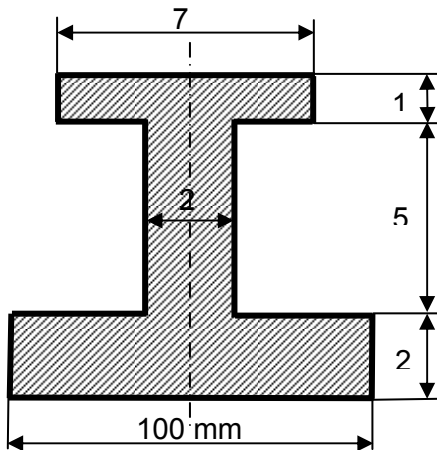
Vztrajnostni moment

Odpornostni moment

ali

Vaja 22

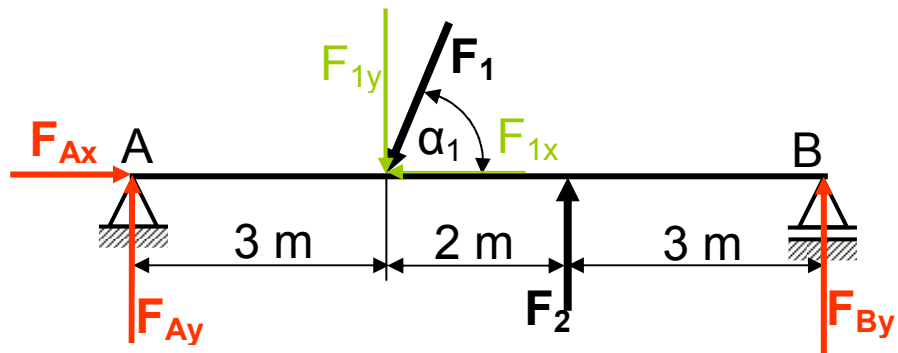
Za prikazan prerez določite vztrajnostni in odpornostni moment okrog težiščne osi y (I_y in W_y)!



Vztrajnostni moment

Vaja 23

Izračunajte sile v podporah, če je nosilec na sliki obremenjen s silo $F_1=10$ kN, ki deluje pod kotom $\alpha_1=75^\circ$ in s silo $F_2=6$ kN, pravokotno na os nosilca!



KINEMATIKA**Vaja 24**

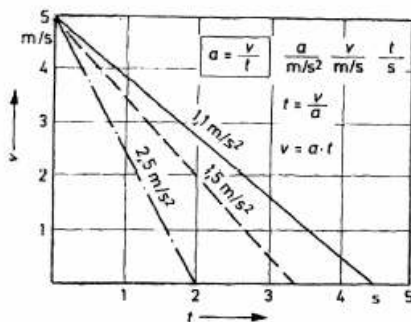
Koliko časa potrebuje lokomotiva za vleko polnega vagona na dolžini 2,5 km, če ga vleče s konstantno hitrostjo 12 km/h!

Vaja 25

Pojemek kamiona pri hitrosti 20 km/h je 2,5 m/s². V kolikšnem času se kamion ustavi in kako dolga je zavorna pot?

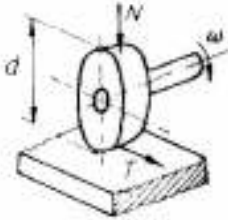
Vaja 26

Tovornjak vozi s hitrostjo 18 km/h ali 5 m/s. Želimo, da se ustavi v dveh sekundah. Kakšen pojemek nastane pri zaviranju?

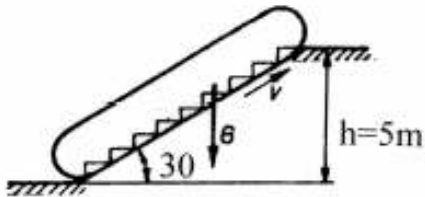


Vaja 27

Brus premera 600 mm rotira s 120 vrt/min. Določite, kolikšna je normalna sila, ki deluje na brus, če je porabljena moč 1,5 kW, koeficient trenja med brusom in podlago pa 0,2.

**Vaja 28**

Transportni trak se giblje s hitrostjo 0,5 m/s in prepelje 8000 zabojev na uro. Pri povprečni sili teže zaboja 700 N izračunajte teoretično in dejansko potrebno moč elektromotorja, če je mehanski izkoristek 85 % in če pričakujemo 300 % preobremenitev.



Vaja 29

Vozilo teže $G = 22 \text{ kN}$ doseže v času $t = 25 \text{ s}$ hitrost 60 km/h (enakomerno pospešeno gibanje). Sila upora je šestina teže vozila. Premer kolesa je 820 mm . Določite, kolikšna moč motorja in kolikšen vrtilni moment je potreben na gredi koles za tako pospeševanje, če je mehanski izkoristek 55% .

NATEG**Vaja 30**

Palica je obremenjena na nateg s silo $F=50000\text{N}$. Kolikšen je potreben prerez A palice. Koliko je potreben prerez A palice, če je dopustna napetost $\sigma_{\text{dop}}=140\text{N/mm}^2$. Določite tudi dimenzije prereza za kvadratno in okroglo palico.

$$\sigma_{\text{dop}}=140\text{N/mm}^2$$

$$F=50\,000\text{N}$$

$$A=?$$

kvadrat:

Krog:

Primer 31

Bakrena žica dolžine 100 m, preseka 30 mm^2 , je obremenjena z aksialno silo 6 kN. Kolikšen je absoluten in relativen raztezek žice?

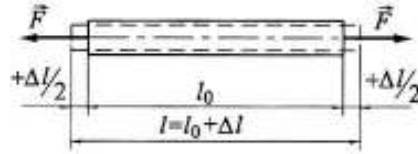
$$l_0 = 100 \text{ m} = 100000 \text{ mm}$$

$$A = 30 \text{ mm}^2$$

$$F = 6 \text{ kN} = 6000 \text{ N}$$

$$\Delta l = ?$$

$$\varepsilon = ?$$



Modul elastičnosti za baker

$$E = 125000 \text{ MPa}$$

TLAK**Vaja 32**

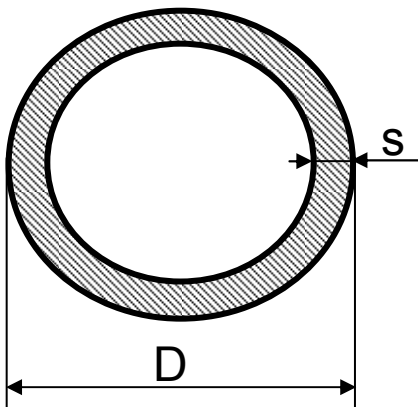
Kratka cev s premerom $D=200 \text{ mm}$ in debelina stene $s=25 \text{ mm}$ ima dopustno napetost $\sigma_{\text{dop}}=90 \text{ N/mm}^2$. Izračunajte velikost dopustne tlačne sile F_{dop} , s katero lahko obremenimo cev.

$$D=200 \text{ mm}$$

$$s=25 \text{ mm}$$

$$\sigma_{\text{dop}}=90 \text{ N/mm}^2$$

$$F=?$$



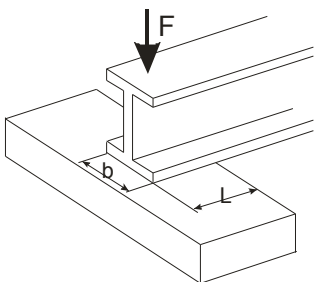
Vaja 33

Litoželezni votli strojni element z zunanjim premerom $d = 210 \text{ mm}$ je dolg $l = 380 \text{ mm}$ in nosi breme $F = 430 \text{ kN}$. Kolikšen mora biti notranji premer stebra d_1 pri dopustni tlačni napetosti 40 N/mm^2 ? Kakšen skrček elementa nastane pri tej obremenitvi?

Iz obremenitve in dopustne napetosti izračunamo prerez votlega strojnega elementa, ki je

POVRŠINSKI TLAK**Vaja 34**

Na zidu sloni nosilec jekleni I 340 - profil, ki je obremenjen s silo $F=60 \text{ kN}$. Ugotovi, kolikšna mora biti najmanjša dolžina l neleganja na zid, če je dopustni površinski pritisk $p_{\text{dop}} = 1,2 \text{ N/mm}^2$



jekleni profil I 340

$F=60\,000\text{N}$

$p_{\text{dop}}=1,2\text{N/mm}^2$

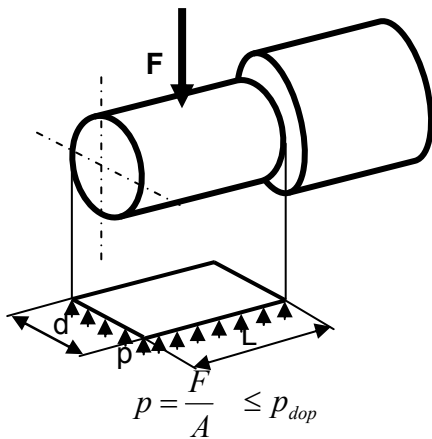
$l=?$

Vaja 35

Kolikšen je ploščinski tlak pri drsnem ležaju s premerom $d = 80 \text{ mm}$ in dolžine $l = 190 \text{ mm}$, če je obremenitev ležaja $F = 80000 \text{ N}$?

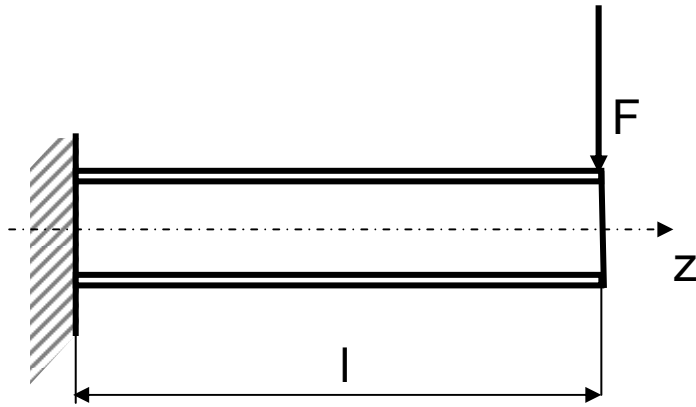
Vaja 36

Tečaj gredi, ki se vrti v ležaju, ima premer $d=24\text{mm}$ in prenaša obremenitev $F=5 \text{ kN}$. Razmerje je $l/d = 0,9$. Ugotovite dejanski površinski pritisk in ga primerjajte z dopustnim! Dopustni površinski pritisk je $p_{dop} = 12 \text{ N/mm}^2$.



UPOGIB**Vaja 37**

Enostransko vpeti jekleni I profil je dolg $l = 2,5\text{m}$ in na koncu obremenjen s silo $F=30\text{kN}$. Izberi ustrezen profil, če je dopustna napetost $\sigma_{f\text{dop}}=140\text{N/mm}^2$. Določi tudi poves nosilca.



$l = 2,5\text{m}$
 $F = 30\,000\text{N}$
 $\sigma_{f\text{dop}}=140\text{N/mm}^2$
 $I_{\text{profil}} = ?$
 $f = ?$

Vaja 38

S kolikšno obremenitvijo se lahko obremeni enostransko vpeti nosilec, izdelan iz jeklenega profila I26, če deluje nanj sila F na razdalji $l = 2,4\text{ m}$ od točke vpetja?

Dopustna upogibna napetost: $\sigma_{f\text{dop}} = 120\text{ N/mm}^2$

Jekleni profil I26 ima odpornostni moment $W_x = 442\text{ cm}^3$

STRIG

Vaja 39

Izračunajte velikost sile F , ki jo lahko prenaša pločevinasti trak z debelino $s = 15\text{mm}$, če je premer zakovičene kovice $d_1 = 20\text{mm}$ in dopustna napetost pločevine pri nategu $\sigma_{\text{dop}} = 120\text{ N/mm}^2$. Kontroliraj tudi bočni tlak p med kovico in pločevino, če je dopustni bočni tlak $p_{\text{dop}} = 240\text{ N/mm}^2$!

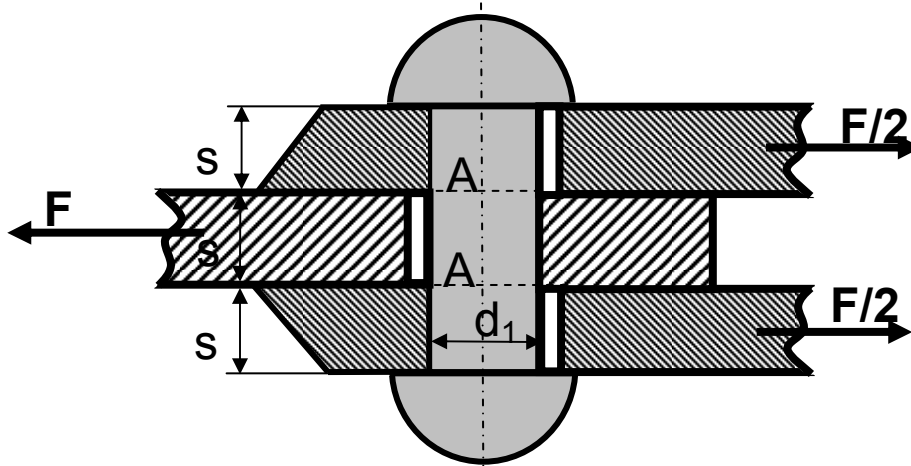
$s = 15\text{mm}$

$d_1 = 20\text{mm}$

$\sigma_{\text{dop}} = 120\text{ N/mm}^2$

$p_{\text{dop}} = 240\text{ N/mm}^2$

$F = ?$



Vaja 40

Dve plošči sta povezani s kovico, za katero je dopustna strižna napetost $\tau_{s\text{ dop}} = 80\text{ N/mm}^2$.

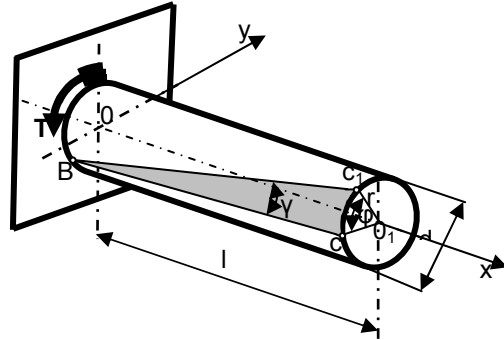
Kovica je obremenjena s strižno silo $F = 40000\text{ N}$. Izračunaj premer kovice!

TORZIJA**Vaja 41**

Za enostransko vpeto palico s premerom $d = 20\text{ mm}$ in dolžine $l = 500\text{ mm}$, ki je obremenjena na prostem koncu s torzijskim momentom $T = 80\text{ kNm}$, izračunajte:

- maks. torzijsko napetost τ_{maks}
- Strižni modul G , če je zasučni kot prereza $\varphi^\circ = 2^\circ$

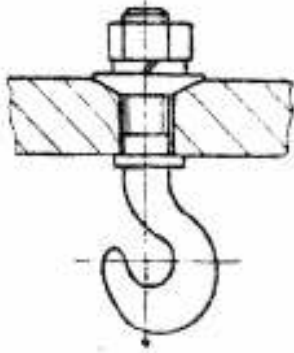
Maksimalna torzijska napetost:

**Vaja 42**

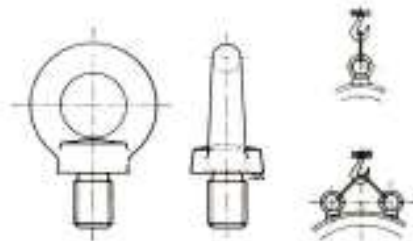
Kolikšen mora biti premer okrogle jeklene palice, ki je obremenjena z vzvojnim momentom $T = 8000\text{ Nm}$, če je dopustna vzvojnja napetost $\tau_{\text{dop}} = 80\text{ N/mm}^2$

STROJNI ELEMENTI**Vaja 43**

Določi premer vijaka, ki ima namesto glave kavelj. Pritrjen je z matico na nosilec (slika 32) in obremenjen s statično natezno silo $F = 60000 \text{ N}$. Vijak s kavljem je izdelan iz konstrukcijskega jekla St 37, ki ima napetost lezenja $R_{p0,2} = 360 \text{ N/mm}^2$.

**Vaja 44**

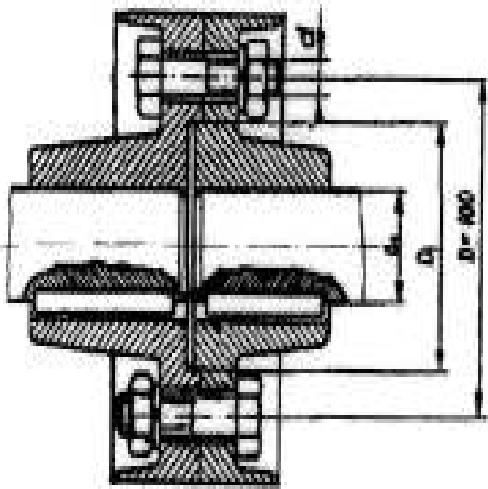
Dimenzioniraj nosilni vijak z grobim metričnim navojem obremenjen z natezno silo 40 kN. Material vijakov je jeklo ČV 1A, izdelan je z normalno strojno obdelavo.



Sklopke

Vaja 45

Toga kolutna sklopka ima štiri vijake (slika 33). Obremenjena je z vrtilnim momentom $M_t = 1600 \text{ Nm}$, ki se prenaša s trenjem med stičnima ploskvama kolotov sklopke. Vijaki so obremenjeni z natezno silo F_{v1} . Natezna sila v vijaku je normalna sila na torne površine sklopke in vzpostavlja torno silo - ta drži ravnotežje vrtilnemu momentu M_t , ki se prenaša po gredeh. Torni koeficient med stičnimi površinami na sklopki je $\mu = 0,2$, dopustna napetost materiala vijaka $\sigma_{dop} = 288 \text{ N/mm}^2$.



Ležaji

Vaja 46

Za gred je potrebno izbrati dvoredni kroglični ležaj, ki se vgradi na čep gredi premera 50 mm. Prečna sila je 000 N, vzdolžna pa 2000 N. Število vrtljajev je 1000 min^{-1} . Temperatura ležaja je $150 \text{ }^\circ\text{C}$. Potrebna trajnost ležaja je 8000 h. Obremenitev je po obodu (rotira notranji obroč).

$d = 50 \text{ mm}$
 $F_r = 6000 \text{ N}$
 $F_a = 2000 \text{ N}$
 $n = 1000 \text{ okr/min}$
 $t = 150 \text{ }^\circ\text{C}$
 $L_h = 8000 \text{ h}$

Iz tabele 116

$x =$

$y =$

iz tabele 117 : $f_L =$

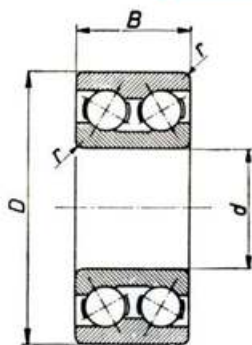
iz tabele 119 : $f_n =$

iz tabele 121 : $f_t =$

$f_z = 1$ - ni dodatnih obremenitev

IZBRANI LEŽAJ

Dvoredni kroglični ležaj
50 BG 33
 $d = 50 \text{ mm}$
 $D = 110 \text{ mm}$
 $b = 44,4 \text{ mm}$
 $C = 80 \text{ kN}$



ZVARNI SPOJI

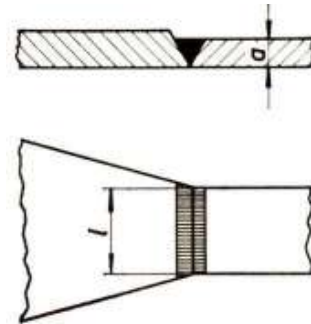
Vaja 47

Izračunaj dolžino zvara (l) po skici če je natezna obremenitev statična 50 kN.
materijal pločenin e je St 37, debelina zvara pa 8 mm. Spoj je na ohišju batnega stroja.

$$F = 50000 \text{ N}$$

$$a = 8 \text{ mm}$$

$$\sigma_{Tz} = 240 \text{ MPa} - \text{za material St 37}$$



Določi dolžino zvara

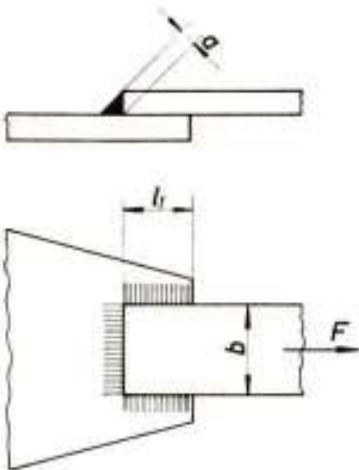
Vaja 48

U preklopnom spoju je zavar je obremenjen **na Strig**, obremenitev je statična $F=50$ kN. Materijal pločevine je St37. Potrebno je določiti dolžino vzdolžnega zvara če je širina pločevine 50 mm in debelina zvara 4mm Zvr je izveden na obdelovalnem stroju

$$F = 50000 \text{ N}$$

$$a = 4 \text{ mm}$$

$$\sigma_{Tz} = 240 \text{ MPa} - \text{za material St 37}$$



Vrednosti odstopkov za mere gredi v μm																		
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	Imenska mera v mm
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	-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 40 do 50
nad 50 do 65	-340 -530	-140 -330	-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 50 do 65
nad 65 do 80	-360 -550	-150 -340	-140 -210	-85 -148	-43 -83	-14 -39	0 -25	0 -63	0 -100	0 -250	+14 -11	+28 +3	+52 +27	+76 +54	+101 +79	+198 +144	+264 +210	nad 65 do 80
nad 80 do 100	-380 -600	-170 -390	-160 -240	-100 -172	-50 -96	-15 -44	0 -29	0 -72	0 -115	0 -290	+16 -13	+33 +4	+60 +31	+88 +63	+117 +92	+233 +170	+311 +248	nad 80 do 100
nad 100 do 120	-410 -630	-180 -400	-180 -260	-110 -191	-56 -108	-17 -49	0 -32	0 -81	0 -130	0 -320	+16 -16	+36 +4	+66 +34	+90 +65	+125 +100	+253 +190	+343 +280	nad 100 do 120
nad 120 do 140	-460 -710	-200 -450	-200 -280	-120 -172	-60 -106	-19 -54	0 -36	0 -89	0 -140	0 -360	+18 -18	+40 +4	+73 +37	+93 +68	+133 +108	+273 +210	+373 +310	nad 120 do 140
nad 140 do 160	-520 -770	-210 -460	-220 -300	-130 -191	-62 -119	-18 -54	0 -36	0 -89	0 -140	0 -360	+18 -18	+40 +4	+73 +37	+106 +77	+151 +122	+308 +236	+422 +350	nad 140 do 160
nad 160 do 180	-580 -830	-230 -480	-240 -330	-140 -210	-72 -126	-22 -54	0 -46	0 -74	0 -190	0 -250	+13 -9	+25 +3	+45 +25	+93 +71	+178 +124	+232 +178	+264 +210	nad 160 do 180
nad 180 do 200	-660 -950	-240 -530	-260 -450	-150 -210	-85 -148	-25 -63	0 -63	0 -100	0 -250	0 -320	+14 -11	+28 +3	+52 +27	+109 +80	+260 -550	-740 -1030	-740 -1030	nad 180 do 200
nad 200 do 225	-740 -1030	-260 -550	-280 -570	-160 -220	-96 -131	-29 -60	0 -40	0 -97	0 -155	0 -400	+16 -20	+33 +5	+60 +40	+113 +84	+169 +140	+356 +284	+497 +425	nad 200 do 225
nad 225 do 250	-820 -1110	-280 -570	-300 -620	-170 -220	-100 -148	-32 -72	0 -72	0 -115	0 -290	0 -320	+16 -13	+33 +4	+60 +31	+126 +94	+190 +158	+396 +315	+556 +475	nad 225 do 250
nad 250 do 280	-920 -1240	-300 -620	-320 -480	-180 -240	-110 -159	-32 -81	0 -81	0 -115	0 -290	0 -320	+16 -16	+36 +4	+66 +34	+109 +80	+260 -550	-740 -1030	-740 -1030	nad 250 do 280
nad 280 do 315	-1050 -1370	-330 -650	-350 -570	-190 -250	-125 -174	-36 -96	0 -96	0 -126	0 -360	0 -400	+18 -18	+40 +4	+73 +37	+144 +108	+226 +190	+479 +390	+679 +590	nad 280 do 315
nad 315 do 355	-1200 -1560	-360 -720	-400 -760	-210 -280	-125 -174	-36 -96	0 -96	0 -126	0 -360	0 -400	+18 -18	+40 +4	+73 +37	+150 +114	+244 +208	+524 +435	+749 +660	nad 315 do 355
nad 355 do 400	-1350 -1710	-400 -760	-450 -840	-230 -300	-135 -184	-40 -104	0 -104	0 -137	0 -400	0 -400	+20 -20	+45 +5	+80 +40	+166 +126	+272 +232	+587 +490	+837 +740	nad 355 do 400
nad 400 do 450	-1500 -1900	-440 -840	-480 -880	-250 -330	-145 -194	-44 -108	0 -108	0 -137	0 -400	0 -400	+20 -20	+45 +5	+80 +40	+172 +132	+292 +252	+637 +540	+917 +820	nad 400 do 450
nad 450 do 500	-1650 -2050	-480 -880	-500 -900	-260 -340	-155 -204	-48 -112	0 -112	0 -141	0 -400	0 -400	+20 -20	+45 +5	+80 +40	+172 +132	+292 +252	+637 +540	+917 +820	nad 450 do 500

Vrednosti odstopkov za mere lukenj v μm																
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														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														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														nad 100 do 120
nad 120 do 140	+710 +460	+450 +200	+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 120 do 140
nad 140 do 160	+770 +520	+460 +210														nad 140 do 160
nad 160 do 180	+830 +580	+480 +230														nad 160 do 180
nad 180 do 200	+950 +660	+530 +240	+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 180 do 200
nad 200 do 225	+1030 +740	+550 +260														nad 200 do 225
nad 225 do 250	+1110 +820	+570 +280														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														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														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														nad 450 do 500