

PRITISNUTI ELEMENTI KONSTANTNOG POPREČNOG PRESJEKA - MEST EN 1993-1-1

Nosivost na izvijanje

- Prema MEST EN 1993-1-1 i odgovarajućem NA, pritisnuti element treba da se provjeri na izvijanje na sljedeći način:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1,0$$

gdje je:

N_{Ed} proračunska vrijednost sile pritiska, a

$N_{b,Rd}$ proračunska nosivost pritisnutog elementa na izvijanje.

- Proračunska nosivost pritisnutog elementa na izvijanje treba da se odredi kao:

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A f_y}{\gamma_{M1}}$$

za poprečne presjeke klase 1, 2 i 3 i

$$N_{b,Rd} = \frac{\chi A_{eff} f_y}{\gamma_{M1}}$$

za poprečne presjeke klase 4.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE I PREDAVANJE 10

- Gdje je χ faktor redukcije za odgovarajući oblik izvijanja.
- Pri određivanju A i A_{eff} , rupe za spojna sredstva na krajevima elemenata ne treba da se uzimaju u obzir.
- Za aksijalno pritisnute elemente vrijednost χ za odgovarajuću bezdimenzionalnu vitkost i krivu izvijanja treba da se odredi na sljedeći način:

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \bar{\lambda}^2}} \quad \text{ali } \chi \leq 1,0$$

gdje je:

$$\Phi = 0,5 \left[1 + \alpha (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2 \right]$$

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A f_y}{N_{\text{cr}}}}$$

bezdimenzionalna vitkost za poprečne presjeke klase 1, 2 i 3,

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}} f_y}{N_{\text{cr}}}}$$

za poprečne presjeke klase 4,

α faktor imperfekcije,

N_{cr} elastična kritična sila za mjerodavni oblik izvijanja štapa na osnovu karakteristika bruto poprečnog presjeka.

Krive izvijanja

- Faktor imperfekcije α za odgovarajuću krivu izvijanja treba da se odredi koristeći sljedeće dvije tabele.

Kriva izvijanja	a_0	a	b	c	d
Faktor imperfekcije, α	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76

→ ELASTIČNI PRORAČUN $\sigma_x = \frac{N_{\text{ed}}}{A} + \frac{M_{\text{ed}}}{W} \rightarrow \sigma_{\text{oe}}$

ČELIČNE KONSTRUKCIJE I
 PREDAVANJE 10

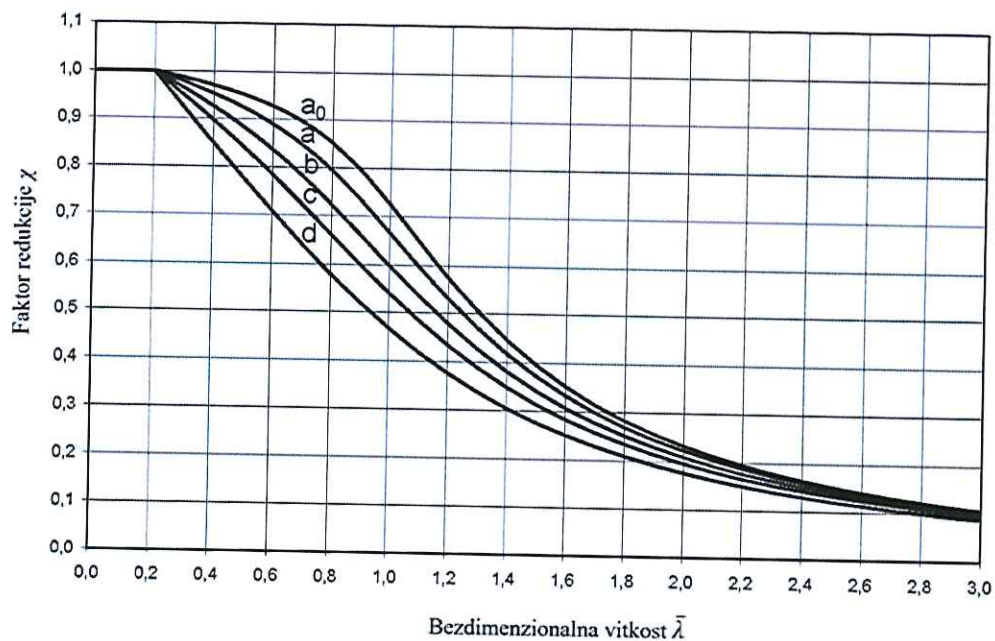
Poprečni presjek	Ograničenja	Izvijanje oko ose	Kriva izvijanja	
			S 235 S 275 S 355 S 420	S 460
Valjani presjeci 	$h/b > 1,2$ $t_f \leq 40 \text{ mm}$ $40 \text{ mm} < t_f \leq 100$ $h/b \leq 1,2$ $t_f \leq 100 \text{ mm}$ $t_f > 100 \text{ mm}$	$y-y$ $z-z$	a b	a_0 a_0
		$y-y$ $z-z$	b c	a a
		$y-y$ $z-z$	b c	a a
		$y-y$ $z-z$	d d	c c
Zavareni I-presjeci 	$t_f \leq 40 \text{ mm}$ $t_f > 40 \text{ mm}$	$y-y$ $z-z$	b c	b c
		$y-y$ $z-z$	c d	c d
Šuplji presjeci 	Izradeni u toplom stanju hladno oblikovani	bilo koje	a	a_0
		bilo koje	c	c
Zavareni sandučasti presjeci 	Uopšteno (izuzev za slučajeve navedene ispod) Debeli šavovi: $a > 0,5t_f$ $b/t_f < 30$ $h/t_w < 30$	bilo koje	b	b
		bilo koje	c	c
U-, T- i puni presjeci 		bilo koje	c	c
L-presjeci 		bilo koje	b	b

Kupac: standarda je. Građevinski fakultet - Podgorica

ČELIČNE KONSTRUKCIJE I

PREDAVANJE 10

- Vrijednosti faktora redukcije χ za odgovarajuću bezdimenzionalnu vitkost mogu da se odrede sa sljedećeg dijagrama.



- Za

$$\bar{\lambda} \leq 0,2$$

ili za

$$\frac{N_{Ed}}{N_{cr}} \leq 0,04$$

mogu se zanemariti uticaji izvijanja i sprovesti samo kontrole poprečnog presjeka.

Vitkost za fleksiono izvijanje

- Bezdimenzionalna vitkost je data izrazima:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{1}{\lambda_1}$$

za poprečne presjeke klase 1, 2 i 3 i

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{eff}f_y}{N_{cr}}} = \frac{L_{cr}}{i} \frac{\sqrt{\frac{A_{eff}}{A}}}{\lambda_1}$$

za poprečne presjeke klase 4,

gdje je:

L_{cr} dužina izvijanja za analiziranu osu izvijanja,

i poluprečnik inercije za odgovarajuću osu određen na osnovu svojstava bruto poprečnog presjeka,

$$\lambda_1 = \pi \sqrt{\frac{E}{f_y}} = 93,9\varepsilon$$

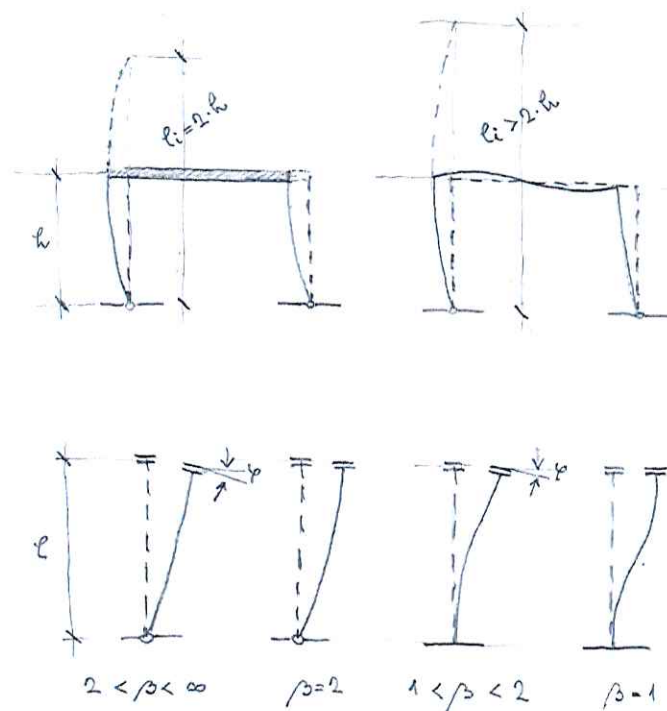
$$\varepsilon = \sqrt{\frac{235}{f_y}}$$

(f_y u N/mm²)

- Za fleksiono izvijanje, odgovarajuća kriva izvijanja treba da se odredi iz prethodne tabele u kojoj se daju razni poprečni presjeci i odgovarajuće krive izvijanja.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE I PREDAVANJE 10

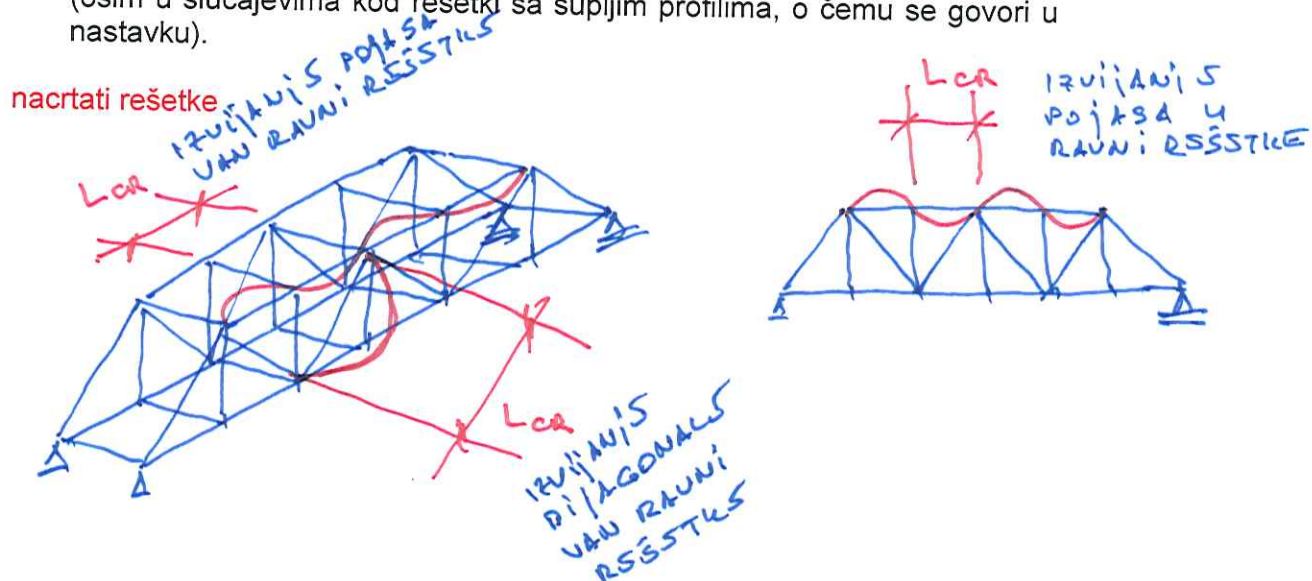
- Uputstvo za izbor dužine izvijanja za pritisnute elemente sa različitim graničnim uslovima nije dato u EN 1993. Jednostavno nije postignut zajednički dogovor između učesnika iz raznih evropskih zemalja koji su radili na Eurokodu. Određena saglasnost je urađena kod rešetkastih konstrukcija, o čemu će biti riječi kasnije.
- Preporučuje se da se koriste dužine izvijanja koje se teorijski navode kod četiri osnovna Ojlerova slučaja. Međutim problem se javlja kod izvedenih slučajeva izvijanja stubova ramovskih sistema.



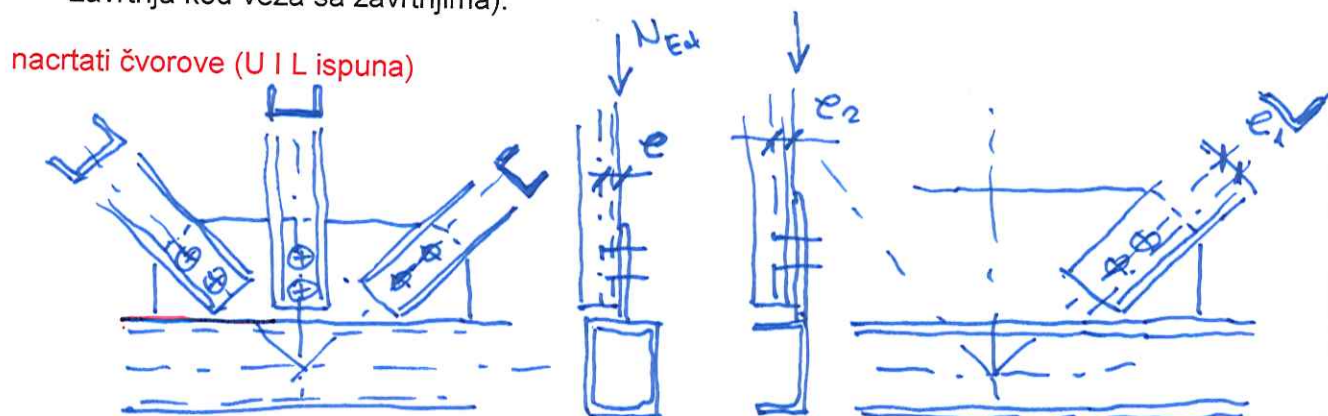
- U ovim slučajevima preporučuje se postupak proračuna koji je dat u evropskom predstandardu za čelične konstrukcije ENV 1993-1-1 (1992).
- U nekoliko sljedećih slučajeva ćemo navesti primjere kod kojih je ipak došlo do dogovora i oni su izloženi posebno u aneksu BB standarda MEST EN 1993-1-1.

Fleksiono izvijanje elemenata rešetkastih konstrukcija

- Za **pojasne** elemente, generalno, i za izvijanje elemenata **ispune** izvan ravni može se uzeti da je dužina izvijanja L_{cr} jednaka sistenskoj dužini L (osim u slučajevima kod rešetki sa šupljim profilima, o čemu se govori u nastavku).



- Može se uzeti da je dužina izvijanja L_{cr} za **pojasne** elemente I ili H presjeka jednaka $0,9 L$ za izvijanje u ravni rešetke.
- Elementi **ispune** mogu da se proračunavaju na izvijanje u ravni sa dužinom izvijanja manjom od sistemske dužine, pod uslovom da pojasevi i veze na krajevima štapova ispune obezbjeđuju odgovarajuće ukleštenje (bar 2 zavrtnja kod veza sa zavrtnjima).



- Pod ovim uslovima, u uobičajenim trougaonim konstrukcijama, dužina izvijanja L_{cr} elemenata **ispune** za izvijanje u ravni može da se uzme kao $0,9 L$, izuzev u slučaju ugaonika.

ČELIČNE KONSTRUKCIJE I PREDAVANJE 10

- Ukoliko **pojasevi** obezbjeđuju odgovarajuće pridržavanje krajeva elemenata **ispune** napravljenih od ugaonika i veze na krajevima elemenata **ispune** obezbjeđuju odgovarajuće uklještenje (bar 2 zavrtnja kod veza sa zavrtnjima), ekscentriciteti mogu da se zanemare, a uklještenja na krajevima mogu da se uzmu u obzir pri proračunu ugaonika kao pritisnutog elementa **ispune**. Efektivna relativna vitkost može da se odredi na sljedeći način:

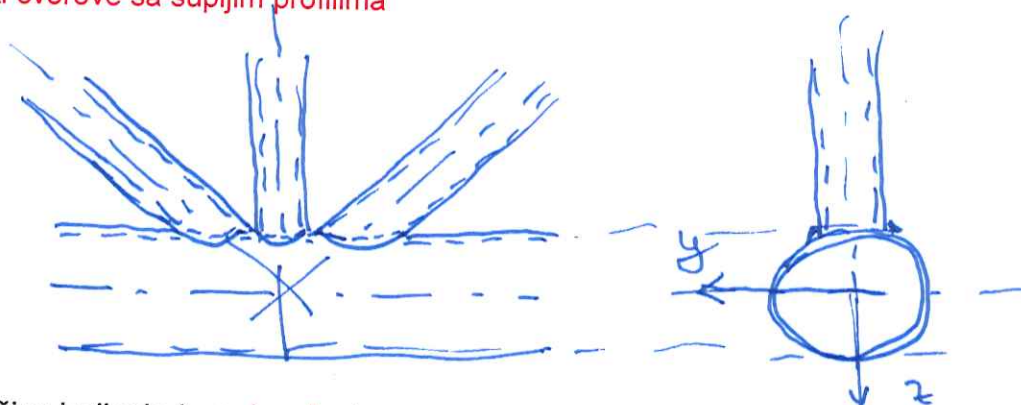
$$\bar{\lambda}_{\text{eff},v} = 0,35 + 0,7\bar{\lambda}_v \quad \text{za izvijanje oko v - v ose}$$

$$\bar{\lambda}_{\text{eff},y} = 0,50 + 0,7\bar{\lambda}_y \quad \text{za izvijanje oko y - y ose}$$

$$\bar{\lambda}_{\text{eff},z} = 0,50 + 0,7\bar{\lambda}_z \quad \text{za izvijanje oko z - z ose}$$

- Kada se za veze na krajevima elemenata **ispune** od ugaonika koristi samo jedan zavrtnj, ekscentricitet treba da se uzme u obzir (prema proračunu nosivosti presjeka - vidi istovremeno dejstvo pritiska i savijanja), a dužina izvijanja L_{cr} treba da bude jednaka sistemskoj dužini L .

nacrtači čvorove sa šupljim profilima



- Dužina izvijanja L_{cr} **pojasnih** elemenata od šupljih profila može da se uzme kao $0,9 L$, za izvijanje u ravni i izvan ravni, gdje je L sistemaska dužina za odgovarajuću ravan. Sistemaska dužina u ravni je razmak između čvorova. Sistemaska dužina izvan ravni je rastojanje između tačaka bočnog pridržavanja.
- Dužina izvijanja L_{cr} elemenata **ispune** od šupljih profila sa vezama ostvarenim zavrtnjevima može da se uzme kao $1,0 L$ za izvijanje u ravni i izvan ravni.
- Generalno se može uzeti da je dužina izvijanja L_{cr} za element **ispune** od šupljeg profila koji nije skraćen ili spljošten i koji je zavaren po čitavom obimu za pojase štاپove od šupljih profila $0,75 L$ za izvijanje u ravni i izvan ravni.

Vitkost za torziono i fleksiono-torziono izvijanje

- Za elemente sa otvorenim poprečnim presjecima treba uzeti u obzir mogućnost da nosivost elementa na torziono ili torziono-fleksiono izvijanje bude manja od nosivosti na fleksiono izvijanje.
- Bezdimenzionalna vitkost za torziono ili torziono-fleksiono izvijanje treba da se odredi kao:

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{Af_y}{N_{cr}}}$$

za poprečne presjeke klase 1, 2 i 3 i

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A_{\text{eff}}f_y}{N_{cr}}}$$

za poprečne presjeke klase 4,

gdje je:

N_{cr} manja vrijednost između $N_{cr,T}$ i $N_{cr,TF}$

$N_{cr,T}$ elastična kritična sila za torziono izvijanje.

$N_{cr,TF}$ elastična kritična sila za torziono-fleksiono izvijanje,

- Izrazi za $N_{cr,T}$ i $N_{cr,TF}$, sa postupcima izvođenja mogu se naći u preporučenoj literaturi.
- Za torziono ili torziono-fleksiono izvijanje odgovarajuće krive izvijanja takođe mogu da se odrede iz prethodne tabele, u kojoj se daju razni poprečni presjeci i odgovarajuće krive izvijanja, uzimajući krive koje se odnose na z-osu.