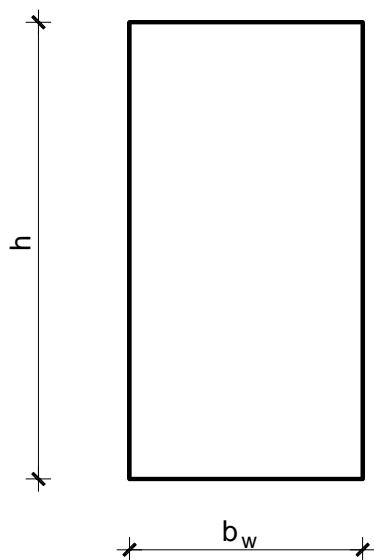


PRIMJER 1. Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na djelovanje momenta savijanja, jednostruko armiranje

Za dani pravokutni presjek 30/65 cm i karakteristične vrijednosti djelovanja $M_G = 40 \text{ kNm}$ i $M_Q = 65 \text{ kNm}$, potrebno je izračunati glavnu uzdužnu armaturu.

- dimenzije: $h = 65 \text{ cm}$ $d_1 = 4 \text{ cm}$
 $b_w = 30 \text{ cm}$ $d = 61 \text{ cm}$

- materijal: C 25/30
RA 400/500



- računске vrijednosti za djelovanje i otpornost:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ N/mm}^2 \quad \text{računska tlačna čvrstoća betona}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,8 \text{ N/mm}^2 \quad \text{računska granica razvlačenja čelika}$$

$$M_{sd} = \gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q \quad \text{računski moment savijanja}$$
$$= 1,35 \cdot 40 + 1,50 \cdot 65 = 151,50 \text{ kNm}$$

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sd}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{151,50 \cdot 100}{30 \cdot 61^2 \cdot 16,67} = 0,0817 \leq \mu_{Rd, \lim} = 0,332 \quad \text{-jednostruko armiranje}$$

LIMITIRAJUĆE VRIJEDNOSTI ZA JEDNOSTRUKO ARMIRANJE				
<i>Dostatna duktilnost</i>				
	GA 240/360	RA 400/500	B 500/550	$\alpha_v = 0,8095$ $k_a = 0,4160$ $k_{d,lim} = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Rd}}{bf_{cd}}}}$
$\varepsilon_{s1,lim}$	1,04	1,74	2,17	
ξ_{lim}	0,771	0,668	0,617	
ζ_{lim}	0,679	0,722	0,744	
$\mu_{Rd,lim}$	0,360	0,332	0,316	
$k_{d,lim}$	1,667	1,736	1,779	

Iz tablica se odabiru deformacije betona i armature i pripadni ξ i ζ . U tablicama je moguće odabrati više različitih parova deformacija za isti μ_{sd} te se odabir ostavlja projektantu.

Mogući odabiri:

$\varepsilon_{c2} = -3\text{‰}$	$\varepsilon_{c2} = -1,9\text{‰}$	$\varepsilon_{c2} = -1,6\text{‰}$	$\varepsilon_{c2} = -1,3\text{‰}$
$\varepsilon_{s1} = 20\text{‰}$	$\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$	$\varepsilon_{s1} = 7,5\text{‰}$	$\varepsilon_{s1} = 5\text{‰}$
$\xi = 0,130$	$\xi = 0,160$	$\xi = 0,176$	$\xi = 0,206$
$\zeta = 0,947$	$\zeta = 0,941$	$\zeta = 0,936$	$\zeta = 0,926$

Odabir veće deformacije čelika znači manju količinu ugrađene armature, ali i manje duktilan presjek. Za ovaj primjer odabrane su deformacije $\varepsilon_{c2} = -1,9\text{‰}$ i $\varepsilon_{s1} = 10\text{‰}$:

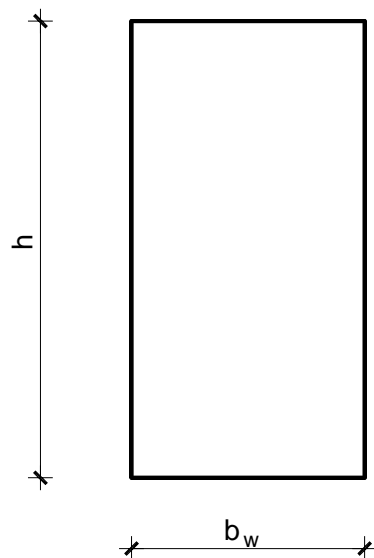
$$A_{s1} = \frac{M_{sd}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} = \frac{151,50 \cdot 100}{0,941 \cdot 61 \cdot 34,78} = 7,58 \text{ cm}^2$$

PRIMJER 2. Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na djelovanje momenta savijanja i uzdužne vlačne sile, jednostruko armiranje

Za dani pravokutni presjek 35/50 cm i karakteristične vrijednosti djelovanja $M_G = 120 \text{ kNm}$, $M_Q = 100 \text{ kNm}$, $N_G = 55 \text{ kNm}$, $N_Q = 50 \text{ kNm}$ (vlak) potrebno je izračunati glavnu uzdužnu armaturu.

- dimenzije: $h = 35 \text{ cm}$ $d_1 = 5 \text{ cm}$
 $b_w = 50 \text{ cm}$ $d = 45 \text{ cm}$

- materijal: C 25/30
RA 400/500



- računске vrijednosti za djelovanje i otpornost:

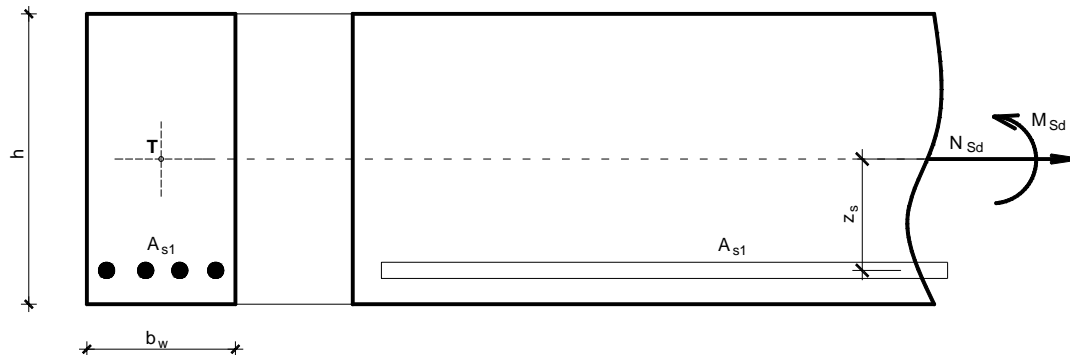
$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ N/mm}^2 \quad \text{računska tlačna čvrstoća betona}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,8 \text{ N/mm}^2 \quad \text{računska granica razvlačenja čelika}$$

$$M_{sd} = \gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q$$
$$= 1,35 \cdot 120 + 1,50 \cdot 100 = 312 \text{ kNm} \quad \text{računski moment savijanja}$$

$$N_{sd} = \gamma_G \cdot N_G + \gamma_Q \cdot N_Q$$
$$= 1,35 \cdot 55 + 1,50 \cdot 50 = 149,30 \text{ kNm} \quad \text{računska uzdužna sila}$$

Zadatak se može rješavati na više načina. Jedan od najpogodnijih je postupak Wuczkowski gdje se računa ukupni momet koji djeluje na vlačnu armaturu:



$$M_{Sd,s} = M_{Sd} \pm N_{Sd} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right) \quad \text{- računski momet na vlačnu armaturu}$$

$$= 312,00 - 149,30 \cdot (0,25 - 0,05) = 282,14 \text{ kNm}$$

Posebnu pažnju treba obratiti na predznak uzdužne sile: vlačna sila smanjuje računski moment te joj je predznak "-" !

$$\mu_{sd} = \frac{M_{Sd,s}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{282,14 \cdot 100}{35 \cdot 45^2 \cdot 1,667} = 0,240 \leq \mu_{Rd,lim} = 0,332 \quad \text{-jednostruko armiranje}$$

Iz tablica se odabiru deformacije betona i armature i pripadni ξ i ζ :

$$\varepsilon_{c2} = -3,5\text{‰}$$

$$\varepsilon_{s1} = 5\text{‰}$$

$$\xi = 0,412$$

$$\zeta = 0,829$$

Izraz za potrebnu armaturu modificira se zbog djelovanja uzdužne sile:

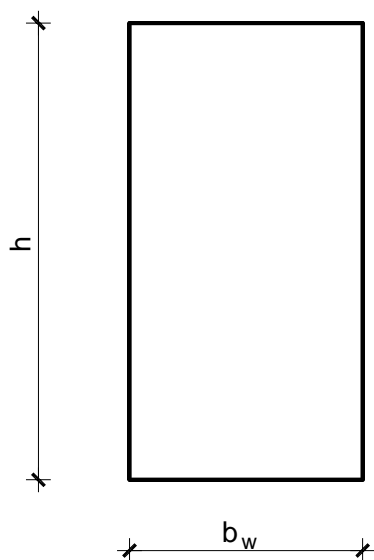
$$A_{s1} = \frac{M_{Sd,s}}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} \pm \frac{N_{Sd}}{f_{yd}} = \frac{282,14 \cdot 100}{0,829 \cdot 45 \cdot 34,78} + \frac{149,30}{34,78} = 26,03 \text{ cm}^2$$

Posebnu pažnju treba obratiti na predznak uzdužne sile: vlačna sila mora se u potpunosti preuzeti uzdužnom armaturom!

PRIMJER 2. Dimenzioniranje pravokutnog presjeka na djelovanje momenta savijanja i uzdužne vlačne sile, dvostruko armiranje

Za dani pravokutni presjek 30/60 cm i karakteristične vrijednosti djelovanja $M_G = 120 \text{ kNm}$, $M_Q = 180 \text{ kNm}$, $N_G = 500 \text{ kNm}$, $N_Q = 600 \text{ kNm}$ (tlak) potrebno je izračunati glavnu uzdužnu armaturu.

- dimenzije: $h = 30 \text{ cm}$ $d_1 = 4 \text{ cm}$
 $b_w = 60 \text{ cm}$ $d_2 = 4 \text{ cm}$
 $d = 56 \text{ cm}$
- materijal: C 25/30
RA 400/500



- računske vrijednosti za djelovanje i otpornost:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ N/mm}^2 \quad \text{računska tlačna čvrstoća betona}$$

$$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{400}{1,15} = 347,8 \text{ N/mm}^2 \quad \text{računska granica razvlačenja čelika}$$

$$M_{Sd} = \gamma_G \cdot M_G + \gamma_Q \cdot M_Q$$
$$= 1,35 \cdot 120 + 1,50 \cdot 180 = 432 \text{ kNm} \quad \text{računski moment savijanja}$$

$$N_{Sd} = \gamma_G \cdot N_G + \gamma_Q \cdot N_Q$$
$$= 1,35 \cdot 500 + 1,50 \cdot 600 = 1575 \text{ kNm} \quad \text{računska uzdužna sila}$$

$$M_{Sd,s} = M_{Sd} \pm N_{Sd} \cdot \left(\frac{h}{2} - d_1 \right) \quad - \text{računski moment na vlačnu armaturu}$$

$$= 432,00 + 1575,00 \cdot (0,30 - 0,04) = 841,50 \text{ kNm}$$

Posebnu pažnju treba obratiti na predznak uzdužne sile: tlačna sila povećava računski moment te joj je predznak "+" !

LIMITIRAJUĆE VRIJEDNOSTI ZA JEDNOSTRUKO ARMIRANJE				
<i>Dostatna duktilnost</i>				
	GA 240/360	RA 400/500	B 500/550	$\alpha_v = 0,8095$ $k_a = 0,4160$ $k_{d,lim} = \frac{d}{\sqrt{\frac{M_{Rd}}{bf_{cd}}}}$
$\varepsilon_{s1,lim}$	1,04	1,74	2,17	
ξ_{lim}	0,771	0,668	0,617	
ζ_{lim}	0,679	0,722	0,744	
$\mu_{Rd,lim}$	0,360	0,332	0,316	
$k_{d,lim}$	1,667	1,736	1,779	

$$\mu_{Sds} = \frac{M_{Sd,s}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{841,50 \cdot 100}{30 \cdot 56^2 \cdot 1,667} = 0,539 \geq \mu_{Rd,lim} = 0,332 \text{ - dvostruko armiranje}$$

$$M_{Rds,lim} = \mu_{Rd,lim} b d^2 f_{cd} = 0,332 \cdot 30 \cdot 56^2 \cdot 1,66 = 56222,2 \text{ kNcm} \text{ - računska otpornost presjeka}$$

Potrebna armatura:

$$A_{s1} = \frac{M_{Rds,lim}}{z_{lim} f_{yd}} + \frac{M_{Sds} - M_{Rds,lim}}{(d - d_2) f_{yd}} \pm \frac{N_{Sd}}{f_{yd}}, \quad z_{lim} = \zeta d$$

$$A_{s1} = \frac{56222,2}{0,722 \cdot 56 \cdot 34,78} + \frac{84150 - 56222,2}{(56 - 4) 34,78} - \frac{1575,00}{34,78} = 10,13 \text{ cm}^2$$

Posebnu pažnju treba obratiti na predznak uzdužne sile: tlačna sila smanjuje potrebnu armaturu te joj je predznak "-" !

$$A_{s2} = \frac{M_{Sds} - M_{Rds,lim}}{(d - d_2) \sigma_{s2}}, \quad \sigma_{s2} \text{ - naprezanje u tlačnoj armaturi}$$

$$\sigma_{s2} = -\varepsilon_{s2} E_s \leq f_{yd}$$

$$\varepsilon_{s2} = -3,5 \frac{\xi_{lim} - d_2/d}{\xi_{lim}} [‰]$$

$$\sigma_{s2} = 3,12 \cdot 200 = 625 \text{ N/mm}^2 > f_{yd} = 34,78$$

$$A_{s2} = \frac{84150 - 56222,2}{(56 - 4) 34,78} = 15,44 \text{ cm}^2$$