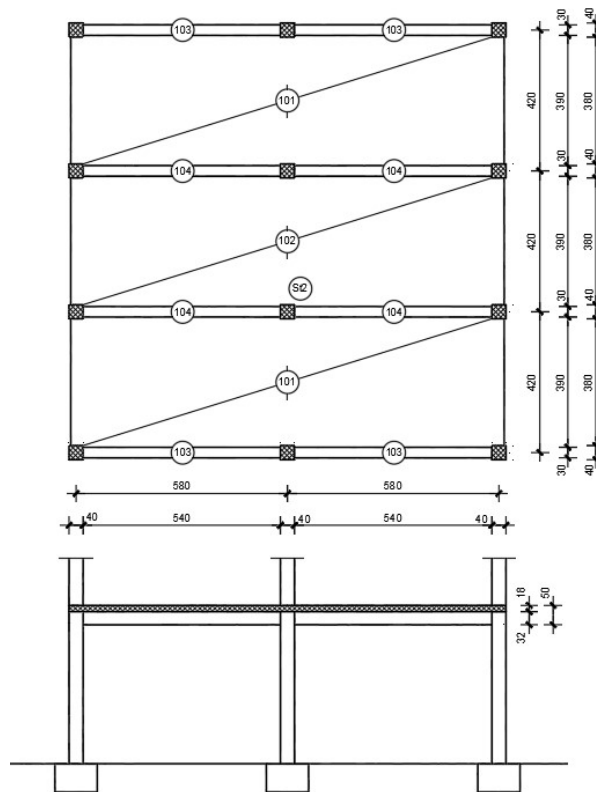


Primjeri proračuna ploče i grede

1. Proračun ploče nosive u jednom smjeru s tri jednaka raspona

Treba odrediti armaturu ploče (slika 1) u poljima (pozicije 101 i 102) i na prvom osloncu (oslonac 101-102) ako je zadano sljedeće: $h = 18 \text{ cm}$; $\Delta g = 1,0 \text{ kN/m}^2$; $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$; $L = 4,20 \text{ m}$; beton C25/30; čelična armatura B500B; slabo agresivan okoliš i zaštitni sloj betona je $c = 2,0 \text{ cm}$. Proračun se provodi uz pretpostavku da je glavna nosiva armatura u polju i na osloncu $\phi 10$.



Slika 1.1. Ploča s tri jednaka raspona nosiva u jednom smjeru

Opterećenje:

STALNO: Vlastita težina ploče: $g_{pl} = 0,18 \cdot 25 = 4,5 \text{ kN/m}^2$
Slojevi za izravnavanje i parket: $\Delta g = 1,0 \text{ kN/m}^2$

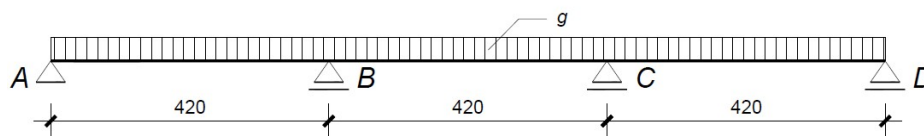
Stalno opterećenje : $g_1 = g_{pl} + \Delta g = 5,5 \text{ kN/m}^2$
Stalno opterećenje po 1 m': $b = 1,0 \text{ m}$ $g = b \cdot g_1 = 1,00 \cdot 5,5 = 5,5 \text{ kN/m}$

UPORABNO:

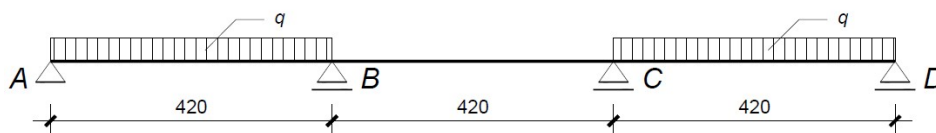
$$q = b \cdot q' = 1,00 \cdot 2,0 = 2,0 \text{ kN/m'}$$

Proračun momenata savijanja:

1. polje:



Slika 1.2. Položaj stalnog opterećenja



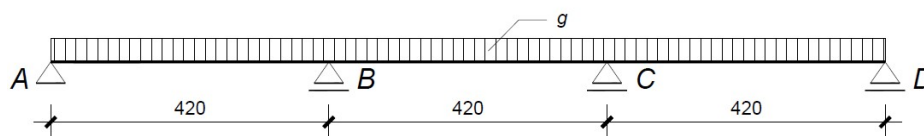
Slika 1.3. Položaj uporabnog opterećenja za najveći moment savijanja u prvom polju

stalno: $M_g = 0,080 \cdot g \cdot L^2 = 0,080 \cdot 5,5 \cdot 4,2^2 = 7,76 \text{ kNm}$

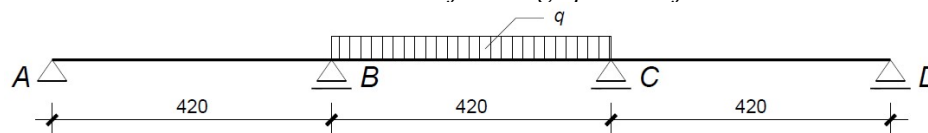
uporabno: $M_q = 0,101 \cdot q \cdot L^2 = 0,101 \cdot 2,0 \cdot 4,2^2 = 3,56 \text{ kNm}$

ukupno: $M_{Ed} = 1,35 \cdot M_g + 1,5 \cdot M_q = 1,35 \cdot 7,76 + 1,5 \cdot 3,56 = 15,82 \text{ kNm}$

2. polje:



Slika 1.4. Položaj stalnog opterećenja



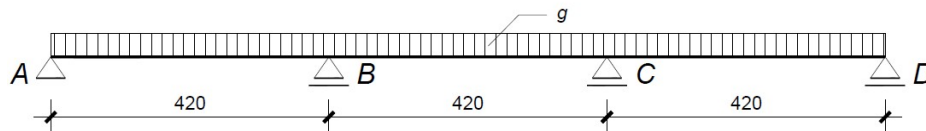
Slika 1.5. Položaj uporabnog opterećenja za najveći moment savijanja u drugom polju

stalno: $M_g = 0,025 \cdot g \cdot L^2 = 0,025 \cdot 5,5 \cdot 4,2^2 = 2,43 \text{ kNm}$

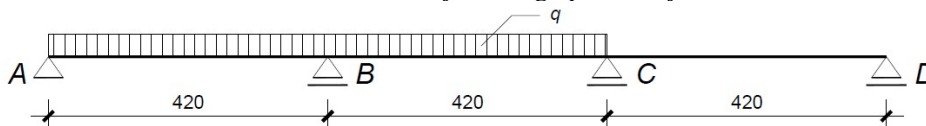
uporabno: $M_q = 0,075 \cdot q \cdot L^2 = 0,075 \cdot 2,0 \cdot 4,2^2 = 2,65 \text{ kNm}$

ukupno: $M_{Ed} = 1,35 \cdot M_g + 1,5 \cdot M_q = 1,35 \cdot 2,43 + 1,5 \cdot 2,65 = 7,24 \text{ kNm}$

Ležaj B:



Slika 1.6. Položaj stalnog opterećenja



Slika 1.7. Položaj uporabnog opterećenja za najveći moment savijanja u na ležaju B

stalno: $M_g^{\text{supp}} = -0,100 \cdot g \cdot L^2 = -0,100 \cdot 5,5 \cdot 4,2^2 = -9,70 \text{ kNm}$

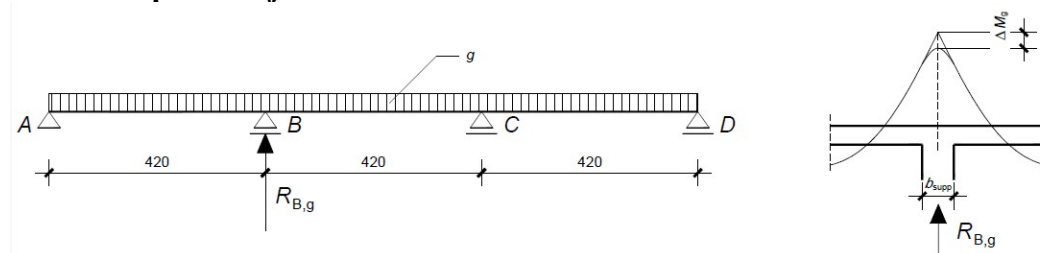
uporabno: $M_q^{\text{supp}} = -0,117 \cdot q \cdot L^2 = -0,117 \cdot 2,0 \cdot 4,2^2 = -4,13 \text{ kNm}$

ukupno: $M_{\text{Ed}}^{\text{supp}} = 1,35 \cdot M_g + 1,5 \cdot M_q = 1,35 \cdot (-9,70) + 1,5 \cdot (-4,13) = -19,29 \text{ kNm}$

Smanjenje momenta, na osloncu B, zbog širine oslonca:

Širina oslonca (engl. support): $b_{\text{supp}} = b_{\text{lež}} = b_{\text{osl}} = 30 \text{ cm}$

za stalno opterećenje:

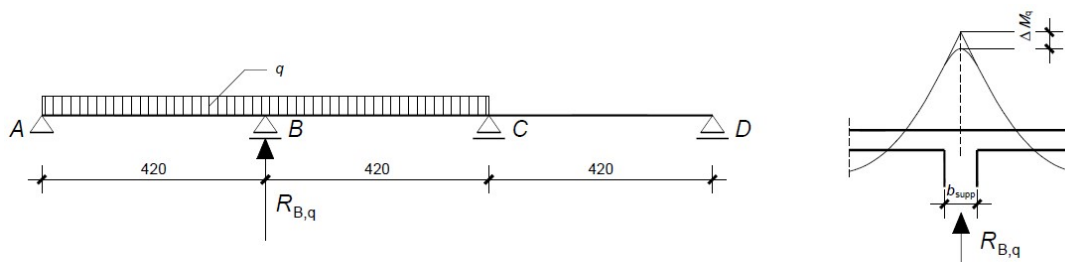


Slika 1.8. Smanjenje momenta savijanja od stalnog opterećenja na osloncu B zbog širine oslonca

$$R_{B,g} = 1,1 \cdot g \cdot L = 1,1 \cdot 5,5 \cdot 4,2 = 25,41 \text{ kN}$$

$$\Delta M_g^{\text{supp}} = R_{B,g} \cdot \frac{b_{\text{supp}}}{8} = 25,41 \cdot \frac{0,3}{8} = 0,95 \text{ kNm}$$

za uporabno opterećenje:



Slika 1.9. Smanjenje momenta savijanja od uporabnog opterećenja na osloncu B zbog širine oslonca

$$R_{B,q} = 1,2 \cdot q \cdot L = 1,2 \cdot 2,0 \cdot 4,2 = 10,08 \text{ kN}$$

$$\Delta M_q^{\text{supp}} = R_{B,q} \cdot \frac{b_{\text{supp}}}{8} = 10,08 \cdot \frac{0,3}{8} = 0,38 \text{ kNm}$$

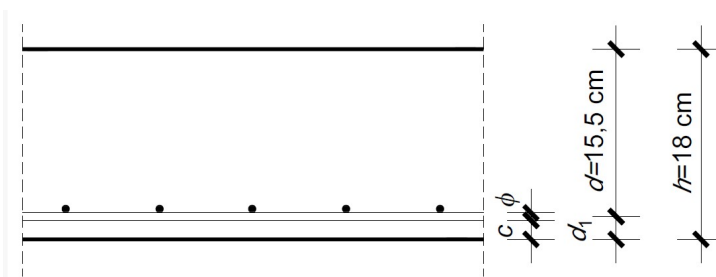
Proračunski moment savijanja nad osloncem:

$$M_{\text{Ed, red}}^{\text{supp}} = 1,35 \cdot (M_g^{\text{supp}} + \Delta M_g^{\text{supp}}) + 1,5 \cdot (M_q^{\text{supp}} + \Delta M_q^{\text{supp}})$$

$$\begin{aligned} M_{\text{Ed, red}}^{\text{supp}} &= 1,35 \cdot (-9,70 + 0,95) + 1,5 \cdot (-4,13 + 0,38) = \\ &= 1,35 \cdot (-8,75) + 1,5 \cdot (-3,75) = -17,44 \text{ kNm} = -1744 \text{ kNcm} \end{aligned}$$

Određivanje statičke visine presjeka:

U POLJU:



Slika 1.10. Određivanje statičke visine presjeka u polju

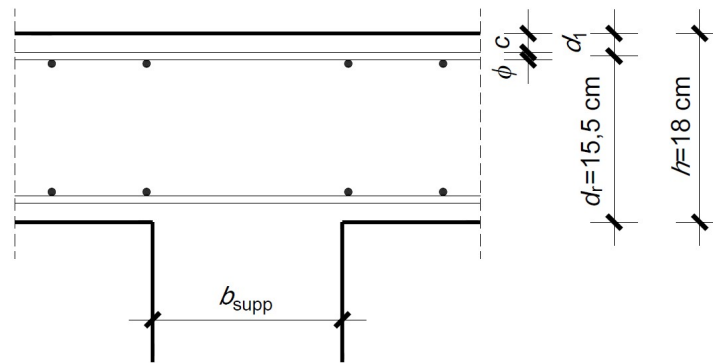
suhi okoliš: $c = 2,0 \text{ cm}$

pretpostavka: $\phi = 10 \text{ mm}$

$$d_1 = c + \frac{\phi}{2} = 2,0 + \frac{1,0}{2} = 2,5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 18,0 - 2,5 = 15,5 \text{ cm}$$

NA OSLONCU:



Slika 1.11. Određivanje statičke visine presjeka na osloncu

suhi okoliš: $c = 2,0 \text{ cm}$

pretpostavka: $\phi = 10 \text{ mm}$

$$d_1 = c + \frac{\phi}{2} = 2,0 + \frac{1,0}{2} = 2,5 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 18,0 - 2,5 = 15,5 \text{ cm}$$

Karakteristike materijala:

beton C25/30: $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 \cdot \frac{25,0}{1,5} = 16,67 \text{ N/mm}^2 = 1,667 \text{ kN/cm}^2$

čelik B500B: $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,478 \text{ kN/cm}^2$

Proračun armature u polju i na osloncu:

širina ploče: $b = 100 \text{ cm}$

1. POLJE:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1582}{100 \cdot 15,5^2 \cdot 1,667} = 0,039$$

Iz tablice 4.1, za $\mu_{Rd} = 0,042$ očitano je:

$$\varepsilon_c / \varepsilon_{s1} = -1,6 / 20 \text{‰}; \xi = 0,074; \zeta = 0,973$$

$$A_{s1,req} = \frac{M_{Ed}}{(\zeta \cdot d) \cdot f_{yd}} = \frac{1582}{(0,973 \cdot 15,5) \cdot 43,478} = 2,41 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Armatura u polju:

ŠIPKE:

Armatura pojedinačnih šipki odabrana je iz tablice 8.4.

Odabir armature za $\phi = 10$ mm, tj. $\phi 10$: $A_{s1,prov} = \phi 10 / 25 \text{ cm} = 3,14 \text{ cm}^2/\text{m}$.

$s_{slab} = 25 \text{ cm}$ je manji razmak od: $s_{max,slab} = 25 \text{ cm} \leq 1,5 \cdot h = 27 \text{ cm}$. U redu je.

$$A_{s1,prov} = 3,14 \text{ cm}^2/\text{m} > A_{s1,req} = 2,41 \text{ cm}^2/\text{m}$$

U slučajevima kada se odabere armatura koja daje manju statičku visinu od pretpostavljene, tada proračun treba ponoviti s takvom (manjom) vrijednošću statičke visine, tj. treba provjeriti zadovoljava li odabrana armatura uvjet da je veća ili jednaka proračunanoj. U gornjem je slučaju glavna armatura ($\phi 10$) jednaka pretpostavljenoj na početku zadatka, pa proračun ne treba ponoviti. No, sa ciljem odabira što primjereniji armature i najjeftinije opcije utroška materijala, moguće je odabrati manji profil armature od pretpostavljenog. Time se dobiva veća statička visina i proračun nije potrebno ponoviti.

Dakle odabirom armature $\phi = 8$ mm iz tablice 8.4 moguće je odabrati: $A_{s1,prov} = \phi 8 / 20 \text{ cm} = 2,51 \text{ cm}^2/\text{m}$. $s_{slab} = 20 \text{ cm}$ je manji razmak od: $s_{max,slab} = 25 \text{ cm} \leq 1,5 \cdot h = 27 \text{ cm}$. U redu je.

$$A_{s1,prov} = 2,51 \text{ cm}^2/\text{m} > A_{s1,req} = 2,41 \text{ cm}^2/\text{m}$$

MREŽE:

Armature mreže odabrane su iz tablice 8.2.

Odabrana mreža R 257 s glavnim armaturom $\phi 7/15 \text{ cm}$. Razdjelna armatura mreže R 257 je $\phi 5/25 \text{ cm}$.

U ovom slučaju je glavna armatura ($\phi 7$) manja od pretpostavljene na početku zadatka, pa proračun ne treba ponoviti.

Provjera nalazi li se armatura između minimalne i maksimalne armature:

Minimalna armatura u polju ploče dana je izrazima (4.40) i (4.41):

- 1) $A_{s1,min} = 0,26 \cdot b \cdot d \cdot (f_{ctm}/f_{yk})$; za C25/30: $f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$,
 $A_{s1,min} = 0,26 \cdot 100 \cdot 15,5 \cdot (2,6/500) = 2,10 \text{ cm}^2/\text{m}$ (mjerodavno), ili
- 2) $A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 100 \cdot 15,5 = 2,02 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Maksimalna armatura u polju ploče dana je izrazima iz tablice 4.8:

- 1) $A_{s1,max} = 0,040 \cdot A_c = 0,040 \cdot 100 \cdot 18 = 72,0 \text{ cm}^2/\text{m}$
- 2) $A_{s1,max} = 0,022 \cdot A_c = 0,022 \cdot 100 \cdot 18 = 39,6 \text{ cm}^2/\text{m}$
- 3) $A_{s,max} = \omega_{lim} \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,365 \cdot 100 \cdot 15,5 \cdot (16,67/434,78) = 21,69 \text{ cm}^2/\text{m}$
(mjerodavno, jer je 21,69 cm^2 najmanja vrijednost za $A_{s1,max}$).

ŠIPKE: $A_{s1,min} = 2,10 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s1,prov} = 2,51 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s1,max} = 21,69 \text{ cm}^2/\text{m}$

Armatura pojedinačnih šipki odabrana je iz tablice 8.4.

Razdjelna armatura za šipke tj. žice ($A_{s,trans}$) mora biti veća ili jednaka 1/5 glavne odabrane armature: $A_{s,trans} \geq A_{s1,prov}/5 = 2,51/5 = 0,5 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Odabrana razdjelna armatura: $\phi 6/40,0 \text{ cm} = 0,71 \text{ cm}^2/\text{m} > 0,5 \text{ cm}^2/\text{m}$, a razmak od 40,0 cm je manji od $3,0 \cdot h = 3,0 \cdot 18 = 54 \text{ cm}$ i jednak 40 cm, koliko se dopušta u hrvatskom nacionalnom dodatku [14].

MREŽE: $A_{s1,min} = 2,10 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s1,prov} = 2,57 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s1,max} = 21,69 \text{ cm}^2/\text{m}$

Razdjelnu armaturu zavarenih mreža nije potrebno provjeravati.

2. POLJE:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{724}{100 \cdot 15,5^2 \cdot 1,667} = 0,018$$

Iz tablice 4.1, za $\mu_{Rd} = 0,020$ očitano je:

$$\varepsilon_c / \varepsilon_{s1} = -1,1 / 20\text{‰}; \xi = 0,048; \zeta = 0,983$$

$$A_{s1,req} = \frac{M_{Ed}}{(\zeta \cdot d) \cdot f_{yd}} = \frac{724}{(0,983 \cdot 15,5) \cdot 43,478} = 1,09 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

Armatura u polju:

ŠIPKE:

Armatura pojedinačnih šipki odabrana je iz tablice 8.4.

Odabir armature za $\phi = 10 \text{ mm}$, tj. $\phi 10$: $A_{s1,prov} = \phi 10 / 25 \text{ cm} = 3,14 \text{ cm}^2/\text{m}$.

$s_{slab} = 25 \text{ cm}$ je manji razmak od: $s_{max,slab} = 25 \text{ cm} \leq 1,5 \cdot h = 27 \text{ cm}$. U redu je.

$$A_{s1,prov} = 3,14 \text{ cm}^2/\text{m} > A_{s1,req} = 1,09 \text{ cm}^2/\text{m}$$

U slučajevima kada se odabere armatura koja daje manju statičku visinu od pretpostavljene, tada proračun treba ponoviti s takvom (manjom) vrijednošću statičke visine, tj. treba provjeriti zadovoljava li odabrana armatura uvjet da je veća ili jednaka proračunanoj. U gornjem je slučaju glavna armatura ($\phi 10$) jednaka pretpostavljenoj na početku zadatka, pa proračun ne treba ponoviti. No, jasno je da će zahtjevana armatura u ovom slučaju biti manja od minimalne armature koja je ista za prvo i drugo polje. Time, minimalna armatura postaje zahtjevana armatura. Na temelju svega rečenog:

$$A_{s1,req} = A_{s1,min} = 2,10 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Sa ciljem odabira što primjereniji armature i najjeftinije opcije utroška materijala, moguće je odabrati manji profil armature od pretpostavljenog. Time se dobiva veća statička visina i proračun nije potrebno ponoviti.

Dakle odabirom armature $\phi = 8 \text{ mm}$ iz tablice 8.4 moguće je odabrati:
 $A_{s1,prov} = \phi^2 / 23 \text{ cm} = 2,19 \text{ cm}^2/\text{m}$. $s_{slab} = 23 \text{ cm}$ je manji razmak od: $s_{max,slab} = 25 \text{ cm} \leq 1,5 \cdot h = 27 \text{ cm}$. U redu je.

$$A_{s1,prov} = 2,19 \text{ cm}^2/\text{m} > A_{s1,req} = 2,10 \text{ cm}^2/\text{m}$$

MREŽE:

Armaturne mreže odabrane su iz tablice 8.2.

Odabrana mreža R 257 s glavnom armaturom $\phi 7/15 \text{ cm}$. Razdjelna armatura mreže R 257 je $\phi 5/25 \text{ cm}$.

U ovom slučaju je glavna armatura ($\phi 7$) manja od pretpostavljene na početku zadatka, pa proračun ne treba ponoviti.

Provjera nalazi li se armatura između minimalne i maksimalne armature:

ŠIPKE: $A_{s1,min} = 2,10 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s1,prov} = 2,19 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s1,max} = 21,69 \text{ cm}^2/\text{m}$

Armatura pojedinačnih šipki odabrana je iz tablice 8.4.

Razdjelna armatura za šipke tj. žice ($A_{s,trans}$) mora biti veća ili jednaka 1/5 glavne odabrane armature: $A_{s,trans} \geq A_{s1,prov}/5 = 2,19/5 = 0,44 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Odabrana razdjelna armatura: $\phi 6/40,0 \text{ cm} = 0,71 \text{ cm}^2/\text{m} > 0,44 \text{ cm}^2/\text{m}$, a razmak od 40,0 cm je manji od $3,0 \cdot h = 3,0 \cdot 18 = 54 \text{ cm}$ i jednak 40 cm, koliko se dopušta u hrvatskom nacionalnom dodatku [14].

MREŽE: $A_{s1,min} = 2,10 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s1,prov} = 2,57 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s1,max} = 21,69 \text{ cm}^2/\text{m}$

Razdjelnu armaturu zavarenih mreža nije potrebno provjeravati.

OSLONAC B:

$$\mu_{Ed} = \frac{M_{Ed,red}^{supp}}{b \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \frac{1744}{100 \cdot 15,5^2 \cdot 1,667} = 0,044$$

Iz tablice 4.1, za $\mu_{Rd} = 0,046$ očitano je:

$$\varepsilon_c / \varepsilon_{s1} = -1,7 / 20 \text{ ‰} ; \xi = 0,078 ; \zeta = 0,971$$

$$A_{s1,req}^{supp} = \frac{M_{Ed,red}^{supp}}{(\zeta \cdot d) \cdot f_{yd}} = \frac{1744}{(0,971 \cdot 15,5) \cdot 43,478} = 2,67 \text{ cm}^2 / \text{m}$$

ŠIPKE:

Armatura pojedinačnih šipki odabrana je iz tablice 8.4. Koristiti će se ista logika kao i prilikom odabire armature u polju pa će se koristiti armatura $\phi 8$.

Odabir armature: $\phi = 8 \text{ mm}$: $A_{s1,prov} = \phi^2 / 18 \text{ cm} = 2,79 \text{ cm}^2/\text{m}$

$s_{slab} = 18 \text{ cm}$ je manji razmak od: $s_{max,slab} = 25 \text{ cm} \leq 1,5 \cdot h = 27 \text{ cm}$. U redu je.

$$A_{s1,prov} = 2,79 \text{ cm}^2/\text{m} > A_{s1,req}^{supp} = 2,67 \text{ cm}^2/\text{m}$$

MREŽE:

Armaturene mreže odabrane su iz tablice 8.2.

Odabrana mreža R 283 s glavnom armaturom $\phi 6/10$ cm. Razdjelna armatura mreže R 283 je $\phi 5/25$ cm.

U ovom slučaju je glavna armatura ($\phi 6$) manja od pretpostavljene na početku zadatka, pa proračun ne treba ponoviti.

Provjera nalazi li se odabrana armatura između minimalne i maksimalne armature:

ŠIPKE:

Minimalna armatura na osloncu ploče za šipke dana je izrazima (4.40) i (4.41):

- 1) $A_{s1,min} = 0,26 \cdot b \cdot d \cdot (f_{ctm}/f_{yk})$; za C25/30: $f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$,
 $A_{s1,min} = 0,26 \cdot 100,0 \cdot 15,5 \cdot (2,6/500,0) = 2,10 \text{ cm}^2/\text{m}$ (mjerodavno), ili
- 2) $A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 100,0 \cdot 15,5 = 2,02 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Maksimalna armatura na osloncu ploče za šipke dana je izrazima iz tablice 4.8:

- 1) $A_{s1,max} = 0,040 \cdot A_c = 0,040 \cdot 100,0 \cdot 18,0 = 72,0 \text{ cm}^2/\text{m}$
- 2) $A_{s1,max} = 0,022 \cdot A_c = 0,022 \cdot 100,0 \cdot 18,0 = 39,6 \text{ cm}^2/\text{m}$
- 3) $A_{s1,max} = \omega_{lim} \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,365 \cdot 100,0 \cdot 15,5 \cdot (16,67/434,78) = 21,69 \text{ cm}^2/\text{m}$

(mjerodavno, jer je $21,69 \text{ cm}^2$ najmanja vrijednost za $A_{s1,max}$).

$$A_{s1,min} = 2,10 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s1,prov} = 2,79 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s1,max} = 21,69 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Razdjelna armatura za šipke tj. za žice ($A_{s,trans}$) mora biti veća ili jednaka 1/5 glavne odabrane armature:

$$A_{s,trans} \geq A_{s1,prov}/5 = 2,79/5 = 0,56 \text{ cm}^2/\text{m}.$$

Odabrana razdjelna armatura: $\phi 6/40,0$ cm = $0,71 \text{ cm}^2/\text{m} > 0,56 \text{ cm}^2/\text{m}$, a razmak od 40,0 cm je manji od $3,0 \cdot h = 3,0 \cdot 18 = 54$ cm i manje od 40 cm, koliko se dopušta u hrvatskom nacionalnom dodatku [14].

MREŽE:

Minimalna armatura na osloncu ploče za mreže dana je izrazima (4.40) i (4.41):

- 1) $A_{s1,min} = 0,26 \cdot b \cdot d \cdot (f_{ctm}/f_{yk})$; za C25/30: $f_{ctm} = 2,6 \text{ N/mm}^2$,
 $A_{s1,min} = 0,26 \cdot 100,0 \cdot 15,5 \cdot (2,6/500,0) = 2,10 \text{ cm}^2/\text{m}$
(mjerodavno, jer je $2,10 \text{ cm}^2/\text{m}$ najveća vrijednost za $A_{s1,min}$), ili
- 2) $A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b \cdot d = 0,0013 \cdot 100,0 \cdot 15,5 = 2,02 \text{ cm}^2/\text{m}$.

Maksimalna armatura na osloncu ploče za mreže dana je izrazima iz tablice 4.8:

$$1) A_{s1,max} = 0,040 \cdot A_c = 0,040 \cdot 100,0 \cdot 18,0 = 72,0 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$2) A_{s1,max} = 0,022 \cdot A_c = 0,022 \cdot 100,0 \cdot 18,0 = 39,6 \text{ cm}^2/\text{m}$$

$$3) A_{s,max} = \omega_{lim} \cdot b \cdot d \cdot \frac{f_{cd}}{f_{yd}} = 0,365 \cdot 100,0 \cdot 15,5 \cdot (16,67/434,78) = 21,69 \text{ cm}^2/\text{m}$$

(mjerodavno, jer je 21,69 cm²/m najmanja vrijednost za $A_{s1,max}$).

$$A_{s1,min} = 2,10 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s1,prov} = 2,83 \text{ cm}^2/\text{m} < A_{s1,max} = 21,69 \text{ cm}^2/\text{m}$$

Kontrola otpornosti (nosivosti) ploče na poprečne sile pri osloncu B:

Poprečna sila na 1,0 m širine ploče:

$$V_g^{supp,B} = 0,600 \cdot g \cdot L = 0,600 \cdot 5,5 \cdot 4,2 = 13,86 \text{ kN}$$

$$V_q^{supp,B} = 0,617 \cdot q \cdot L = 0,617 \cdot 2,0 \cdot 4,2 = 5,18 \text{ kN}$$

$$V_{Ed}^{supp,B} = 1,35 \cdot V_g^{supp,B} + 1,5 \cdot V_q^{supp,B} = 1,35 \cdot 13,86 + 1,5 \cdot 5,18 = 26,48 \text{ kN}$$

Za šipke:

$d_r = 15,5 \text{ cm}$ za šipke.

$$\begin{aligned} V_{Ed,red}^{supp,B} &= V_{Ed}^{supp,B} - \left[(d + b_{supp} / 2) \cdot (1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q) \right] = \\ &= 26,48 - \left[(0,155 + 0,3 / 2) \cdot (1,35 \cdot 5,5 + 1,5 \cdot 2,0) \right] = 23,30 \text{ kN} \end{aligned}$$

Proračunska vrijednost nosivosti poprečnog presjeka na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b \cdot d \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \rightarrow \text{statička visina, } d, \text{ uvrštava se u (mm)}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{155}} = 2,14 > 2,0 \rightarrow k = 2,0$$

$$\rho_1 = A_{s1,prov} / (b \cdot d) = (2,79) / (100,0 \cdot 15,5) = 0,0018 < 0,020$$

$$k_1 = 0,15$$

Nema prednapinjanja pa je $\sigma_{cp} = 0$.

$$\begin{aligned} V_{Rd,c} &= \left[0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,0018 \cdot 25,0)^{1/3} + 0,15 \cdot 0 \right] \cdot 1000 \cdot 155 = 61416 \text{ N} = \\ &= 61,42 \text{ kN} \end{aligned}$$

a ta vrijednost treba biti veća ili jednaka od: $(v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 2,0^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0,495 \text{ N/mm}^2$$

Minimalna vrijednost za $V_{Rd,c}$ je:

$$\begin{aligned} V_{Rd,c,min} &= (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d = 0,495 \cdot 1000 \cdot 155 = 76725 \text{ N} = \\ &= 76,73 \text{ kN} \\ V_{Ed,red}^{supp,B} &= 23,30 \text{ kN} < V_{Rd,c} = 76,73 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Nije potrebna poprečna armatura ploče.

Za mreže:

$d = 15,5 \text{ cm}$ za mreže.

$$\begin{aligned} V_{Ed,red}^{supp,B} &= V_{Ed}^{supp,B} - \left[(d + b_{supp} / 2) \cdot (1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q) \right] = \\ &= 26,48 - \left[(0,155 + 0,3 / 2) \cdot (1,35 \cdot 5,5 + 1,5 \cdot 2,0) \right] = 23,30 \text{ kN} \end{aligned}$$

Proračunska vrijednost nosivosti poprečnog presjeka na poprečnu silu bez poprečne armature:

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b \cdot d \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2,0 \rightarrow \text{statička visina, } d, \text{ uvrštava se u (mm)}$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{155}} = 2,14 > 2,0 \rightarrow k = 2,0$$

$$\rho_1 = A_{s1,prov} / (b \cdot d) = (2,83) / (100 \cdot 0,155) = 0,0018 < 0,020$$

$$k_1 = 0,15$$

Nema prednapinjanja pa je $\sigma_{cp} = 0$.

$$\begin{aligned} V_{Rd,c} &= \left[0,12 \cdot 2,0 \cdot (100 \cdot 0,0018 \cdot 25,0)^{1/3} + 0,15 \cdot 0 \right] \cdot 1000 \cdot 155 = 61416 \text{ N} = \\ &= 61,42 \text{ kN} \end{aligned}$$

a ta vrijednost treba biti veća ili jednaka od: $(v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 2,0^{3/2} \cdot 25^{1/2} = 0,495 \text{ N/mm}^2$$

Minimalna vrijednost za $V_{Rd,c}$ je:

$$\begin{aligned} V_{Rd,c,min} &= (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b \cdot d = 0,495 \cdot 1000 \cdot 155 = 76725 \text{ N} = \\ &= 76,73 \text{ kN} \\ V_{Ed,red}^{supp,B} &= 23,30 \text{ kN} < V_{Rd,c} = 76,73 \text{ kN}. \end{aligned}$$

Nije potrebna poprečna armatura ploče.

2. Statički proračun i dimenzioniranje kontinuirane grede 104-104 s dva jednaka raspona

Prema normi HRN EN 1992-1-1 [13] treba proračunati uzdužnu armaturu u polju i na srednjem osloncu (oslonac B) te poprečnu armaturu uz krajnji oslonac (A) i uz srednji oslonac (B) za gredu 104-104 sa slike 1.1. Dodatno stalno i uporabno opterećenje ploče ostaju isti: $\Delta g = 1,0 \text{ kN/m}^2$, a $q = 2,0 \text{ kN/m}^2$. Proračun se provodi uz pretpostavku da je glavna nosiva armatura u polju i na osloncu $\phi 20$, dok je pretpostavka za poprečnu armaturu (vilice) profil $\phi 8$.

Karakteristike materijala:

Beton C25/30: $f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = 1,0 \cdot \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ N/mm}^2 = 1,667 \text{ kN/cm}^2$

Čelik B500B: $f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = \frac{500,0}{1,15} = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,478 \text{ kN/cm}^2$

Opterećenje:

Opterećenje ploče debljine $h = 18 \text{ cm}$:

stalno opterećenje:	$0,18 \cdot 25 = 4,50 \text{ kN/m}^2$
dodatno stalno opterećenje:	$\Delta g = 1,0 \text{ kN/m}^2$
STALNO OPTEREĆENJE:	$g_{pl} = 4,50 + 1,0 = 5,50 \text{ kN/m}^2$
UPORABNO OPTEREĆENJE:	$q_{pl} = 2,0 \text{ kN/m}^2$

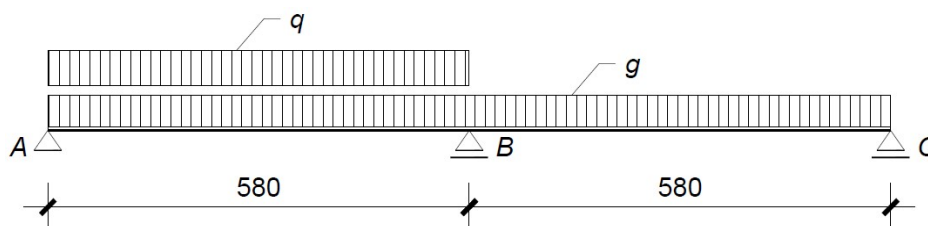
Kada promatramo sustav ploče nosive preko tri jednaka raspona iz prošlog zadatka, opterećenje na gredu se prenosi kao reakcija u kN/m (opterećenje duž nekog raspona). Dakle, opterećenje na gredu 104-104 je reakcija u osloncu B prikazana na slici 1.8 za stalno opterećenje i na slici 1.9 za uporabno opterećenje. Stoga su opterećenja na gredu 104-104 jednaka:

stalno opterećenje od ploče:	$R_{1g} = R_{B,g} = 25,41 \text{ kN/m}$
vlastita težina grede:	$0,3 \cdot 0,32 \cdot 25 = 2,40 \text{ kN/m}$
STALNO OPTEREĆENJE:	$g = (25,41 + 2,40) = 27,81 \text{ kN/m}$
UPORABNO OPTEREĆENJE:	$q = R_{1q} = R_{B,q} = 10,08 \text{ kN/m}$

Statički proračun grede 104-104:

Statički sustav: kontinuirana greda (nosač) preko dva jednaka raspona $L = 5,80 \text{ m}$

Na slikama 2.1. i 2.2. prikazane su grede i sa uporabnim i sa stalnim opterećenjem.



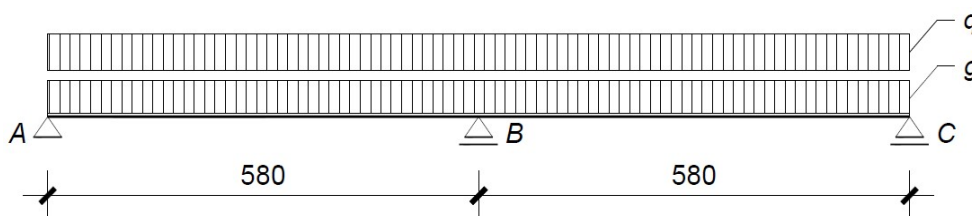
Slika 2.1. Opterećenje za najveći moment savijanja u prvom polju

POLJE:

$$M_g = 0,070 \cdot 27,81 \cdot 5,8^2 = 65,49 \text{ kNm}$$

$$M_q = 0,096 \cdot 10,08 \cdot 5,8^2 = 32,55 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed} = 1,35 \cdot 65,49 + 1,50 \cdot 32,55 = 137,24 \text{ kNm}$$



Slika 2.2. Opterećenje za najveći moment savijanja, najveću reakciju i najveću poprečnu silu na srednjem osloncu

OSLONAC B:

$$M_g = -0,125 \cdot 27,81 \cdot 5,8^2 = -116,94 \text{ kNm}$$

$$M_q = -0,125 \cdot 10,08 \cdot 5,8^2 = -42,39 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed}^{supp} = -(1,35 \cdot 116,94 + 1,50 \cdot 42,39) = -221,45 \text{ kNm}$$

Proračunska (sudjelujuća) širina grede b_{eff} u polju:

$$l_0 = 0,85 \cdot L = 0,85 \cdot 580,0 = 493,0 \text{ cm};$$

$$b_1 = 390,0/2 = 195,0 \text{ cm}; \quad b_2 = 390,0/2 = 195,0 \text{ cm}$$

$$b = b_1 + b_w + b_2 = 195,0 + 30,0 + 195,0 = 420,0 \text{ cm}$$

$$0,2 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 493,0 = 98,6 \text{ cm}$$

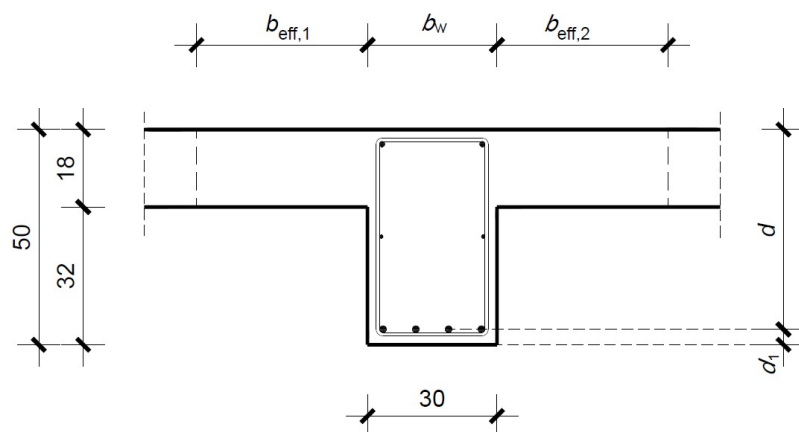
$$b_{eff,1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 195,0 + 0,1 \cdot 493,0 = 39,0 + 49,3 = 88,3 \text{ cm} < 98,6 \text{ cm}$$

$$b_{eff,2} = 0,2 \cdot b_2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 195,0 + 0,1 \cdot 493,0 = 39,0 + 49,3 = 88,3 \text{ cm} < 98,6 \text{ cm}$$

$$b_{eff,1} = 88,3 \text{ cm} < b_1 = 195,0 \text{ cm}; \quad b_{eff,2} = 88,3 \text{ cm} < b_2 = 195,0 \text{ cm}$$

$$b_{eff} = b_{eff,1} + b_w + b_{eff,2} = 88,3 + 30,0 + 88,3 = 206,6 \text{ cm} < b = 420 \text{ cm}.$$

Odabrano: $b_{\text{eff}} = 206,6 \text{ cm}$



Slika 2.3. Poprečni presjek grede i pretpostavljena armatura u polju

Proračun uzdužne armature u polju:

Statička visina presjeka:

Za suhi okoliš: $c \geq \phi_s = 1,6 \text{ cm}$, odabrano je: $c = 2,0 \text{ cm}$.

$$d_1 = c + \phi_w + \frac{\phi_s}{2} = 2,0 + 0,8 + \frac{2,0}{2} = 3,8 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 50,0 - 3,8 = 46,2 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{b_{\text{eff}} \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{13724}{206,6 \cdot 46,2^2 \cdot 1,667} = 0,0186$$

Iz tablice 4.1, za $\mu_{\text{Rd}} = 0,020$ očitano je:

$$\varepsilon_c / \varepsilon_{s1} = -1,0 / 20 \text{ ‰} \quad \xi = 0,048; \quad \zeta = 0,983$$

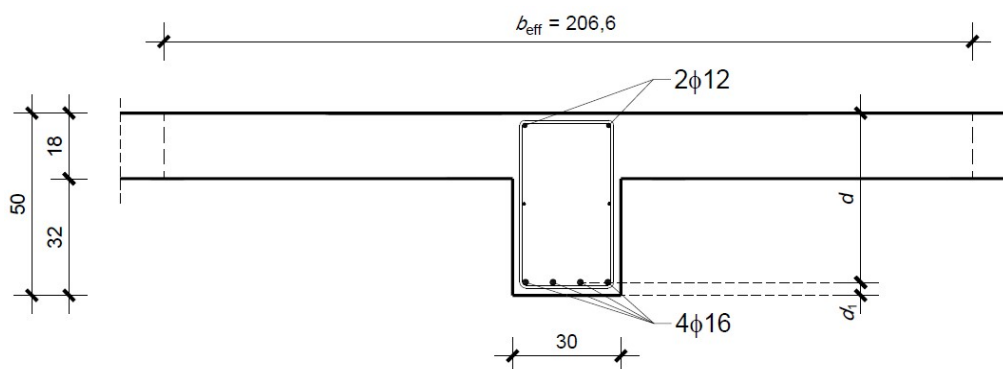
$$x = 0,048 \cdot 46,2 = 2,22 \text{ cm} < 18 \text{ cm} \Rightarrow \text{neutralna os prolazi kroz ploču}$$

$$A_{s1,\text{req}} = \frac{M_{\text{Ed}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{13724}{0,983 \cdot 46,2 \cdot 43,478} = 6,95 \text{ cm}^2$$

Odabrano iz tablice 8.3:

$$A_{s1,\text{prov}} = 4\phi 16 = 8,04 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\text{prov}} > A_{s1,\text{req}} \quad \text{tj. } 8,04 \text{ cm}^2 > 6,95 \text{ cm}^2$$



Slika 2.4. Poprečni presjek grede s armaturom u polju

Minimalna armatura u polju:

$$1) A_{s1,min} = 0,26 \cdot \frac{f_{ctm}}{f_{yk}} \cdot b_w \cdot d = 0,26 \cdot \frac{2,6}{500,0} \cdot 30,0 \cdot 46,2 = 1,87 \text{ cm}^2$$

$$2) A_{s1,min} = 0,0013 \cdot b_w \cdot d = 0,0013 \cdot 30,0 \cdot 46,2 = 1,80 \text{ cm}^2.$$

Maksimalna armatura u polju:

$$A_{s1,max} = 0,022 \cdot A_c$$

U ovom se slučaju (vidi tablicu 4.11) vrijednost A_c određuje na sljedeći način: Kada se rabi beton razreda čvrstoće C25/30 što je manje od C50/60 i kada je $h_f = 15 \text{ cm} < 0,45 \cdot d = 0,45 \cdot 46,2 = 20,8 \text{ cm}$, tada je $A_c = 2,5 \cdot b_{eff} \cdot h_f$.

$$A_{s1,max} = 0,022 \cdot (A_c) = 0,022 \cdot (2,5 \cdot 206,6 \cdot 18,0) = 204,53 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,min} = 1,87 \text{ cm}^2 < A_{s1,prov} = 8,04 \text{ cm}^2 < A_{s1,max} = 204,53 \text{ cm}^2.$$

Proračun uzdužne armature iznad oslonca:

Širina oslonca, b_{supp} , je širina stupa (stup dimenzija 40/40 na slici 1.1.) u smjeru pružanja grede: $b_{supp} = 40 \text{ cm}$. Najprije je potrebno uzeti u obzir smanjenje momenta na ležaju radi njegove širine:

$$R_{B,g} = 1,25 \cdot L \cdot g = 1,25 \cdot 5,8 \cdot 27,81 = 201,62 \text{ kN}$$

$$R_{B,q} = 1,25 \cdot L \cdot q = 1,25 \cdot 5,8 \cdot 10,08 = 73,08 \text{ kN}$$

$$R_{B,Ed} = 1,35 \cdot 201,62 + 1,50 \cdot 73,08 = 381,81 \text{ kN}$$

$$\Delta M_{Ed} = R_{B,Ed} \cdot \frac{b_{supp}}{8} = 381,81 \cdot \frac{0,40}{8} = 19,09 \text{ kNm}$$

$$M_{\text{Ed, red}}^{\text{supp}} = M_{\text{Ed}}^{\text{supp}} - \Delta M_{\text{Ed}} = -221,45 + 19,09 = -202,36 \text{ kNm} = -20236 \text{ kNcm}$$

Proračunska (sudjelujuća) širina grede b_{eff} na osloncu:

$$l_0 = 0,15 \cdot (L_1 + L_2) = 0,15 \cdot (580,0 + 580,0) = 174,0 \text{ cm};$$

$$b_1 = 390,0/2 = 195,0 \text{ cm}; \quad b_2 = 390,0/2 = 195,0 \text{ cm}$$

$$b = b_1 + b_w + b_2 = 195,0 + 30,0 + 195,0 = 420,0 \text{ cm}$$

$$0,2 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 174,0 = 34,8 \text{ cm}$$

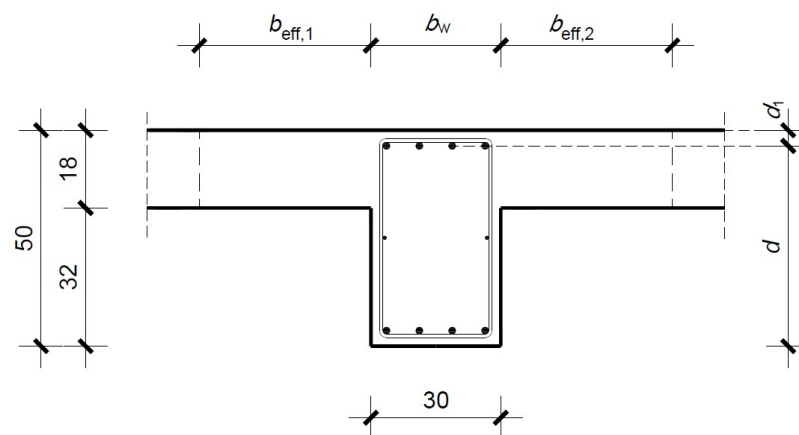
$$b_{\text{eff},1} = 0,2 \cdot b_1 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 195,0 + 0,1 \cdot 174,0 = 39,0 + 17,4 = 56,4 \text{ cm} > 34,8 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff},2} = 0,2 \cdot b_2 + 0,1 \cdot l_0 = 0,2 \cdot 195,0 + 0,1 \cdot 174,0 = 39,0 + 17,4 = 56,4 \text{ cm} > 34,8 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff},1} = 34,8 \text{ cm} < b_1 = 195,0 \text{ cm}; \quad b_{\text{eff},2} = 34,8 \text{ cm} < b_2 = 195,0 \text{ cm}$$

$$b_{\text{eff}} = b_{\text{eff},1} + b_w + b_{\text{eff},2} = 34,8 + 30,0 + 34,8 = 99,6 \text{ cm} < b = 420 \text{ cm}.$$

Odabrano: $b_{\text{eff}} = 99,6 \text{ cm}$



Slika 2.5. Poprečni presjek grede i pretpostavljena armatura na osloncu

Statička visina presjeka na osloncu (pretpostavka: glavna nosiva armatura $\phi 20$)

Za suhi okoliš: $c \geq \phi_s = 1,6 \text{ cm}$, odabrano je: $c = 2,0 \text{ cm}$.

$$d_1 = c + \phi_w + \frac{\phi_s}{2} = 2,0 + 0,8 + \frac{2,0}{2} = 3,8 \text{ cm}$$

$$d = h - d_1 = 50,0 - 3,8 = 46,2 \text{ cm}$$

Dimenzioniranje:

$$\mu_{\text{Ed}} = \frac{M_{\text{Ed, red}}^{\text{supp}}}{b_w \cdot d^2 \cdot f_{\text{cd}}} = \frac{20236}{30 \cdot 46,2^2 \cdot 1,667} = 0,189$$

U nazivnik gornjeg izraza ulazi širina tlačnog područja poprečnog presjeka. Za T-presjek nad ležajem to je širina hrpta grede, b_w . U polju to je proračunska (efektivna) širina ploče, b_{eff} .

Iz tablice 4.1, za $\mu_{\text{Rd}} = 0,194$ očitano je:

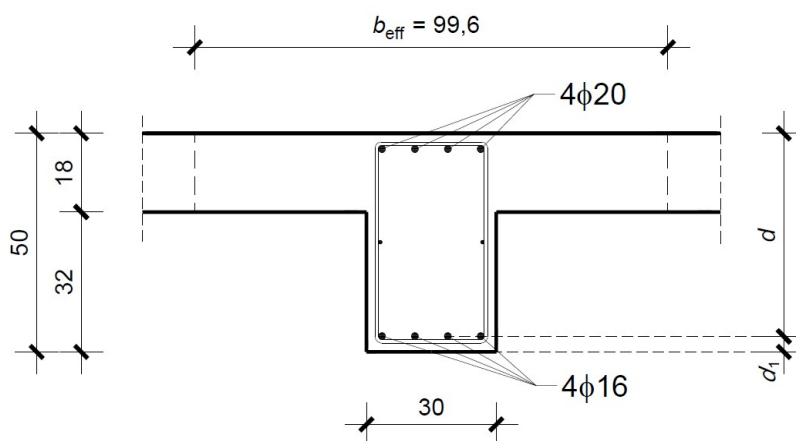
$$\varepsilon_c / \varepsilon_{s1} = -3,5 / 9,5 \text{ ‰} \quad \xi = 0,269; \quad \zeta = 0,888$$

$$A_{s1,\text{req}} = \frac{M_{\text{Ed,red}}^{\text{supp}}}{\zeta \cdot d \cdot f_{\text{yd}}} = \frac{20236}{0,888 \cdot 46,2 \cdot 43,478} = 11,34 \text{ cm}^2$$

Odabrano iz tablice 8.3:

$$A_{s1,\text{prov}} = 4\phi 20 = 12,57 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\text{prov}} > A_{s1,\text{req}} \quad \text{tj. } 12,57 \text{ cm}^2 > 11,34 \text{ cm}^2$$



Slika 2.6. Poprečni presjek grede s armaturom na osloncu

Minimalna armatura na osloncu:

$$1) A_{s1,\text{min}} = 0,26 \cdot \frac{f_{\text{ctm}}}{f_{\text{yk}}} \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,26 \cdot \frac{2,6}{500,0} \cdot 99,6 \cdot 46,2 = 6,22 \text{ cm}^2$$

$$2) A_{s1,\text{min}} = 0,0013 \cdot b_{\text{eff}} \cdot d = 0,0013 \cdot 99,6 \cdot 46,2 = 5,98 \text{ cm}^2.$$

Maksimalna armatura na osloncu:

$$A_{s1,\text{max}} = 0,04 \cdot b_w \cdot h = 0,04 \cdot 30 \cdot 50 = 60,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\text{max}} = 0,022 \cdot b_w \cdot h = 0,022 \cdot 30 \cdot 50 = 33,0 \text{ cm}^2$$

$$A_{s1,\text{min}} = 6,22 \text{ cm}^2 < A_{s1,\text{prov}} = 12,57 \text{ cm}^2 < A_{s1,\text{max}} = 33,0 \text{ cm}^2.$$

Na krajnjim osloncima A i C treba u gornje područje postaviti armaturu ploštine jednake ili veće od 1/4 armature iz polja (prema hrvatskom nacionalnom dodatku [14]), tj. 15 % armature iz polja, prema HRN EN 1992-1-1 [13]:

$$A_s / 4 = 8,04/4 = 2,01 \text{ cm}^2 > 0,15 \cdot 8,04 = 1,21 \text{ cm}^2$$

Odabrano u gornje područje krajnjih oslonaca:

$$2\phi 12 = 2,26 \text{ cm}^2 > 2,01 \text{ cm}^2 > 1,21 \text{ cm}^2$$

U donjem području krajnjih oslonaca odabrana je armatura:

$$4\phi 16 = 8,04 \text{ cm}^2$$

Poprečne sile i poprečna armatura:

Uz oslonac A:

$$d_A = h - (c + \phi_v + \phi_s/2) = 50,0 - (2 + 0,8 + 1,2/2) = 46,6 \text{ cm}$$

$$V_{Ag} = 0,375 \cdot 5,80 \cdot 27,81 = 60,49 \text{ kN}$$

$$V_{Aq} = 0,438 \cdot 5,80 \cdot 10,08 = 25,61 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,A} = 1,35 \cdot 60,49 + 1,5 \cdot 25,61 = 120,08 \text{ kN}$$

Smanjenje poprečne sile na osloncu A zbog utjecaja oslonca:

$$\Delta V_{Ed,A} = (1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q) \cdot (b_{supp}/2 + d_A) =$$

$$= (1,35 \cdot 27,81 + 1,5 \cdot 10,08) \cdot (0,4/2 + 0,466) = 35,07 \text{ kN}$$

$$V'_{Ed,A} = V_{Ed,A} - \Delta V_{Ed,A} = 120,08 - 35,07 = 85,01 \text{ kN}$$

Uz oslonac B: $d_B = 46,2 \text{ cm}$

$$V_{Bg} = 0,625 \cdot 5,80 \cdot 27,81 = 100,81 \text{ kN}$$

$$V_{Bq} = 0,625 \cdot 5,80 \cdot 10,08 = 36,54 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,B} = 1,35 \cdot 100,81 + 1,5 \cdot 36,54 = 190,90 \text{ kN}$$

Smanjenje poprečne sile na osloncu B zbog utjecaja oslonca:

$$\Delta V_{Ed,B} = (1,35 \cdot g + 1,5 \cdot q) \cdot (b_{supp}/2 + d_B) =$$

$$= (1,35 \cdot 27,81 + 1,5 \cdot 10,08) \cdot (0,4/2 + 0,462) = 34,86 \text{ kN}$$

$$V'_{Ed,B} = V_{Ed,B} - \Delta V_{Ed,B} = 190,90 - 34,86 = 156,04 \text{ kN}$$

NOSIVOST GREDE NA POPREČNE SILE BEZ POPREČNE ARMATURE:

Uz oslonac A: $d_A = 46,6 \text{ cm} = 466 \text{ mm}$.

$$V_{Rd,c} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_l \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d_A \geq (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d_A$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_A}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{466}} = 1,66 < 2,0$$

Za određivanje parametra $\rho_{l,A}$, tj. udjela uzdužne armature na osloncu A, uzima se dio vlačne armature iz polja iz donjeg reda presjeka grede (vidjeti sliku 2.4). Uzima se od 1/3 do 1/2 armature iz polja. Stoga:

$$A_{sl,A} = 2\phi 16 = 4,02 \text{ cm}^2; \quad \rho_{l,A} = \frac{A_{sl,A}}{b_w \cdot d_A} = \frac{4,02}{30,0 \cdot 46,6} = 0,0029 < 0,0200$$

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2; \quad k_1 = 0,15;$$

$$\text{Kako je uzdužna sila } N_{Ed} = 0, \text{ to je i } \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0$$

$$V_{Rd,c,A} = [0,12 \cdot 1,66 \cdot (100 \cdot 0,0029 \cdot 25)^{1/3} + 0,15 \cdot 0] \cdot 300 \cdot 466 = 53898 \text{ N} = 53,90 \text{ kN}$$

$$v_{\min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,66^{3/2} \cdot 25,0^{1/2} = 0,3743 \text{ N/mm}^2$$

$$(v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d_A = (0,3743 + 0) \cdot 300 \cdot 466 = 52327 \text{ N} \approx 52,33 \text{ kN}$$

$V_{Rd,c,A} = 53,90 \text{ kN} > (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d_A = 52,33 \text{ kN}$, pa se uzima veća vrijednost tj. $V_{Rd,c,A} = 53,90 \text{ kN}$.

Još treba provjeriti je li $V_{Ed,A}$ manji od $V_{Rd,max,A}$. Prema izrazu (4.63):

$$V_{Rd,max} = \alpha_{cw} \cdot b_w \cdot z \cdot v_1 \cdot f_{cd} \cdot \frac{1}{\cot \theta + \tan \theta}$$

$\alpha_{cw} = 1,0$; $v_1 = 0,6 \cdot [1 - f_{ck}/250] = 0,6 \cdot [1 - 25/250] = 0,6 \cdot 0,9 = 0,54$ ili ako je proračunsko naprezanje poprečne armature manje od 80 % karakterističnog naprezanja pri popuštanju f_{yk} , tada se v_1 smije uzeti kao: $v_1 = 0,6$. U proračunu se uzima: $v_1 = 0,54$;

$$z_A = 0,9 \cdot d_A = 0,9 \cdot 466 = 419,4 \text{ mm} \approx 419 \text{ mm i } \theta = 39,8^\circ.$$

$$V_{Rd,max,A} = 1,0 \cdot 300 \cdot 419 \cdot 0,54 \cdot 16,67 / (\cot 39,8^\circ + \tan 39,8^\circ) = 556469 \text{ N} = 556,47 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,A} = 120,08 \text{ kN} < V_{Rd,max,A} = 556,47 \text{ kN}. \text{ U redu je.}$$

Za gredu uz oslonac A potrebno je proračunati spona za preuzimanje posmičnih naprezanja od poprečnih sila jer je:

$$V_{Rd,c,A} = 53,90 \text{ kN} < V'_{Ed,A} = 85,01 \text{ kN} < V_{Rd,max,A} = 556,47 \text{ kN}.$$

Uz oslonac B: $d_B = 46,2 \text{ cm} = 462 \text{ mm}$. $b_w = 30 \text{ cm}$.

$$V_{Rd,c,B} = \left[C_{Rd,c} \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} + k_1 \cdot \sigma_{cp} \right] \cdot b_w \cdot d_B \geq (v_{\min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d_B$$

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_c = 0,18 / 1,5 = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d_B}} = 1 + \sqrt{\frac{200}{462}} = 1,66 < 2,0$$

Za određivanje udjela uzdužne armature u presjeku, $\rho_{l,B}$, uzima se dio vlačne armature usidrene najmanje za $d + l_{bd}$: (ili $\leq \frac{1}{2}$ armature nad osloncem ako je broj šipki paran i ako su sve šipke jednakog profila, a ako je broj šipki neparan ili ako sve šipke nisu jednakog profila, uzima se prvi cijeli broj manji od polovice broja šipki armature). Uzet će se $1/2$ vlačne armature nad osloncem:

$$A_{sl,B} = 1/2 \text{ vlačne armature} = 2\phi 20 = 6,28 \text{ cm}^2;$$

$$\rho_{l,B} = \frac{A_{sl,B}}{b_w \cdot d_B} = \frac{6,28}{30,0 \cdot 46,2} = 0,0045 < 0,020;$$

$$f_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2; k_1 = 0,15;$$

$$\text{Kako je uzdužna sila } N_{Ed} = 0, \text{ to je i } \sigma_{cp} = N_{Ed}/A_c = 0$$

$$V_{Rd,c,B} = [0,12 \cdot 1,66 \cdot (100 \cdot 0,0045 \cdot 25)^{1/3} + 0,15 \cdot 0] \cdot 300 \cdot 462 = 61864 \text{ N} \approx 61,86 \text{ kN}$$

$$v_{min} = 0,035 \cdot k^{3/2} \cdot f_{ck}^{1/2} = 0,035 \cdot 1,66^{3/2} \cdot 25,0^{1/2} = 0,035 \cdot 2,139 \cdot 5,0 = 0,374 \text{ N/mm}^2$$

$$(v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d_B = (0,374 + 0) \cdot 300 \cdot 462 = 51836 \text{ N} \approx 51,84 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,B} = 61,86 \text{ kN} > (v_{min} + k_1 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d_B = 51,84 \text{ kN}, \text{ pa se uzima veća vrijednost tj. } V_{Rd,c,B} = 61,86 \text{ kN}.$$

Još treba provjeriti je li $V_{Ed,B}$ manji od $V_{Rd,max,B}$. Prema izrazu (4.63):

$$\alpha_{cw} = 1,0; \quad v_1 = 0,6 \cdot [1 - f_{ck}/250] = 0,6 \cdot [1 - 25/250] = 0,6 \cdot 0,9 = 0,54;$$

$$z_B = 0,9 \cdot d_B = 0,9 \cdot 462 = 415,8 \text{ mm} \approx 416 \text{ mm} \text{ i } \theta = 39,8^\circ.$$

$$V_{Rd,max,B} = 1,0 \cdot 300 \cdot 416,0 \cdot 0,54 \cdot 16,67 / (\cot 39,8^\circ + \tan 39,8^\circ) = 552484 \text{ N} = 552,5 \text{ kN}$$

$$V_{Ed,B} = 190,90 \text{ kN} < V_{Rd,max,B} = 552,5 \text{ kN}. \text{ U redu je.}$$

Za gredu uz oslonac B potrebno je proračunati spona za preuzimanje posmičnih naprezanja od poprečnih sila jer je:

$$V_{Rd,c,B} = 61,86 \text{ kN} < V'_{Ed,B} = 156,04 \text{ kN} < V_{Rd,max,B} = 552,5 \text{ kN}.$$

PRORAČUN POPREČNE ARMATURE:

Uz oslonac A:

Proračun 1. razmaka:

Pretpostavljaju se dvorezne ($m=2$) spona $\phi 8$, tj. $A_{sw}^1 = 0,505 \text{ cm}^2$,

$$A_{sw} = m \cdot A_{sw}^1 = 2 \cdot 0,505 = 1,01 \text{ cm}^2; \theta = 39,8^\circ; z_A = 0,9 \cdot d_A = 0,9 \cdot 46,6 = 41,9 \text{ cm}.$$

$$f_{ywd} = 500/1,15 = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,478 \text{ kN/cm}^2$$

Proračun vertikalnih spona ($\alpha = 90^\circ$) i $\cot \theta = 1,2$. Proračunani razmaci zaokružuju se na prvi manji 0,5 cm (npr. ako je proračunano 16,4 cm, tada se odabire razmak od 16,0 cm, a ako je proračunano npr. 16,6 cm tada se odabire razmak od 16,5 cm):

$$s_{l,A,1} = \frac{A_{sw}}{V'_{Ed,A}} \cdot z_A \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = \frac{1,01}{85,01} \cdot 41,9 \cdot 43,478 \cdot 1,2 = 25,9 \text{ cm}$$

Minimalna poprečna armatura ili maksimalni razmak spona za oslonac A:

1) Uvjet minimalne poprečne armature prema HRN EN 1992-1-1 [13] za oslonac A, tj. prema izrazu (4.81) iznosi:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{25}}{500} = 0,0008$$

2) Prema hrvatskom nacionalnom dodatku [14] minimalni koeficijent armiranja poprečnom armaturom, $\rho_{w,min}$ dan je izrazom (4.82):

$$\text{Za C25/30 i B500B: } \rho_{w,min} = 0,15 \cdot (f_{ctm}/f_{yd}) = 0,15 \cdot (2,6/434,78) = 0,000897.$$

$$s_{l,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1,01}{0,000897 \cdot 30,0 \cdot 1,0} = 37,53 \text{ cm}$$

3) Prema tablici 4.13, najveći uzdužni razmak spona:

$$\text{Za } V'_{Ed,A} = 85,01 \text{ kN} < 0,3 \cdot V_{Rd,max,A} = 0,3 \cdot 556,47 = 166,94 \text{ kN, slijedi:}$$

$$s_{l,max,A} = 0,75 \cdot d_A = 0,75 \cdot 46,6 = 34,95 \text{ cm} > 30,0 \text{ cm}$$

Mjerodavan najveći razmak spona uz oslonac A je: $s_{l,max,A} = 30,0 \text{ cm}$

Proračunan razmak spona $s_{l,A,1} = 25,9 \text{ cm} < s_{l,max,A} = 30,0 \text{ cm}$. U redu je.

ZAKLJUČAK:

Prvi odabrani proračunski razmak spona uz oslonac A iznosi:

$$s_{l,A,1} = 25,5 \text{ cm}.$$

Najveća proračunska ploština presjeka vertikalne ($\alpha = 90^\circ$) poprečne armature $A_{sw,max}$ i za $\cot \theta = 1,0$ tj. ($\theta = 45^\circ$), dana je izrazom (4.71):

$$\begin{aligned} A_{sw,max} &= \frac{1}{2} \cdot b_w \cdot s \cdot \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ywd}} = \\ &= \frac{1}{2} \cdot 30,0 \cdot 25,5 \cdot 1,0 \cdot 0,54 \cdot \frac{16,67}{434,78} = 7,92 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

U redu je, jer je $A_{sw} = 1,01 \text{ cm}^2 < A_{sw,max} = 7,92 \text{ cm}^2$

ODABRANA poprečna armatura uz oslonac A je $\phi 8/25,5 \text{ cm}$, $m = 2$, za gredu $b_w/h = 30/50 \text{ cm}$.

Uz oslonac B:

Proračun 1. razmaka:

Pretpostavljaju se dvorezne ($m = 2$) spona $\phi 8$, tj. $A_{sw}^1 = 0,505 \text{ cm}^2$,

$$A_{sw} = m \cdot A_{sw}^1 = 2 \cdot 0,505 = 1,01 \text{ cm}^2; \theta = 39,8^\circ; z_B = 0,9 \cdot d_B = 0,9 \cdot 46,2 = 41,6 \text{ cm};$$

$$f_{ywd} = 500/1,15 = 434,78 \text{ N/mm}^2 = 43,478 \text{ kN/cm}^2$$

Proračun vertikalnih spona:

$$s_{l,B1} = \frac{A_{sw}}{V'_{Ed,B}} \cdot z_B \cdot f_{ywd} \cdot \cot \theta = \frac{1,01}{156,04} \cdot 41,6 \cdot 43,478 \cdot 1,2 = 14,05 \text{ cm}$$

Minimalna poprečna armatura ili maksimalni razmak spona za oslonac B:

1) Uvjet minimalne poprečne armature prema HRN EN 1992-1-1 [13] za oslonac B, tj. prema izrazu (4.81) iznosi:

$$\rho_{w,min} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{f_{ck}}}{f_{yk}} = 0,08 \cdot \frac{\sqrt{25}}{500} = 0,0008$$

2) Prema hrvatskom nacionalnom dodatku [14] minimalni koeficijent armiranja poprečnom armaturom, $\rho_{w,min}$ dan je izrazom (4.82):

$$\text{Za C25/30 i B500B: } \rho_{w,min} = 0,15 \cdot (f_{ctm}/f_{yd}) = 0,15 \cdot (2,6/434,78) = 0,000897.$$

Za vertikalne spona: $\alpha = 90^\circ$, maksimalni razmak 2-reznih spona iznosi:

$$s_{l,max} = \frac{A_{sw}}{\rho_{w,min} \cdot b_w \cdot \sin \alpha} = \frac{1,01}{0,000897 \cdot 30,0 \cdot 1,0} = 37,53 \text{ cm}$$

3) Prema tablici 4.13, najveći uzdužni razmak spona:

$$\text{Za } V'_{Ed,B} = 156,04 \text{ kN} < 0,3 \cdot V_{Rd,max,B} = 0,3 \cdot 552,5 = 165,75 \text{ kN, slijedi:}$$

$$s_{l,max,B} = 0,75 \cdot d_B = 0,75 \cdot 46,2 = 34,65 \text{ cm} > 30,0 \text{ cm}$$

Mjerodavan najveći razmak spona uz oslonac B je: $s_{l,max,B} = 30,0 \text{ cm}$

Proračunan razmak spona $s_{l,A,1} = 14,05 \text{ cm} < s_{l,max,A} = 30,0 \text{ cm}$. U redu je.

ZAKLJUČAK:

Prvi odabrani proračunski razmak spona uz oslonac A iznosi:

$$s_{l,A,1} = 14,0 \text{ cm}.$$

Najveća proračunska ploština presjeka vertikalne ($\alpha = 90^\circ$) poprečne armature $A_{sw,max}$ i za $\cot \theta = 1,0$ tj. ($\theta = 45^\circ$), dana je izrazom (4.71):

$$A_{sw,max} = \frac{1}{2} \cdot b_w \cdot s \cdot \alpha_{cw} \cdot v_1 \cdot \frac{f_{cd}}{f_{ywd}} =$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 30,0 \cdot 14,0 \cdot 1,0 \cdot 0,54 \cdot \frac{16,67}{434,78} = 4,35 \text{ cm}^2$$

U redu je, jer je $A_{sw} = 1,01 \text{ cm}^2 < A_{sw,max} = 4,35 \text{ cm}^2$

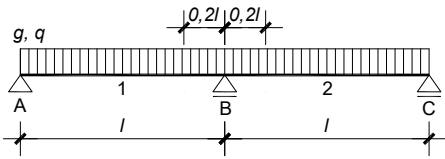
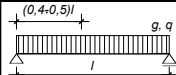
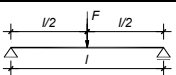
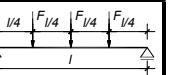
ODABRANA poprečna armatura uz oslonac A je $\phi 8/14,0 \text{ cm}$, $m = 2$, za gredu $b_w/h = 30/50 \text{ cm}$.

Tablica za dimenzioniranje armiranobetonskih elemenata za betone razreda C12/15, C16/20, C20/25, C25/30, C30/37, C35/45, C40/50, C45/55 i C50/60

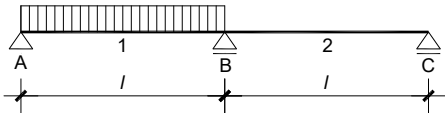
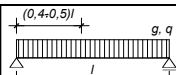
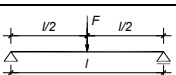
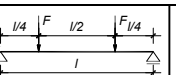
ε_c (‰)	ε_{s1} (‰)	ξ	ζ	μ_{Rd}	ω	α_v	k_a
– 0,1	20,0	0,005	0,998	0,000	0,000	0,049	0,335
– 0,2	20,0	0,010	0,997	0,001	0,001	0,097	0,336
– 0,3	20,0	0,015	0,995	0,002	0,002	0,143	0,338
– 0,4	20,0	0,020	0,993	0,004	0,004	0,187	0,339
– 0,5	20,0	0,024	0,992	0,006	0,006	0,229	0,341
– 0,6	20,0	0,029	0,990	0,008	0,008	0,270	0,343
– 0,7	20,0	0,034	0,988	0,010	0,010	0,309	0,344
– 0,8	20,0	0,038	0,987	0,013	0,013	0,347	0,346
– 0,9	20,0	0,043	0,985	0,016	0,016	0,383	0,348
– 1,0	20,0	0,048	0,983	0,020	0,020	0,417	0,350
– 1,1	20,0	0,052	0,982	0,023	0,023	0,449	0,352
– 1,2	20,0	0,057	0,980	0,027	0,027	0,480	0,354
– 1,3	20,0	0,061	0,978	0,030	0,031	0,509	0,356
– 1,4	20,0	0,065	0,977	0,034	0,035	0,537	0,359
– 1,5	20,0	0,070	0,975	0,038	0,039	0,563	0,361
– 1,6	20,0	0,074	0,973	0,042	0,043	0,587	0,364
– 1,7	20,0	0,078	0,971	0,046	0,048	0,609	0,366
– 1,8	20,0	0,083	0,970	0,050	0,052	0,630	0,369
– 1,9	20,0	0,087	0,968	0,055	0,056	0,649	0,372
– 2,0	20,0	0,091	0,966	0,059	0,061	0,667	0,375
– 2,1	20,0	0,095	0,964	0,063	0,065	0,683	0,378
– 2,2	20,0	0,099	0,962	0,066	0,069	0,697	0,381
– 2,3	20,0	0,103	0,960	0,070	0,073	0,710	0,385
– 2,4	20,0	0,107	0,958	0,074	0,077	0,722	0,388
– 2,5	20,0	0,111	0,957	0,078	0,081	0,733	0,391
– 2,6	20,0	0,115	0,955	0,082	0,086	0,744	0,394
– 2,7	20,0	0,119	0,953	0,085	0,090	0,753	0,397
– 2,8	20,0	0,123	0,951	0,089	0,094	0,762	0,400
– 2,9	20,0	0,127	0,949	0,093	0,098	0,770	0,402
– 3,0	20,0	0,130	0,947	0,096	0,101	0,778	0,405
– 3,1	20,0	0,134	0,945	0,100	0,105	0,785	0,407
– 3,2	20,0	0,138	0,944	0,103	0,109	0,792	0,410
– 3,3	20,0	0,142	0,942	0,106	0,113	0,798	0,412
– 3,4	20,0	0,145	0,940	0,110	0,117	0,804	0,414
– 3,5	20,0	0,149	0,938	0,113	0,121	0,810	0,416
– 3,5	19,5	0,152	0,937	0,115	0,123	0,810	0,416

– 3,5	19,0	0,156	0,935	0,118	0,126	0,810	0,416
– 3,5	18,5	0,159	0,934	0,120	0,129	0,810	0,416
– 3,5	18,0	0,163	0,932	0,123	0,132	0,810	0,416
– 3,5	17,5	0,167	0,931	0,126	0,135	0,810	0,416
– 3,5	17,0	0,171	0,929	0,128	0,138	0,810	0,416
– 3,5	16,5	0,175	0,927	0,131	0,142	0,810	0,416
– 3,5	16,0	0,179	0,925	0,134	0,145	0,810	0,416
– 3,5	15,5	0,184	0,923	0,138	0,149	0,810	0,416
– 3,5	15,0	0,189	0,921	0,141	0,153	0,810	0,416
– 3,5	14,5	0,194	0,919	0,145	0,157	0,810	0,416
– 3,5	14,0	0,200	0,917	0,148	0,162	0,810	0,416
– 3,5	13,5	0,206	0,914	0,152	0,167	0,810	0,416
– 3,5	13,0	0,212	0,912	0,157	0,172	0,810	0,416
– 3,5	12,5	0,219	0,909	0,161	0,177	0,810	0,416
– 3,5	12,0	0,226	0,906	0,166	0,183	0,810	0,416
– 3,5	11,5	0,233	0,903	0,171	0,189	0,810	0,416
– 3,5	11,0	0,241	0,900	0,176	0,195	0,810	0,416
– 3,5	10,5	0,250	0,896	0,181	0,202	0,810	0,416
– 3,5	10,0	0,259	0,892	0,187	0,210	0,810	0,416
– 3,5	9,5	0,269	0,888	0,194	0,218	0,810	0,416
– 3,5	9,0	0,280	0,884	0,200	0,227	0,810	0,416
– 3,5	8,5	0,292	0,879	0,207	0,236	0,810	0,416
– 3,5	8,0	0,304	0,873	0,215	0,246	0,810	0,416
– 3,5	7,5	0,318	0,868	0,223	0,258	0,810	0,416
– 3,5	7,0	0,333	0,861	0,232	0,270	0,810	0,416
– 3,5	6,5	0,350	0,854	0,242	0,283	0,810	0,416
– 3,5	6,0	0,368	0,847	0,253	0,298	0,810	0,416
– 3,5	5,5	0,389	0,838	0,264	0,315	0,810	0,416
– 3,5	5,0	0,412	0,829	0,276	0,333	0,810	0,416
– 3,5	4,5	0,438	0,818	0,290	0,354	0,810	0,416
– 3,5	4,0	0,467	0,806	0,304	0,378	0,810	0,416

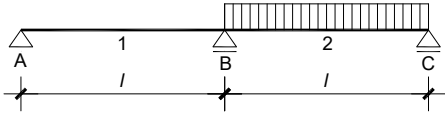
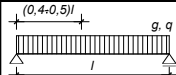
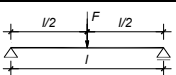
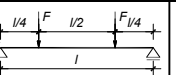
Tablice 8.11 Nosač s dvama jednakim rasponima [42] – 1. način opterećenja

					
Statička veličina					
M_{11}	$0,070 \cdot q \cdot l^2$	$0,156 \cdot F \cdot l$	$0,222 \cdot F \cdot l$	$0,180 \cdot F \cdot l$	$0,258 \cdot F \cdot l$
M_{12}	–	–	$0,111 \cdot F \cdot l$	$0,039 \cdot F \cdot l$	$0,266 \cdot F \cdot l$
M_{13}	–	–	–	–	$-0,023 \cdot F \cdot l$
M_{Bmin}	$-0,125 \cdot q \cdot l^2$	$-0,188 \cdot F \cdot l$	$-0,333 \cdot F \cdot l$	$-0,281 \cdot F \cdot l$	$-0,469 \cdot F \cdot l$
$R_A = V_{1A}$	$0,375 \cdot q \cdot l$	$0,313 \cdot F$	$0,667 \cdot F$	$0,719 \cdot F$	$1,031 \cdot F$
R_{Bmax}	$1,250 \cdot q \cdot l$	$1,375 \cdot F$	$2,667 \cdot F$	$2,563 \cdot F$	$3,938 \cdot F$
V_{1Bmin}	$-0,625 \cdot q \cdot l$	$-0,688 \cdot F$	$-1,333 \cdot F$	$-1,281 \cdot F$	$-1,969 \cdot F$

Tablice 8.12 Nosač s dvama jednakim rasponima [42] – 2. način opterećenja

					
Statička veličina					
M_{11max}	$0,096 \cdot q \cdot l^2$	$0,203 \cdot F \cdot l$	$0,278 \cdot F \cdot l$	$0,215 \cdot F \cdot l$	$0,316 \cdot F \cdot l$
M_{12max}	–	–	$0,222 \cdot F \cdot l$	$0,145 \cdot F \cdot l$	$0,383 \cdot F \cdot l$
M_{13max}	–	–	–	–	$0,200 \cdot F \cdot l$
M_B	$-0,063 \cdot q \cdot l^2$	$-0,094 \cdot F \cdot l$	$-0,167 \cdot F \cdot l$	$-0,141 \cdot F \cdot l$	$-0,234 \cdot F \cdot l$
$R_A = V_{1Amax}$	$0,438 \cdot q \cdot l$	$0,406 \cdot F$	$0,833 \cdot F$	$0,859 \cdot F$	$1,266 \cdot F$

Tablice 8.13 Nosač s dvama jednakim rasponima [42] – 3. način opterećenja

					
Statička veličina					
M_{11min}	–	$-0,047 \cdot F \cdot l$	$-0,056 \cdot F \cdot l$	$-0,035 \cdot F \cdot l$	$-0,059 \cdot F \cdot l$
M_{12min}	–	–	$-0,111 \cdot F \cdot l$	$-0,106 \cdot F \cdot l$	$-0,117 \cdot F \cdot l$
M_{13min}	–	–	–	–	$-0,176 \cdot F \cdot l$
$R_A = V_{1Amin}$	$-0,063 \cdot q \cdot l$	$-0,094 \cdot F$	$-0,167 \cdot F$	$-0,141 \cdot F$	$-0,234 \cdot F$

Tablice 8.14 – 8.18 Tablice za proračun momenata savijanja (M), poprečnih sila (V) i reakcija (R) kontinuiranih nosača. Nosač s trima jednakim rasponima [42]

Tablice 8.14 Nosač s trima jednakim rasponima [42] – 1. način opterećenja

Statička veličina					
M_{11}	$0,080 \cdot q \cdot l^2$	$0,175 \cdot F \cdot l$	$0,244 \cdot F \cdot l$	$0,194 \cdot F \cdot l$	$0,281 \cdot F \cdot l$
M_{12}	–	–	$0,156 \cdot F \cdot l$	$0,081 \cdot F \cdot l$	$0,313 \cdot F \cdot l$
M_{13}	–	–	–	–	$0,094 \cdot F \cdot l$
M_{21}	$0,025 \cdot q \cdot l^2$	$0,100 \cdot F \cdot l$	$0,067 \cdot F \cdot l$	$0,025 \cdot F \cdot l$	0
M_{22}	–	–	$0,067 \cdot F \cdot l$	$0,025 \cdot F \cdot l$	$0,125 \cdot F \cdot l$
M_B	$-0,100 \cdot q \cdot l^2$	$-0,150 \cdot F \cdot l$	$-0,267 \cdot F \cdot l$	$-0,225 \cdot F \cdot l$	$-0,375 \cdot F \cdot l$
$R_A = V_{1A}$	$0,400 \cdot q \cdot l$	$0,350 \cdot F$	$0,733 \cdot F$	$0,775 \cdot F$	$1,125 \cdot F$
R_B	$1,100 \cdot q \cdot l$	$1,150 \cdot F$	$2,267 \cdot F$	$2,225 \cdot F$	$3,375 \cdot F$
V_{1B}	$-0,600 \cdot q \cdot l$	$-0,650 \cdot F$	$-1,267 \cdot F$	$-1,225 \cdot F$	$-1,875 \cdot F$
$V_{2B} = -V_{2C}$	$0,500 \cdot q \cdot l$	$0,500 \cdot F$	$1,000 \cdot F$	$1,000 \cdot F$	$1,500 \cdot F$

Tablice 8.15 Nosač s trima jednakim rasponima [42] – 2. način opterećenja

Statička veličina					
M_{11max}	$0,101 \cdot q \cdot l^2$	$0,213 \cdot F \cdot l$	$0,289 \cdot F \cdot l$	$0,222 \cdot F \cdot l$	$0,328 \cdot F \cdot l$
M_{12max}	–	–	$0,244 \cdot F \cdot l$	$0,166 \cdot F \cdot l$	$0,406 \cdot F \cdot l$
M_{13max}	–	–	–	–	$0,234 \cdot F \cdot l$
M_{21min}	$-0,050 \cdot q \cdot l^2$	$-0,075 \cdot F \cdot l$	$-0,133 \cdot F \cdot l$	$-0,133 \cdot F \cdot l$	$-0,188 \cdot F \cdot l$
M_{22min}	–	–	$-0,133 \cdot F \cdot l$	$-0,133 \cdot F \cdot l$	$-0,188 \cdot F \cdot l$
M_B	$-0,050 \cdot q \cdot l^2$	$-0,075 \cdot F \cdot l$	$-0,133 \cdot F \cdot l$	$-0,133 \cdot F \cdot l$	$-0,188 \cdot F \cdot l$
$R_A = V_{1Amax}$	$0,450 \cdot q \cdot l$	$0,425 \cdot F$	$0,867 \cdot F$	$0,888 \cdot F$	$1,313 \cdot F$

Tablice 8.16 Nosač s trima jednakim rasponima [42] – 3. način opterećenja

Statička veličina					
M_{11min}	$-0,025 \cdot q \cdot l^2$	$-0,038 \cdot F \cdot l$	$-0,044 \cdot F \cdot l$	$-0,028 \cdot F \cdot l$	$-0,047 \cdot F \cdot l$
M_{12min}	—	—	$-0,089 \cdot F \cdot l$	$-0,084 \cdot F \cdot l$	$-0,094 \cdot F \cdot l$
M_{13min}	—	—	—	—	$-0,141 \cdot F \cdot l$
M_{21max}	$0,075 \cdot q \cdot l^2$	$0,175 \cdot F \cdot l$	$0,200 \cdot F \cdot l$	$0,138 \cdot F \cdot l$	$0,188 \cdot F \cdot l$
M_{22max}	—	—	$0,200 \cdot F \cdot l$	$0,138 \cdot F \cdot l$	$0,313 \cdot F \cdot l$
M_B	$-0,050 \cdot q \cdot l^2$	$-0,075 \cdot F \cdot l$	$-0,133 \cdot F \cdot l$	$-0,113 \cdot F \cdot l$	$-0,188 \cdot F \cdot l$
$R_A = V_{1Amin}$	$-0,050 \cdot q \cdot l$	$-0,075 \cdot F$	$-0,133 \cdot F$	$-0,113 \cdot F$	$-0,188 \cdot F$

Tablice 8.17 Nosač s trima jednakim rasponima [42] – 4. način opterećenja

Statička veličina					
M_{Bmin}	$-0,117 \cdot q \cdot l^2$	$-0,175 \cdot F \cdot l$	$-0,311 \cdot F \cdot l$	$-0,263 \cdot F \cdot l$	$-0,438 \cdot F \cdot l$
M_C	$-0,033 \cdot q \cdot l^2$	$-0,050 \cdot F \cdot l$	$-0,089 \cdot F \cdot l$	$-0,075 \cdot F \cdot l$	$-0,125 \cdot F \cdot l$
R_{Bmax}	$1,200 \cdot q \cdot l$	$1,300 \cdot F$	$2,533 \cdot F$	$2,450 \cdot F$	$3,750 \cdot F$
V_{1Bmin}	$-0,617 \cdot q \cdot l$	$-0,675 \cdot F$	$-1,311 \cdot F$	$-1,263 \cdot F$	$-1,937 \cdot F$
V_{2Bmax}	$0,583 \cdot q \cdot l$	$0,625 \cdot F$	$1,222 \cdot F$	$1,188 \cdot F$	$1,813 \cdot F$

Tablice 8.18 Nosač s trima jednakim rasponima [42] – 5. način opterećenja

Statička veličina					
M_{Bmax}	$0,017 \cdot q \cdot l^2$	$0,025 \cdot F \cdot l$	$0,044 \cdot F \cdot l$	$0,038 \cdot F \cdot l$	$0,063 \cdot F \cdot l$
M_C	$-0,067 \cdot q \cdot l^2$	$-0,100 \cdot F \cdot l$	$-0,178 \cdot F \cdot l$	$-0,150 \cdot F \cdot l$	$-0,250 \cdot F \cdot l$
V_{1Bmax}	$0,017 \cdot q \cdot l$	$0,025 \cdot F$	$0,044 \cdot F$	$0,038 \cdot F$	$0,063 \cdot F$
V_{2Bmin}	$-0,083 \cdot q \cdot l$	$-0,125 \cdot F$	$-0,222 \cdot F$	$-0,188 \cdot F$	$-0,313 \cdot F$

Tablica 8.1 *Q – mreže čelične armature B500B nosive u dvama smjerovima*

Tip	Profili (mm)	Razmaci (mm)	Dimenzije (m)	kg/m²	kg/kom
Q 069	4,2×4,2	200×200	6,00×2,20	1,10	14,50
Q 131	5,0×5,0	150×150	6,00×2,20	2,12	28,00
Q 139	4,2×4,2	100×100	6,00×2,20	2,20	29,05
Q 166	4,6×4,6	100×100	6,00×2,20	2,64	34,90
Q 188	6,0×6,0	150×150	6,00×2,20	3,06	40,40
Q 196	5,0×5,0	100×100	6,00×2,20	3,07	40,50
Q 226	6,0×6,0	125×125	6,00×2,20	3,63	48,00
Q 257	7,0×7,0	150×150	6,00×2,20	4,16	55,00
Q 283	6,0×6,0	100×100	6,00×2,20	4,48	59,15
Q 335	8,0×8,0	150×150	6,00×2,20	5,45	72,00
Q 385	7,0×7,0	100×100	6,00×2,20	6,10	80,60
Q 424	9,0×9,0	150×150	6,00×2,20	6,81	90,00
Q 503	8,0×8,0	100×100	6,00×2,20	8,03	106,00
Q 524	10,0×10,0	150×150	6,00×2,20	8,40	110,90
Q 636	9,0×9,0	100×100	6,00×2,20	10,08	133,05
Q 785	10,0×10,0	100×100	6,00×2,20	12,46	164,50

Napomena: Ploština glavne armature dana je kao broj mreže (u mm²/m)
(Npr. armatura mreže Q 283 ima ploštinu od 283 mm²/m širine mreže)

Tablica 8.2 R – mreže čelične armature B500B nosive u jednom smjeru

Tip	Profili (mm)	Razmaci (mm)	Dimenzije (m)	kg/m ²	kg/kom
R 131	5,0×4,2	150×250	6,00×2,20	1,50	19,80
R 131	5,0×4,6	150×250	6,00×2,20	1,63	21,50
R 139	4,2×4,2	100×250	6,00×2,20	1,55	20,50
R 166	4,6×4,2	100×250	6,00×2,20	1,76	23,30
R 166	4,6×4,6	100×250	6,00×2,20	1,85	24,50
R 188	6,0×4,2	150×250	6,00×2,20	1,96	26,00
R 188	6,0×4,6	150×250	6,00×2,20	2,08	27,50
R 196	5,0×4,2	100×250	6,00×2,20	2,00	26,50
R 226	6,0×4,2	125×250	6,00×2,20	2,27	30,00
R 257	7,0×5,0	150×250	6,00×2,20	2,72	35,80
R 283	6,0×4,6	100×250	6,00×2,20	2,77	36,60
R 283	6,0×5,0	100×250	6,00×2,20	2,88	38,00
R 335	8,0×5,0	150×250	6,00×2,20	3,33	44,00
R 335	8,0×6,0	150×250	6,00×2,20	3,63	48,00
R 385	7,0×5,0	100×250	6,00×2,20	3,68	48,60
R 424	9,0×6,0	150×250	6,00×2,20	4,34	57,30
R 503	8,0×5,0	100×200	6,00×2,20	4,77	63,00
R 503	8,0×5,0	100×250	6,00×2,20	4,58	60,50
R 503	8,0×6,0	100×250	6,00×2,20	4,89	64,60
R 524	10,0×6,0	150×250	6,00×2,20	5,15	68,00
R 636	9,0×6,0	100×250	6,00×2,20	5,95	78,50
R 785	10,0×6,0	100×250	6,00×2,20	7,35	97,00
R 785	10,0×6,0	100×200	6,00×2,20	7,39	97,50

Napomena: Ploština glavne armature dana je kao broj mreže (u mm²/m)
(Npr. glavna armatura mreže R 166 ima ploštinu od 166 mm²/m)

Tablica 8.3 Čelična armatura šipki rebrastog profila

B500B			PLOŠTINA PRESJEKA ŠIPKI (cm ²) ZA BROJ KOMADA:														
promjer (mm)	kg/m	Opseg (cm)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
6	0,228	1,89	0,28	0,57	0,85	1,13	1,41	1,70	1,98	2,26	2,55	2,83	3,11	3,39	3,68	3,96	4,24
8	0,405	2,51	0,50	1,01	1,51	2,01	2,51	3,02	3,52	4,02	4,52	5,03	5,53	6,03	6,54	7,04	7,54
10	0,634	3,14	0,79	1,57	2,36	3,14	3,93	4,71	5,50	6,28	7,07	7,85	8,64	9,42	10,21	11,00	11,78
12	0,911	3,77	1,13	2,26	3,39	4,52	5,66	6,79	7,92	9,05	10,18	11,31	12,44	13,57	14,70	15,83	16,97
14	1,242	4,40	1,54	3,08	4,62	6,16	7,70	9,24	10,78	12,32	13,86	15,39	16,93	18,47	20,01	21,55	23,09
16	1,621	5,03	2,01	4,02	6,03	8,04	10,05	12,06	14,07	16,09	18,10	20,11	22,12	24,13	26,14	28,15	30,16
20	2,536	6,28	3,14	6,28	9,42	12,57	15,71	18,85	21,99	25,13	28,27	31,42	34,56	37,70	40,84	43,98	47,12
25	3,951	7,85	4,91	9,82	14,73	19,63	24,54	29,45	34,36	39,27	44,18	49,09	54,00	58,90	63,81	68,72	73,63
28	4,956	8,80	6,16	12,32	18,47	24,63	30,79	36,95	43,10	49,26	55,42	61,58	67,73	73,88	80,05	86,21	92,36
32	6,474	10,05	8,04	16,09	24,13	32,17	40,21	48,26	56,30	64,34	72,38	80,4	88,5	96,5	104,6	112,6	120,6
36	8,200	11,31	10,18	20,36	30,54	40,72	50,89	61,07	71,25	81,43	91,61	101,8	112,0	122,2	132,3	142,5	152,7
razmak u cm za 1 m ploče			100,0	50,00	33,34	25,00	20,00	16,67	14,30	12,50	11,11	10,00	9,10	8,33	7,70	7,14	6,67

Tablica 8.4 Ploština presjeka određenih profila ϕ armature na širini ploče ili zida od 100 cm za određene razmake šipki

Razmak	Promjer šipke ϕ (mm)										
t (cm)	6	8	10	12	14	16	20	25	28	32	36
7,0	4,04	7,18	11,22	16,16	21,99	28,72	44,88	70,12	87,96	114,89	145,41
7,5	3,77	6,70	10,47	15,08	20,53	26,81	41,89	65,45	82,10	107,23	135,72
8,0	3,53	6,28	9,82	14,14	19,24	25,13	39,27	61,36	76,97	100,53	127,23
8,5	3,33	5,91	9,24	13,31	18,11	23,65	36,96	57,75	72,44	94,62	119,75
9,0	3,14	5,59	8,73	12,57	17,10	22,34	34,91	54,54	68,42	89,36	113,10
9,5	2,98	5,29	8,27	11,90	16,20	21,16	33,07	51,67	64,82	84,66	107,14
10,0	2,83	5,03	7,85	11,31	15,39	20,11	31,42	49,09	61,58	80,42	101,79
10,5	2,69	4,79	7,48	10,77	14,66	19,15	29,92	46,75	58,64	76,60	96,94
11,0	2,57	4,57	7,14	10,28	13,99	18,28	28,56	44,62	55,98	73,11	92,53
11,5	2,46	4,37	6,83	9,83	13,39	17,48	27,32	42,68	53,54	69,93	88,51
12,0	2,36	4,19	6,54	9,42	12,83	16,76	26,18	40,91	51,31	67,02	84,82
12,5	2,26	4,02	6,28	9,05	12,32	16,08	25,13	39,27	49,26	64,34	81,43
13,0	2,17	3,87	6,04	8,70	11,84	15,47	24,17	37,76	47,37	61,87	78,30
13,5	2,09	3,72	5,82	8,38	11,40	14,89	23,27	36,36	45,61	59,57	75,40
14,0	2,02	3,59	5,61	8,08	11,00	14,36	22,44	35,06	43,98	57,45	72,71
14,5	1,95	3,47	5,42	7,80	10,62	13,87	21,67	33,85	42,47	55,47	70,20
15,0	1,88	3,35	5,24	7,54	10,26	13,40	20,94	32,72	41,05	53,62	67,86
15,5	1,82	3,24	5,07	7,30	9,93	12,97	20,27	31,67	39,73	51,89	65,67
16,0	1,77	3,14	4,91	7,07	9,62	12,57	19,63	30,68	38,48	50,27	63,62
16,5	1,71	3,05	4,76	6,85	9,33	12,19	19,04	29,75	37,32	48,74	61,69
17,0	1,66	2,96	4,62	6,65	9,06	11,83	18,48	28,87	36,22	47,31	59,88
17,5	1,62	2,87	4,49	6,46	8,80	11,49	17,95	28,05	35,19	45,96	58,16
18,0	1,57	2,79	4,36	6,28	8,55	11,17	17,45	27,27	34,21	44,68	56,55
18,5	1,53	2,72	4,25	6,11	8,32	10,87	16,98	26,53	33,28	43,47	55,02
19,0	1,49	2,65	4,13	5,95	8,10	10,58	16,53	25,84	32,41	42,33	53,57
19,5	1,45	2,58	4,03	5,80	7,89	10,31	16,11	25,17	31,58	41,24	52,20
20,0	1,41	2,51	3,93	5,65	7,70	10,05	15,71	24,54	30,79	40,21	50,89
20,5	1,38	2,45	3,83	5,52	7,51	9,81	15,32	23,95	30,04	39,23	49,65
21,0	1,35	2,39	3,74	5,39	7,33	9,57	14,96	23,37	29,32	38,30	48,47
21,5	1,32	2,34	3,65	5,26	7,16	9,35	14,61	22,83	28,64	37,41	47,34
22,0	1,29	2,28	3,57	5,14	7,00	9,14	14,28	22,31	27,99	36,56	46,27
22,5	1,26	2,23	3,49	5,03	6,84	8,94	13,96	21,82	27,37	35,74	45,24
23,0	1,23	2,19	3,41	4,92	6,69	8,74	13,66	21,34	26,77	34,97	44,26
23,5	1,20	2,14	3,34	4,81	6,55	8,56	13,37	20,89	26,20	34,22	43,31
24,0	1,18	2,09	3,27	4,71	6,41	8,38	13,09	20,45	25,66	33,51	42,41
24,5	1,15	2,05	3,21	4,62	6,28	8,21	12,82	20,04	25,13	32,83	41,55
25,0	1,13	2,01	3,14	4,52	6,16	8,04	12,57	19,63	24,63	32,17	40,72