

TRAJNOST KONSTRUKCIJA 2

Proračunski primjeri ocjenjivanja postojećih konstrukcija:

1. ROŠTILJNI MOST PROJEKTIRAN PREMA PROPISIMA IZ 1949.
2. ROŠTILJNI MOST PROJEKTIRAN PREMA PROPISIMA IZ 1991.
3. PLOČASTI MOST

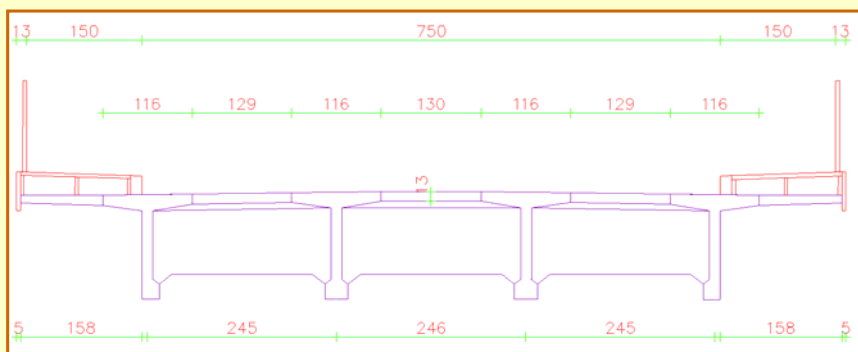
3. AUDITORNE VJEŽBE

PRIMJER 1:

**Ocjena nosivost roštilja
projektiranog prema starim
Privremenim tehničkim propisima
PTP-5 iz 1949. godine**

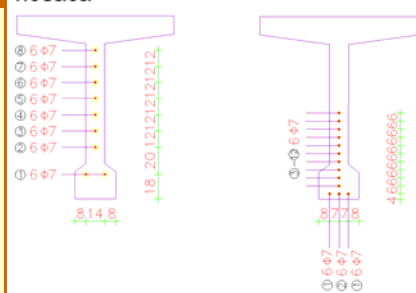
REKONSTRUKCIJA NACRTA POSTOJEĆEG STANJA

GRADIVA	
BETON	MB 40
NENAPETA ARMATURA	GA 220/340
ČELIK ZA PREDNAPINJANJE	$f_{pk}/f_{pk,el}$ 1520/1352

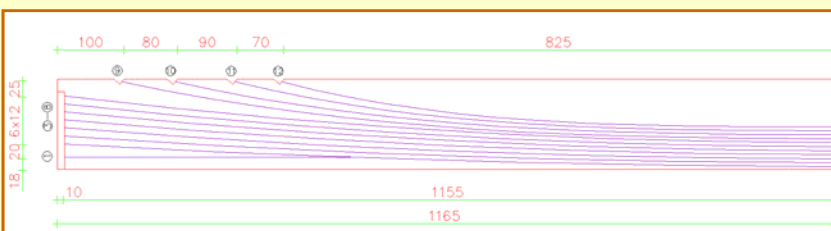


REKONSTRUKCIJA NACRTA POSTOJEĆEG STANJA

Raspored kabela na čelu i u sredini nosača



Prednapinjanje	
broj kabela	13
broj žica u 1 kabeu	6
promjer žice (mm)	7
površina svih kabela A_p (mm ²)	3001,8
vlačna čvrstoća čelika f_{pk} (N/mm ²)	1520,0
granica elastičnosti čelika $f_{pk,el}$ (N/mm ²)	1352,8
statička visina d_p (mm)	1056,0

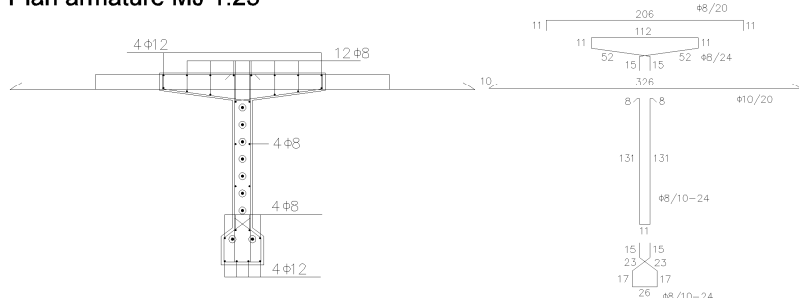


REKONSTRUKCIJA NACRTA POSTOJEĆEG STANJA

Uzdužna armatura 4Φ8 + 4Φ12

površina armature A_s (mm ²)	653,0
granica elastičnosti čelika f_{yk} (N/mm ²)	220,0
statička visina d_s (mm)	1263,0

Plan armature MJ 1:25



NOSIVOST POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE: NOSIVOST PRESJEKA NA SAVIJANJE U POLJU

Za određivanje proračunske nosivosti glavnog nosača na savijanje u polju preko prednapete armature koristiti ćemo granicu elastičnosti čelika f_{yk} i površinu kabela A_p . Krak unutarnjih sila uzimamo s 90% statičke visine nosača. Nosivost preko nenapete armature pridodajemo kada nosivost želimo točnije odrediti, također preko granice elastičnosti čelika f_{yk} i površine armature A_s . Izraz glasi ovako:

$$M_{Rd} = A_p \cdot \frac{f_{pk} \cdot d_p}{\gamma_p} \cdot 0.9 \cdot d_p + A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot 0.9 \cdot d_s$$

Nosač je prednapregnut sa 13 kabela od po 6 žica promjera 7mm i armiran nenapetom armaturom u vlačnoj zoni sa 4Φ8 i 4Φ12.

– površina svih kabela

$$A_p = 13 \cdot 6 \cdot r^2 \cdot \pi = 13 \cdot 6 \cdot 3,5^2 \cdot \pi = 3001,8 \text{ mm}^2$$

– statička visina d_p

$$d_p = 135 - \frac{3 \cdot 4 + 10 + 16 + 22 + 28 + 34 + 40 + 46 + 52 + 68 + 64}{13} = 105,6 \text{ cm} = 1056,0 \text{ mm}$$

– površina uzdužne armature A_s

$$A_s = A(4\Phi 8) + A(4\Phi 12) = 201 + 452 = 653 \text{ mm}^2$$

– statička visina d_s

$$d_s = 135 - \frac{3,0 \cdot 4 + 11,3 + 18,7 \cdot 2 + 0,5 + 24,5 \cdot 2 + 0,5}{4 \cdot 11,3 + 4 \cdot 0,5} = 126,3 \text{ cm} = 1263,0 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = 3001,8 \cdot \frac{1352,8}{1,0} \cdot 0,9 \cdot 1056 + 653 \cdot \frac{220}{1,15} \cdot 0,9 \cdot 1263 = 4001,4 \cdot 10^6 \text{ Nmm} = 4001,4 \text{ kNm}$$

NOSIVOST POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE: NOSIVOST PRESJEKA NA POPREČNE SILE

Kod određivanja proračunske nosivosti na posmik preko vilica i betona koristiti ćemo sljedeći izraz:

$$V_{Rd} = A_{sw} \cdot \frac{f_{yk}}{s_w} \cdot \frac{0.9 \cdot d}{\gamma_s} + \tau_{Rd} \cdot k \cdot 1.2 \cdot b_w \cdot d + P \cdot \sin \alpha$$

gdje je sila prednapinjanja $P = 0.65 \cdot 0.8 \cdot f_{yk} \cdot A_p$, a kut vođenja kabela je 8° .

Površina poprečne armature profila $\Phi 8$ i reznosti 2, na razmaku $s_w = 10 \text{ cm}$:

$$A_{sw} = 2 \cdot A(\Phi 8) = 101,0 \text{ mm}^2$$

Osnovna računska čvrstoće za djelovanje glavnih kosih napona za MB 40:

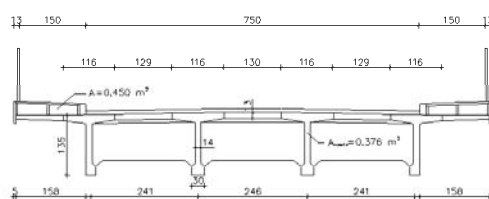
$$\tau_{Rd} = 0,34 \text{ (N/mm}^2\text{)};$$

Statička visina presjeka $d_p = 1056 \text{ mm}$

$$k = 1,60 - d = 1,60 - 1,06 = 0,54 \text{ m} \geq 1,0 \text{ m}; \quad k = 1,0;$$

$$V_{Rd} = 101,0 \cdot \frac{220}{115} \cdot \frac{0,9 \cdot 1056}{100} + 0,34 \cdot 1,0 \cdot 1,2 \cdot 140 \cdot 1056 + 0,65 \cdot 0,8 \cdot 1352,8 \cdot 3001,8 \cdot \sin 8^\circ = 537,8 \text{ kN}$$

ANALIZA OPTEREĆENJA PREMA EUROCODE-U: STALNO DJELOVANJE



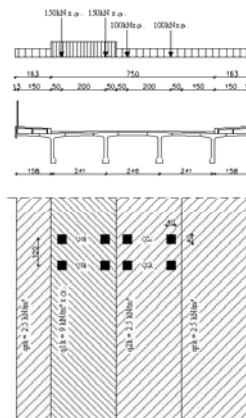
Slika 4.1. Poprečni presjek roštiljne konstrukcije

- o Stalno opterećenje, g
 - vlastita težina $g = 25 \cdot A_{nosaca} = 25 \cdot 0,376 = 9,40 \text{ kN/m'}$
 - kolnička ploča $\frac{(1,07 \cdot (0,13 + 0,10) / 2 + 0,13 \cdot 1,29 / 2) \cdot 25}{g} = 5,17 \text{ kN/m'}$
 $g = 14,57 \text{ kN/m'}$
- o Ukupno dodatno stalno opterećenje, $\Delta g_1'$
 - zastor $7,50 \cdot 0,06 \cdot 22 = 9,90 \text{ kN/m'}$
 - ograda $2 \cdot 0,50 = 1,00 \text{ kN/m'}$
 - vijenac, rubnjak, pjetačka staza $\frac{2 \cdot 0,45 \cdot 25}{\Delta g'} = 22,50 \text{ kN/m'}$
 $\Delta g' = 33,40 \text{ kN/m'}$
- o Dodatno stalno opterećenje koje otpada na rubni nosač, Δg_2

$$\Delta g = \Delta g' / 4 + 10\% = 33,40 / 4 + 1,10 = 9,19 \text{ kN/m'}$$

ANALIZA OPTEREĆENJA PREMA EUROCODE-U: PROMETNO OPTEREĆENJE PRILAGOĐENOG MODEL 1

MODEL 1: glavni sustav opterećenja sastoji se od koncentriranog i kontinuiranog opterećenja koje pokriva utjecaje od teških i osobnih vozila. Radimo dvije ocjene nosivosti gdje ćemo za prvu uzimati faktor prilagodavanja $\alpha_{Q1} = 0,8$ po DIN Fachberichtu, a za druga faktor prilagodavanja $\alpha_{Q1} = 0,80$ i $\alpha_{Q2} = 0,51$, koji odgovaraju stvarnom prometu na hrvatskim cestama.



Slika 4.2. Prometno opterećenje

ANALIZA OPTEREĆENJA PREMA EUROCODE-U: POPREČNA RAZDIOBA OPTEREĆENJA

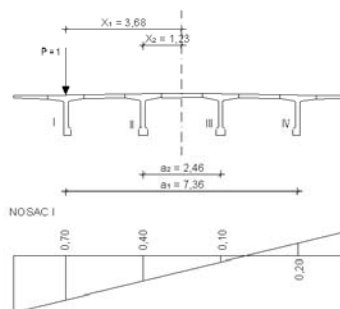
Za $P = 1$ i $l_k = \text{const.}$, ordinate utjecajne linije poprečne razdiobe glase:

$$\eta_i = \frac{1}{n} \pm \frac{a_i \cdot X}{\sum a_j^2}$$

Nosači I-IV:

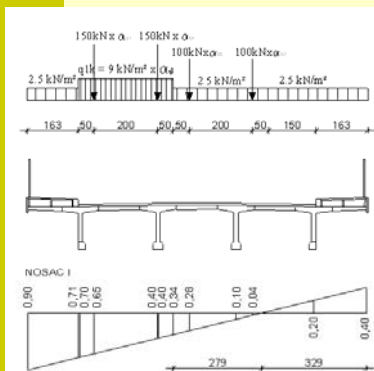
$$\eta_{1,4} = \frac{1}{4} \pm \frac{7,36 \cdot 3,68}{7,36^2 + 2,46^2} = 0,25 \pm 0,45 = \begin{cases} +0,70 \\ -0,20 \end{cases}$$

$$\eta_{2,3} = \frac{1}{4} \pm \frac{7,36 \cdot 1,23}{7,36^2 + 2,46^2} = 0,25 \pm 0,15 = \begin{cases} +0,40 \\ +0,10 \end{cases}$$



Slika 4.3. Metoda ekscentričnog pritiska

ANALIZA OPTEREĆENJA PREMA EUROCODE-U: POPREČNA RAZDIOBA OPTEREĆENJA



Slika 4.4. Ordinate utjecajnih linija poprečne razdiobe

Opterećenje po Modelu 1 sa faktorima prilagođavanja po DIN Fachberichtu:

$$p = 2,5 \cdot 1,63 \cdot \frac{0,90 + 0,71}{2} + 9,0 \cdot 3,0 \cdot \frac{0,71 + 0,34}{2} + 2,5 \cdot 2,79 \cdot \frac{0,34}{2} - 2,5 \cdot 3,29 \cdot \frac{0,40}{2} = 17,0 \text{ kN/m}$$

$$p = 17,0 \text{ kN/m}$$

$$P_1 = 150 \cdot 0,8 \cdot (0,65 + 0,40) = 126,0 \text{ kN/m}$$

$$P_2 = 100 \cdot 0,8 \cdot (0,28 + 0,04) = 25,6 \text{ kN/m}$$

$$P = P_1 + P_2 = 126,0 + 25,6 = 151,6 \text{ kN}$$

Opterećenje po Modelu 1 sa faktorima prilagođavanja za stvarni hrvatski promet:

$$p = 2,5 \cdot 1,63 \cdot \frac{0,90 + 0,71}{2} + 9,0 \cdot 0,51 \cdot 3,0 \cdot \frac{0,71 + 0,34}{2} + 2,5 \cdot 2,79 \cdot \frac{0,34}{2} - 2,5 \cdot 3,29 \cdot \frac{0,40}{2}$$

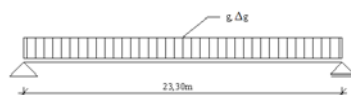
$$p = 10,1 \text{ kN/m}$$

$$P_1 = 150 \cdot 0,8 \cdot (0,65 + 0,40) = 126,0 \text{ kN/m}$$

$$P_2 = 100 \cdot 0,51 \cdot (0,28 + 0,04) = 16,3 \text{ kN/m}$$

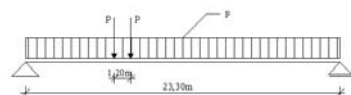
$$P = P_1 + P_2 = 126,0 + 16,3 = 142,3 \text{ kN}$$

PRORAČUN UNUTARNJIH SILA



Slika 4.5. Stalno i dodatno stalno opterećenje

- stalno opterećenje $g = 14,57 \text{ kN/m}$
- dodatno stalno $\Delta g = 9,19 \text{ kN/m}$



Slika 4.6. Uzdužni raspored prometnog opterećenja

Prema DIN Fachbericht:

- kontinuirano prometno opterećenje $p = 17,0 \text{ kN/m}$
- koncentrirano prometno opterećenje $P = 151,6 \text{ kN}$

Prema stvarnom prometu na hrvatskim cestama:

- kontinuirano prometno opterećenje $p = 10,1 \text{ kN/m}$
- koncentrirano prometno opterećenje $P = 142,3 \text{ kN}$

Proračun unutarnjih sila proveden je programskim paketom Sofistik.

- Maksimalni moment savijanja u polju od stalnog opterećenja:

$$M_g = 1612,4 \text{ kNm}$$

- Maksimalna poprečna sila od stalnog opterećenja:

$$V_g = 276,8 \text{ kN}$$

Prema DIN Fachbericht:

- Maksimalni moment savijanja od kontinuiranog prometnog opterećenja:

$$M_{q1} = 1153,64 \text{ kNm}$$

- Maksimalni moment savijanja od koncentriranog prometnog opterećenja:

$$M_{q2} = 1675,0 \text{ kNm}$$

- Maksimalni moment savijanja od ukupnog prometnog opterećenja:

$$M_q = M_{q1} + M_{q2} = 1153,6 + 1675 = 2828,6 \text{ kNm}$$

- Maksimalna poprečna sila od ukupnog prometnog opterećenja:

$$V_q = 493,4 \text{ kN}$$

Prema stvarnom prometu na hrvatskim cestama:

- Maksimalni moment savijanja od kontinuiranog prometnog opterećenja:

$$M_{q1} = 685,40 \text{ kNm}$$

- Maksimalni moment savijanja od koncentriranog prometnog opterećenja:

$$M_{q2} = 1572,0 \text{ kNm}$$

- Maksimalni moment savijanja od ukupnog prometnog opterećenja:

$$M_q = M_{q1} + M_{q2} = 685,4 + 1572 = 2257,4 \text{ kNm}$$

- Maksimalna poprečna sila od ukupnog prometnog opterećenja:

$$V_q = 395,0 \text{ kN}$$

OCJENA NOSIVOSTI: NA MODEL 1 PRILAGOĐEN KAO U DIN FACBERICHTU

Kod slobodno oslonjenih grednih konstrukcija, kakva je kod Šibenskog mosta, dovoljno je provjeriti granična stanja na razini presjeka (moment savijanja u polju i poprečna sila na ležaju). Odnosno, usporediti ćemo stvarne karakteristike konstrukcije sa unutarnjim silama koje smo dobili po Modelu 1 prometnog opterećenja iz Eurocoda.

Iz uvjeta nosivosti na savijanje $M_{Ed} = M_{Rd}$, uz korištenje odgovarajućeg parcijalnog faktora za stalno djelovanje ($\gamma_G = 1,35$) odrediti ćemo parcijalni faktor na prometno opterećenje $\gamma_{QM,GSN}$.

$$\gamma_{QM,GSN} = \frac{M_{Rd} - \gamma_G \cdot M_G}{M_Q} = \frac{4001,4 - 1,35 \cdot 1612,4}{2828,6} = 0,65$$

Iz uvjeta nosivosti $V_{Ed} = V_{Rd}$, uz korištenje odgovarajućeg parcijalnog faktora za stalno djelovanje odrediti ćemo parcijalni faktor na prometno opterećenje $\gamma_{QV,GSN}$.

$$\gamma_{QV,GSN} = \frac{V_{Rd} - \gamma_G \cdot V_G}{V_Q} = \frac{537,8 - 1,35 \cdot 276,8}{493,4} = 0,33$$

OCJENA NOSIVOSTI: NA MODEL 1 PRILAGOĐEN STVARNOM PROMETU U HR.

Iz uvjeta nosivosti na savijanje $M_{Ed} = M_{Rd}$, uz korištenje odgovarajućeg parcijalnog faktora za stalno djelovanje ($\gamma_G = 1,35$) odrediti ćemo parcijalni faktor na prometno opterećenje $\gamma_{QM,GSN}$.

$$\gamma_{QM,GSN} = \frac{M_{Rd} - \gamma_G \cdot M_G}{M_Q} = \frac{4001,4 - 1,35 \cdot 1612,4}{2257,4} = 0,81$$

Iz uvjeta nosivosti $V_{Ed} = V_{Rd}$, uz korištenje odgovarajućeg parcijalnog faktora za stalno djelovanje odrediti ćemo parcijalni faktor na prometno opterećenje $\gamma_{QV,GSN}$.

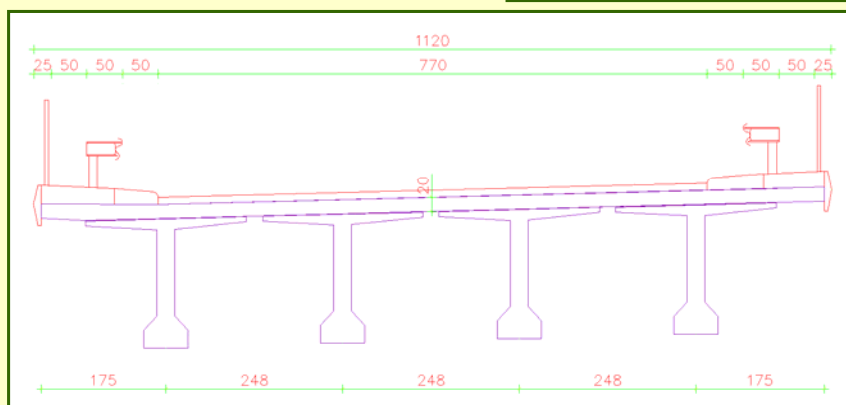
$$\gamma_{QV,GSN} = \frac{V_{Rd} - \gamma_G \cdot V_G}{V_Q} = \frac{537,8 - 1,35 \cdot 276,8}{395} = 0,42$$

PRIMJER 2

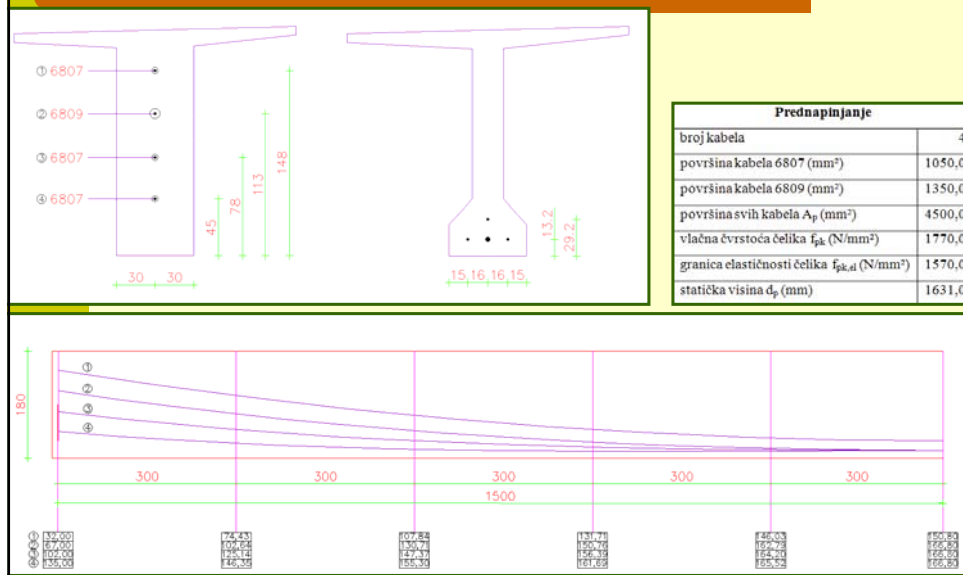
Ocjena nosivost roštilja projektiranog prema Pravilniku za opterećenja mostova iz 1991. godine

REKONSTRUKCIJA NACRTA POSTOJEĆEG STANJA

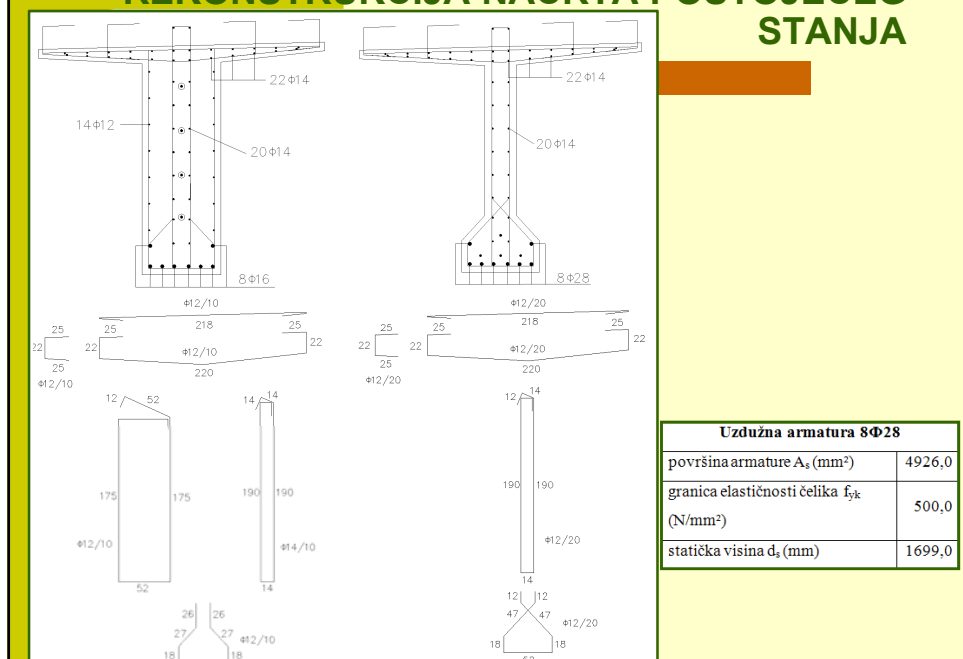
GRADIVA	
BETON	MB 40
NENAPETA ARMATURA	S 500
ČELIK ZA PREDNAPINJANJE	St 1570/1770



REKONSTRUKCIJA NACRTA POSTOJEĆEG STANJA



REKONSTRUKCIJA NACRTA POSTOJEĆEG STANJA



NOSIVOST POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE: NOSIVOST PRESJEKA NA SAVIJANJE U POLJU

Nosivost određujemo na isti način kao i u prethodnom poglavlju. Za određivanje proračunske nosivosti glavnog nosača na savijanje u polju preko prednapete armature koristiti ćemo granicu elastičnosti čelika $f_{yk,d}$ i površinu kabela A_p . Krak unutarnjih sila uzimamo s 90% statičke visine nosača. Nosivost preko nenapete armature pridodajemo kada nosivost želimo točnije odrediti, također preko granice elastičnosti čelika f_{yk} i površine armature A_s . Izraz glasi ovako:

$$M_{Rd} = A_p \cdot \frac{f_{yk,d}}{\gamma_p} \cdot 0.9 \cdot d_p + A_s \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot 0.9 \cdot d_s$$

Nosač je prednapregnut sa 4 kabela i to sa 3 Dywidag 6807 i jednim 6809 i armiran nenapetom armaturom u vlačnoj zoni sa 8Φ28.

- površina svih kabela

$$A_p = 1350 + 1050 \cdot 3 = 4500.0 \text{ mm}^2$$

- statička visina d_p

$$d_p = 180 - \frac{13.2 \cdot 2 \cdot 1.05 + 13.2 \cdot 1.35 + 29.2 \cdot 1.05}{4.5} = 163.10 \text{ cm} = 1631.0 \text{ mm}$$

- površina uzdužne armature A_s

$$A_s = A_s(8\Phi28) = 8 \cdot 615.7 = 4926 \text{ mm}^2$$

- statička visina d_s

$$d_s = 180 - \frac{6.1 \cdot 6 + 22.0 \cdot 2}{8} = 169.9 \text{ cm} = 1699.0 \text{ mm}$$

$$M_{Rd} = 4500.0 \cdot \frac{1570.0}{1.0} \cdot 0.9 \cdot 1631 + 4926.0 \cdot \frac{500}{1.15} \cdot 0.9 \cdot 1699.0 = 13645.6 \cdot 10^3 \text{ Nmm} = 13645.6 \text{ kNm}$$

NOSIVOST POSTOJEĆE KONSTRUKCIJE: NOSIVOST PRESJEKA NA POPREČNE SILE

Kod određivanja proračunske nosivosti na posmik preko vilica i betona koristiti ćemo sljedeći izraz:

$$V_{Rd} = A_{sv} \cdot \frac{f_{yk}}{\gamma_s} \cdot \frac{0.9 \cdot d}{s_p} + \tau_{Rd} \cdot k \cdot 1.2 \cdot b_w \cdot d + P \cdot \sin \alpha$$

gdje je sila prednapinjanja $P = 0.65 \cdot 0.8 \cdot f_{pk,d} \cdot A_p$, a prosječni kut vođenja kabela je $\alpha = 5.6^\circ$.

Površina poprečne armature profila Φ12 i reznosti 2, na razmaku $s_w = 10 \text{ cm}$:

$$A_{sv} = 2 \cdot A(\Phi12) = 226.0 \text{ mm}^2$$

Osnovna računska čvrstoće za djelovanje glavnih kosih napona za MB 40:

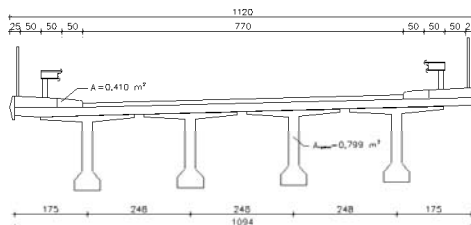
$$\tau_{Rd} = 0.34 \text{ (N/mm}^2\text{)};$$

statička visina presjeka $d_p = 1631 \text{ mm}$

$$k = 1.60 - d = 1.60 - 1.63 = -0.03 \text{ m} \geq 1.0 \text{ m}; \quad k = 1.0;$$

$$V_{Rd} = 226.0 \cdot \frac{500}{1.15} \cdot \frac{0.9 \cdot 1631}{100} + 0.34 \cdot 1.0 \cdot 1.2 \cdot 250 \cdot 1631 + 0.65 \cdot 0.8 \cdot 1570 \cdot 4500 \cdot \sin 5.6^\circ = 1966.3 \text{ kN}$$

ANALIZA OPTEREĆENJA PREMA EUROCODE-U: STALNO DJELOVANJE

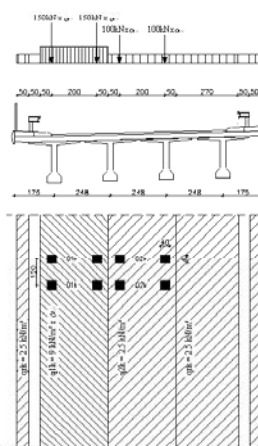


Slika 3.1. Poprečni presjek roštiljne konstrukcije

- Stalno opterećenje, g
 - vlastita težina $25 \cdot A_{\text{nosača}} = 25 \cdot 0,799 = 19,97 \text{ kN/m'}$
 - kolnička ploča $(1,75 + 2,48/2) \cdot 0,20 \cdot 25 = 14,95 \text{ kN/m'}$
 $g = 34,92 \text{ kN/m'}$
- Ukupno dodatno stalno opterećenje, $\Delta g'$
 - zastor $7,7 \cdot 0,09 \cdot 22 = 15,25 \text{ kN/m'}$
 - izolacija $10,94 \cdot 0,01 \cdot 0,5 = 0,06 \text{ kN/m'}$
 - ograda i odbojnik $4 \cdot 0,50 = 2,00 \text{ kN/m'}$
 - vijenac, rubnjak, pješačka staza $2 \cdot 0,41 \cdot 25 = 20,50 \text{ kN/m'}$
 $\Delta g' = 38,06 \text{ kN/m'}$
- Dodatno stalno opterećenje koje otpada na rubni nosač, Δg_1
 $\Delta g = \Delta g' / 4 + 10\% = 38,06 / 4 + 1,10 = 10,47 \text{ kN/m'}$

ANALIZA OPTEREĆENJA PREMA EUROCODE-U: PROMETNO OPTEREĆENJE PRILAGOĐENOG MODELA 1

MODEL 1: glavni sustav opterećenja sastoji se od koncentriranog i kontinuiranog opterećenja koje pokriva utjecaje od teških i osobnih vozila. Kao i u prethodnom poglavlju faktore prilagodavanja uzimamo i po DIN Fachbericht propisima i za stvarni promet na hrvatskim cestama.



Slika 3.2. Prometno opterećenje

ANALIZA OPTEREĆENJA PREMA EUROCODE-U: POPREČNA RAZDIOBA OPTEREĆENJA

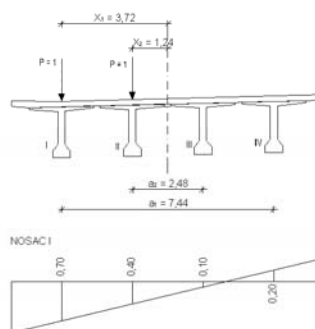
Za $P = 1$ i $k_1 = \text{const.}$, ordinate utjecajne linije poprečne razdiobe glase:

$$\eta_i = \frac{1}{n} \pm \frac{a_i \cdot x}{\sum a_i^2}$$

Nosači I i IV:

$$\eta_{0,4} = \frac{1}{4} \pm \frac{7,44 \cdot 3,72}{7,44^2 + 2,48^2} = 0,25 \pm 0,45 = \begin{cases} +0,70 \\ -0,20 \end{cases}$$

$$\eta_{2,3} = \frac{1}{4} \pm \frac{7,44 \cdot 1,24}{7,44^2 + 2,48^2} = 0,25 \pm 0,15 = \begin{cases} +0,40 \\ +0,10 \end{cases}$$



Slika 5.3. Određivanje ordinata utjecajne linije

ANALIZA OPTEREĆENJA PREMA EUROCODE-U: POPREČNA RAZDIOBA OPTEREĆENJA

Opterećenje po Modelu 1 sa faktorima prilagođavanja po DIN Fachberichtu:

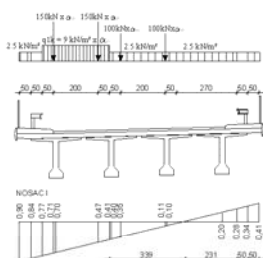
$$p = 9,0 \cdot 3,0 \cdot \frac{0,77 + 0,41}{2} + 2,5 \cdot \left(0,50 \cdot \frac{0,00 + 0,84}{2} + 3,30 \cdot \frac{0,41}{2} - 2,31 \cdot \frac{0,38}{2} - 0,50 \cdot \frac{0,34 + 0,41}{2} \right)$$

$$p = 16,9 \text{ kN/m}$$

$$P_1 = 150 \cdot 0,8 \cdot (0,71 + 0,47) = 141,6 \text{ kN/m}$$

$$P_2 = 100 \cdot 0,8 \cdot (0,35 + 0,11) = 36,8 \text{ kN/m}$$

$$P = P_1 + P_2 = 141,6 + 36,8 = 178,4 \text{ kN}$$



Slika 5.4. Utjecajna linija poprečne raspodjele za izvođenje opterećenja u poprečnom presjeku na opterećenje za proračun u uzdužnom smjeru

Opterećenje po Modelu 1 sa faktorima prilagođavanja za stvarni hrvatski promet:

$$p = 9,0 \cdot 3,0 \cdot 0,51 \cdot \frac{0,77 + 0,41}{2} + 2,5 \cdot \left(0,5 \cdot \frac{0,00 + 0,84}{2} + 3,30 \cdot \frac{0,41}{2} - 2,31 \cdot \frac{0,26}{2} - 0,5 \cdot \frac{0,34 + 0,41}{2} \right)$$

$$p = 9,7 \text{ kN/m}$$

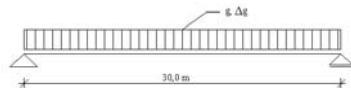
$$P_1 = 150 \cdot 0,8 \cdot (0,71 + 0,47) = 141,6 \text{ kN/m}$$

$$P_2 = 100 \cdot 0,51 \cdot (0,35 + 0,11) = 23,5 \text{ kN/m}$$

$$P = P_1 + P_2 = 141,6 + 23,5 = 165,1 \text{ kN}$$

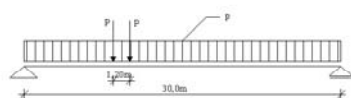
PRORAČUN UNUTARNJIH SILA

Statička shema sa opterećenjima koja su prethodno određena.



Slika 5.5. Stalno i dodatno stalno opterećenje

- stalno opterećenje $g = 34,92 \text{ kN/m}'$
- dodatno stalno $\Delta g = 10,47 \text{ kN/m}'$



Slika 5.6. Uzdolžni raspored prometnog opterećenja

Prema DIN Fachbericht:

- kontinuirano prometno opterećenje $p = 16,9 \text{ kN/m}'$
- koncentrirano prometno opterećenje $P = 178,4 \text{ kN}$

Prema stvarnom prometu na hrvatskim cestama:

- kontinuirano prometno opterećenje $p = 9,7 \text{ kN/m}'$
- koncentrirano prometno opterećenje $P = 165,1 \text{ kN}$

Proračun unutarnjih sila proveden je programskim paketom Sofistik.

- Maksimalni moment savijanja u polju od stalnog opterećenja:
 $M_g = 5106,4 \text{ kNm}$
- Maksimalna poprečna sila od stalnog opterećenja:
 $V_g = 680,9 \text{ kN}$

Prema DIN Fachbericht:

- Maksimalni moment savijanja od kontinuiranog prometnog opterećenja:
 $M_{q1} = 1901,3 \text{ kNm}$
- Maksimalni moment savijanja od koncentriranog prometnog opterećenja:
 $M_{q2} = 2569,0 \text{ kNm}$
- Maksimalni moment savijanja od ukupnog prometnog opterećenja:
 $M_q = M_{q1} + M_{q2} = 1901,3 + 2569,0 = 4470,3 \text{ kNm}$
- Maksimalna poprečna sila od ukupnog prometnog opterećenja:
 $V_q = 603,2 \text{ kN}$

Prema stvarnom prometu na hrvatskim cestama:

- Maksimalni moment savijanja od kontinuiranog prometnog opterećenja:
 $M_{q1} = 1091,3 \text{ kNm}$
- Maksimalni moment savijanja od koncentriranog prometnog opterećenja:
 $M_{q2} = 2377,0 \text{ kNm}$
- Ukupni maksimalni moment savijanja od prometnog opterećenja:
 $M_q = M_{q1} + M_{q2} = 1091,3 + 2377,0 = 3468,3 \text{ kNm}$
- Maksimalna poprečna sila od prometnog opterećenja:
 $V_q = 469,1 \text{ kN}$

OCJENA NOSIVOSTI: NA MODEL 1 PRILAGOĐEN KAO U DIN FACBERICHTU

Za ocjenu nosivosti potrebno je postaviti uvjete nosivosti, odnosno jednadžbe graničnog stanja nosivosti.

Iz uvjeta nosivosti na savijanje $M_{Ed} = M_{Rd}$, uz korištenje odgovarajućeg parcijalnog faktora za stalno djelovanje ($\gamma_G = 1,35$) odrediti ćemo parcijalni faktor na prometno opterećenje $\gamma_{QM,GSN}$.

$$\gamma_{QM,GSN} = \frac{M_{Rd} - \gamma_G \cdot M_G}{M_Q} = \frac{13645,6 - 1,35 \cdot 5106,4}{4470,3} = 1,51$$

Iz uvjeta nosivosti $V_{Ed} = V_{Rd}$, uz korištenje odgovarajućeg parcijalnog faktora za stalno djelovanje odrediti ćemo parcijalni faktor na prometno opterećenje $\gamma_{QV,GSN}$.

$$\gamma_{QV,GSN} = \frac{V_{Rd} - \gamma_G \cdot V_G}{V_Q} = \frac{1966,3 - 1,35 \cdot 680,9}{603,2} = 1,74$$

OCJENA NOSIVOSTI: NA MODEL 1 PRILAGOĐEN STVARNOM PROMETU U HR.

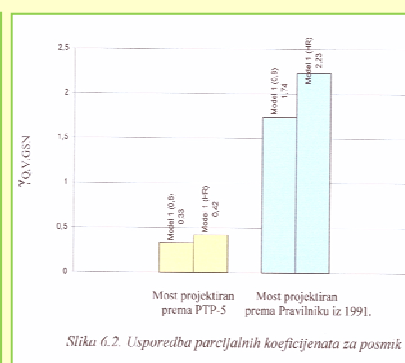
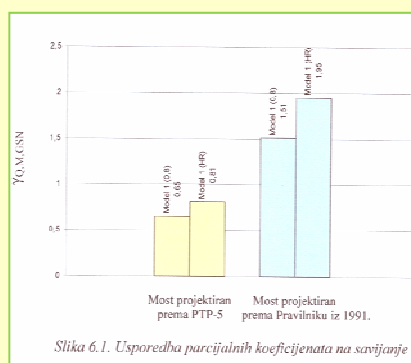
Iz uvjeta nosivosti na savijanje $M_{Ed} = M_{Rd}$, uz korištenje odgovarajućeg parcijalnog faktora za stalno djelovanje ($\gamma_G = 1,35$) odrediti ćemo parcijalni faktor na prometno opterećenje $\gamma_{QM,GSN}$.

$$\gamma_{QM,GSN} = \frac{M_{Rd} - \gamma_G \cdot M_G}{M_Q} = \frac{13645,6 - 1,35 \cdot 5106,4}{3468,3} = 1,95$$

Iz uvjeta nosivosti $V_{Ed} = V_{Rd}$, uz korištenje odgovarajućeg parcijalnog faktora za stalno djelovanje odrediti ćemo parcijalni faktor na prometno opterećenje $\gamma_{QV,GSN}$.

$$\gamma_{QV,GSN} = \frac{V_{Rd} - \gamma_G \cdot V_G}{V_Q} = \frac{1966,3 - 1,35 \cdot 680,9}{469,1} = 2,23$$

USPOREDBE ROŠTILJA IZ DVAJU RAZLIČITIH PERIODA S OBZIROM NA DANAŠNJE ZAHTIJEVE

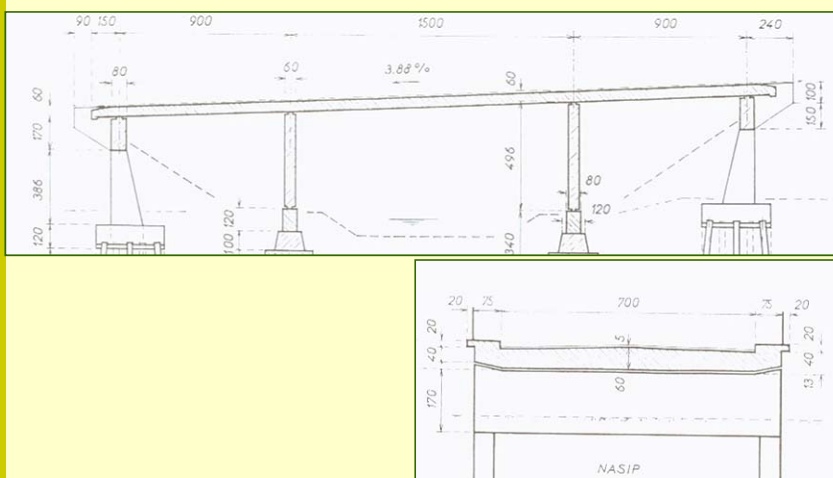


PRIMJER 3

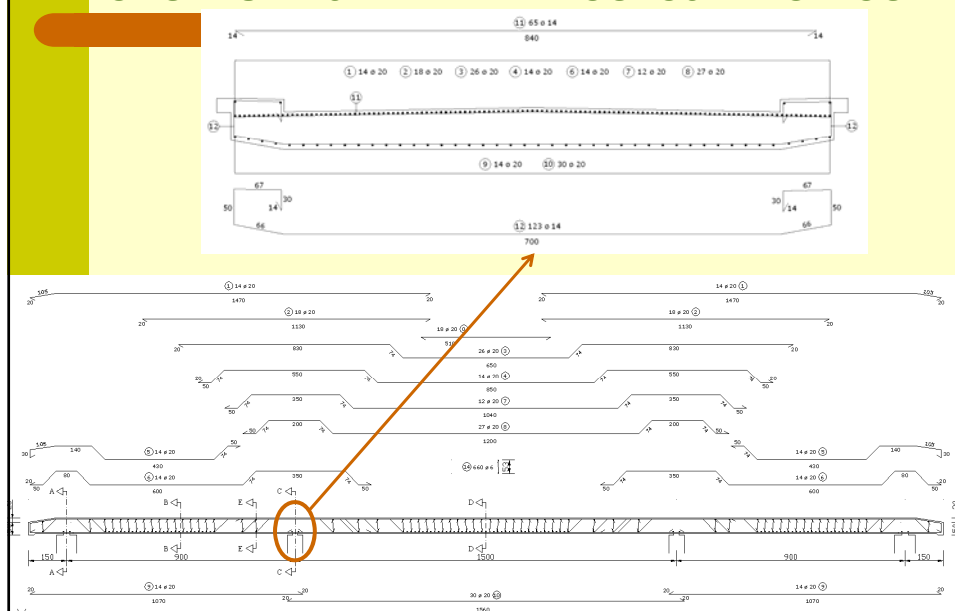
Ocjena nosivost pločastog mosta

- ❑ REKONSTRUKCIJA NACRTA
- ❑ ANALIZA OPTEREĆENJA
- ❑ PRORAČUN I OCJENA NOSIVOSTI NA RAZINI PRESJEKA
- ❑ LINEARNI PRORAČUN NA RAČUNALU
- ❑ NELINEARNI PRORAČUN NA RAČUNALU
- ❑ USPOREDBA REZULTATA DOBIVENIH RAZLIČITIM PRORAČUNIMA
- ❑ USPOREDBA MOMENATA SAVIJANJA NA ŠTAPNOM I PLOČASTOM MODELU

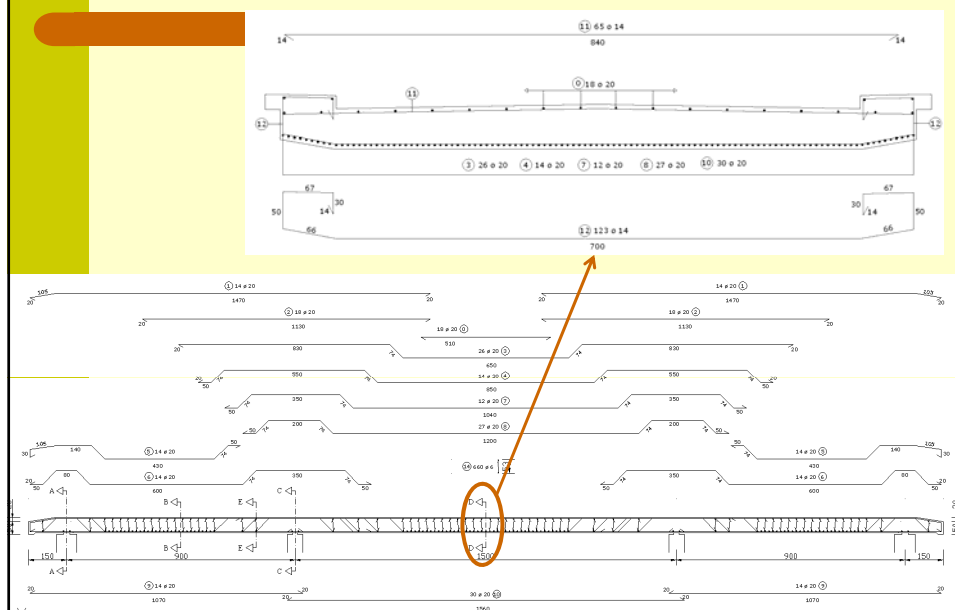
REKONSTRUKCIJA NACRTA POSTOJEĆEG MOSTA



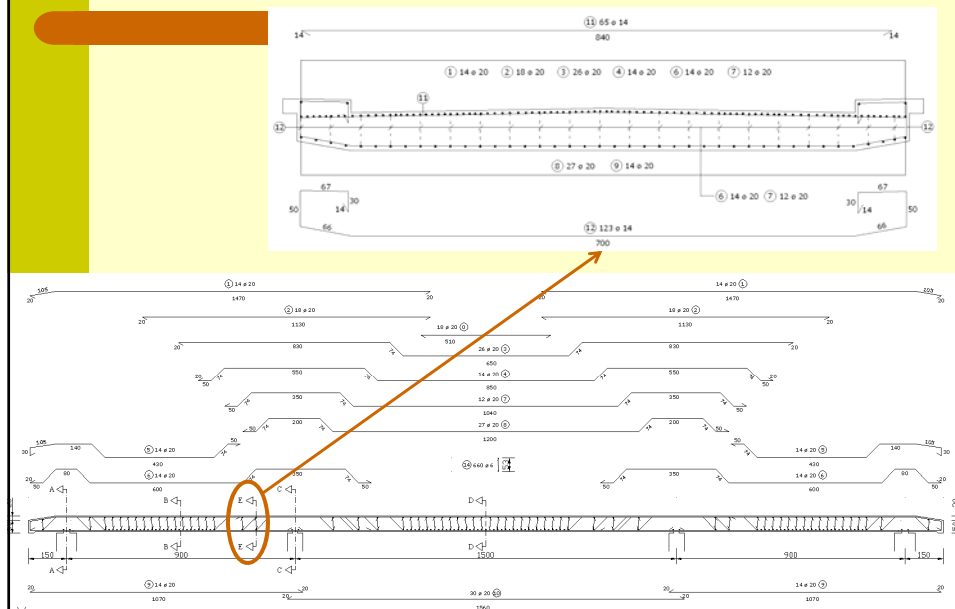
REKONSTRUKCIJA NACRTA POSTOJEĆEG MOSTA



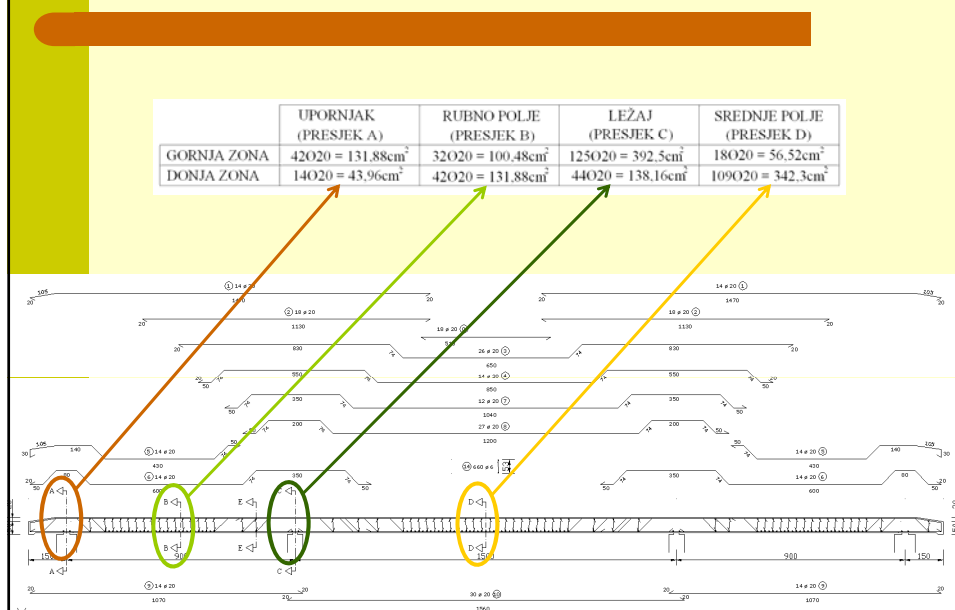
REKONSTRUKCIJA NACRTA POSTOJEĆEG MOSTA



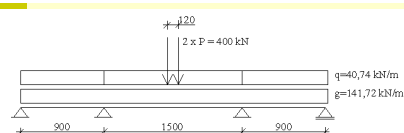
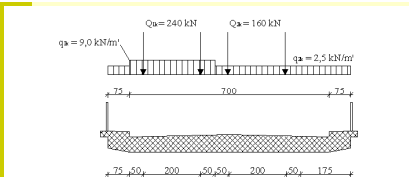
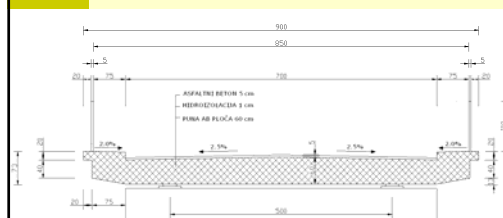
REKONSTRUKCIJA NACRTA POSTOJEĆEG MOSTA



REKONSTRUKCIJA NACRTA POSTOJEĆEG MOSTA



ANALIZA OPTEREĆENJA, PROMET PREMA EC



VLASTITA TEŽINA

$$\text{vlastita težina ploče} = 25 \cdot 0,6 \cdot 8,5 = 127,5 \text{ kN/m}^2$$

DODATNO STALNO OPTEREĆENJE

dodatno stalno opterećenje na kolniku

$$\text{asfalt} = 0,05 \cdot 22 \cdot 7,00 = 7,70 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{izolacija} = 0,01 \cdot 7,00 \cdot 21 = 1,47 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{dodatak} = 0,50 \cdot 8,50 = 4,25 \text{ kN/m}^2$$

dodatno stalno opterećenje na hodniku

$$\text{ograda} = 2 \cdot 0,40 = 0,80 \text{ kN/m}^2$$

$$\Delta g = 14,22 \text{ kN/m}^2$$

Dobiveno ukupno stalno opterećenje koje se raspoređuje na cijelu širinu mosta iznosi:

$$g = 127,5 + 14,22 = 141,72 \text{ kN/m}^2$$

Proračunsko stalno opterećenje na mostu iznosi:

$$g = \frac{141,72}{8,5} = 16,67 \text{ kN/m}^2 \text{ (za traku širine 1 m)}$$

Ovim postupkom zanemaruje se činjenica da su rubni dijelovi ploče više opterećeni zbog konzole koja je na njih ovješena, ali to ćemo kasnije ispraviti jačim dimenzioniranjem istih.

PROMETNO OPTEREĆENJE

Kontinuirano prometno opterećenje za cijelu širinu mosta:

$$q = 0,75 \cdot 2,5 + 3,0 \cdot 9,0 + 3,0 \cdot 2,5 + 1,75 \cdot 2,5 = 40,74 \text{ kN/m}^2$$

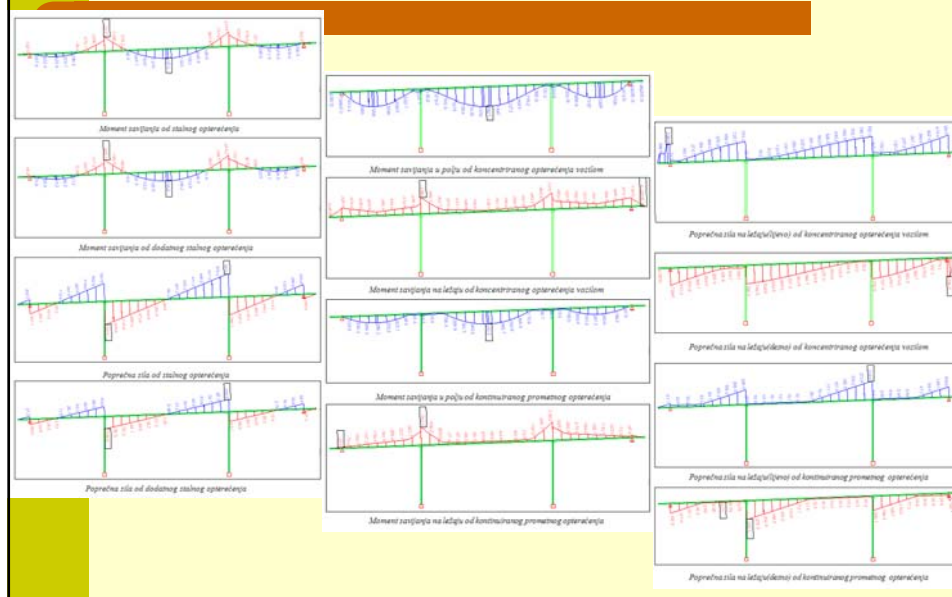
Kada dvije paralelne sile zamijenimo jednom dobivamo sljedeće vrijednosti po prometnim trakovima:

$$S_1 = 2 \cdot 150 \cdot 0,8 = 240,0 \text{ kN}$$

$$S_2 = 2 \cdot 100 \cdot 0,8 = 160,0 \text{ kN}$$

Gdje je $u_{01} = 0,8$ preporučena vrijednost koeficijenta redukcije teškog vozila.

MOMENTI I POPREČNE SILE OD ZAHTIJEVANOG OPTEREĆENJA



PRORAČUN I OCJENA NOSIVOSTI NA RAZINI PRESJEKA

Iz postojećih nacrti rekonstruirane su vrijednosti nosivosti M_{Ed} i V_{Ed} te su iste uspoređene sa silama dobivenim proračunom po EUROCODE – u.

Nosivost nosača na savijanje dobivena je izrazom

$$M_{Ed} = A_s \cdot \frac{f_{sd}}{\gamma_s} \cdot 0,9 \cdot d_s,$$

gdje su:

A_s – površina uzdužne armature (cm^2)

f_{sd} – karakteristična granica popuštanja čelika (N/mm^2)

γ_s – parcijalni koeficijent sigurnosti za čeličnu armaturu

d_s – statička visina presjeka (cm)

Proračunska nosivost na posmik preko posmične armature i betona dobivena je izrazom

$$V_{Ed} = A_{sv} \cdot \frac{f_{sd}}{\gamma_s} \cdot \frac{0,9 \cdot d_s}{s_w} \cdot (1 + \cot \alpha) \cdot (\sin \alpha) + \tau_{Mk} \cdot k \cdot 1,2 \cdot b_w \cdot d_s,$$

gdje su:

A_{sv} – površina poprečne armature (cm^2)

s_w – razmak poprečne armature (cm)

α – kut nagiba kose poprečne armature ($^\circ$)

τ_{Mk} – proračunska čvrstoća za djelovanje glavnih kosih napona (N/mm^2)

k – koeficijent ovisan o statičkoj visini $1,6 - d \geq 1$

b_w – širina nosača u tlačnoj zoni (cm)

Iz uvjeta nosivosti na savijanje i posmik ($M_{Ed} = M_{Rd}$ odnosno $V_{Ed} = V_{Rd}$) te uz korištenje odgovarajućih parcijalnih faktora za stalno opterećenje ($\gamma_0 = 1,35$ i $1,0$) određeni su parcijalni faktori na savijanje (posmik) za prometno opterećenje.

Korišteni su izrazi:

$$\gamma_{0M,Ed} = \frac{M_{Ed} - \gamma_0 \cdot M_{Ed}}{M_{Ed}}$$

te

$$\gamma_{0V,Ed} = \frac{V_{Ed} - \gamma_0 \cdot V_{Ed}}{V_{Ed}}$$

Usporedbe nosivosti i djelovanja napravljene su na mjestima najvećih reznih sila, a u slučaju poprečnih sila i u nekoliko presjeka lijevo odnosno desno od samih ležajeva.

*napomena

Kod provjere na poprečne sile (upornjak, srednji ležaj), odabrani su neki od presjeka u kojima se nalazi kosa poprečna armatura te je uzeta u obzir i nosivost betona i nosivost armature. Također, na udaljenosti $b_{uk}/2 + d$ (94 cm za upornjak, 84 cm za srednji ležaj) od osi ležaja provjeravana je samo nosivost betona.

- primjer proračuna nosivosti na savijanje i nosivosti na posmik na upornjaku

Nosivost na savijanje:

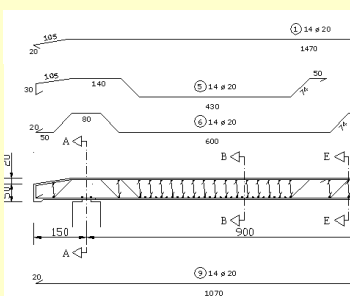
$$M_{Ed} = 131,88 \cdot \frac{22}{115} \cdot 0,9 \cdot 54 = 1226,14 \text{ kNm}$$

Nosivost na posmik u presjeku za 67cm lijevo od osi upornjaka:

$$V_{Ed} = 43,96 \cdot \frac{22}{115} \cdot 0,9 \cdot 54 \cdot (1 + \cot 45) \cdot (\sin 45) + 0,034 \cdot 1,06 \cdot 1,2 \cdot 700 \cdot 54 = 2120,8 \text{ N}$$

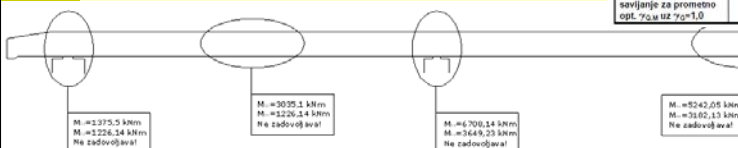
Nosivost na posmik u presjeku za 95cm desno od osi upornjaka:

$$V_{Ed} = 43,96 \cdot \frac{22}{115} \cdot 0,9 \cdot 54 \cdot (1 + \cot 45) \cdot (\sin 45) + 0,034 \cdot 1,06 \cdot 1,2 \cdot 700 \cdot 54 = 2535,64 \text{ N}$$



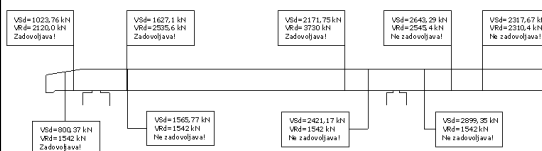
PRORAČUN I OCJENA NOSIVOSTI NA RAZINI PRESJEKA (SAVIJANJE)

	rubno polje	srednje polje	upornjak	srednji ležaj
glavni nosač				
raspon (m)	9 + 15 + 9			
površina betonskog presjeka nosača A_c (m^2)	5,4			
širina nosača (cm)	700			
beton				
klasa betona C 30/37, tlačna čvrstoća f_{cd} (N/mm^2)	3,00			
proračunska čvrstoća za glavna kosa naprezanja f_{ctd} (N/mm^2)	0,034			
uzdužna armatura	42020	109020	42020	125020
površina (cm^2)	131,88	342,26	131,88	392,5
granica elastičnosti čelika f_{yk} (N/mm^2)	22,00			
statička visina d_s (cm)	54			
rezultati djelovanja				
moment savijanja od stalnog M_g (kNm)	579	1626	168	2583,1
moment savijanja od prometa - konc. M_q (kNm)	298,3	510,3	45,6	752,3
moment savijanja od prometa - konc. M_q (kNm)	1204	1521	720	1295
nosivost presjeka na savijanje M_{Rd} (kNm)	1226,14	3182,13	1226,14	3649,23
proračunski moment savijanja M_{Ed} (kNm)	3035,1	5242,05	1375,5	6708,14
odnos momenata savijanja M_{Ed}/M_{Rd}	0,4	0,61	0,69	0,54
parcijalni koeficijent na savijanje za prometno opt. γ_{0M} uz $\gamma_0=1,35$	0,3	0,49	1,3	0,08
parcijalni koeficijent na savijanje za prometno opt. γ_{0M} uz $\gamma_0=1,0$	0,43	0,77	1,38	0,50



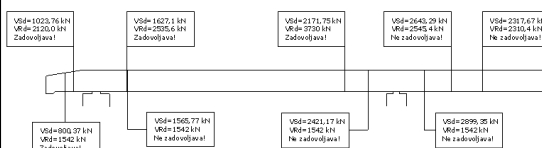
PRORAČUN I OCJENA NOSIVOSTI NA RAZINI PRESJEKA (POSMIK)

	upornjak			
	lijevo do 94,0 cm	desno do 94,0 cm	lijevo 67 cm	desno 95 cm
glavni nosač				
rasponi (m)	9 + 15 + 9			
površina betonskog presjeka nosača A_c (m ²)	5,4			
širina nosača (cm)	700			
beton				
klasa betona C 30/37, tlačna čvrstoća f_{ck} (N/mm ²)	3,0			
proračunska čvrstoća za glavnu kosu naprezanja f_{td} (N/mm ²)	0,034			
poprečna armatura				
profil (mm)	20			
debljina	u ovom presjeku uzima se u obzir samo nosivost betona			
površina (cm ²)	14			
razmak, mm (cm)	43,96			
granica elastičnosti čelika f_{yk} (N/mm ²)	100			
	22,0			
rezultati djelovanja				
poprečna sila od stalnog V_g (kN)	97,69	331,85	133,91	330,36
poprečna sila od prometa - kont. V_q (kN)	22,47	124,24	33,56	135,23
poprečna sila od prometa - konc. V_q (kN)	423,19	620,94	528,43	652,15
nosivost presjeka na poprečne sile V_{Rd} (kN)	1542	1542	2120	2535,6
proračunska poprečna sila V_{Ed} (kN)	800,37	1665,77	1632,76	1627,1
odnos poprečnih sila V_{Ed}/V_{Rd}	1,93	0,98	2,07	1,59
parcijalni koeficijent na posmik za prometno opt. $\gamma_{Q,1}$ uz $\gamma_{Q,2}=1,35$	3,16	1,47	3,4	2,7
parcijalni koeficijent na posmik za prometno opt. $\gamma_{Q,1}$ uz $\gamma_{Q,2}=1,0$	3,24	1,62	3,53	2,8

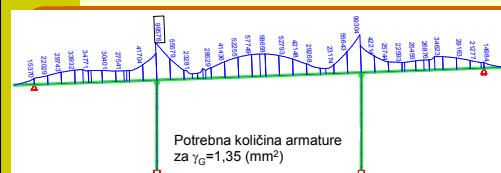


PRORAČUN I OCJENA NOSIVOSTI NA RAZINI PRESJEKA (POSMIK)

	srednji tečaj				
	lijevo do 84,0 cm	desno do 84,0 cm	lijevo 154 cm	desno 163 cm	desno 260 cm
glavni nosač					
površina betonskog presjeka nosača A_c (m ²)	5,4				
širina nosača (cm)	700				
beton					
klasa betona C 30/37, tlačna čvrstoća f_{ck} (N/mm ²)	3,0				
proračunska čvrstoća za glavnu kosu naprezanja f_{td} (N/mm ²)	0,034				
poprečna armatura					
profil (mm)	20				
debljina (proračunska)	u ovom presjeku uzima se u obzir samo nosivost betona				
površina (cm ²)	26,5				
razmak, mm (cm)	83,21				
granica elastičnosti čelika f_{yk} (N/mm ²)	60				
	22,0				
rezultati djelovanja					
poprečna sila od stalnog V_g (kN)	745,57	995,3	641,18	877,35	732,48
poprečna sila od prometa - kont. V_q (kN)	212,3	282,11	183,82	250	210,48
poprečna sila od prometa - konc. V_q (kN)	730,8	755,82	686,95	722,58	675,4
nosivost presjeka na poprečne sile V_{Rd} (kN)	1542	1542	3730	2545,35	2310,38
proračunska poprečna sila V_{Ed} (kN)	2421,17	2899,35	2171,75	2643,29	2317,67
odnos poprečnih sila V_{Ed}/V_{Rd}	0,64	0,53	1,72	0,97	0,99
parcijalni koeficijent na posmik za prometno opt. $\gamma_{Q,1}$ uz $\gamma_{Q,2}=1,35$	0,58	0,19	3,3	1,4	1,5
parcijalni koeficijent na posmik za prometno opt. $\gamma_{Q,1}$ uz $\gamma_{Q,2}=1,0$	0,84	0,53	3,56	1,72	1,78

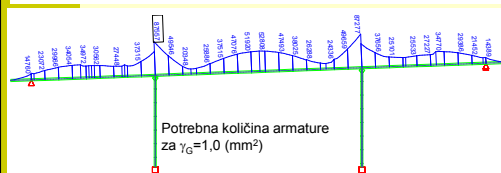


LINEARNI PRORAČUN NA RAČUNALU



presjek	rubno polje	srednje polje	upornjak	srednji ležaj
postojeća armatura u mostu (cm ²)	131.88	342.26	131.88	392.5
armatura dobivena Sofistikom (cm ²)	347.71	586.58	160.69	995.76
nosivost postojeće armature M_{Rd} (kNm)	1226.14	3182.13	1226.14	3649.23
zahtjevana nosivost armature M_{Rd} (kNm)	3232.8	5453.66	1493.99	9257.97
postojeća nosivost/zahtjevana nosivost	0.38	0.58	0.82	0.39

Tablica 15 Usporedba postojeće i zahtjevane nosivosti na temelju linearnog proračuna na računalu



	Rubno polje	Srednje polje	Upornjak	Srednji ležaj
$\gamma_G=1,35$	0.29	0.48	1.21	0.05
$\gamma_G=1,0$	0.39	0.76	1.26	0.31

Tablica 16. Parcijalni koeficijenti na prometno opterećenje u različitim presjecima

Primer proračuna parcijalnih koeficijenata za promet u presjeku srednjeg polja.

- potrebne vrijednosti:
- moment savijanja od stalnog opterećenja: $M_d = 1626$ kNm ($\times 1,35 = 2195$ kNm)
- moment savijanja od prometnog opterećenja: $M_q = 2031,3$ kNm
- postojeća nosivost: $M_{Rd,postojeka} = 3182$ kNm ($A_s = 342,26$ cm²)
- zahtjevana nosivost: $M_{Rd,zahtjevana} = 5453$ kNm ($A_s = 586,58$ cm²) $\rightarrow$ za $\gamma_G = 1,35$
- zahtjevana nosivost: $M_{Rd,zahtjevana} = 4909,76$ kNm ($A_s = 528,08$ cm²) $\rightarrow$ za $\gamma_G = 1,0$
- odnos $M_{Rd}/A_s = 9,3$

- seccajun.

a) za $\gamma_G = 1,35$

$$A_{s,akt} = A_{s,post} \text{ za } M_d \times 1,35 \Rightarrow \frac{2195}{9,3} = 236,1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,post} \text{ za } M_q \times \gamma_q = \frac{3182 - 2195}{9,3} = 106,1 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,akt} \text{ za } M_d \times 1,5 \Rightarrow \frac{5453 - 2195}{9,3} = 350,3 \text{ cm}^2$$

$$\gamma_p = \frac{A_{s,post}}{A_{s,akt}} = 1,5 = 0,48$$

b) za $\gamma_G = 1,0$

$$A_{s,akt} = A_{s,post} \text{ za } M_d \times 1,0 = \frac{1626}{9,3} = 174,9 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,post} \text{ za } M_q \times \gamma_q = \frac{3182 - 1626}{9,3} = 167 \text{ cm}^2$$

$$A_{s,akt} \text{ za } M_d \times 1,5 \Rightarrow \frac{4909,76 - 1626}{9,3} = 353,09 \text{ cm}^2$$

$$\gamma_p = \frac{A_{s,post}}{A_{s,akt}} = 1,5 = 0,76$$

Kada od postojeće armature u presjeku oduzmemo onu potrebnu za preuzimanje stalnog opterećenja, odnos preostale armature i potrebne za preuzimanje prometnog opterećenja s koeficijentom 1,5 daje nam parcijalni koeficijent na prometno opterećenje.

NELINEARNI PRORAČUN NA RAČUNALU



Ovaj proračun prikazuje zapravo stvarnu sposobnost postojećeg mosta da podnese opterećenja definirana današnjim propisima. Provjere nosivosti na razini presjeka imaju svoj značaj i vrlo su dobar pokazatelj pravog stanja, no one ne uzimaju u obzir rezerve nosivosti koje posjeduje jedan kontinuirani odnosno statički neodređeni nosač. Naime, nezadovoljavajuća nosivost na razini presjeka kod ovih nosača ne znači istu takvu (ne)nosivost na razini cijelog sustava. Ovdje ćemo upravo to pokazati, dakle da je pototak preuzetog prometnog opterećenja po ovom načinu proračuna veći od onog dobivenog ručnim proračunom po pojedinim presjecima.

Model napravljen pomoću računala jednak je onom koji je korišten kod linearnog proračuna uz jednu, ali vrlo bitnu promjenu. Dok je kod linearnog proračuna određivanje potrebne količine armature prepušteno računalu, ovdje je u program upisana i ograničena postojeća armatura mosta. Ograničenost znači da program mora računati samo sa zadnom armaturom i odrediti koliko se sa istom može preuzeti opterećenja prije nego li dođe do preopterećenja.

Stalno opterećenje je postavljeno u dvije varijante, množeno je koeficijentima 1,0 i 1,35 dok se prometno opterećenje uključilo u proračun sa 50% ukupnog iznosa i zatim se, u slučaju da ga je most podnio, postepeno povećavalo (za 10%) sve dok se nije dobila granična vrijednost nakon koje most više ne može podnijeti daljnje povećavanje. Naravno da se dobivene vrijednosti razlikuju po presjecima, a kao najkritičniji ponovno se pokazao srednji ležaj.

Da bi se dobile što točnije vrijednosti, za svaki promatrani presjek (upornjak, srednji ležaj, srednje polje, rubno polje) napravljen je drugi model opterećenja u kojem su opterećenja postavljena tako da je upravo taj presjek najopterećeniji na cijelom mostu. Stalno opterećenje je naravno uvijek u istome položaju, kontinuirano prometno opterećenje je postavljeno u različita polja ovisno o tome da li se opterećuje ležaj ili polje, a položaj vozila određen je pomoću programskog modula koji definira točan položaj vozila da bi se dobilo najveće opterećenje u nekom presjeku.

Prometno opterećenje mjerodavno za odgovarajući presjek zadavano je u koracima do dorezanja maksimalnog parcijalnog koeficijenta na promet.

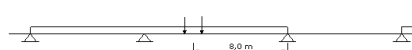
a) upornjak



b) rubno polje



c) srednji ležaj



d) srednje polje

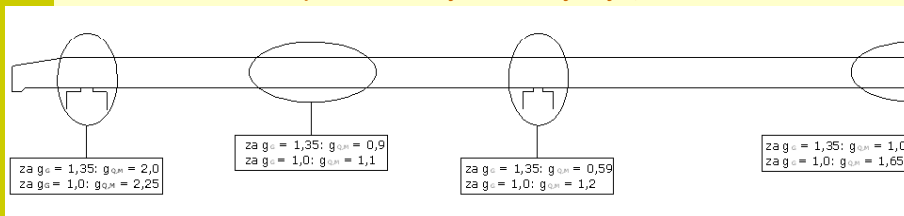


Slika 38 Položaji prometnog opterećenja mjerodavni za različite presjeka

NELINEARNI PRORAČUN NA RAČUNALU



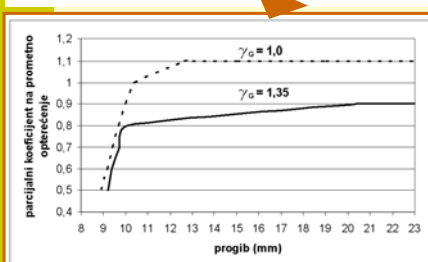
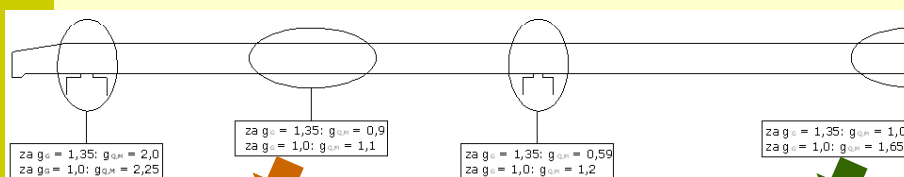
Parcijalni koeficijenti na savijanje za prometno opterećenje po pojedinim presjecima dobiveni nelinearnim proračunom – mjerodavan najmanji 0,59



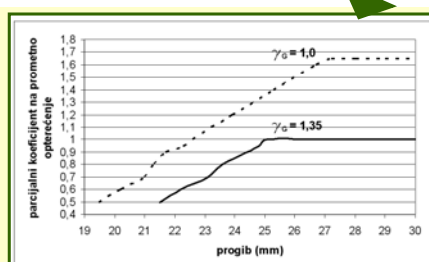
NELINEARNI PRORAČUN NA RAČUNALU



Parcijalni koeficijenti na savijanje za prometno opterećenje po pojedinim presjecima dobiveni nelinearnim proračunom – mjerodavan najmanji 0,59



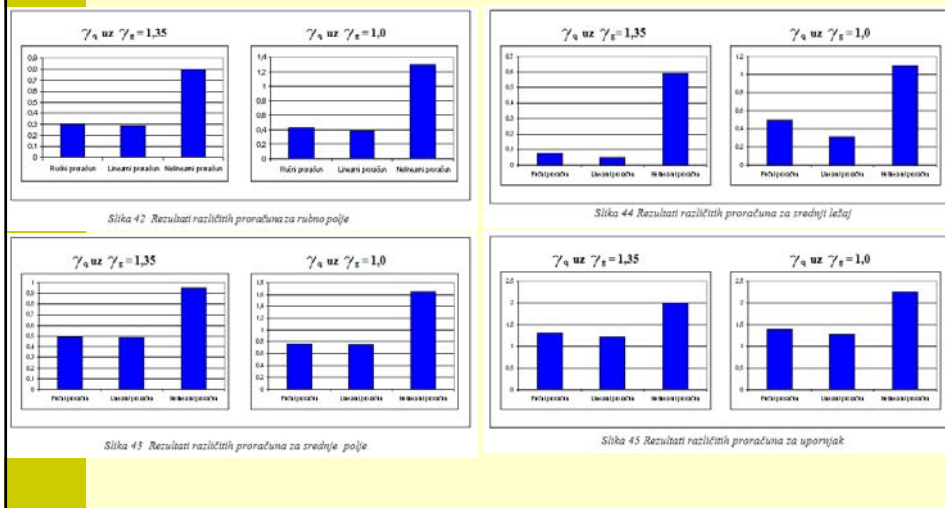
Slika 41 Ovisnost progiba u rubnom polju o postotku prometnog opterećenja



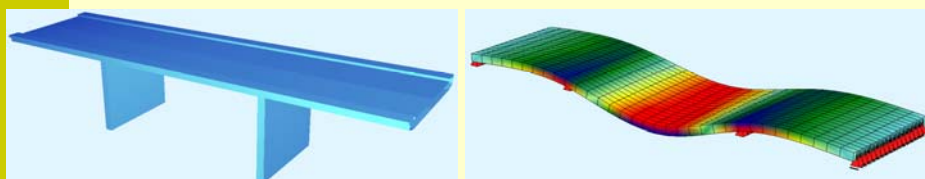
Slika 40 Ovisnost progiba u srednjem polju o postotku prometnog opterećenja

USPOREDBA REZULTATA DOBIVENIH RAZLIČITIM PRORAČUNIMA

Za cijelu konstrukciju rasponskog sklopa mjerodavan je najmanji parcijalni koeficijent.



USPOREDBA MOMENATA SAVIJANJA NA ŠTAPNOM I PLOČASTOM MODELU



MOMENTI SAVIJANJA U POLJU		Štapni model	Pločasti model
moment savijanja od stalnog opterećenja (kNm/m)		220,7	200,5
moment savijanja od prometa (kNm/m)		290,2	274,8
proračunski moment savijanja (kNm/m)		733,2	682,9
MOMENTI SAVIJANJA NA LEŽAJU			
moment savijanja od stalnog opterećenja (kNm/m)		350,4	277,8
moment savijanja od prometa (kNm/m)		306,7	223,0
proračunski moment savijanja (kNm/m)		933,1	709,5

U tablici su usporedno prikazane karakteristične vrijednosti momenta savijanja (kNm/m) dobivenih na štapnom modelu (svedeno na metar proračunske širine ploče) i onih dobivenih na pločastom modelu. Manji momenti na pločastom modelu ukazuju da će provjere na temelju njih rezultirati povoljnijim ocjenama nosivosti.