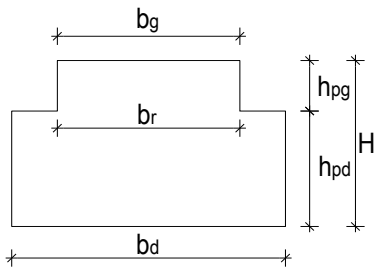
1. KARAKTERISTIKE POPREČNOG PRESJEKA U 1. FAZI

G2a l=9,6 m

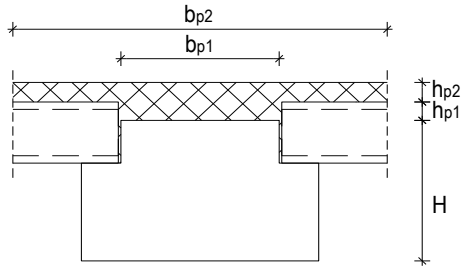


H - ukupna visina presjeka	80,0	cm	A - površina poprečnog presjeka
b_g - širina gornjeg pojasa	50,0	cm	y_d - udaljenost težišta do donjeg ruba presjeka
b_d - širina donjeg pojasa	18,0	cm	y_g - udaljenost težišta do gornjeg ruba presjeka
b_r - širina rebra	18,0	cm	I_{xd} - moment inercije s obzirom na donji rub
h_{pg} - visina gornjeg pojasa	23,0	cm	I_x - moment inercije s obzirom na težište
h_{pd} - visina donjeg pojasa	55,0	cm	W_d - moment otpora s obzirom na donji rub
h_{vg} - visina gornje vute	2,0	cm	W_g - moment otpora s obzirom na gornji rub
h_{vd} - visina donje vute	0,0	cm	k_d - donji odsječak jezgre presjeka
y_k - položaj težišta kabela u L/2	**8,7**	cm	k_g - gornji odsječak jezgre presjeka
L - računska duljina nosača	9,60	m	x - udaljenost presjeka od kraja nosača
i - nagib gornje pojasnice	0,00	%	
H_s - visina nosača u sr. raspona	**80,0**	cm	

x	0,00	0,48	0,96	1,44	1,92	2,40	2,88	3,36	3,84	4,32	4,80
H [cm]	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
b_g [cm]	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
b_d [cm]	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
b_r [cm]	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
h_{pg} [cm]	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0	23,0
h_{pd} [cm]	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0	55,0
h_{vg} [cm]	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
h_{vd} [cm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
h [cm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A [cm^2]	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0
y_d [cm]	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7
y_g [cm]	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3
I_{xd} [cm^4]	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7
I_x [cm^4]	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9
W_d [cm^3]	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4
W_g [cm^3]	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7
k_d [cm]	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9
k_g [cm]	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9

2. KARAKTERISTIKE POPREČNOG PRESJEKA U 2. FAZI

G2a l=9,6 m



h_{p1} - visina ploče 1	0,0	cm
h_{p2} - visina ploče 2	0,0	cm
b_{p1} - širina ploče 1	50,0	cm
b_{p2} - širina ploče 2	50,0	cm

7

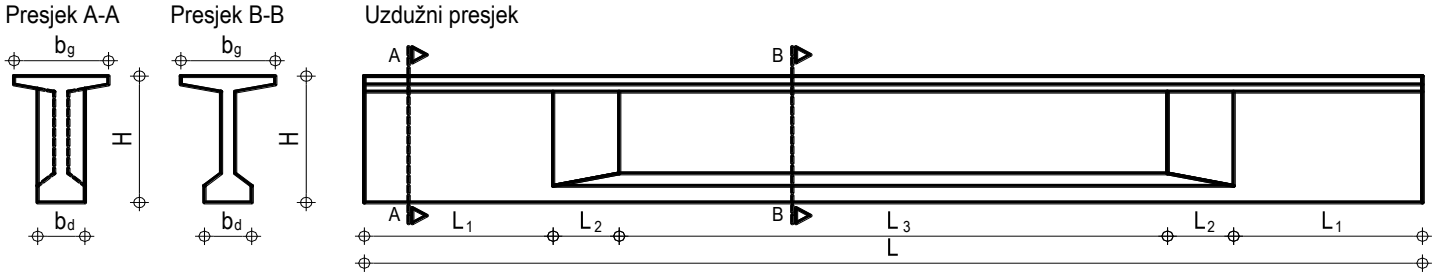
NAPOMENA: b_{p2} - predstavlja sudjelujuću širinu ploče!

y_k - položaj težišta kabela (rezultanta kablova od donjeg ruba nosača): **8,7** cm

x	0,00	0,48	0,96	1,44	1,92	2,40	2,88	3,36	3,84	4,32	4,80
H [cm]	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0	80,0
b_g [cm]	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0	50,0
A_1 [cm^2]	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0
y_{d-1} [cm]	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7
y_{g-1} [cm]	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3
I_{xd-1} [cm^4]	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7	6659498,7
I_{x-1} [cm^4]	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9
A_2 [cm^2]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
A_{1+2} [cm^2]	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0
y_{d-2} [cm]	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7
y_{g-2} [cm]	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3	30,3
I_{x-2} [cm^4]	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9	1197478,9
W_{d-2} [cm^3]	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4
W_{g-2} [cm^3]	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7
k_{d-2} [cm]	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9	17,9
k_{g-2} [cm]	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9	10,9

3. KARAKTERISTIKE NOSAČA U UZDUŽNOM SMJERU

G2a l=9,6 m



L - Ukupna duljina nosača	**9,60**	m
L_1 - Duljina proširenog dijela	0,00	m
L_2 - Duljina dijela suženja	0,00	m
L_3 - Duljina suženog dijela	**9,60**	m

4. MATERIJALI

Beton:

Klasa,izloženost: C 35/45

f_{ck} =	**35,0**	Mpa
f_{cd} =	23,3	Mpa
f_{ctm} =	**3,2**	Mpa
E_c =	33200,0	MPa
γ_c =	25,0	kN/m^3
τ_{Rd} =	**0,37**	Mpa
$\sigma_{c,max,t=0}$ =	-21,0	Mpa -tlak u fazi prednapinjanja
$\sigma_{c,max,t=\infty}$ =	-15,8	Mpa - tlak u eksploataciji
$\sigma_{t,max,t=0}$ =	3,2	Mpa - vlak u fazi prednapinjanja
$\sigma_{t,max,t=\infty}$ =	**1,9**	Mpa - vlak u eksploataciji

Armatura:

Tip: B 500B

f_{yk} =	500,0	Mpa
f_{yd} =	434,8	Mpa
E_s =	200000,0	MPa

Užad:

Tip: St 1670/1860

$f_{p0,1k}$ =	1670,0	Mpa	
f_{pk} =	1860,0	Mpa	
E_k =	195000,0	MPa	
$\sigma_{p0,max}$ =	1503,00	MPa	- najveće naprezanje na PRESI nakon prednaprezanja
$\sigma_{pm0,max}$ =	1395,00	MPa	- najveće naprezanje nakon sidrenja

5. OPTEREĆENJE

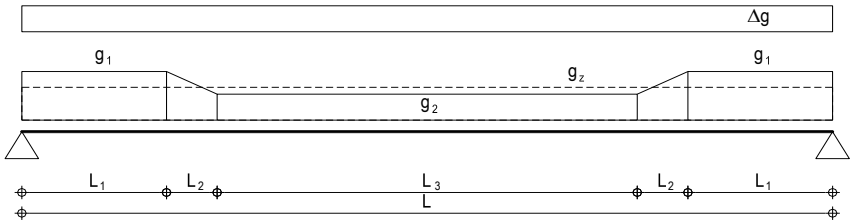
G2a l=9,6 m

Vlastita težina (1. faza):

g_1 = 5,52 kN/m'

g_2 = 5,52 kN/m'

g_z = 5,52 kN/m'



Ukupna masa i volumen nosača

G_{tot} = 5,4 t

V_{tot} = 2,1 m^3

POPREČNI RASTER: 5,00 m

Vlastita težina ploče i monolitizacije:

g_{pl+m} = 0,00 kN/m^2 g_{pl} = **0,00** kN/m'

Dodatno stalno opterećenje:

Δg = 1,30 kN/m^2 Δg = **6,50** kN/m'

Izračunati utjecaji od dodatnog stalnog opterećenja (upetost na krajevima):

$M_{\Delta g,x=0}$ = 0,00 kNm $M_{\Delta g,x=L}$ = 0,00 kNm

Korisno opterećenje:

q = 1,37 kN/m^2 q = **6,85** kN/m'

Izračunati utjecaji pokretnog opterećenja (upetost na krajevima):

$M_{q,x=0}$ = 0,00 kNm $M_{q,x=L}$ = 0,00 kNm

x	0,00	0,48	0,96	1,44	1,92	2,40	2,88	3,36	3,84	4,32	4,80
$M_{g,z}$ [kNm]	0,0	12,1	22,9	32,4	40,7	47,7	53,4	57,9	61,0	63,0	63,6
$M_{g,p}$ [kNm]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$M_{\Delta g}$ [kNm]	0,0	14,2	27,0	38,2	47,9	56,2	62,9	68,1	71,9	74,1	74,9
M_q [kNm]	0,0	15,0	28,4	40,2	50,5	59,2	66,3	71,8	75,8	78,1	78,9
$M_{Sd,1}$ [kNm]	0,0	58,0	109,9	155,7	195,4	229,0	256,5	277,8	293,1	302,3	305,3
$M_{Sd,2}$ [kNm]	0,0	41,3	78,3	110,9	139,1	163,0	182,6	197,8	208,7	215,2	217,4
$M_{Sd,3}$ [kNm]	0,0	29,3	55,5	78,7	98,7	115,7	129,6	140,4	148,1	152,7	154,3
$M_{Sd,4}$ [kNm]	0,0	26,3	49,8	70,6	88,6	103,9	116,3	126,0	132,9	137,1	138,5

$M_{Sd,1}$ - Računski moment za provjeru graničnih stanja nosivosti; $M_{Sd,1} = 1.35 (M_{g,z} + M_{g,p} + M_{\Delta g}) + 1.50 M_q$

$M_{Sd,2}$ - Računski moment za provjeru graničnih stanja uporabe - rijetka kombinacija; $M_{Sd,2} = 1.00 (M_{g,z} + M_{g,p} + M_{\Delta g}) + 1.00 M_q$

$M_{Sd,3}$ - Računski moment za provjeru graničnih stanja uporabe - česta kombinacija; $M_{Sd,3} = 1.00 (M_{g,z} + M_{g,p} + M_{\Delta g}) + 1.00 \psi_{1,1} M_q$ $\psi_{2,1}$ = 0,20

$M_{Sd,4}$ - Računski moment za provjeru graničnih stanja uporabe - kvazistalna kombinacija; $M_{Sd,4} = 1.00 (M_{g,z} + M_{g,p} + M_{\Delta g}) + 1.00 \psi_{2,1} M_q$ $\psi_{2,1}$ = 0,00

6. PRORAČUN SILE PREDNAPREZANJA

G2a l=9,6 m

1. FAZA

Utjecaj:	$M_{g,z}$	$M_{g,p}$	$M_{\Delta g}$	M_q	$M_{Sd,2} = 1.00\,(M_{g,z} + M_{g,p} + M_{\Delta g}) + 1.00\,M_q$	
Koeficijent:	**1,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**		
Moment:	63,6	0,0	0,0	0,0	63,6	KNm

Konvencija predznaka:
- tlak
+ vlak

a) Donji rub (tlak) $-\frac{P_{t=0}}{A_1} - \frac{P_{t=0}\cdot y_{k,1}}{W_{1,d}} + \frac{M_{sd,2}}{W_{1,d}} \geq \sigma_{c,max,t=0}$ $P_{t=0} \leq$ 1095,85 kN

b) Gornji rub (vlak) $-\frac{P_{t=0}}{A_1} + \frac{P_{t=0}\cdot y_{k,1}}{W_{1,g}} - \frac{M_{sd,2}}{W_{1,g}} \geq \sigma_{t,max,t=0}$ $P_{t=0} \leq$ 822,85 kN

Mjerodavna sila:
$P_{t=0} \leq$ 822,85 kN

2. FAZA

Utjecaj:	$M_{g,z}$	$M_{g,p}$	$M_{\Delta g}$	M_q	$M_{Sd,2} = 1.00\,(M_{g,z} + M_{g,p} + M_{\Delta g}) + 1.00\,M_q$	
Koeficijent:	**1,0**	**1,0**	**1,0**	0,6		
Moment:	63,6	0,0	74,9	47,3	185,8	KNm

Pretpostavljeni gubici sile: **20,0** %

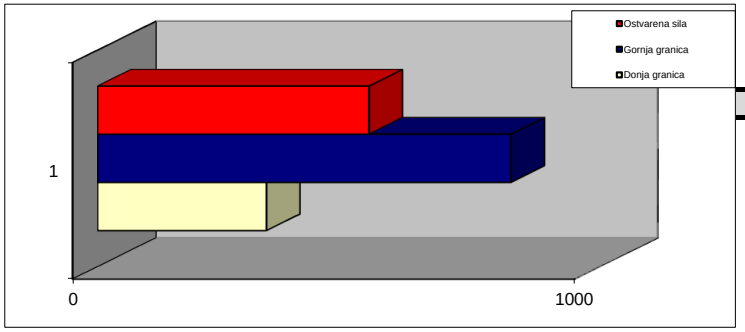
a) Donji rub (vlak) $-\frac{P_{t=\infty}}{A_{1+2}} + \frac{P_{t=\infty}\cdot y_{k,2}}{W_{d-2}} + \frac{M_{sd,2}}{W_{d-2}} \leq \sigma_{t,max,t=\infty}$ $P_{t=\infty} \geq$ 268,75 kN

b) Gornji rub (tlak) $-\frac{P_{t=\infty}}{A_{1+2}} + \frac{P_{t=\infty}\cdot y_{k,2}}{W_{g-2}} - \frac{M_{sd,2}}{W_{g-2}} \leq \sigma_{c,max,t=\infty}$ $P_{t=\infty} \geq$ -1892,14 kN

Mjerodavna sila prednapinjanja:
$P_{t=\infty} \geq$ 268,75 kN
$P_{t=0} \geq$ 335,94 kN

pretpostaviti POTREBAN BROJ KABLOVA U DONJOJ ZONI **3,27** **kom**

RAČ .-Poče. sila po 1. užetu **139,78** **KN**



Promjer užeta: 0,50 inča

Površina 1 užeta: 93,00 mm^2

USVOJENA Početna sila po 1. užetu **135,00** **KN**

Ukupan broj užadi u presjeku n= **4**
(u polovini nosača)

Početna sila prednaprezanja P_{poc} = **540,00** kN
(u polovini nosača)

Raspored kablova u sredini presjeka:

RED	Br. užadi	y_k (cm)
red 6	0	164,00
red 5	0	27,60
red 4	0	22,20
red 3	0	17,00
red 2	2	11,40
red 1	2	6,00

Rezultanta užadi **8,70** cm

G2a l=9,6 m

7. GUBICI SILE PREDNAPREZANJA - PROKLIZNUĆE KLINA

Pretpostavljeno prokliznuće klina Δl_s:	3,00	mm
Modul elastičnosti čelika užadi E_k:	195000,00	Mpa
Dužina piste za prednapinjanje L =	100,00	m

$$\Delta\sigma_{zl} = \frac{\Delta l}{l} \cdot E_z = \quad 5{,}85 \text{ Mpa}$$

Gubitak sile od prokliznuća klina $\Delta P_{sl} =$ 2,3 KN **0,42 %**

Gubici su konstantni po čitavoj dužini nosača !

8. GUBICI SILE PREDNAPREZANJA - ELASTIČNE DEFORMACIJE BETONA

$$\rho_1 = 1 + \frac{A_c}{I_c} \cdot y_{k,1}^{\,2} = \quad 4{,}11$$

$y_{k,1} =$ 41,0 cm (za fazu 1.)

Odnos modula elastičnosti $\alpha_e = \frac{E_s}{E_{cm}} =$ 5,87

$$\sigma_{c0} = P_0 \cdot \frac{\rho_1}{A_c} = \quad 1{,}00 \text{ KN/cm2}$$

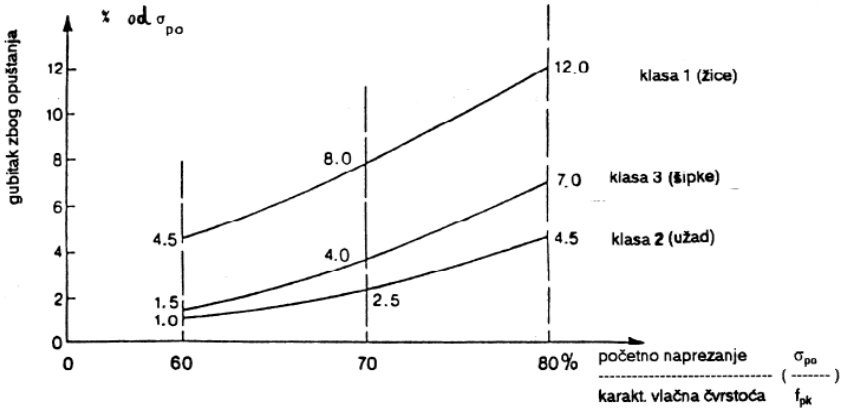
$$\Delta P_c = \sigma_{c0} \cdot \frac{\alpha_e}{1 + \rho_1 \cdot \alpha_e} \cdot A_p = \quad 0{,}87 \text{ kN}$$

0,16 %

9. GUBICI SILE PREDNAPREZANJA - RELAKSACIJA (OPUŠTANJE) ČELIKA

Prema tablici se uzimaju konačne vrijednosti gubitka naprezanja za razred čelika 2 (niska relaksacija za užad) i za t=oo.

f_{pk} =	1860,0	MPa	
$\sigma_{po} = 0,9\ f_{pk/1,15}$ =	1455,7	MPa	
σ_{po} / f_{pk} =	0,78	iz slike za razred 2(užad) se očita	
$\Delta\sigma_{pr,t=1000}$ =	$0,025\ \sigma_{po}$ =	36,391304	MPa
$\Delta\sigma_{pr,t=oo}$ =	$3\ \Delta\sigma_{pr,t=1000}$ =	109,17	MPa
$\Delta P_r = A_p \cdot \sigma_{pr,t=oo}$ =		40,50 kN	**7,50 %**



slika 1.

10. UKUPNI GUBICI SILE PREDNAPREZANJA U TRENUTKU PREDNAPREZANJA

Gubici od prokliznuća klina ΔP_{sl} =	2,26	kN
Gubici od elastičnih deformacija ΔP_c =	0,87	kN
Gubici od relaksacije čelika ΔP_{re} =	40,50	kN
Ukupni gubici =	**43,63**	kN

Sila prednaprezanja umanjena za početni gubitak =	496,37	kN
Početni gubitak sile prednaprezanja =	**8,08**	**%**

11. PADOVI SILE PREDNAPREZANJA U SREDINI NOSAČA - PUZANJE I SKUPLJANJE BETONA (prema Bažantu)

(mjerodavna faza montaže i opterećenje od montaže nosača)

G2a l=9,6 m

za omjer σ_{pgo} / f_{pk} = 0,78 iz slike 1. za razred 2 (užad), vrijednost gubitka naprezanja za t=oo

$\Delta\sigma_{pr,t=oo}$ = -109,17 MPa

$$\sigma_{cg} = \frac{M_{g+\Delta g}}{I_{x,1} / y_{k,1}} = \quad 4{,}75 \quad \text{MPa} \qquad y_{k,2} = \quad 41{,}0 \quad \text{cm (za fazu 2)}$$

$$\sigma_{cpo} = -\frac{P_{t=0}}{A_1} \cdot \left(1 + \frac{A_1}{I_{x,1}} \cdot y_{k,1}^{\,2}\right) = \quad -2{,}25 \quad \text{MPa}$$

$$\Delta\sigma_{p,c+s+r} = \frac{\varepsilon_s(t,t_0)E_s + \Delta\sigma_{pr} + \alpha_e \cdot \varphi(t,t_0)(\sigma_{cg} + \sigma_{cp0})}{1 + \alpha_e \frac{A_p}{A_1} \cdot \left(1 + \frac{A_1}{I_1} y_{k,1}^{\,2}\right) \cdot [1 + 0.8 \cdot \varphi(t,t_0)]} = \quad -161{,}13 \quad \text{MPa}$$

Koeficijent puzanja betona za t=∞, $\varphi_{(t,to)}$: 0

Konačna vrijednost skupljanja t=∞, $\varepsilon_{s(t,to)}$: -0,3 ‰

Pad naprezanja: $\Delta\sigma_{p,c+s+r}$ = -161,13 Mpa

$\Delta P_i(t) = \sigma_{p,c+s+r} \cdot A_p$ = 59,94 kN **11,100 %**

12. UKUPNI GUBICI I PADOVI SILE PREDNAPREZANJA U SREDINI NOSAČA - KONAČNI

Gubici od prokliznuća klina ΔP_{sl} =	2,26	kN
Gubici od elastičnih deformacija ΔP_c =	0,87	kN
Gubici od relaksacije čelika ΔP_{re} =	40,50	kN
Padovi od puzanja i skupljanja ΔP_{ps} =	59,94	kN
Ukupni gubici sile=	**103,57**	kN

Konačna sila prednaprezanja umanjena za početne gubitke i padove $P_{t=\infty}$ = **436,43** kN

Konačni gubitak sile prednaprezanja = **19,18** % < 30 %

Izračunati gubici u sredini raspona nosača će se usvojiti iste veličine za sve presjeke po dužini nosača !

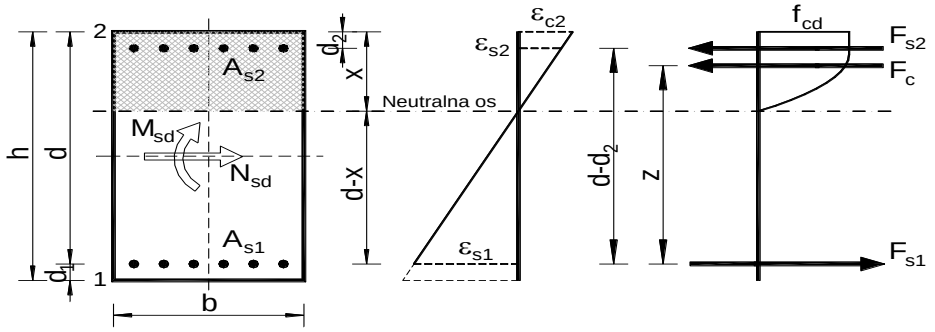
G2a l=9,6 m

13. KONTROLA BOČNE STABILNOSTI NOSAČA

b_{tla} =	50,0	cm	širina gornjeg pojasa nosača
L =	960,0	cm	raspon nosača
H =	80,0	cm	visina nosača na sredini raspona

$$b_{tla} \geq \sqrt[4]{\left(\frac{L}{50}\right)^3} \cdot H = \quad 27{,}43 \text{ cm}$$

Kontrola nije potrebna!

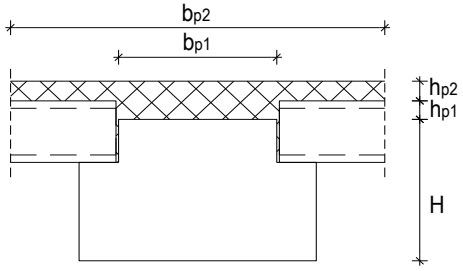


14. PRORAČUN DODATNE KLASIČNE ARMATURE

Beton:	C 35/45		
f_{ck} =	35,0	Mpa	
f_{cd} =	23,3	Mpa	
Armatura:	B 500B		
f_{yk} =	500,0	Mpa	
f_{yd} =	434,8	Mpa	

Moment:

$M_{sd,1}$ =	305,3	kNm
$M_{sd} = M_{sd,1} - N_{sd} * y_k$ =	83,1	kNm
N_{sd} =	541,5	kN
$e = M_{sd}/N_{sd}$ =	0,15	m
$e_a = y_{d-2} - y_a$ =	0,45	m
$e_u = e + e_a$ =	0,60	m
$M_{sda} = N_{sd} * e_u$ =	325,34	kNm



ε_{s1} =	10,0	
$\mu_{sd,lim}$ =	0,159	
$M_{Rd,lim}$ =	1043,4	
x/d=	0,12	

H_u - ukupna visina presjeka	80,0	cm	
b_{rac} - min. širina gornjeg pojasa	50,0	cm	
d_1 - udaljenost težišta armature	5,0	cm	
d - statička visina presjeka	75,0	cm	

$$\mu_{sd} = \frac{M_{sds}}{b_{eff} \cdot d^2 \cdot f_{cd}} = \quad 0{,}050$$

ξ =	0,115	
x =	8,63	cm
ζ =	0,959	
ε_{c2} =	1,3	‰

$$A_{s1} = \frac{M_{sd}1}{\zeta \cdot d \cdot f_{yd}} - \frac{N_{sd}}{f_{yd}} = \quad -2{,}69 \text{ cm}^2$$

Odabrano: 2 Ø 10

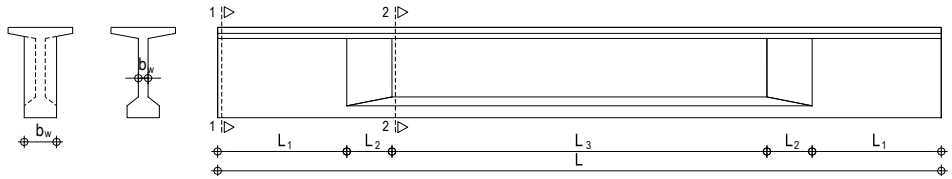
1,57 cm^2

d_1 = 5,0 cm

15. PRORAČUN POTREBNE POPREČNE ARMATURE (SPONA)

G2a l=9,6 m

Presjek 1-1 Presjek 2-2 Uzdužni presjek



PRESJEK 1-1

V_{sd} =	127,21	kN	A_{s2} =	8,04	cm^2
τ_{Rd} =	0,0370	kN/cm^2	V_{sd}/V_{Rd2} =	0,171	
ρ_l =	0,00071		$s_{w,min}$ =	30,0	cm
k =	1,00		ρ_{min} =	0,0013	
b_w =	18,0	cm			
ν =	0,53		$A_{sw,min} = \frac{\rho_{min} \cdot s_w \cdot b_w}{m}$ =	0,351	cm^2

$$V_{Rd1} = [\tau_{Rd} \cdot k \cdot (1.2 + 40 \cdot \rho_l)] \cdot b_w \cdot d = 61,36 \text{ kN}$$

$$V_{Rd\,2} = 0.5 \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z = 744,19 \text{ kN}$$

$$V_{wd} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot z}{s_w} = 196,69 \text{ kN}$$

$V_{Rd} = V_{sd} + V_{wd}$ = 258,05 kN

$Ø_{odab}$	8,0		0,50 cm^2
$s_{w,odab}$	15,0	cm	
reznost:	2,0	cm	

PRESJEK 2-2

σ_{cp} =	0,198	kN/cm^2
$\sigma_{cp,eff}$ =	0,039	kN/cm^2
V_{sd} =	127,21	kN
b_w =	18,0	cm

$$V_{Rd\,1} = [\tau_{Rd} \cdot k \cdot (1.2 + 40 \cdot \rho_l) + 0.15 \cdot \sigma_{cp}] \cdot b_w \cdot d = 101,39 \text{ kN}$$

$$V_{Rd\,2} = 0.5 \cdot \nu \cdot f_{cd} \cdot b_w \cdot z = 744,19 \text{ kN}$$

$$V_{Rd\,2,red} = 1.67 \cdot V_{Rd\,2} \cdot \left(1 - \frac{\sigma_{cp,eff}}{f_{cd}}\right) = 744,19 \text{ kN}$$

$$V_{wd} = \frac{A_{sw} \cdot f_{ywd} \cdot m \cdot z}{s_w} = 118,01 \text{ kN}$$

$V_{Rd} = V_{sd} + V_{wd}$ = 219,40 kN

$Ø_{odab}$	8,0		0,50 cm^2
$s_{w,odab}$	25,0	cm	
reznost:	2,0	cm	

16. STANJE NAPREZANJA PO DUŽINI NOSAČA ZA RADNO OPTEREĆENJE

G2a l=9,6 m

$M_{Sd,r1}$ - Računski moment za provjeru graničnih stanja uporabe - prva faza - stanje neposredno nakon prednaprezanja; $M_{Sd,r1} = (M_{g,z})$

$M_{Sd,r2}$ - Računski moment za provjeru graničnih stanja uporabe - druga faza - konačno stanje; $M_{Sd,r2} = (M_{g,z} + M_{g,p} + M_{\Delta g}) + \psi M_q$ $\psi =$ **0,60**

x	0,00	0,48	0,96	1,44	1,92	2,40	2,88	3,36	3,84	4,32	4,80
$M_{g,z}$	0,0	12,1	22,9	32,4	40,7	47,7	53,4	57,9	61,0	63,0	63,6
$M_{g,p}$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
$M_{\Delta g}$	0,0	14,2	27,0	38,2	47,9	56,2	62,9	68,1	71,9	74,1	74,9
M_q	0,0	15,0	28,4	40,2	50,5	59,2	66,3	71,8	75,8	78,1	78,9
$M_{Sd,r1}$	0,0	12,1	22,9	32,4	40,7	47,7	53,4	57,9	61,0	63,0	63,6
$M_{Sd,r2}$	0,0	35,3	66,9	94,8	118,9	139,4	156,1	169,1	178,4	184,0	185,8

Broj i raspored kablova po dužini nosača Anulirati užad prateći tablicu. Uzeti u obzir dužinu uvođenja sile sa užeta na beton.

x	0,00	0,48	0,96	1,44	1,92	2,40	2,88	3,36	3,84	4,32	4,80	UPORNJAK yk (cm)
RED 6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	164,00
RED 5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27,60
RED 4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22,20
RED 3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17,00
RED 2	0	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	11,40
RED 1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	6,00

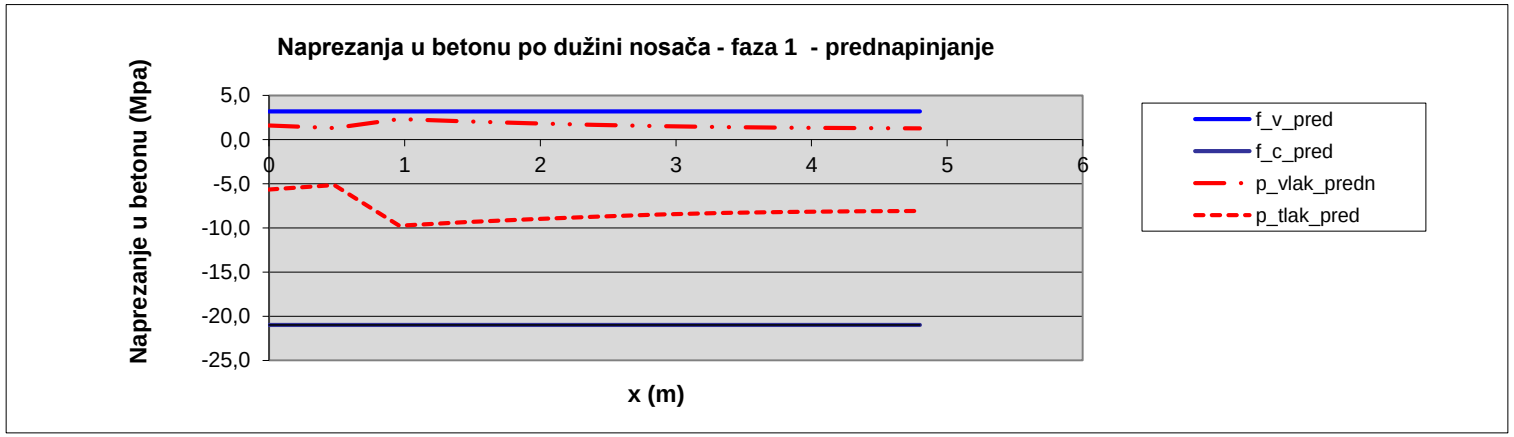
Rezultanta (cm)	6,0	6,0	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
n (kom)	2	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4
P_{poc} (KN)	270,0	270,0	540,0	540,0	540,0	540,0	540,0	540,0	540,0	540,0	540,0

1. FAZA

x	0,00	0,48	0,96	1,44	1,92	2,40	2,88	3,36	3,84	4,32	4,80
A_1 [cm^2]	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0
y_{d-1} [cm]	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7
W_{d-1} [cm^3]	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4
W_{g-1} [cm^3]	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7
P_{poc} [kN]	270,0	270,0	540,0	540,0	540,0	540,0	540,0	540,0	540,0	540,0	540,0
Rezultanta	6,0	6,0	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
$P_{t=0}$ [kN]	248,2	248,2	496,4	496,4	496,4	496,4	496,4	496,4	496,4	496,4	496,4
σ_g [Mpa]	1,6	1,3	2,3	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3
σ_d [Mpa]	-5,6	-5,1	-9,8	-9,4	-9,0	-8,7	-8,5	-8,3	-8,2	-8,1	-8,1

$\sigma_{c,max,t=0}$ = -21,0 Mpa - maksimalno tlačno dopušteno naprezanje pri prednaprezanju

$\sigma_{t,max,t=0}$ = 3,2 Mpa - maksimalno vlačno dopušteno naprezanje pri prednaprezanju



G2a l=9,6 m

2. FAZA

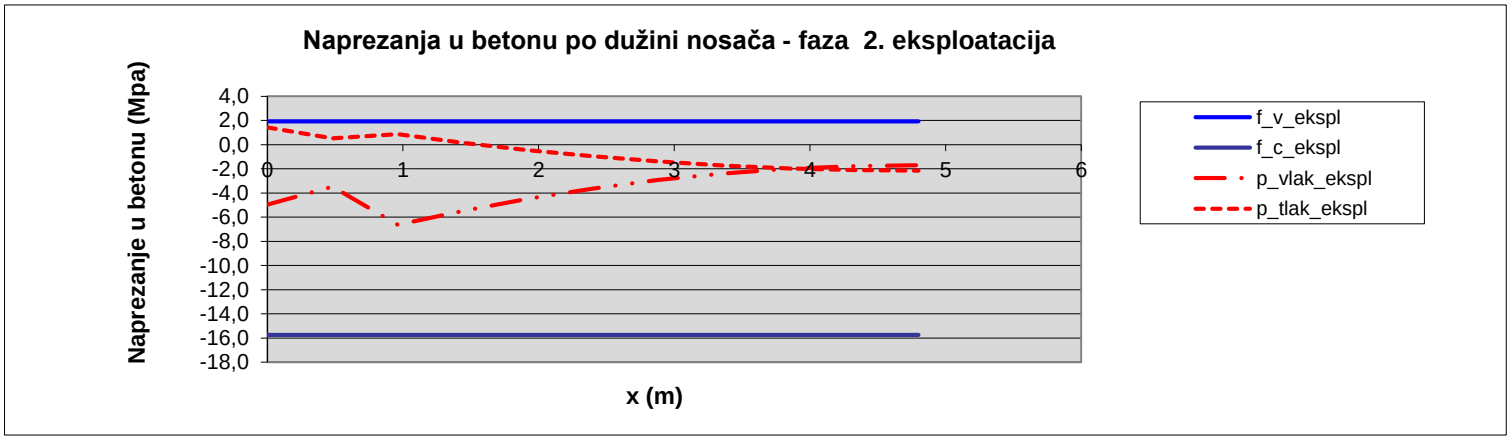
x	0,00	0,48	0,96	1,44	1,92	2,40	2,88	3,36	3,84	4,32	4,80
A_{1+2} [cm^2]	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0	2208,0
y_{d-2} [cm]	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7	49,7
W_{d-2} [cm^3]	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4	24076,4
W_{g-2} [cm^3]	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7	39568,7
Rezultanta	6,0	6,0	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7	8,7
$P_{t=\infty}$ [kN]	218,2	218,2	436,4	436,4	436,4	436,4	436,4	436,4	436,4	436,4	436,4
σ_g [Mpa]	-0,2	-0,8	-1,5	-1,9	-2,3	-2,7	-2,9	-3,2	-3,3	-3,4	-3,4
σ_{gn} [Mpa]	1,4	0,5	0,9	0,2	-0,5	-1,0	-1,4	-1,7	-2,0	-2,1	-2,1
σ_d [Mpa]	-5,0	-3,5	-6,6	-5,5	-4,5	-3,6	-2,9	-2,4	-2,0	-1,8	-1,7

$\sigma_{c,max,t=\infty}$ = -15,8 Mpa - maksimalno tlačno dopušteno naprezanje u uporabi

$\sigma_{t,max,t=\infty}$ = 1,9 Mpa - maksimalno vlačno dopušteno naprezanje u uporabi

	1. FAZA	2. FAZA
Donji rub :	$\sigma_d = -\frac{P_{t=0}}{A_1} - \frac{P_{t=0}\cdot y_{k-1}}{W_{d-1}} + \frac{M_{sd,r1}}{W_{d-1}} \geq \sigma_{c,max,t=0}$	$\sigma_d = -\frac{P_{t=\infty}}{A_2} - \frac{P_{t=\infty}\cdot y_{k-2}}{W_{d-2}} + \frac{M_{sd,r2}}{W_{d-2}} \leq \sigma_{t,max,t=\infty}$
Gornji rub :	$\sigma_g = -\frac{P_{t=0}}{A_1} + \frac{P_{t=0}\cdot y_{k-1}}{W_{g-1}} - \frac{M_{sd,r1}}{W_{g-1}} \leq \sigma_{t,max,t=0}$	$\sigma_g = -\frac{P_{t=\infty}}{A_2} + \frac{P_{t=\infty}\cdot y_{k-2}}{W_{g-2}} - \frac{M_{sd,r2}}{W_{g-2}} \geq \sigma_{c,max,t=\infty}$

Konvencija predznaka:
- tlak
+ vlak



17. KONTROLA PROGIBA

G2a l=9,6 m

1. Pri prednaprezanju

$P_{t=0}$ =	496,4	kN
$M_{Sd,r1}$ =	63,6	kNm
E_{c-1} =	33200,0	MPa
I_{x-1} =	1197478,9	cm^4
y_{k-1} =	41,0	cm

$$f_1 = \frac{5}{48} \cdot \frac{\left(-P_{t=0} \cdot y_{k-1} + M_{sd,r1}\right) \cdot L^2}{E_{c-1} \cdot I_{x-1}} = \quad -0{,}34 \quad cm$$

2. Faza betoniranja ploče

$P_{t=0}$ =	496,4	kN
$M_{Sd,r}$ =	63,6	kNm
$\varphi_{c,t=90}$ =	0,0	
E_{c-1} =	33200,0	MPa
I_{x-1} =	1197478,9	cm^4
y_{k-1} =	41,0	cm

$$f_1 = \frac{5}{48} \cdot \frac{\left(-P_{t=0} \cdot y_{k-1} + M_{sd,r}\right) \cdot L^2}{E_{c-1} \cdot I_{x-1}} = \quad -0{,}34 \quad cm$$

3. Konačno stanje - radno opterećenje

$P_{t=\infty}$ =	436,4	kN
$M_{Sd,r2}$ =	185,8	kNm
$\varphi_{c,t=90}$ =	0,0	
E_{c-2} =	33200,0	MPa
I_{x-2} =	1197478,9	cm^4
y_{k-2} =	41,0	cm

$$f_2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{\left(-P_{t=\infty} \cdot y_{k-2} + M_{sd,r2}\right) \cdot L^2}{E_{c-2} \cdot I_{x-2}} = \quad 0{,}02 \quad cm$$

4. Konačno stanje - granično opterećenje

$P_{t=\infty}$ =	436,4	kN
$M_{Sd,3}$ =	154,3	kNm
$\varphi_{c,t=90}$ =	0,0	
E_{c-2} =	33200,0	MPa
I_{x-2} =	1197478,9	cm^4
y_{k-2} =	41,0	cm

$$f_2 = \frac{5}{48} \cdot \frac{\left(-P_{t=\infty} \cdot y_{k-2} + M_{sd,3}\right) \cdot L^2}{E_{c-2} \cdot I_{x-2}} = \quad -0{,}06 \quad cm$$

Ukupni progib: $f_{ukup.} =$ -0,40 cm

Dozvoljeni progib: $f_{dop} = \frac{L}{300} =$ 3,20 cm

Dozvoljeni kontraprogib: $f_{dop} = \frac{L}{500} =$ 1,92 cm

Nosaču pri izvedbi dati kontra progib: 0,0 cm

NAPOMENA: U slučaju maksimalne računske sile progib nosača će se povećati. Međutim, takva stanja su rijetka i neracionalno je nosač kontrolirati na njih.

18. KONTROLA PUKOTINA

G2a l=9,6 m

x (cm)	0,00	0,48	0,96	1,44	1,92	2,40	2,88	3,36	3,84	4,32	4,80	
$M_{Sd,r2}$ (kNm)	0,0	35,3	66,9	94,8	118,9	139,4	156,1	169,1	178,4	184,0	185,8	
b_d (cm)	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	
A_{s1} (cm^2)	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	1,57	
A_p (cm^2)	1,86	1,86	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	3,72	
σ_s (MPa)	-1578,4	-1418,0	-826,4	-744,4	-673,2	-613,0	-563,7	-525,4	-498,1	-481,6	-476,2	
Mcr (kNm)	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	77,0	
σ_{sr} (MPa)	350,0	350,0	226,9	226,9	226,9	226,9	226,9	226,9	226,9	226,9	226,9	
ζ_0	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	0,394	
ε_{sm}	-0,0079449	-0,0071057	-0,0041184	-0,0036841	-0,0033052	-0,0029820	-0,0027153	-0,0025060	-0,0023553	-0,0022644	-0,0022339	
ρ_r	0,02559	0,02559	0,03373	0,03373	0,03373	0,03373	0,03373	0,03373	0,03373	0,03373	0,03373	
s_{rm} (mm)	108,6	108,6	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	94,5	
w_k (mm)	-1,526	-1,365	-0,688	-0,615	-0,552	-0,498	-0,454	-0,419	-0,393	-0,378	-0,373	< wg=0.2mm

$$\varepsilon_{sm} = \frac{\sigma_s}{E_k} \cdot \left[1 - 0.75 \cdot 0.5 \cdot \left(\frac{\sigma_{sr}}{\sigma_s} \right)^2 \right]$$

$$\rho_r = \left(A_s + A_p \cdot \xi_0 \right) / A_{c,eff}$$

$$\xi_0 = 0.5 \cdot \frac{\Phi}{\Phi_p}$$

$$\sigma_s = \Delta\sigma_p = \frac{\left(M_{sd,r2} / z + N_{Sd} \right)}{\left(A_{s1} + A_p \right)}$$

$$M_{cr} = f_{ctm} \cdot \frac{I_x}{y_d}$$

$$\sigma_{sr} = \frac{f_{ct,m} \cdot W_d}{\left(A_{s1} + A_p \right) \cdot z}$$

$$s_{rm} = 50 + 0.25 \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot \frac{\Phi}{\rho_r}$$

$$w_k = \beta \cdot k_3' \cdot s_{rm} \cdot \varepsilon_{sm} = 1.7 \cdot 1.04 \cdot s_{rm} \cdot \varepsilon_{sm} \le w_g = 0.2\text{mm}$$



19. PRORAČUN ARMATURE ZA SPREZANJE SA MONOLITIZACIJOM

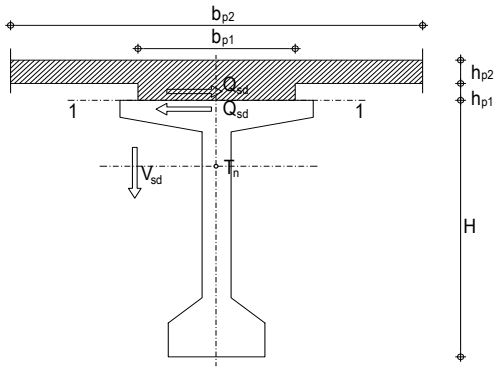
G2a l=9,6 m

V_{sd} =	127,21	kN	Armatura:	**B 500B**	
I_{x-2} =	1197478,9	cm^4	f_{yk} =	500,0	Mpa
S_{1-1} =	0,0	cm^3	f_{yd} =	434,8	Mpa

$$Q_{sd,1-1} = \frac{V_{sd} \cdot S_{1-1}}{I_{x-2}} = \quad 0{,}00 \text{ kN/m}$$

$$A_q = \frac{Q_{sd,1-1}}{f_{yd}} = \quad 0{,}00 \text{ cm}^2$$

Profil:	8,0		0,50 cm^2
Razmak:	20,0	cm	
Reznost:	2		
Odab. arm.:	5,02	cm^2/m	



20. PODRUČJE SIDRENJA NATEGA KOD PRETHODNOG NAPINJANJA

Duljina prijenosa prednaponske sile

Φ =	1,27	cm
d=	71,3	cm

$$l_{bp} = \beta_b \cdot \Phi = \quad 88{,}9 \text{ cm}$$

Proračunska vrijednost za dužinu prenošenja sile sa užeta na beton

$$l_{bpd} = 0.8 \cdot l_{bp} = \quad 71{,}12 \text{ cm}$$

$$l_{bpd} = 1.2 \cdot l_{bp} = \quad 106{,}68 \text{ cm}$$

Duljina uvođenja sile sa užeta na beton

$$l_{p,eff} = \sqrt{l_{bpd}^2 + d^2} = \quad 100{,}71 \text{ cm}$$

$$l_{p,eff} = \sqrt{l_{bpd}^2 + d^2} = \quad 128{,}31 \text{ cm}$$

Usvaja se nepovoljnija vrijednost za promatrano djelovanje.

