IMK INSTITUT ZA MATERIJALE I KONSTRUKCIJE

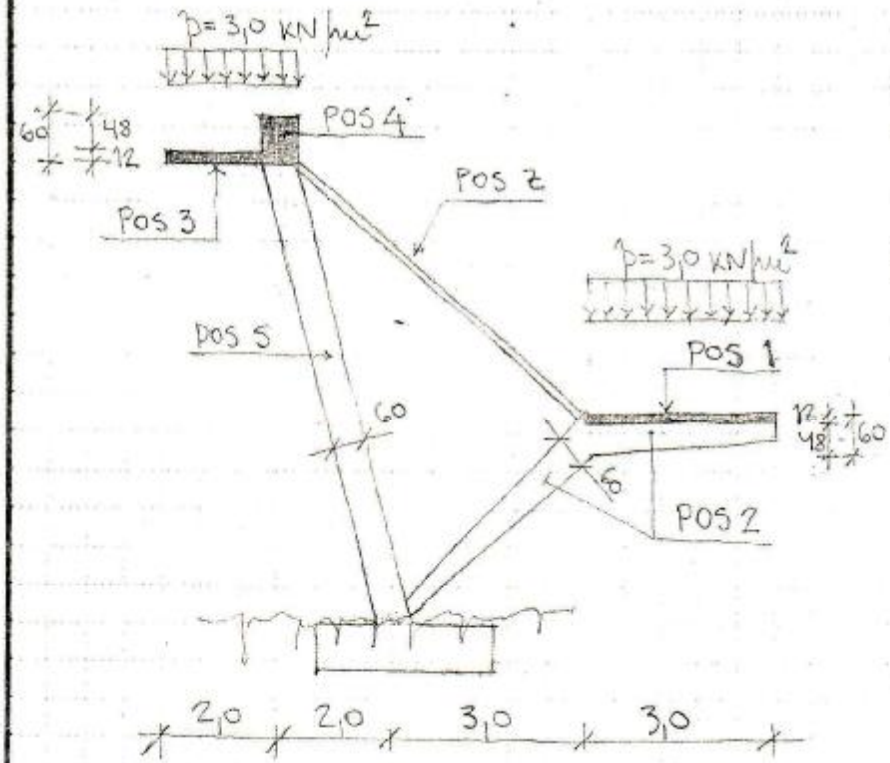
GRAĐEVINSKI FAKULTET UNIVERZITETA U BEOGRADU

ГРАЂЕВИНСКИ ФАКУЛТЕТ У БЕОГРАДУ
ОДСЕК ЗА КОНСТРУКЦИЈЕ
– СЕПТЕМБАРСКИ РОК 1990 –

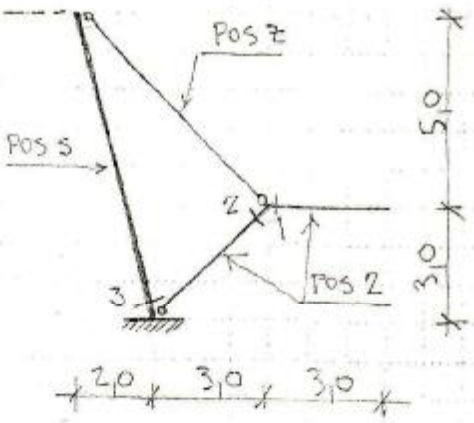
6.

БЕТОНСКЕ КОНСТРУКЦИЈЕ 1
ТЕОРИЈА БЕТОНСКИХ КОНСТРУКЦИЈА

ПИСМЕНИ ИСПИТ
17.09.1990.



СТАТИЧКИ СИСТЕМ:



p = 3,0 kN/m²
l = 6,0 m
MB 30
GA 240 | 360

ЗА НЕКО СРЕДЊЕ ПОЉЕ КОНСТРУКЦИЈЕ НА СКИЦИ ПОТРЕБНО ЈЕ:

1. ДИМЕНЗИОНИСАТИ ПЛОЧУ POS 1 ($d = 12$ cm) У КАРАКТЕРИСТИЧНИМ ПРЕСЕЦИМА. ЗА УСВОЈЕН РАСПОРЕД АРМАТУРЕ У ПРЕСЕКУ НА ОСЛОНЦУ СРАЧУНАТИ НАПОНЕ У БЕТОНУ И АРМАТУРИ И ОДРЕДИТИ КАРАКТЕРИСТИЧНУ ШИРИНУ ПРСЛИНА.

2. НАЦРТАТИ ДИЈАГРАМЕ M, T, N ЗА POS 2 И ДИМЕНЗИОНИСАТИ ЈЕ У КАРАКТЕРИСТИЧНИМ ПРЕСЕЦИМА 1-1 И 2-2 ($b/d = 30/60$ cm).

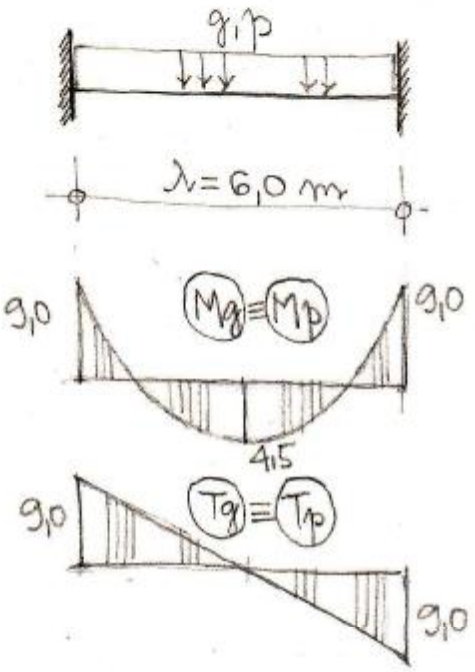
3. СРАЧУНАТИ И НАЦРТАТИ ДИЈАГРАМЕ ПРЕСЕЧНИХ СИЛА ЗА ГРЕДУ POS 4 ($b/d = 50/60$ cm) И ДИМЕНЗИОНИСАТИ ЈЕ У КАРАКТЕРИСТИЧНИМ ПРЕСЕЦИМА.

4. ДИМЕНЗИОНИСАТИ ЗАТЕГУ POS 2. ЗА УСВОЈЕН ПРЕСЕК ОДРЕДИТИ КАРАКТЕРИСТИЧНУ ШИРИНУ ПРСЛИНА И ИЗДУЖЕЊЕ ЗАТЕГЕ.

5. НАЦРТАТИ ДИЈАГРАМЕ M, T, N ЗА СТУБ POS 5 ($b/d = 30/60$ cm). ОДРЕДИТИ ПОТРЕБНУ АРМАТУРУ У ОСЛОНАЧКОМ ПРЕСЕКУ 3-3 УЗ УСЛОВ ДА ЈЕ $\xi = x/h = 1/3$. УЗЕТИ У ОБЗИР И ТЕЖИНУ СТУБА.

СВА ДИМЕНЗИОНИСАЊА ПРОПРАТИТИ ПРЕГЛЕДНИМ, ПРАВИЛНО КОТИРАНИМ СКИЦАМА.

POS 1 – КОНТИНУАЛНА ПЛОЧА



$g = 0{,}12 \cdot 25{,}0 = 3{,}0$ kN/m²
$p = 3{,}0$ kN/m²

$R_{gl} = R_{pl} = 3{,}0 \cdot 6{,}0/2 = 9{,}0$ kN/m'

$M_g^o = M_p^o = 3{,}0 \cdot 6{,}0^2/12 = 9{,}0$ kNm/m'
$M_g^p = M_p^p = 3{,}0 \cdot 6{,}0^2/24 = 4{,}5$ kNm/m'

ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ

– ОСЛОНАЦ:

$M_u = 1{,}6 \cdot 9{,}0 + 1{,}8 \cdot 9{,}0 = 30{,}6$ kNm/m'

$b/d/h = 100/12/9{,}5$ cm

$$k_r = \frac{9{,}5}{\sqrt{\frac{30{,}6}{2{,}05}}} = 2{,}459 \longrightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 3{,}05/10\,‰, \quad \bar{\mu} = 18{,}263\,‰$$

$$A_a = 18{,}263 \cdot 9{,}5 \cdot \frac{2{,}05}{24} = 14{,}82 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

УСВОЈЕНО **Ø14/10** (15,39 cm²/m')

$A_{ap} = 0{,}2 \cdot 14{,}82 = 2{,}96$ cm²/m'

УСВОЈЕНО **Ø10/25** (3,14 cm²/m')

– ПОЉЕ:

$M_u = 1{,}6 \cdot 4{,}5 + 1{,}8 \cdot 4{,}5 = 15{,}3$ kNm/m'

$$k_r = \frac{9{,}5}{\sqrt{\frac{15{,}3}{2{,}05}}} = 3{,}477 \longrightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 1{,}7/10\,‰, \quad \bar{\mu} = 8{,}851\,‰$$

$$A_a = 8{,}851 \cdot 9{,}5 \cdot \frac{2{,}05}{24} = 7{,}18 \text{ cm}^2/\text{m}'$$

УСВОЈЕНО **Ø10/10** (7,85 cm²/m')

$A_{sp} = 0{,}20 \cdot 7{,}18 = 1{,}44 \text{ cm}^2/\text{m}'$

$\text{MIN. } A_{sp} = 0{,}10 \cdot 12{,}0 = 1{,}2 \text{ cm}^2/\text{m}'$

УСВОЈЕНО $\boxed{\text{Ø8/25}}$ $(2{,}01 \text{ cm}^2/\text{m}')$

ПРОРАЧУН НАПОНА

$M = M_g + M_p = 9{,}0 + 9{,}0 = 18{,}0 \text{ kNm/m}'$

$A_{s1} = 15{,}39 \text{ cm}^2/\text{m}'$

$A_{s2} = 0$

$\mu_1 = \frac{15{,}39}{100 \cdot 9{,}5} = 1{,}62\%$ $\qquad \mu_2 = 0$

$n = \frac{210}{31{,}5} = 6{,}67$

$$\xi^2 + 2n(\mu_1 + \mu_2)\cdot\xi - 2n(\mu_1 + \alpha_2\mu_2) = 0$$

$$\xi^2 + 2 \cdot 6{,}67 \cdot 0{,}0162 \cdot \xi - 2 \cdot 6{,}67 \cdot 0{,}0162 = 0$$

$$\xi^2 + 0{,}216 \cdot \xi - 0{,}216 = 0 \longrightarrow \boxed{\xi = 0{,}369}$$

$J_{11B} = \frac{\xi^2}{2}\left(1 - \frac{\xi}{3}\right) = 0{,}060$

$\sigma_B = \frac{18{,}0 \cdot 10^2}{100 \cdot 9{,}5^2} \cdot \frac{0{,}369}{0{,}060} = 1{,}23 \text{ kN/cm}^2 = 12{,}3 \text{ MPa}$

$\sigma_{a1} = 6{,}67 \cdot 12{,}3 \cdot \frac{1 - 0{,}369}{0{,}369} = 140{,}4 \text{ MPa}$

ПРОРАЧУН ПРСЛИНА

$h_{bz,ef.} = \text{MIN.} \begin{cases} 2{,}5 + 7{,}5 \cdot 1{,}4 = 13{,}0 \text{ cm} \\ 12{,}0/2 \quad\quad\quad = 6{,}0 \text{ cm} \end{cases} = 6{,}0 \text{ cm}$

$\mu_{z,ef.} = \frac{15{,}39}{100{,}0 \cdot 6{,}0} = 2{,}57\%$

$e_\phi = 10{,}0 \text{ cm}$ $\qquad K_1 = 0{,}8$ (GA 240/360)

$a_0 = 2{,}5 - 1{,}4/2 = 1{,}8 \text{ cm}$ $\qquad K_2 = 0{,}125$ (САВИЈАЊЕ)

$l_{ps} = 2 \cdot \left(1{,}8 + \frac{10{,}0}{10}\right) + 0{,}8 \cdot 0{,}125 \cdot \frac{1{,}4}{2{,}57 \cdot 10^{-2}} = 11{,}06 \text{ cm}$

$\boxed{l_{ps} = 11{,}06 \text{ cm}}$

$M^* \approx f_{bzs} \cdot W_{el}$

$f_{bzs} = 0{,}7 \cdot f_{bzm} \cdot \left(0{,}6 + \frac{0{,}4}{\sqrt[4]{d}}\right)$

$f_{bzs} = 0{,}7 \cdot 2{,}4 \cdot \left(0{,}6 + \frac{0{,}4}{\sqrt[4]{0{,}12}}\right) = 2{,}15 \text{ MPa} = 0{,}215 \text{ kN/cm}^2$

$$W_{B_1} = \frac{100 \cdot 12^2}{6} = 2400 \text{ cm}^3$$

$$M^* \approx 0{,}215 \cdot 2400 \cdot 10^{-2} = 5{,}16 \text{ kNm}$$

$$\left.\begin{array}{l} \xi_a = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \left(\frac{M^*}{M}\right)^2 \\ \beta_1 = 0{,}5 \quad (\text{GA } 240/360) \\ \beta_2 = 1{,}0 \quad (t = 0) \end{array}\right\} \xi_a = 1 - 0{,}5 \cdot 1{,}0 \cdot \left(\frac{5{,}16}{18{,}0}\right)^2 = 0{,}959$$

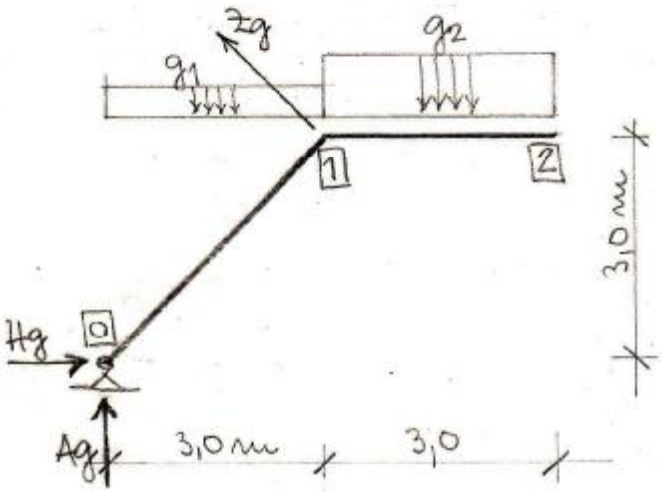
$$\varepsilon_{a1,SR.} = \xi_a \cdot \frac{\sigma_{a1}}{E_a} = 0{,}959 \cdot \frac{140{,}4}{210 \cdot 10^3} = 0{,}641 \text{ ‰}$$

$$a_{pk1} = 1{,}7 \cdot \varepsilon_{a1,SR.} \cdot \ell_{p3} = 1{,}7 \cdot 0{,}641 \cdot 10^{-3} \cdot 11{,}06 = 12{,}0 \cdot 10^{-3} \text{ cm}$$

$$\boxed{a_{pk1} = 0{,}12 \text{ mm}} < a_{pk,dop.} = 0{,}2 \text{ mm}$$

POS 2

а) СТАЛНО ОПТЕРЕТЕЊЕ



ЛЕО 0-1:

$$g_{g1} = \frac{0{,}30 \cdot 0{,}60 \cdot 25{,}0}{\cos 45°} = 6{,}36 \text{ kN/m'}$$

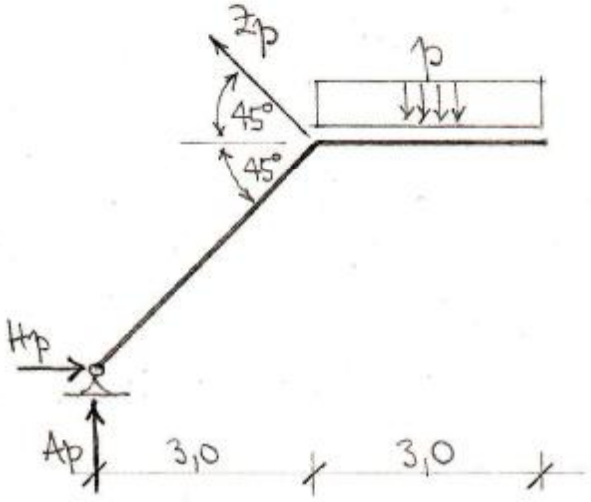
ЛЕО 1-2:

С.Т. $0{,}30 \cdot 0{,}60 \cdot 25{,}0 = 4{,}50$ kN/m'

$2R_{g1} = 2 \cdot 9{,}0 = 18{,}0$ kN/m'

$$\boxed{g_2 = 22{,}5 \text{ kN/m'}}$$

б) ПОВРЕМЕНО ОПТЕРЕТЕЊЕ



ЛЕО 0-1:

$p = 0$

ЛЕО 1-2

$2R_{p1} = 2 \cdot 9{,}0 = 18{,}0$ kN/m'

$$\boxed{p = 18{,}0 \text{ kN/m'}}$$

$$(Z_g \cdot \cos\alpha + Z_g \cdot \sin\alpha) \cdot 3{,}0 = 6{,}36 \cdot \frac{3{,}0^2}{2} + 22{,}5 \cdot 3{,}0 \cdot \left(3{,}0 + \frac{3{,}0}{2}\right)$$

$$Z_g \cdot \sqrt{2} = 110{,}8 \text{ kN} \longrightarrow Z_g = 78{,}35 \text{ kN}$$

$$H_g = Z_g \cdot \cos\alpha = 78{,}35 \cdot \cos 45^\circ = 55{,}4 \text{ kN}$$

$$A_g = \Sigma V_g - Z_g \cdot \sin\alpha = 6{,}36 \cdot 3{,}0 + 22{,}5 \cdot 3{,}0 - 78{,}35 \cdot \sin 45^\circ = 31{,}19 \text{ kN}$$

$$(Z_p \cdot \cos\alpha + Z_p \cdot \sin\alpha) \cdot 3{,}0 = 18{,}0 \cdot 3{,}0 \cdot \left(3{,}0 + \frac{3{,}0}{2}\right) = 243{,}0 \text{ kNm}$$

$$Z_p = 243{,}0 / 3 \cdot \sqrt{2} = 57{,}28 \text{ kN}$$

$$H_p = Z_p \cdot \cos\alpha = 57{,}28 \cdot \cos 45^\circ = 40{,}50 \text{ kN}$$

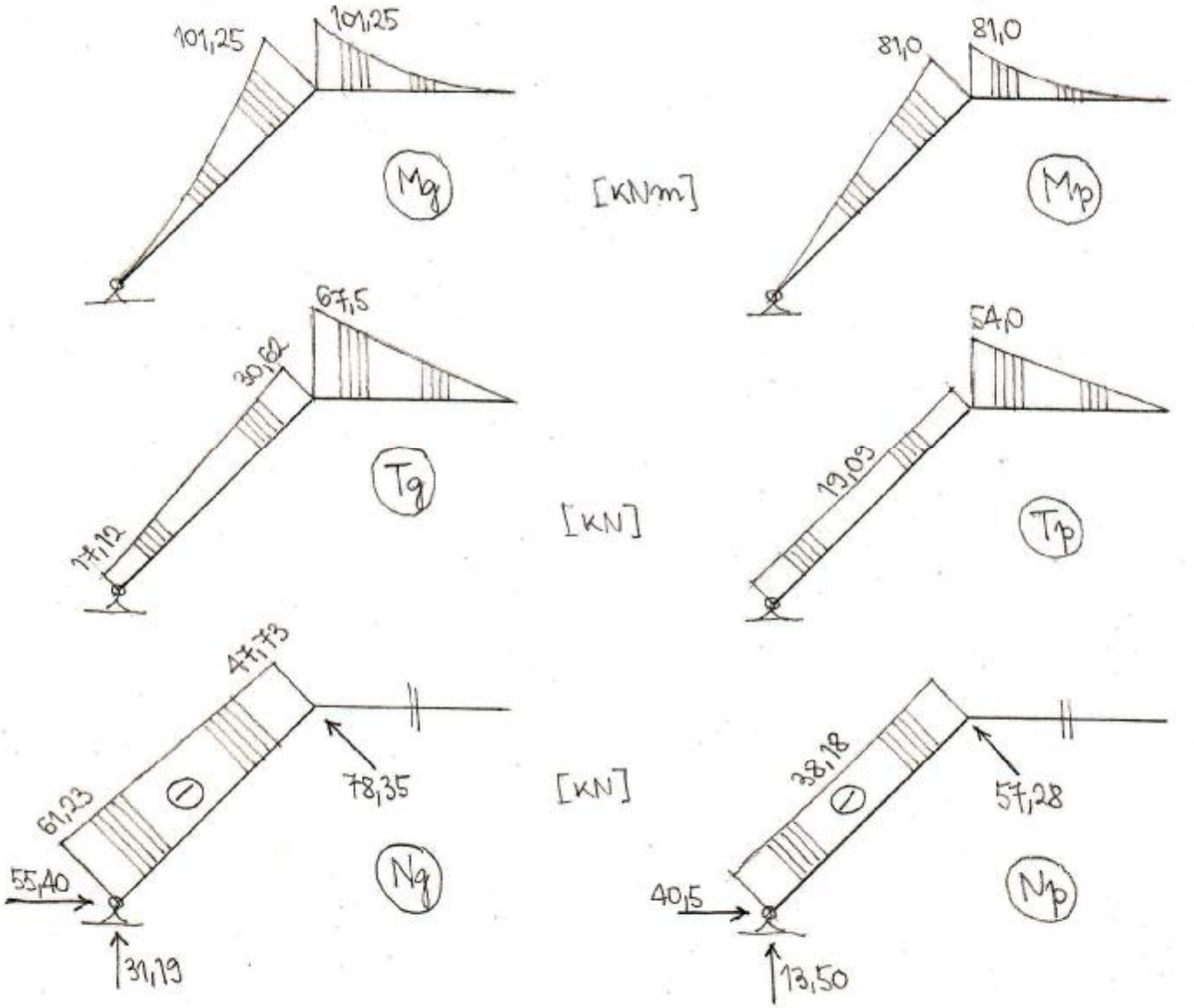
$$A_p = \Sigma V_p - Z_p \cdot \sin\alpha = 18{,}0 \cdot 3{,}0 - 57{,}28 \cdot \sin 45^\circ = 13{,}5 \text{ kN}$$

A_g = 31,19 kN	A_p = 13,50 kN
H_g = 55,40 kN	H_p = 40,50 kN
Z_g = 78,35 kN	Z_p = 57,28 kN

ДИЈАГРАМИ ПРЕСЕЧНИХ СИЛА

а) СТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

б) ПОВРЕМЕНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ



ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ

ПРЕСЕК 1-1

$M_{Ed} = 1{,}6 \cdot 101{,}25 + 1{,}8 \cdot 81{,}0 = 307{,}8$ kNm

$b/d/h_r = 30/60/54$ cm

$$k = \frac{54{,}0}{\sqrt{\frac{307{,}8}{0{,}30 \cdot 2{,}05}}} = 2{,}414 \longrightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 3{,}175/10\,‰, \quad \bar{\mu} = 19{,}039\,\%$$

$$A_a = 19{,}039 \cdot \frac{30{,}0 \cdot 54{,}0}{100} \cdot \frac{2{,}05}{24{,}0} = 26{,}35 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО $\boxed{6\text{Ø}25}$ $(29{,}45 \text{ cm}^2)$

ПРЕСЕК 2-2

$M_{Ed} = 307{,}8$ kNm

$N_{Ed} = 1{,}6 \cdot 47{,}73 + 1{,}8 \cdot 38{,}18 = 145{,}1$ kN

$M_{Ed} = 307{,}8 + 145{,}1 \cdot \left(\frac{0{,}60}{2} - 0{,}06\right) = 342{,}6$ kNm

$$k = \frac{54{,}0}{\sqrt{\frac{342{,}6}{0{,}30 \cdot 2{,}05}}} = 2{,}288 \longrightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 3{,}5/9{,}7\,‰, \quad \bar{\mu} = 21{,}464\,\%$$

$$A_a = 21{,}464 \cdot \frac{30{,}0 \cdot 54{,}0}{100} \cdot \frac{2{,}05}{24} - \frac{145{,}1}{24} = 23{,}66 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО $\boxed{5\text{Ø}25}$ $(24{,}54 \text{ cm}^2)$

КОНТРОЛА ГЛАВНИХ НАПОНА ЗАТЕЗАЊА

$T_{Ed}^1 = 1{,}6 \cdot 67{,}5 + 1{,}8 \cdot 54{,}0 = 205{,}2$ kN

$$T_n^1 = \frac{205{,}2}{30\rho \cdot 0{,}9 \cdot 54{,}0} = 0{,}141 \text{ kN/cm}^2 \quad > T_c = 0{,}11 \text{ kN/cm}^2, \; < 3T_c$$

$$\lambda = 3{,}0 \cdot \left(1 - \frac{0{,}11}{0{,}141}\right) = 0{,}66 \text{ m}$$

$$T_{Rd}^1 = \frac{3}{2} \cdot (0{,}141 - 0{,}11) = 0{,}046 \text{ kN/cm}^2$$

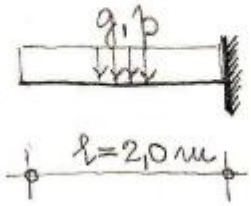
ВЕРТИКАЛНЕ УЗЕНГИЈЕ: $m = 2$; $\alpha = 90°$; $\theta = 45°$; U$\text{Ø}8$ $(a_{sw}^{(1)} = 0{,}503 \text{ cm}^2)$

MIN. $\mu_{wz} = 0{,}2\,\%$ $\longrightarrow$ $e_w \leq \frac{2 \cdot 0{,}503}{30 \cdot 0{,}2 \cdot 10^{-2}} = 16{,}75$ cm

УСВОЈЕНО: $\boxed{\text{U}\text{Ø}8/15}$ $(m = 2)$

$$\tau_{wd} = \frac{2 \cdot 0{,}503}{30{,}0 \cdot 15{,}0} \cdot 24{,}0 = 0{,}054 \text{ kN/cm}^2 > T_{Rd}^1 = 0{,}046 \text{ kN/cm}^2$$

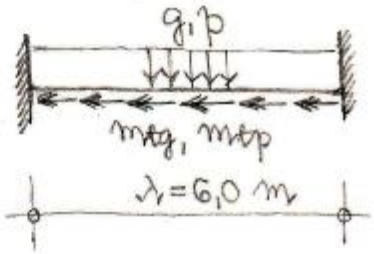
POS 3 – КОНЗОЛНА ПЛОЧА



$g = 0{,}12 \cdot 25{,}0 = 3{,}0$ kN/m²
$p = 3{,}0$ kN/m²

$R_{g3} = R_{p3} = 3{,}0 \cdot 2{,}0 = 6{,}0$ kN/m'
$M_{g3} = M_{p3} = 3{,}0 \cdot 2{,}0^2/2 = 6{,}0$ kNm/m'

POS 4 – КОНТИНУАЛНА ГРЕДА



– СОПСТВЕНА ТЕЖИНА POS 4: $0{,}50 \cdot 0{,}60 \cdot 25{,}0 = 7{,}5$ kN/m'
– РЕАКЦИЈА ПЛОЧЕ POS 3: $R_{g3} = 6{,}0$ kN/m'

$$g = 13{,}5 \text{ kN/m'}$$

– РЕАКЦИЈА ПЛОЧЕ (ПОВРЕМЕНО ОПТ.): $R_{p3} = p = 6{,}0$ kN/m'

– ПОДЕЉЕНИ МОМЕНТИ ТОРЗИЈЕ:

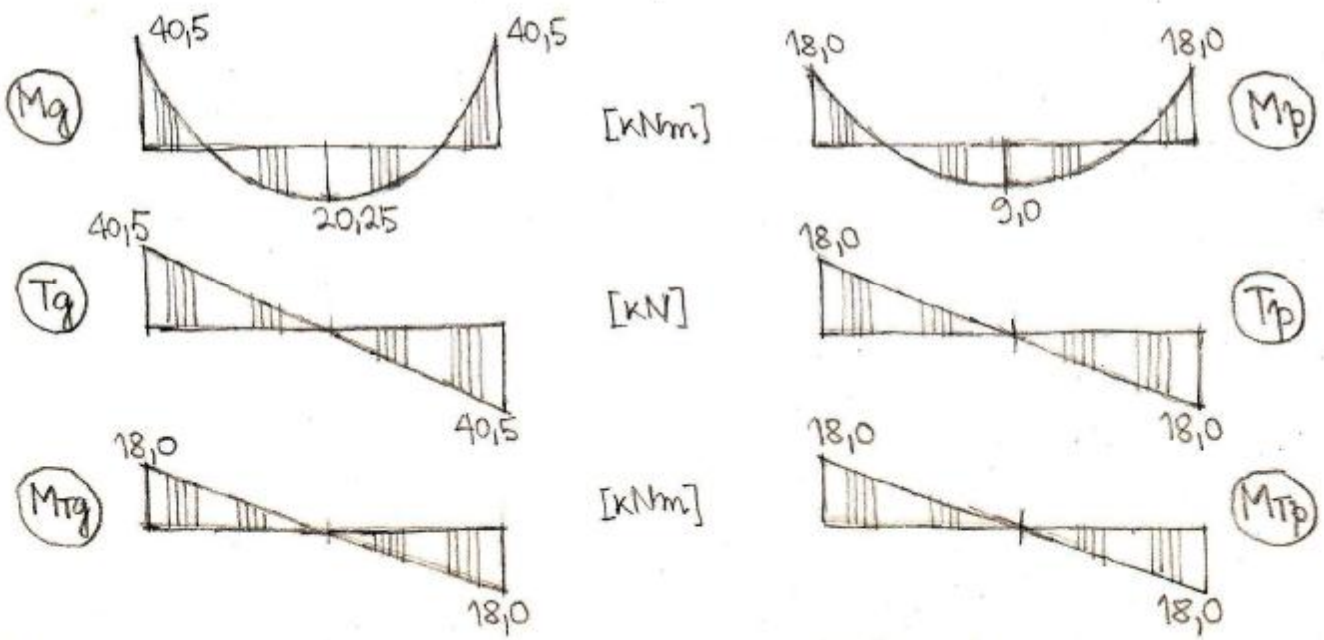
$$m_{tg} = M_{g3} = 6{,}0 \text{ kNm/m'}$$
$$m_{tp} = M_{p3} = 6{,}0 \text{ kNm/m'}$$

а) СТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

$M_g^o = 13{,}5 \cdot 6{,}0^2/12 = 40{,}5$ kNm
$M_g^p = 13{,}5 \cdot 6{,}0^2/24 = 20{,}25$ kNm
$T_g = 13{,}5 \cdot 6{,}0/2 = 40{,}5$ kN
$M_{tg} = 6{,}0 \cdot 6{,}0/2 = 18{,}0$ kNm

б) ПОВРЕМЕНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

$M_p^o = 6{,}0 \cdot 6{,}0^2/12 = 18{,}0$ kNm
$M_p^p = 6{,}0 \cdot 6{,}0^2/24 = 9{,}0$ kNm
$T_p = 6{,}0 \cdot 6{,}0/2 = 18{,}0$ kN
$M_{tp} = 6{,}0 \cdot 6{,}0/2 = 18{,}0$ kNm



ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ

- ОСЛОНАЦ:

$M_{Ed} = 1{,}6 \cdot 40{,}5 \cdot 1{,}8 \cdot 18{,}0 = 97{,}2 \text{ kNm}$

$b/d/h = 50/60/55 \text{ cm}$

$$K_r = \frac{55}{\sqrt{\frac{97{,}2}{0{,}50 \cdot 2{,}05}}} = 5{,}648 \longrightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 0{,}925/10\text{‰}, \quad \bar{\mu} = 3{,}312\%$$

$$A_a = 3{,}312 \cdot \frac{50{,}0 \cdot 55{,}0}{100} \cdot \frac{2{,}05}{24} = 7{,}78 \text{ cm}^2$$

$$\text{MIN. } A_a = 0{,}25 \cdot \frac{50 \cdot 60}{100} = 7{,}5 \text{ cm}^2 < A_{a,\text{потр.}} = 7{,}78 \text{ cm}^2$$

- ПОЉЕ:

$M_{Ed} = 1{,}6 \cdot 20{,}25 + 1{,}8 \cdot 9{,}0 = 48{,}6 \text{ kNm}$

$$B = \min \begin{cases} 50 + 8 \cdot 12 & = 146 \text{ cm} \\ 50 + \frac{1}{5} \cdot 0{,}25 \cdot 0{,}7 \cdot 600 & = 85 \text{ cm} \\ 200 \text{ cm} & \end{cases} = 85 \text{ cm}$$

$$K_r = \frac{55{,}0}{\sqrt{\frac{48{,}6 \cdot 10^2}{85 \cdot 2{,}05}}} = 10{,}414 \longrightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_a = 0{,}475/10\text{‰}, \quad \zeta = 0{,}045, \quad \bar{\mu} = 0{,}992\%$$

$\zeta \cdot h = 0{,}045 \cdot 55{,}0 = 2{,}48 \text{ cm} < d_p = 12 \text{ cm}$

$$A_a = 0{,}992 \cdot \frac{85{,}0 \cdot 55{,}0}{100} \cdot \frac{2{,}05}{24} = 3{,}96 \text{ cm}^2 < \text{MIN. } A_a = 7{,}5 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО $\boxed{4\text{Ø}16}$ $(8{,}04 \text{ cm}^2)$

КОНТРОЛА ГЛАВНИХ НАПОНА ЗАТЕЗАЊА

$T_{Ed} = 1{,}6 \cdot 40{,}5 + 1{,}8 \cdot 18{,}0 = 97{,}2 \text{ kN}$

$M_{TEd} = 1{,}6 \cdot 18{,}0 + 1{,}8 \cdot 18{,}0 = 61{,}2 \text{ kNm}$

$z = 0{,}9 \cdot h = 0{,}9 \cdot 55{,}0 = 49{,}5 \text{ cm}$

$A_{BO} = (50 - 2 \cdot 4)(60 - 2 \cdot 4) = 42 \cdot 52 = 2184 \text{ cm}^2$

$O_{BO} = 2 \cdot (42 + 52) = 188 \text{ cm}$

$\delta \leqslant \frac{d_{ef}}{8} = \frac{42{,}0}{8} = 5{,}25 \text{ cm} \rightarrow$ УСВОЈЕНО $\delta = 5{,}0 \text{ cm}$

$$\left.\begin{aligned} \tau_{n,T} &= \frac{97{,}2}{50{,}0 \cdot 49{,}5} = 0{,}039 \text{ kN/cm}^2 \\ \tau_{n,M_T} &= \frac{61{,}2 \cdot 10^2}{2 \cdot 2184 \cdot 5{,}0} = 0{,}280 \text{ kN/cm}^2 \end{aligned}\right\} \tau_n = 0{,}319 \text{ kN/cm}^2 \; > \tau_{rc} = 0{,}11 \text{ kN/cm}^2, \; < 3\tau_{rc}$$

$$T_{бш} = \frac{1}{2} \cdot \frac{0,039}{0,319} \cdot (3 \cdot 0,11 - 0,319) \cdot 50,0 \cdot 49,5 = 1,60 \text{ kN}$$

$$T_{Rш} = 97,2 - 1,60 = 95,6 \text{ kN}$$

$$\tau_{Rш} = \frac{95,6}{50,0 \cdot 49,5} = 0,039 \text{ kN/cm}^2$$

$$M_{Tбш} = \frac{0,280}{0,319} \cdot (3 \cdot 0,11 - 0,319) \cdot 2184,0 \cdot 5,0 \cdot 10^{-2} = 1,0 \text{ kNm}$$

$$M_{TRш} = 61,2 - 1,0 = 60,2 \text{ kNm}$$

ВЕРТИКАЛНЕ УЗЕНГИЈЕ ; $\alpha = 90°$; $\theta = 45°$

$$a_{ш,T}^{(1)} = \frac{50,0 \cdot 0,039}{4 \cdot 24,0} \cdot e_ш = 0,020 \cdot e_ш \qquad (m=4)$$

$$a_{ш,MT}^{(1)} = \frac{60,2 \cdot 10^2}{2 \cdot 2184 \cdot 24,0} \cdot e_ш = 0,057 \cdot e_ш$$

СПОЉАШЊА УЗЕНГИЈА: $a_ш^{(1)} \geq (0,020 + 0,057) \cdot e_ш$

УСВ. U∅10 : $e_ш \leq \frac{0,785}{0,077} = 10,13$ cm

УСВОЈЕНО **U∅10/10**

УНУТРАШЊА УЗЕНГИЈА: $a_ш^{(1)} = 0,020 \cdot e_ш$

УСВ. U∅6 : $e_ш \leq \frac{0,283}{0,020} = 14,0$ cm

УСВОЈЕНО **U∅6/10**

– ПОДУЖНА АРМАТУРА ЗА M_T :

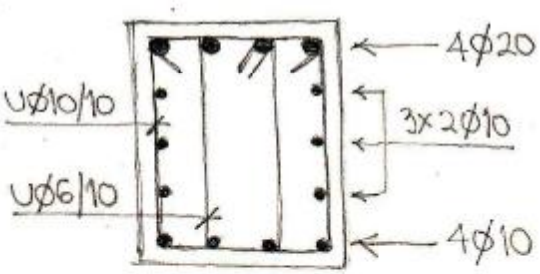
$$\Sigma A_a = \frac{M_{Tш}}{2A_{бо} \cdot \sigma_V} \cdot O_{бо} = \frac{61,2 \cdot 10^2}{2 \cdot 2184 \cdot 24} \cdot 188 = 10,98 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО **14∅10** (11,00 cm²)

У ГОРЊОЈ ЗОНИ ОСЛОНАЧКОГ ПРЕСЕКА ОВОЈ АРМАТУРИ ДОДАЈЕМО И АРМАТУРУ ЗА ПРИХВАТАЊЕ МОМЕНТА САВИЈАЊА:

– ТОРЗИЈА : 4∅10 (3,14 cm²)
– САВИЈАЊЕ : 7,78 cm²
10,92 cm²

УСВОЈЕНО **4∅20** (12,57 cm²)

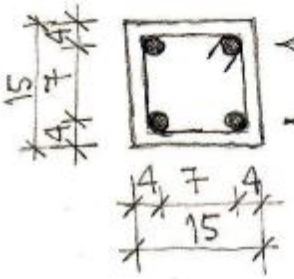


POS 2

$Z_u = 1,6 \cdot 78,34 + 1,8 \cdot 57,28 = 228,45$ kN

$A_a = \frac{228,45}{24} = 9,52$ cm^2

УСВОЈЕНО $\boxed{4\phi 18}$ (10,18 cm^2)



$A_b = 15,0 \cdot 15,0 = 225,0$ cm^2

$n = \frac{210,0}{31,5} = 6,67$

$A_i = 225,0 + 6,67 \cdot 10,18 = 292,9$ cm^2

ПРОРАЧУН ПРСЛИНА

$Z = Z_g + Z_p = 78,34 + 57,28 = 135,62$ kN

$f_{bz} = 0,7 \cdot f_{bzm} = 0,7 \cdot 2,4 = 1,68$ MPa $= 0,168$ kN/cm^2

$Z^* = f_{bz} \cdot A_i = 0,168 \cdot 292,9 = 49,2$ kN

$a_0 = 4,0 - \frac{1,8}{2} = 3,1$ cm

$e_f = 7,0$ cm

$K_1 = 0,8$ (GA 240/360)

$K_2 = 0,25$ (ЧИСТО ЗАТЕЗАЊЕ)

$A_{bz} = A_b = 225$ cm^2 $\rightarrow$ $\mu_{z,ef} = \frac{10,18}{225,0} = 0,045$

$l_{pz} = 2 \cdot (3,1 + \frac{7,0}{10}) + 0,8 \cdot 0,25 \cdot \frac{1,8}{0,045} = 15,56$ cm

$\sigma_a = \frac{Z}{A_a} = \frac{135,62}{10,18} = 13,32$ kN/cm^2 $= 133,2$ MPa

$\varepsilon_a = \frac{\sigma_a}{E_a} = \frac{133,2}{210 \cdot 10^3} = 0,634$ ‰

$\beta_1 = 0,5$ (GA 240/360)
$\beta_2 = 1,0$ ($t = 0$)
$\Big\}$ $\xi_a = 1 - 0,5 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{49,2}{135,62}\right)^2 = 0,934$

$a_{rk} = 1,7 \cdot 0,934 \cdot 0,634 \cdot 10^{-3} \cdot 15,56$ cm $= 15,7 \cdot 10^{-3}$ cm

$\boxed{a_{rk} = 0,157 \text{ mm}}$

ПРОРАЧУН ИЗДУЖЕЊА ЗАТЕГЕ

$f_{bz} = f_{bzm} = 2,4$ MPa $= 0,24$ kN/cm^2

$Z^* = f_{bz} \cdot A_i = 0,24 \cdot 292,9 = 70,29$ kN

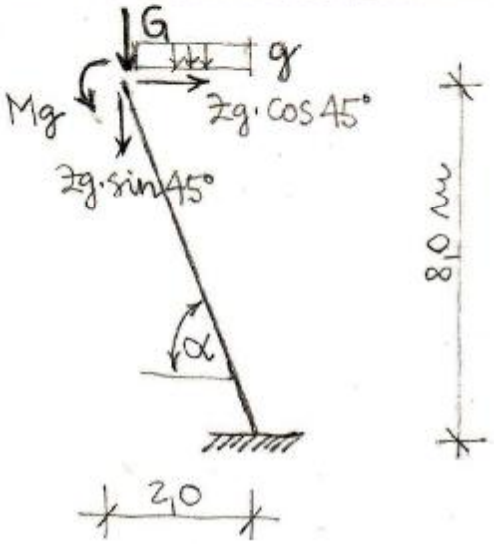
$\xi_a = 1 - \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \frac{Z^*}{Z} = 1 - 0,5 \cdot 1,0 \cdot \frac{70,29}{135,62} = 0,741$

$\Delta l = \xi_a \cdot \varepsilon_{a1} \cdot l = 0,741 \cdot 0,634 \cdot 10^{-3} \cdot 707$ cm $= 0,33$ cm

$\boxed{\Delta l = 3,3 \text{ mm}}$

POS 5

а) СТАЛНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ



$tg\alpha = \frac{8,0}{2,0} = 4,0 \rightarrow \alpha = 75,96°$

$\cos\alpha = 0,243$

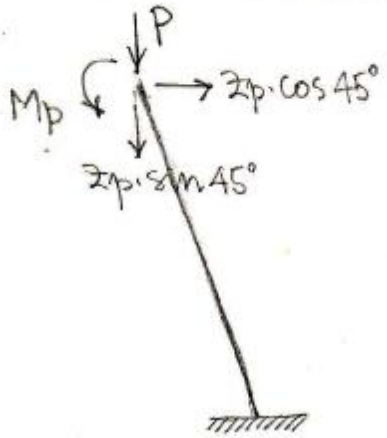
$g = \frac{0,30 \cdot 0,60}{0,243} \cdot 25,0 = 18,55\ KN/m'$

$G = 2Rg_4 = 2 \cdot 40,50 = 81,0\ KN$

$Mg = 2M_{Tg_4} = 2 \cdot 18,0 = 36,0\ KNm$

$Zg \cdot \sin 45° = Zg \cdot \cos 45° = 55,40\ KN$

б) ПОВРЕМЕНО ОПТЕРЕЋЕЊЕ

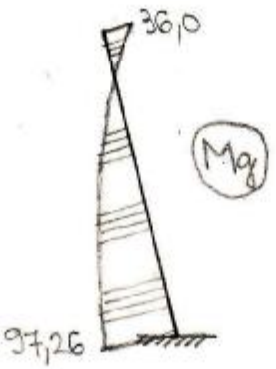


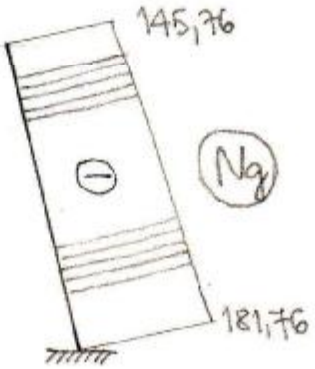
$P = 2 \cdot Rp_4 = 2 \cdot 18,0 = 36,0\ KN$

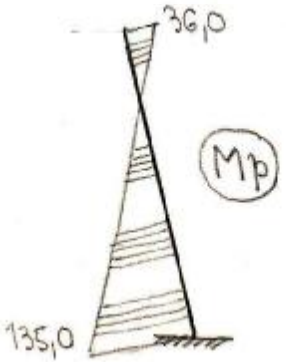
$Mp = 2 \cdot M_{Tp_4} = 2 \cdot 18,0 = 36,0\ KNm$

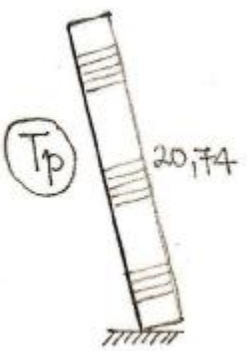
$Zp \cdot \sin 45° = Zp \cdot \cos 45° = 40,5\ KN$

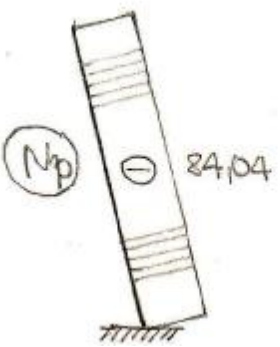
ДИЈАГРАМИ СТАТИЧКИХ УТИЦАЈА











ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ

$M_u = 1{,}6 \cdot 97{,}26 + 1{,}8 \cdot 135{,}0 = 398{,}6$ kNm

$N_u = 1{,}6 \cdot 181{,}76 + 1{,}8 \cdot 84{,}04 = 442{,}1$ kN

$b/d/h = 30/60/54$ cm

$M_{au} = 398{,}6 + 442{,}1 \cdot \left(\frac{0{,}60}{2} - 0{,}06\right) = 504{,}7$ kNm

УСЛОВ ЗАДАТКА: $\xi = \frac{1}{3} = \frac{1}{1 + \frac{\varepsilon_{a1}}{\varepsilon_b}} \rightarrow \frac{\varepsilon_{a1}}{\varepsilon_b} = 2 \rightarrow \varepsilon_b/\varepsilon_{a1} = 3{,}5/7{,}0‰$

ЗА ЗАХТЕВАНО $\xi = 1/3$: $\varepsilon_b/\varepsilon_{a1} = 3{,}5/7{,}0‰ \rightarrow k = 2{,}074$

$\bar{\mu} = 26{,}983\%$

$M_{abu} = \left(\frac{54{,}0}{2{,}074}\right)^2 \cdot 0{,}30 \cdot 2{,}05 = 416{,}9$ kNm

$\Delta M_{au} = 504{,}7 - 416{,}9 = 87{,}8$ kNm

$$A_{a1} = 26{,}983 \cdot \frac{30{,}0 \cdot 54{,}0}{100} \cdot \frac{2{,}05}{24} + \frac{87{,}8 \cdot 10^2}{24 \cdot (54-5)} - \frac{442{,}1}{24} = 26{,}38 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО $\boxed{6\text{Ø}25}$ $(29{,}45 \text{ cm}^2)$

$$A_{a2} = \frac{87{,}8 \cdot 10^2}{24 \cdot (54-5)} = 7{,}47 \text{ cm}^2$$

УСВОЈЕНО $\boxed{2\text{Ø}22}$ $(7{,}60 \text{ cm}^2)$