VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
STATYBINĖS MECHANIKOS KATEDRA

TAIKOMOSIOS MECHANIKOS NAMŲ DARBAS Nr.2

„Santvaros skaičiavimas“

ATLIKO: VARDAS PAVARDĖ .... grupė
TIKRINO

VILNIUS METAI

Parengė doc. J. Nagevičius

Čia pateikiama individuali darbo užduotis (paimta iš interneto)

Registracijos numeris XXXXXXXX

TAIKOMOSIOS MECHANIKOS NAMŲ DARBAS Nr. 2
Santvaros skaičiavimas

Darbą atlieka Af-XX/X grupės stud. Vardas Pavardė

Užduotis

Pateiktai santvarai, veikiamai paskirstytosios apkrovos: nuolatinės *g* ir kintamosios *v* (apkrovos veikimo vieta parodyta punktyrine linija), reikia:

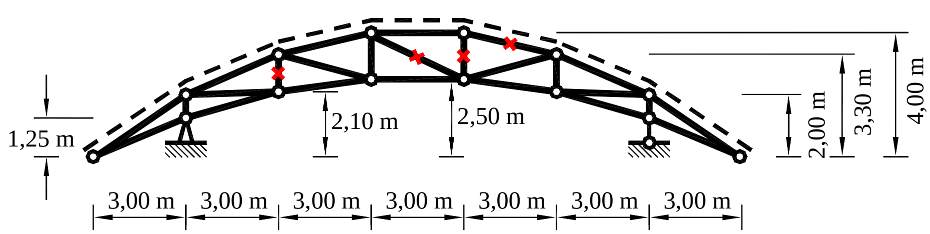
1. Apskaičiuoti mazginę apkrovą nuo trijų apkrovimo derinių (apkrovimo deriniai nurodyti „Apkrovimo derinių“ skyrelyje).
2. Apskaičiuoti atramines reakcijas nuo šių trijų apkrovimo derinių.
3. Apskaičiuoti keturių kryžiuku pažymėtų strypų ašines jėgas nuo šių trijų apkrovimo derinių.
4. Išrinkti šių keturių strypų ašinių jėgų didžiausias ir mažiausias reikšmes.
5. Parinkti šių keturių strypų skerspjūvius:
   5.1 medinį kvadratinį (tašą);
   5.2 plieninį valcuotąjį – dvitėjį (iš rusiškojo sortimento).

Darbą atlikti iki Metai mėnuo diena.

Duomenys:

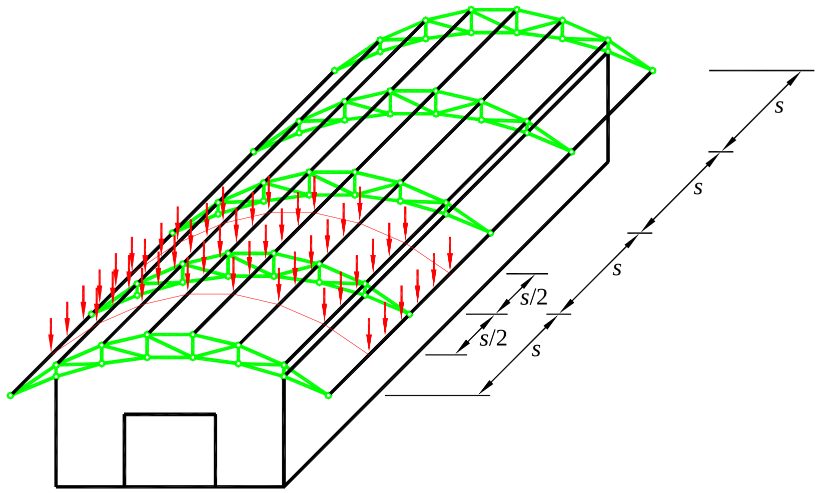
Santvaros matmenys	a = 3,00 m;
	h = 4,00 m;
santvaros žingsnis (atstumas tarp santvarų)	s = 4,00 m.
Paskirstytosios nuolatinės apkrovos g dydis	g = 1,40 kN/m^2;
paskirstytosios kintamosios apkrovos v dydis	v = 3,40 kN/m^2.
Medžio stipris	R_{med} = 10 MPa;
plieno stipris	R_{pl} = 200 MPa.

Schema:



Parengė doc. J. Nagevičius

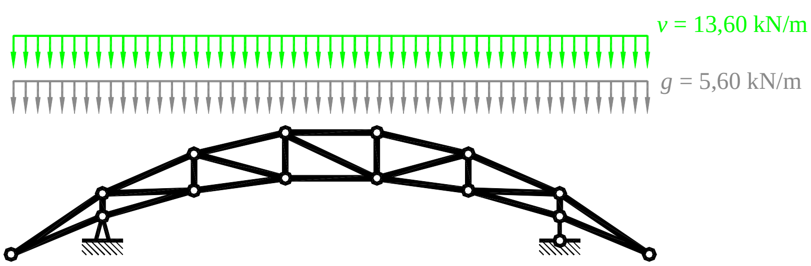
1. Apskaičiuojame mazginę apkrovą



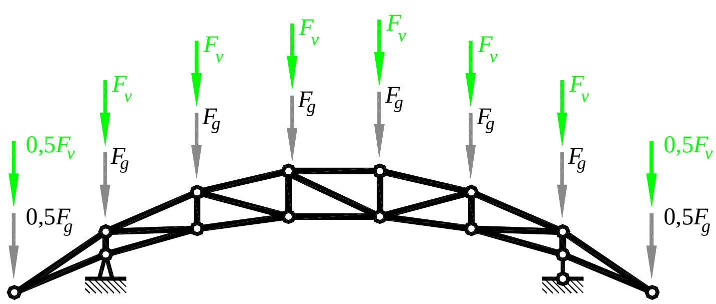
Santvarai tenka nuolatinė apkrova $g = 1{,}40 \times 4{,}00 = 5{,}60\ \mathrm{kN/m}$; ir

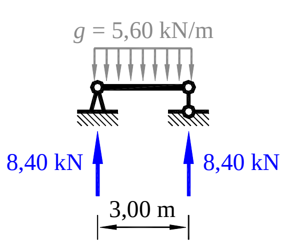
kintamoji apkrova $v = 3{,}40 \times 4{,}00 = 13{,}60\ \mathrm{kN/m}$.

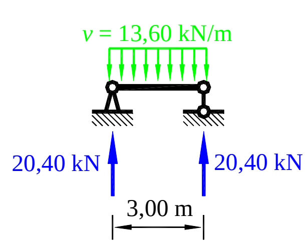
1.1. Pirmasis santvaros apkrovimo derinys



Paskirstytąjį krūvį keičiame į sutelktąsias jėgas, kurios veiks santvaros mazguose



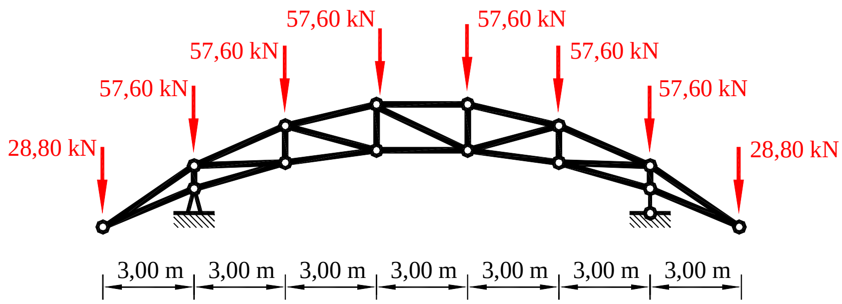




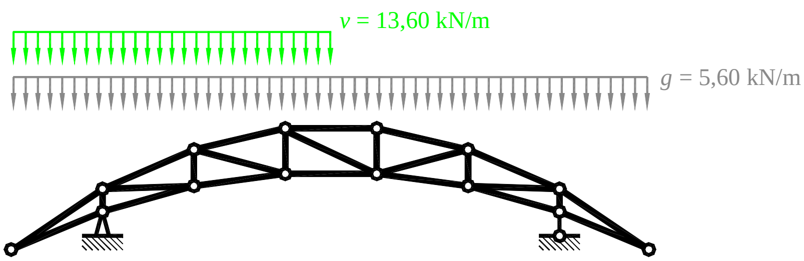
$0{,}5F_g = 8{,}40$ kN; $F_g = 16{,}80$ kN; $0{,}5F_v = 20{,}40$ kN; $F_v = 40{,}80$ kN.

Parengė doc. J. Nagevičius

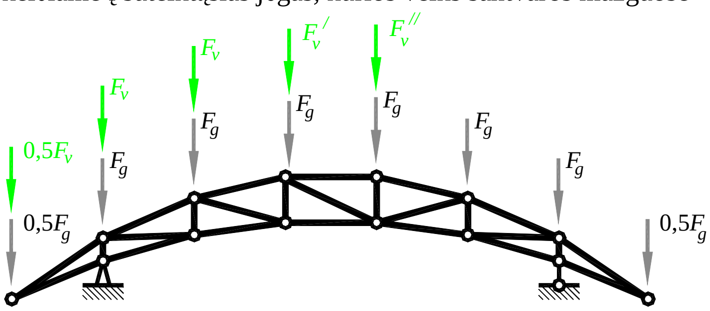
Taigi, esant pirmajam santvaros apkrovimo deriniui, mazginė apkrova bus:

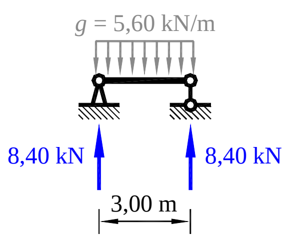


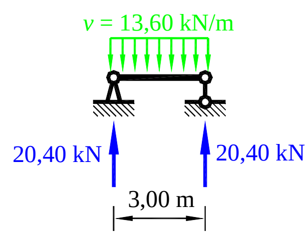
1.2. <u>Antrasis santvaros apkrovimo derinys</u>

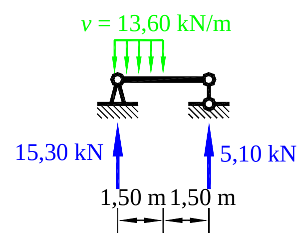


Paskirstytąjį krūvį keičiame į sutelktąsias jėgas, kurios veiks santvaros mazguose



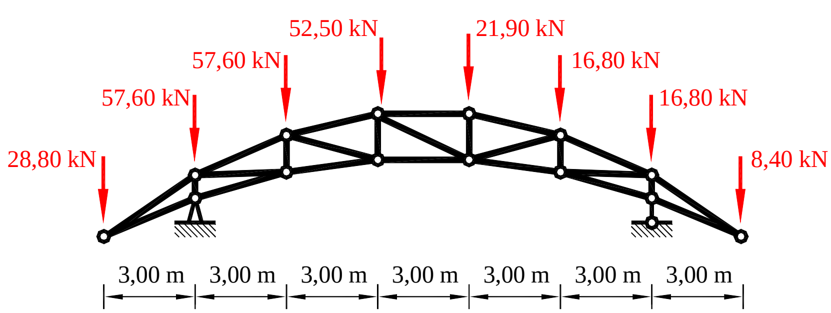




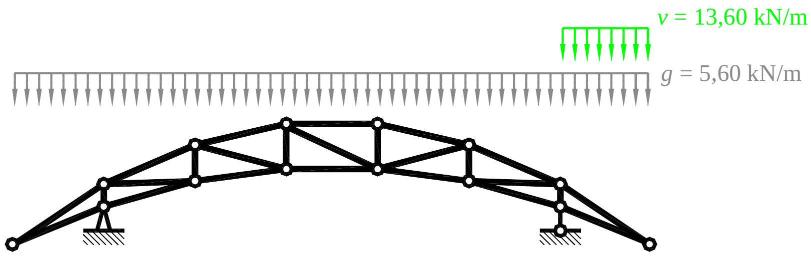


$0{,}5F_g = 8{,}40$ kN; $F_g = 16{,}80$ kN; $0{,}5F_v = 20{,}40$ kN; $F_v = 40{,}80$ kN; $F_v^{/} = 20{,}40 + 15{,}30 = 35{,}70$ kN;
$F_v^{//} = 5{,}10$ kN.

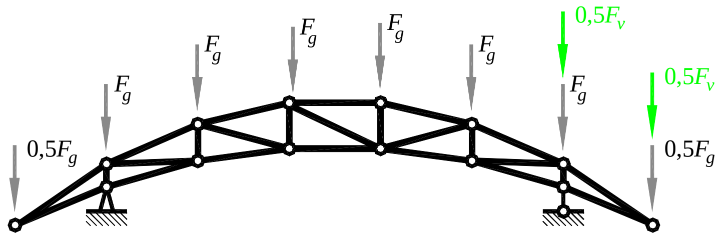
Taigi, esant antrajam santvaros apkrovimo deriniui, mazginė apkrova bus:



1.3. Trečiasis santvaros apkrovimo derinys

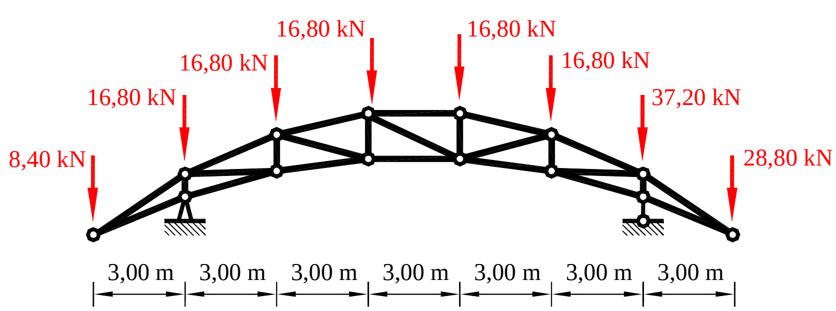


Paskirstytąjį krūvį keičiame į sutelktąsias jėgas, kurios veiks santvaros mazguose



$0{,}5F_g = 8{,}40$ kN; $\quad F_g = 16{,}80$ kN; $\quad 0{,}5F_v = 20{,}40$ kN; $\quad F_v = 40{,}80$ kN.

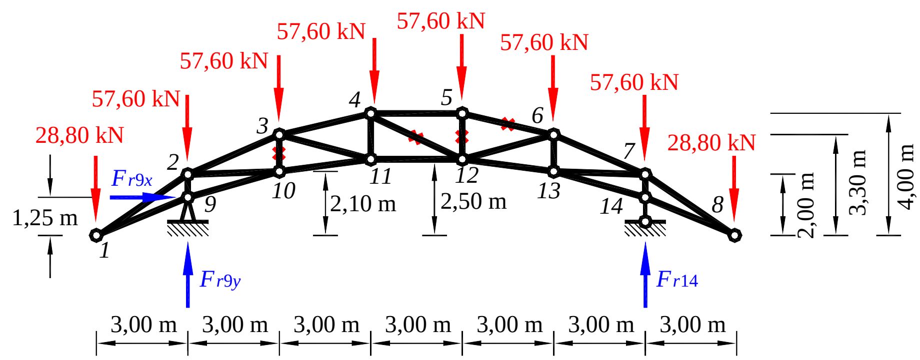
Taigi, esant trečiajam santvaros apkrovimo deriniui, mazginė apkrova bus:



Parengė doc. J. Nagevičius

2. APSKAIČIUOJAME ATRAMINES REAKCIJAS

2.1. Esant pirmajam santvaros apkrovimo deriniui



$$\begin{cases} \sum F_x = 0; \\ \sum F_y = 0; \\ \sum M_i = 0. \end{cases}$$

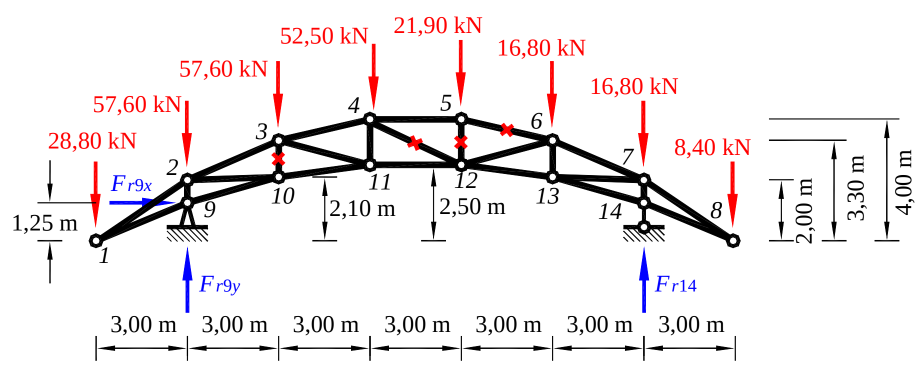
Iš pirmosios pusiausvyros lygties $\sum F_x = 0;$ randame $\boxed{F_{r9x} = 0.}$

Parašome antrąją pusiausvyros lygtį $\sum F_y = 0;$ $\uparrow \oplus$

$F_{r9y} + F_{r14} - 57{,}60 \cdot 6 - 28{,}80 \cdot 2 = 0;$ $F_{r9y} + F_{r14} - 403{,}20 = 0;$ Apkrova ir atramos yra simetrinės.

$$\boxed{F_{r9y} = F_{r14} = 201{,}60\,\text{kN}.}$$

2.2. Esant antrajam santvaros apkrovimo deriniui



$$\begin{cases} \sum F_x = 0; \\ \sum F_y = 0; \\ \sum M_i = 0. \end{cases}$$

Iš pirmosios pusiausvyros lygties $\sum F_x = 0;$ randame $\boxed{F_{r9x} = 0.}$

Parašome trečiąją pusiausvyros lygtį $\sum M_9 = 0;$ $\circlearrowleft \oplus$

$$-28{,}80 \cdot 3{,}00 + 57{,}60 \cdot 3{,}00 + 52{,}50 \cdot 6{,}00 + 21{,}90 \cdot 9{,}00 + 16{,}80 \cdot 12{,}00 + 16{,}80 \cdot 15{,}00 - F_{r14} \cdot 15{,}00 +$$
$$+ 8{,}40 \cdot 18{,}00 = 0;$$

$$1203{,}30 - F_{r14} \cdot 15{,}00 = 0; \quad F_{r14} = \frac{1203{,}30}{15{,}00} = 80{,}22; \quad \boxed{F_{r14} = 80{,}22\,\text{kN}.}$$

Parašome antrąją pusiausvyros lygtį $\sum F_y = 0;$ ↑⊕

$$F_{r9y} + 80{,}22 - 28{,}80 - 57{,}60 \cdot 2 - 52{,}50 - 21{,}90 - 16{,}80 \cdot 2 - 8{,}40 = 0; \quad F_{r9y} - 180{,}18 = 0;$$

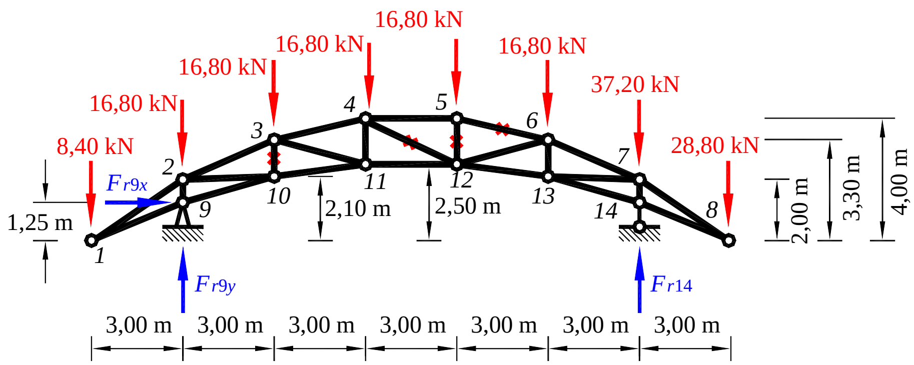
$$\boxed{F_{r9y} = 180{,}18\,\text{kN}.}$$

Patikrinimui dar kartą parašome trečiąją pusiausvyros lygtį, bet atžvilgiu *14* taško $\sum M_{14} = 0;$ ⊕

$$8{,}40 \cdot 3{,}00 - 16{,}80 \cdot 3{,}00 - 21{,}90 \cdot 6{,}00 - 52{,}50 \cdot 9{,}00 - 57{,}60 \cdot 12{,}00 - 57{,}60 \cdot 15{,}00 + 180{,}18 \cdot 15{,}00 -$$
$$- 28{,}80 \cdot 18{,}00 = 0;$$

$2727{,}90 - 2727{,}90 = 0;$ Gerai!

2.3. <u>Esant trečiajam santvaros apkrovimo deriniui</u>



$$\begin{cases} \sum F_x = 0; \\ \sum F_y = 0; \\ \sum M_i = 0. \end{cases}$$

Iš pirmosios pusiausvyros lygties $\sum F_x = 0;$ randame $\boxed{F_{r9x} = 0.}$

Parašome trečiąją pusiausvyros lygtį $\sum M_9 = 0;$ ⊕

$$-8{,}40 \cdot 3{,}00 + 16{,}80 \cdot 3{,}00 + 16{,}80 \cdot 6{,}00 + 16{,}80 \cdot 9{,}00 + 16{,}80 \cdot 12{,}00 + 37{,}20 \cdot 15{,}00 - F_{r14} \cdot 15{,}00 +$$
$$+ 28{,}80 \cdot 18{,}00 = 0;$$

$$1555{,}20 - F_{r14} \cdot 15{,}00 = 0; \quad F_{r14} = \frac{1555{,}20}{15{,}00} = 103{,}68; \quad \boxed{F_{r14} = 103{,}68\,\text{kN}.}$$

Parašome antrąją pusiausvyros lygtį $\sum F_y = 0;$ ↑⊕

$$F_{r9y} + 103{,}68 - 8{,}40 - 16{,}80 \cdot 5 - 37{,}20 - 28{,}80 = 0; \quad F_{r9y} - 54{,}72 = 0;$$

$$\boxed{F_{r9y} = 54{,}72\,\text{kN}.}$$

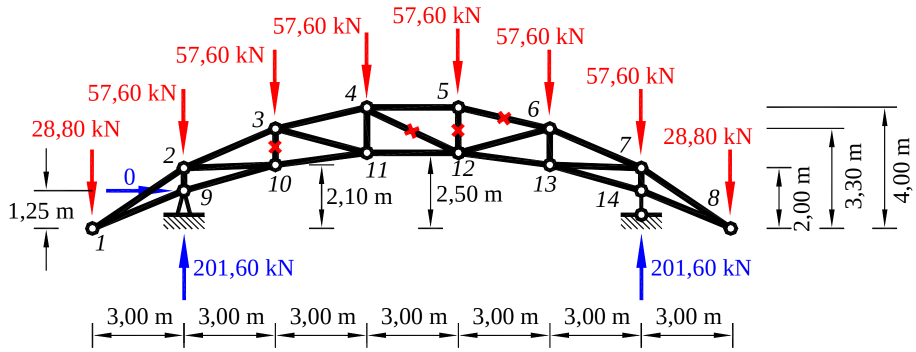
Patikrinimui dar kartą parašome trečiąją pusiausvyros lygtį, bet atžvilgiu *14* taško $\sum M_{14} = 0;$ ⊕

$$28{,}80 \cdot 3{,}00 - 16{,}80 \cdot 3{,}00 - 16{,}80 \cdot 6{,}00 - 16{,}80 \cdot 9{,}00 - 16{,}80 \cdot 12{,}00 - 16{,}80 \cdot 15{,}00 + 54{,}72 \cdot 15{,}00 -$$
$$- 8{,}40 \cdot 18{,}00 = 0;$$

$907{,}20 - 907{,}20 = 0;$ Gerai!

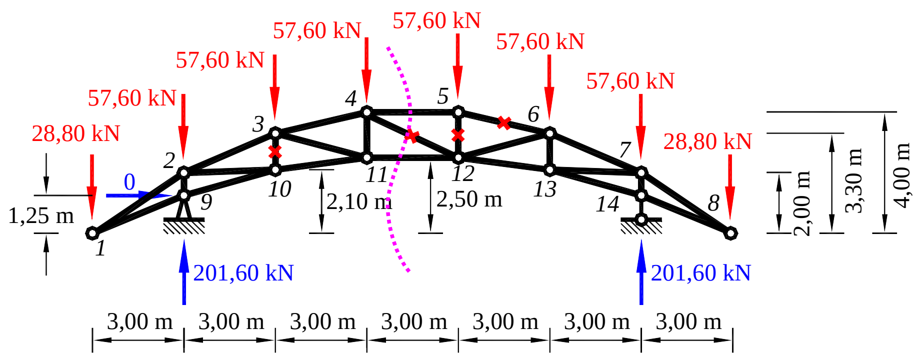
3. Apskaičiuojame pažymėtų strypų ašines jėgas

3.1. Pirmasis santvaros apkrovimo derinys

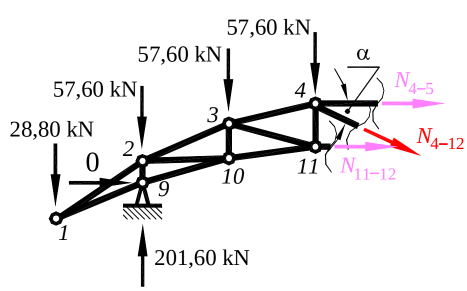


3.1.1. Apskaičiuojame strypo *4–12* ašinę jėgą

Perpjauname santvarą per strypus: *4–5*, *4–12* ir *11–12*.



Pasiliekame jos kairiąją pusę. Atmestąją dešiniąją pusę keičiame ašinėmis jėgomis: $N_{4\text{–}5}$, $N_{4\text{–}12}$ ir $N_{11\text{–}12}$.



$$\sum F_y = 0; \quad \uparrow \oplus$$

$$201{,}60 - 28{,}80 - 57{,}60 \cdot 3 - N_{4\text{–}12} \cdot \sin\alpha = 0;$$

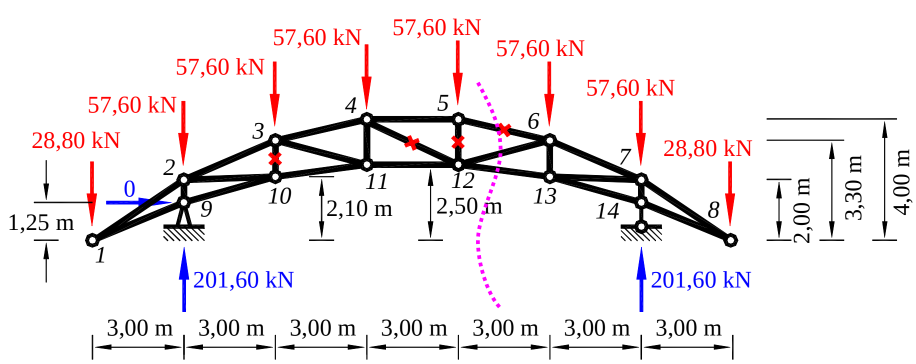
$$N_{4\text{–}12} = -\frac{0}{0{,}4472} = 0 \text{ kN}.$$

$$\boxed{N_{4\text{–}12} = 0 \text{ kN}.}$$

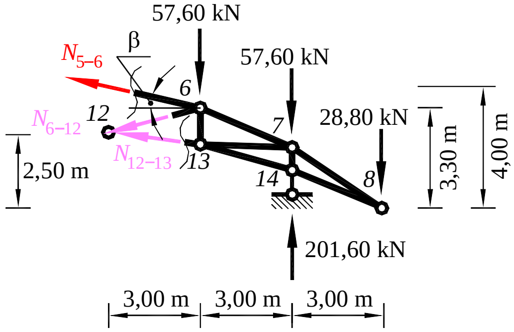
$$\sin\alpha = \frac{4{,}00 - 2{,}50}{\sqrt{1{,}50^2 + 3{,}00^2}} = 0{,}4472.$$

3.1.2. Apskaičiuojame strypo *5–6* ašinę jėgą

Perpjauname santvarą per strypus: *5–6*, *6–12* ir *12–13*.



Pasiliekame jos dešiniąją pusę. Atmestąją kairiąją pusę keičiame ašinėmis jėgomis: $N_{5\text{–}6}$, $N_{6\text{–}12}$ ir $N_{12\text{–}13}$.



$$\sum M_{12}=0; \quad \oplus$$

$$57{,}60\cdot 3{,}00+57{,}60\cdot 6{,}00+$$
$$28{,}80\cdot 9{,}00-201{,}60\cdot 6{,}00-$$
$$N_{5-6}\cdot\cos\beta\cdot(4{,}00-2{,}50)=0;$$

$$N_{5-6}=-\frac{432{,}00}{1{,}4608}=-295{,}73\text{ kN}.$$

$$\boxed{N_{5-6}=-295{,}73\text{ kN}.}$$

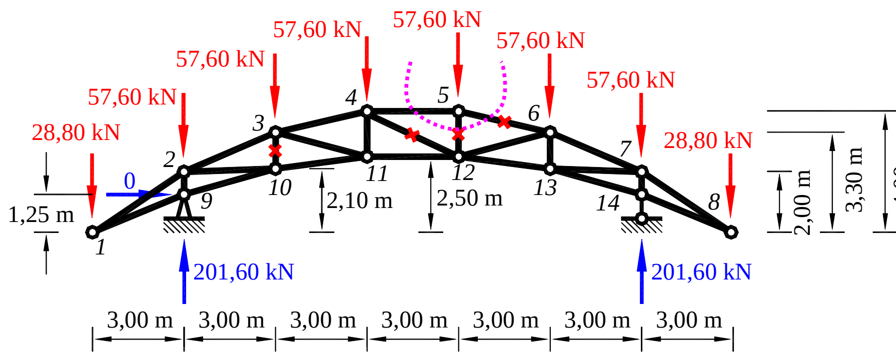
Strypas gniuždomas

$$\sin\beta=\frac{4{,}00-3{,}30}{\sqrt{0{,}70^2+3{,}00^2}}=0{,}2272;$$

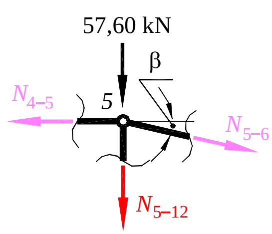
$$\cos\beta=\frac{3{,}00}{\sqrt{0{,}70^2+3{,}00^2}}=0{,}9738.$$

3.1.3. Apskaičiuojame strypo *5–12* ašinę jėgą

Išpjauname santvaros *5* mazgą.



Pasiliekame santvaros *5* mazgą. Atmestąją santvaros dalį keičiame ašinėmis jėgomis: N_{4-5}, N_{5-12} ir N_{5-6}.



$$\sum F_y=0; \quad \uparrow\oplus$$

$$-57{,}60-N_{5-6}\cdot\sin\beta-N_{5-12}=0;$$

$$-57{,}60-(-295{,}73)\cdot 0{,}2272-N_{5-12}=0;$$

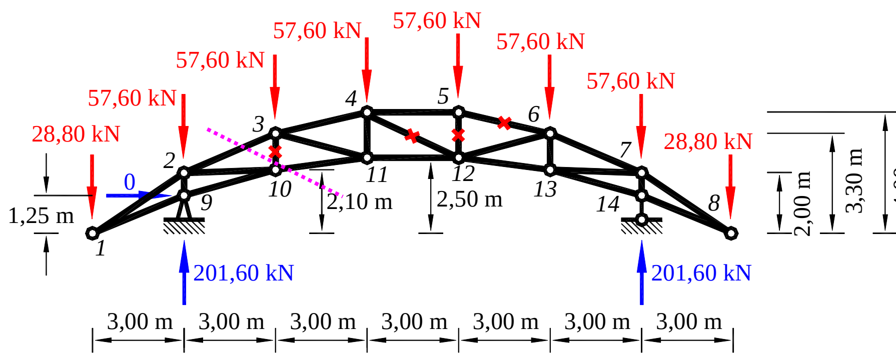
$$\boxed{N_{5-12}=9{,}59\text{ kN}.}$$

Strypas tempiamas

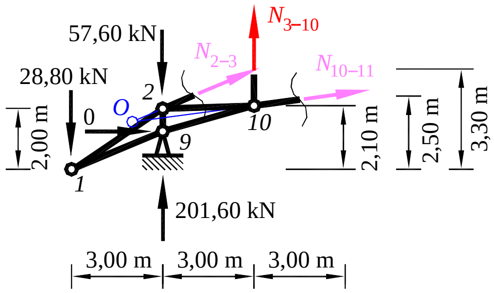
$\sin\beta=0{,}2272;$
$\cos\beta=0{,}9738.$

3.1.4. Apskaičiuojame strypo *3–10* ašinę jėgą

Perpjauname santvarą per strypus: *2–3*, *3–10* ir *10–11*.



Pasiliekame jos kairiąją pusę. Atmestąją dešiniąją dalį keičiame ašinėmis jėgomis: N_{2-3}, N_{3-10} ir N_{10-11}.



$$\sum M_O = 0;$$

$$57{,}60 \cdot 1{,}00 - N_{3-10} \cdot 4{,}00 -$$
$$28{,}80 \cdot 2{,}00 - 201{,}60 \cdot 1{,}00 = 0;$$

$$N_{3-10} = -\frac{201{,}60}{4{,}00} = -50{,}40 \text{ kN}.$$

$$\boxed{N_{3-10} = -50{,}40 \text{ kN}.}$$

Strypas gniuždomas

Rasime, taško O, kuriame susikerta tiesės, einančios per mazgus 2–3 ir 10–11, koordinates.

Tiesės, einančios per mazgus 2–3 lygtis

Mazgo 2 koordinatės: $x_2 = 3{,}00$; $y_2 = 2{,}00$;
mazgo 3 koordinatės: $x_3 = 6{,}00$; $y_3 = 3{,}30$.

$$\frac{y - y_2}{y_3 - y_2} = \frac{x - x_2}{x_3 - x_2}; \qquad \frac{y - 2{,}00}{3{,}30 - 2{,}00} = \frac{x - 3{,}00}{6{,}00 - 3{,}00};$$

$$\underline{1{,}3x - 3y + 2{,}1 = 0.}$$

Tiesės, einančios per mazgus 10–11 lygtis

Mazgo 10 koordinatės: $x_{10} = 6{,}00$; $y_{10} = 2{,}10$;
mazgo 11 koordinatės: $x_{11} = 9{,}00$; $y_{11} = 2{,}50$.

$$\frac{y - y_{10}}{y_{11} - y_{10}} = \frac{x - x_{10}}{x_{11} - x_{10}}; \qquad \frac{y - 2{,}10}{2{,}50 - 2{,}10} = \frac{x - 6{,}00}{9{,}00 - 6{,}00};$$

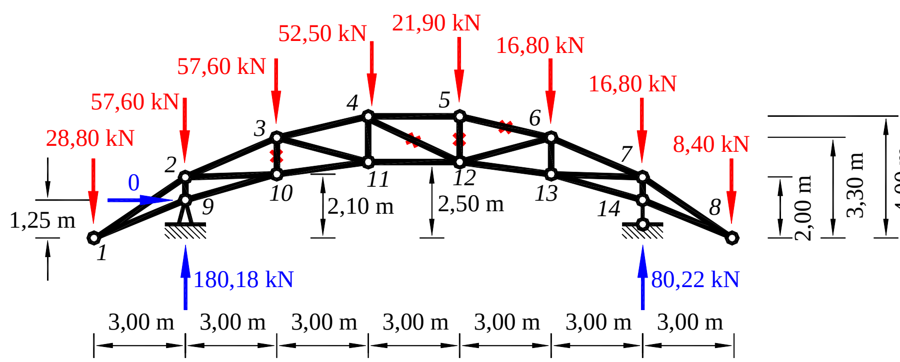
$$\underline{0{,}4x - 3y + 3{,}9 = 0.}$$

Tiesių 2–3 ir 10–11 susikirtimo taško koordinatės:

$$\begin{cases} 1{,}3x - 3y + 2{,}1 = 0, \\ 0{,}4x - 3y + 3{,}9 = 0. \end{cases}$$

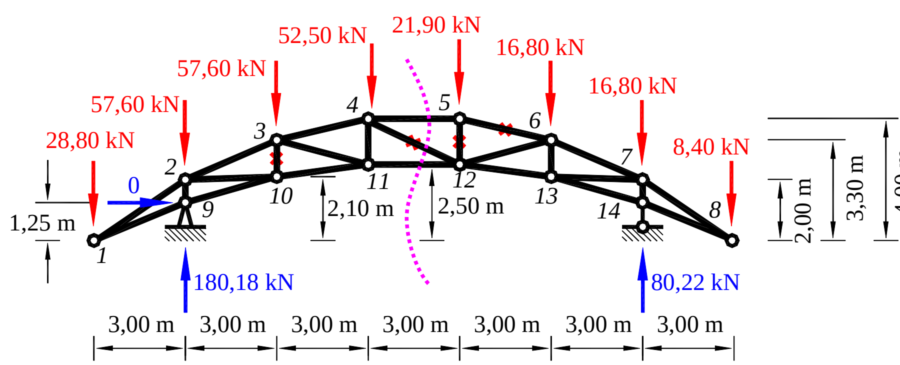
$$\underline{x_O = 2{,}00 \text{ m}; \; y_O = 1{,}5667 \text{ m}.}$$

3.2. Antrasis santvaros apkrovimo derinys

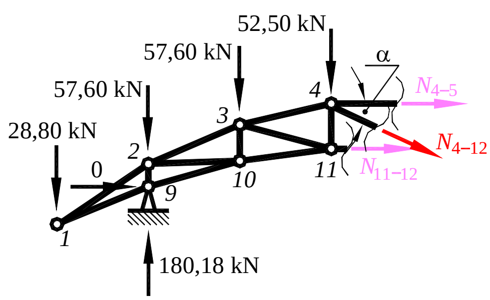


3.2.1. Apskaičiuojame strypo *4–12* ašinę jėgą

Perpjauname santvarą per strypus: *4–5*, *4–12* ir *11–12*.



Pasiliekame jos kairiąją pusę. Atmestąją dešiniąją pusę keičiame ašinėmis jėgomis: N_{4-5}, N_{4-12} ir N_{11-12}.



$$\sum F_y = 0; \quad \uparrow \oplus$$

$$180{,}18 - 28{,}80 - 57{,}60 \cdot 2 - 52{,}50 -$$
$$- N_{4-12} \cdot \sin\alpha = 0;$$

$$N_{4-12} = -\frac{16{,}32}{0{,}4472} = -36{,}49 \text{ kN}.$$

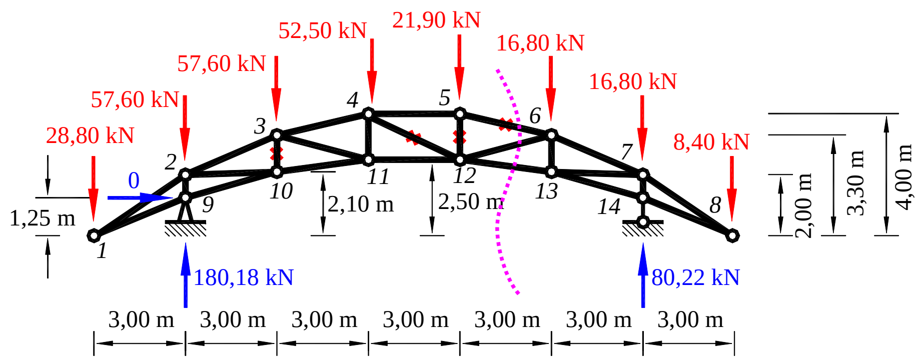
$$\boxed{N_{4-12} = -36{,}49 \text{ kN}.}$$

Strypas gniuždomas

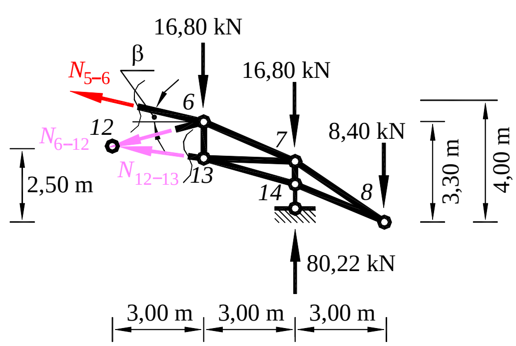
Esame apskaičiavę $\sin\alpha = 0{,}4472$.

3.2.2. Apskaičiuojame strypo *5–6* ašinę jėgą

Perpjauname santvarą per strypus: *5–6*, *6–12* ir *12–13*.



Pasiliekame jos dešiniąją pusę. Atmestąją kairiąją pusę keičiame ašinėmis jėgomis: N_{5-6}, N_{6-12} ir N_{12-13}.



$$\sum M_{12} = 0; \quad \circlearrowleft \oplus$$

$$16{,}80 \cdot 3{,}00 + 16{,}80 \cdot 6{,}00 +$$
$$8{,}40 \cdot 9{,}00 - 80{,}22 \cdot 6{,}00 -$$
$$N_{5-6} \cdot \cos\beta \cdot (4{,}00 - 2{,}50) = 0;$$

$$N_{5-6} = -\frac{254{,}52}{1{,}4608} = -174{,}23 \text{ kN}.$$

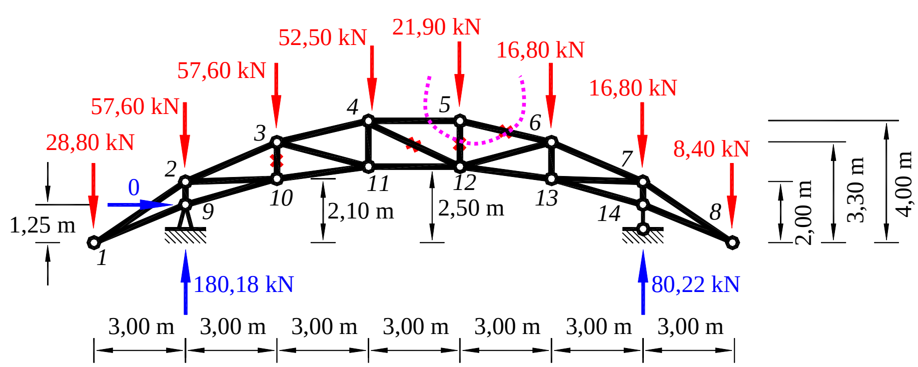
$$\boxed{N_{5-6} = -174{,}23 \text{ kN}.}$$

Strypas gniuždomas

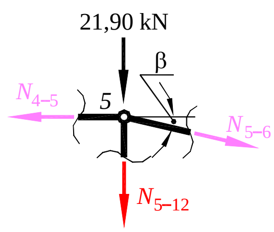
Esame apskaičiavę $\cos\beta = 0{,}9738$.

3.2.3. Apskaičiuojame strypo *5–12* ašinę jėgą

Išpjauname santvaros *5* mazgą.



Pasiliekame santvaros *5* mazgą. Atmestąją santvaros dalį keičiame ašinėmis jėgomis: N_{4-5}, N_{5-12} ir N_{5-6}.



$$\sum F_y = 0;$$

$$-21{,}90 - N_{5-6}\cdot\sin\beta - N_{5-12} = 0;$$

$$-21{,}90 - (-174{,}23)\cdot 0{,}2272 - N_{5-12} = 0;$$

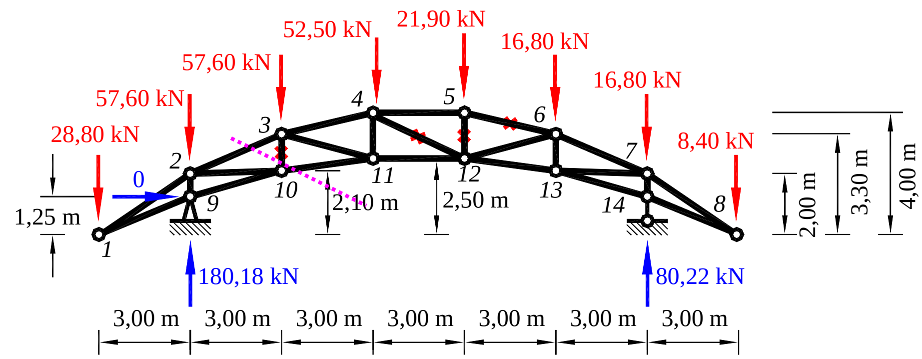
$$\boxed{N_{5-12} = 17{,}69 \text{ kN.}}$$

Strypas tempiamas

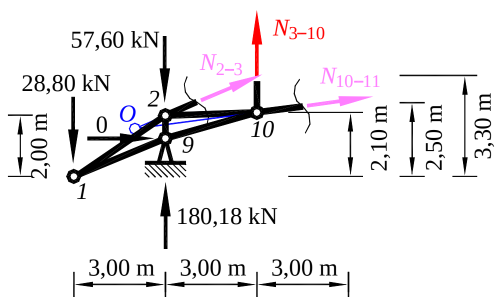
Esame apskaičiavę $\sin\beta = 0{,}2272.$

3.2.4. Apskaičiuojame strypo *3–10* ašinę jėgą

Perpjauname santvarą per strypus: *2–3*, *3–10* ir *10–11*.



Pasiliekame jos kairiąją pusę. Atmestąją dešiniąją dalį keičiame ašinėmis jėgomis: N_{2-3}, N_{3-10} ir N_{10-11}.



$$\sum M_O = 0;$$

$$57{,}60\cdot 1{,}00 - N_{3-10}\cdot 4{,}00 -$$

$$28{,}80\cdot 2{,}00 - 180{,}18\cdot 1{,}00 = 0;$$

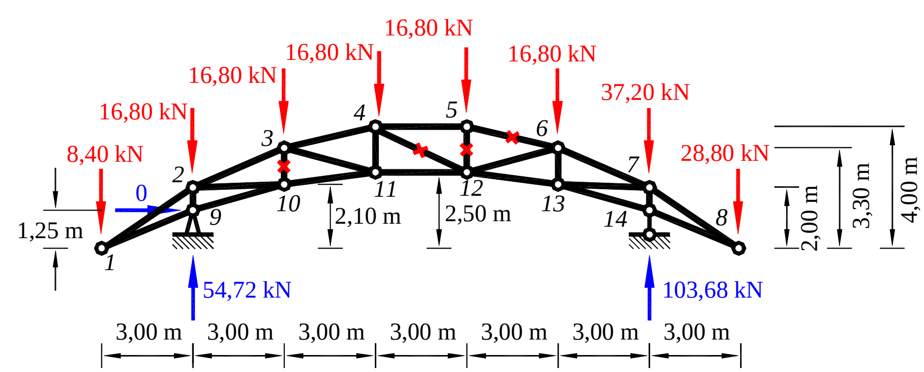
$$N_{3-10} = -\frac{180{,}18}{4{,}00} = -45{,}04 \text{ kN.}$$

$$\boxed{N_{3-10} = -45{,}04 \text{ kN.}}$$

Strypas gniuždomas

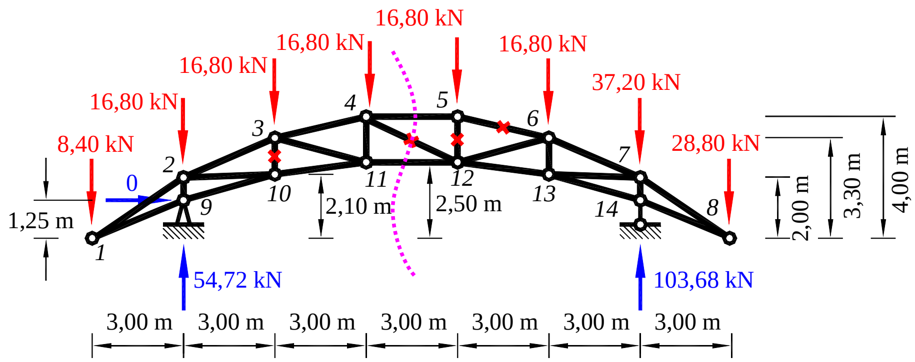
Tiesių *2–3* ir *10–11* susikirtimo taško koordinates esame apskaičiavę $x_O = 2{,}00$ m; $y_O = 1{,}5667$

3.3. <u>Trečiasis santvaros apkrovimo derinys</u>

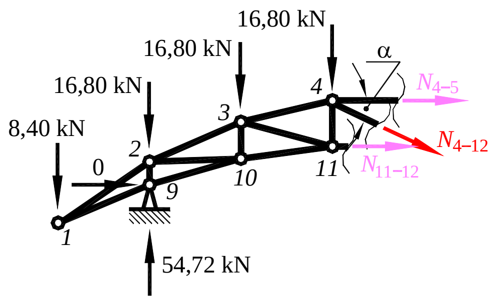


3.3.1. Apskaičiuojame strypo *4–12* ašinę jėgą

Perpjauname santvarą per strypus: *4–5*, *4–12* ir *11–12*.



Pasiliekame jos kairiąją pusę. Atmestąją dešiniąją pusę keičiame ašinėmis jėgomis: $N_{4\text{–}5}$, $N_{4\text{–}12}$ ir $N_{11\text{–}12}$.



$$\sum F_y = 0; \quad \uparrow \oplus$$

$$54{,}72 - 8{,}40 - 16{,}80 \cdot 3 - N_{4\text{–}12} \cdot \sin\alpha = 0;$$

$$N_{4\text{–}12} = -\frac{4{,}08}{0{,}4472} = -9{,}12 \text{ kN}.$$

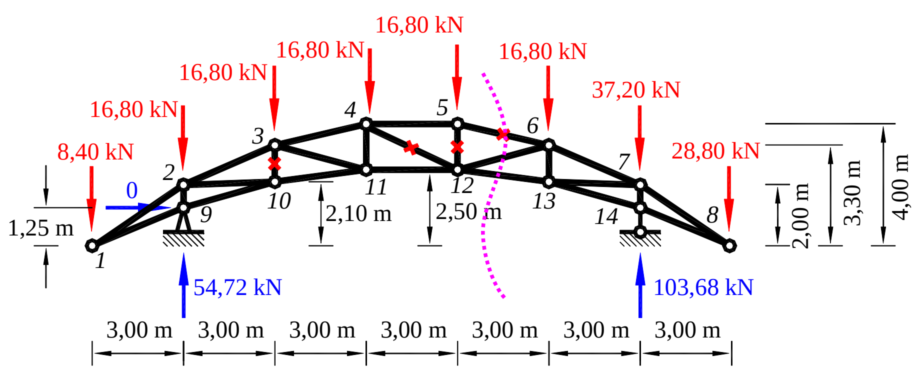
$$\boxed{N_{4\text{–}12} = -9{,}12 \text{ kN}.}$$

Strypas gniuždomas

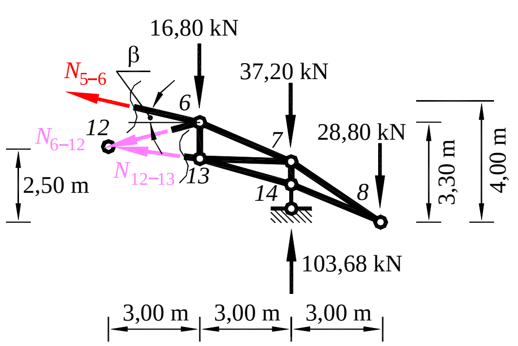
Esame apskaičiavę $\sin\alpha = 0{,}4472$.

3.3.2. Apskaičiuojame strypo *5–6* ašinę jėgą

Perpjauname santvarą per strypus: *5–6*, *6–12* ir *12–13*.



Pasiliekame jos dešiniąją pusę. Atmestąją kairiąją pusę keičiame ašinėmis jėgomis: $N_{5\text{–}6}$, $N_{6\text{–}12}$ ir $N_{12\text{–}13}$.



$$\sum M_{12} = 0; \quad \circlearrowleft \oplus$$

$$16{,}80 \cdot 3{,}00 + 37{,}20 \cdot 6{,}00 + 28{,}80 \cdot 9{,}00 - 103{,}68 \cdot 6{,}00 - N_{5\text{–}6} \cdot \cos\beta \cdot (4{,}00 - 2{,}50) = 0;$$

$$N_{5\text{–}6} = -\frac{89{,}28}{1{,}4608} = -61{,}12 \text{ kN}.$$

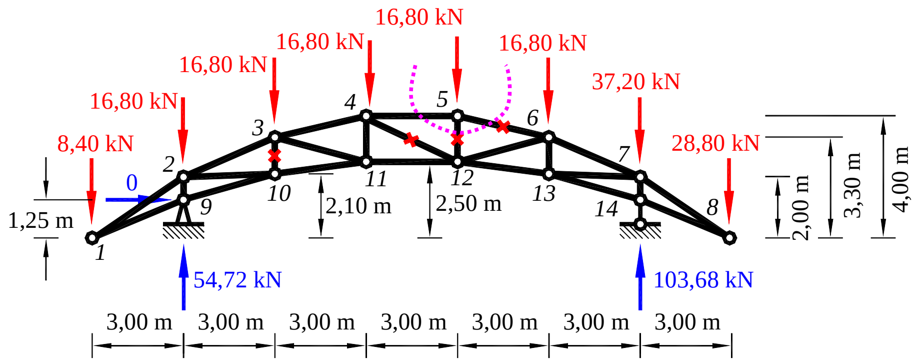
$$\boxed{N_{5\text{–}6} = -61{,}12 \text{ kN}.}$$

Strypas gniuždomas

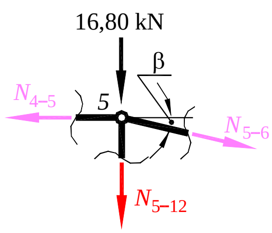
Esame apskaičiavę $\cos\beta = 0{,}9738$.

3.3.3. Apskaičiuojame strypo *5–12* ašinę jėgą

Išpjauname santvaros *5* mazgą.



Pasiliekame santvaros *5* mazgą. Atmestąją santvaros dalį keičiame ašinėmis jėgomis: N_{4-5}, N_{5-12} ir N_{5-6}.



$$\sum F_y = 0; \quad \uparrow\oplus$$

$$-16{,}80 - N_{5-6} \cdot \sin\beta - N_{5-12} = 0;$$

$$-16{,}80 - (-61{,}12) \cdot 0{,}2272 - N_{5-12} = 0;$$

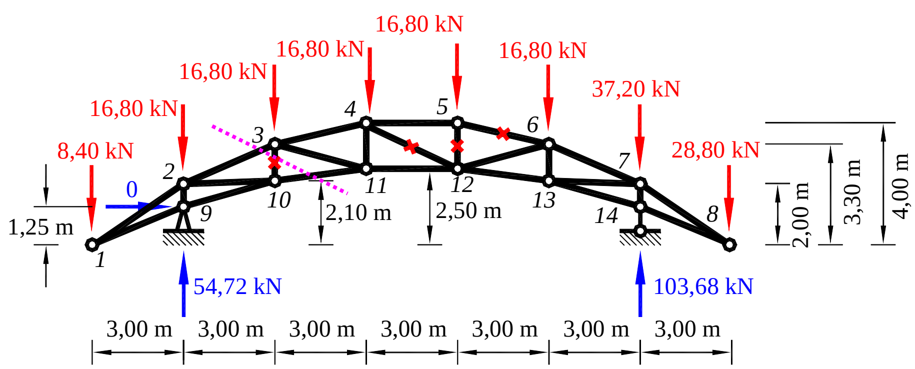
$$\boxed{N_{5-12} = -2{,}91 \text{ kN.}}$$

Strypas gniuždomas

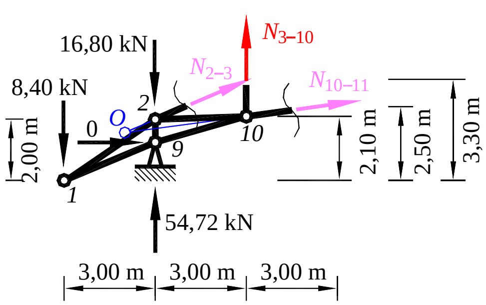
Esame apskaičiavę $\sin\beta = 0{,}2272$.

3.3.4. Apskaičiuojame strypo *3–10* ašinę jėgą

Perpjauname santvarą per strypus: *2–3*, *3–10* ir *10–11*.



Pasiliekame jos kairiąją pusę. Atmestąją dešiniąją dalį keičiame ašinėmis jėgomis: N_{2-3}, N_{3-10} ir N_{10-11}.



$$\sum M_O = 0; \quad \circlearrowleft\oplus$$

$$16{,}80 \cdot 1{,}00 - N_{3-10} \cdot 4{,}00 -$$

$$8{,}40 \cdot 2{,}00 - 54{,}72 \cdot 1{,}00 = 0;$$

$$N_{3-10} = -\frac{54{,}72}{4{,}00} = -13{,}68 \text{ kN.}$$

$$\boxed{N_{3-10} = -13{,}68 \text{ kN.}}$$

Strypas gniuždomas

Tiesių *2–3* ir *10–11* susikirtimo taško koordinates esame apskaičiavę $x_O = 2{,}00$ m; $y_O = 1{,}5667$ m

4. IŠRENKAME PAŽYMĖTŲ STRYPŲ DIDŽIAUSIAS IR MAŽIAUSIAS AŠINIŲ JĖGŲ REIKŠMES

Ašinės jėgos	Reikšmės kN				
	Pirmasis apkrovimo derinys	Antrasis apkrovimo derinys	Trečiasis apkrovimo derinys	max	min
N_{4-12}	0	–36,49	–9,12	**0**	**–36,49**
N_{5-6}	–295,73	–174,23	–61,12	**0**	**–295,73**
N_{5-12}	9,59	17,69	–2,91	**17,69**	**–2,91**
N_{3-10}	–50,40	–45,04	–13,68	**0**	**–50,40**

5. PARENKAME PAŽYMĖTŲ STRYPŲ SKERSPJŪVIUS

5.1. Strypui *4–12*

Strypas yra gniuždomas ašinės jėgos 36,49 kN. Strypo ilgis $l_{4-12} = \sqrt{(4{,}00-2{,}50)^2 + 3{,}00^2} = 3{,}354\ \text{m}.$

5.1.1. Parenkame plieninį valcuotą dvitėjį (iš ГОСТ sortimento) Nr. 14. Jo skerspjūvio plotas A = 17,4 cm^2, minimalus skerspjūvio inercijos spindulys $i_{\min}$ = 1,55 cm. Strypo liaunis

$$\lambda_{4-12} = \frac{\mu \cdot l_{4-12}}{i_{4-12}} = \frac{1 \cdot 335{,}4}{1{,}55} = 216{,}39.$$

Iš klupdomų strypų lentelės apskaičiuojame įtempių sumažinimo koeficientą. Kai plieno skaičiuojamasis stipris R_{pl} = 200,00 MPa, prie λ = 220 φ = 0,16; prie λ = 210 φ = 0,174.

$$\varphi = 0{,}16 + \frac{0{,}174-0{,}16}{220-210} \cdot (220-216{,}39) = 0{,}165.$$

Apskaičiuojame plieninio strypo įtempį

$$\sigma_{4-12} = \frac{N_{4-12}}{\varphi \cdot A_{4-12}} = \frac{-36{,}49 \cdot 10^3}{0{,}165 \cdot 17{,}4 \cdot 10^{-4}} = -127{,}10 \cdot 10^6\ \text{Pa}.$$

$$|\sigma_{4-12}| = |-127{,}10 \cdot 10^6| < R_{pl} = 200 \cdot 10^6\ \text{Pa}.$$

Mažesnis dvitėjas (Nr. 12, A = 14,7 cm^2, $i_{\min}$ = 1,38 cm) yra per liaunas: $\lambda = \frac{1 \cdot 335{,}4}{1{,}38} = 243{,}04$;

lentelėje $\lambda_{rib,pl} = 220.$

5.1.2. Parenkame medinį kvadratinį skerspjūvį 12x12 cm. Jo skerspjūvio plotas A = 144 cm^2, skerspjūvio inercijos spindulys $i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{a^4}{12 \cdot a^2}} = 0{,}2887 \cdot a = 0{,}2887 \cdot 12 = 3{,}46\ \text{cm}.$ Strypo liaunis

$$\lambda_{4-12} = \frac{\mu \cdot l_{4-12}}{i_{4-12}} = \frac{1 \cdot 335{,}4}{3{,}46} = 96{,}94.$$

Iš klupdomų strypų lentelės apskaičiuojame įtempių sumažinimo koeficientą. Mediniam skerspjūviui, kai λ = 90 φ = 0,37; kai λ = 100 φ = 0,30.

$$\varphi = 0{,}30 + \frac{0{,}37-0{,}30}{100-90} \cdot (100-96{,}94) = 0{,}321.$$

Apskaičiuojame medinio strypo įtempį

$$\sigma_{4-12} = \frac{N_{4-12}}{\varphi \cdot A_{4-12}} = \frac{-36{,}49 \cdot 10^3}{0{,}321 \cdot 144 \cdot 10^{-4}} = -7{,}89 \cdot 10^6\ \text{Pa}.$$

$$|\sigma_{4-12}| = |-7{,}89 \cdot 10^6| < R_{med} = 10 \cdot 10^6\ \text{Pa}.$$

Mažesnis skerspjūvis (11x11, A = 121 cm^2, $i=0{,}2887\cdot 11=3{,}18$ cm) nelaikys: $\lambda=\dfrac{1\cdot 335{,}4}{3{,}18}=105{,}47$; iš lentelės $\varphi=0{,}248+\dfrac{0{,}30-0{,}248}{110-100}\cdot(110-105{,}47)=0{,}272$; $\sigma=\dfrac{-36{,}49\cdot 10^3}{0{,}272\cdot 121\cdot 10^{-4}}=-11{,}09\cdot 10^6$ Pa;

$|\sigma|=\left|-11{,}09\cdot 10^6\right|>R_{med}=10\cdot 10^6$ Pa.

5.2. <u>Strypui 5–6</u>

Strypas yra gniuždomas ašinės jėgos 295,73 kN. Strypo ilgis $l_{5-6}=\sqrt{(4{,}00-3{,}30)^2+3{,}00^2}=3{,}081$ m.

5.2.1. Parenkame plieninį valcuotą dvitėją (iš ГОСТ sortimento) Nr. 22a. Jo skerspjūvio plotas A = 32,8 cm^2, minimalus skerspjūvio inercijos spindulys $i_{\min}$ = 2,50 cm. Strypo liaunis

$$\lambda_{5-6}=\frac{\mu\cdot l_{5-6}}{i_{5-6}}=\frac{1\cdot 308{,}1}{2{,}50}=123{,}24.$$

Iš klupdomų strypų lentelės apskaičiuojame įtempių sumažinimo koeficientą. Kai plieno skaičiuojamasis stipris R_{pl} = 200,00 MPa, prie λ = 130 φ = 0,425; prie λ = 120 φ = 0,479.

$$\varphi=0{,}425+\frac{0{,}479-0{,}425}{130-120}\cdot(130-123{,}25)=0{,}461.$$

Apskaičiuojame plieninio strypo įtempį

$$\sigma_{5-6}=\frac{N_{5-6}}{\varphi\cdot A_{5-6}}=\frac{-295{,}73\cdot 10^3}{0{,}461\cdot 32{,}8\cdot 10^{-4}}=-195{,}58\cdot 10^6\ \text{Pa}.$$

$$\left|\sigma_{5-6}\right|=\left|-195{,}58\cdot 10^6\right|<R_{pl}=200\cdot 10^6\ \text{Pa}.$$

Mažesnis dvitėjas (Nr. 22, A = 30,6 cm^2, $i_{\min}$ = 2,27 cm) nelaikys: $\lambda=\dfrac{1\cdot 308{,}1}{2{,}27}=135{,}73$; iš lentelės $\varphi=0{,}376+\dfrac{0{,}425-0{,}376}{140-130}\cdot(140-135{,}73)=0{,}397$; $\sigma=\dfrac{-295{,}73\cdot 10^3}{0{,}397\cdot 30{,}6\cdot 10^{-4}}=-243{,}44\cdot 10^6$ Pa;

$|\sigma|=\left|-243{,}44\cdot 10^6\right|>R_{pl}=200\cdot 10^6$ Pa.

5.2.2. Parenkame medinį kvadratinį skerspjūvį 20x20 cm. Jo skerspjūvio plotas A = 400 cm^2, skerspjūvio inercijos spindulys $i=0{,}2887\cdot a=0{,}2887\cdot 20=5{,}77$ cm. Strypo liaunis

$$\lambda_{5-6}=\frac{\mu\cdot l_{5-6}}{i_{5-6}}=\frac{1\cdot 308{,}1}{5{,}77}=53{,}40.$$

Iš klupdomų strypų lentelės apskaičiuojame įtempių sumažinimo koeficientą. Mediniam skerspjūviui, kai λ = 50 φ = 0,8; kai λ = 60 φ = 0,712.

$$\varphi=0{,}712+\frac{0{,}8-0{,}712}{60-50}\cdot(60-53{,}40)=0{,}770.$$

Apskaičiuojame medinio strypo įtempį

$$\sigma_{5-6}=\frac{N_{5-6}}{\varphi\cdot A_{5-6}}=\frac{-295{,}73\cdot 10^3}{0{,}770\cdot 400\cdot 10^{-4}}=-9{,}60\cdot 10^6\ \text{Pa}.$$

$$\left|\sigma_{5-6}\right|=\left|-9{,}60\cdot 10^6\right|<R_{med}=10\cdot 10^6\ \text{Pa}.$$

Mažesnis skerspjūvis (19x19, A = 361 cm^2, $i=0{,}2887\cdot 19=5{,}49$ cm) nelaikys: $\lambda=\dfrac{1\cdot 308{,}1}{5{,}49}=56{,}12$; iš lentelės $\varphi=0{,}712+\dfrac{0{,}8-0{,}712}{60-50}\cdot(60-56{,}12)=0{,}745$; $\sigma=\dfrac{-295{,}73\cdot 10^3}{0{,}745\cdot 361\cdot 10^{-4}}=-11{,}00\cdot 10^6$ Pa;

$|\sigma|=\left|-11{,}00\cdot 10^6\right|>R_{med}=10\cdot 10^6$ Pa.

5.3. <u>Strypui 5–12</u>

Strypas yra tempiamas ašinės jėgos 17,69 kN, bei gali būti gniuždomas ašinės jėgos 2,91 kN. Strypo ilgis l_{5-12} = 4,00 – 2,50 = 1,50 m.

5.3.1. Kad strypas *5–12* nuo tempiamos ašinės jėgos nenutrūktų, parenkame plieninį valcuotą dvitėjį.

Tempiamo plieninio strypo stiprumo sąlyga:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq R_{pl} = 200 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

Reikalingas plieninio strypo *5–12* skerspjūvio plotas:

$$A_{5-12} \geq \frac{N}{R_{pl}} = \frac{17{,}69 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^6} = 0{,}884 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 .$$

Parenkame plieninį valcuotą dvitėjį (iš ГОСТ sortimento) Nr. 10. Jo skerspjūvio plotas A = 12,0 cm^2.
Apskaičiuojame plieninio strypo įtempį

$$\sigma_{5-12} = \frac{N_{5-12}}{A_{5-12}} = \frac{17{,}69 \cdot 10^3}{12{,}0 \cdot 10^{-4}} = 14{,}74 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

$$\sigma_{5-12} = 14{,}74 \cdot 10^6 < R_{pl} = 200 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

Strypas *5–12* dar yra ir gniuždomas ašinės jėgos 2,91 kN.

5.3.2. Patikriname, ar jau parinktas plieninis valcuotas dvitėjas (iš ГОСТ sortimento) Nr. 10 nesuklups nuo strypą gniuždančios ašinės jėgos N_{5-12} = 2,91 kN. Jo skerspjūvio plotas A = 12,0 cm^2, minimalus skerspjūvio inercijos spindulys $i_{\min}$ = 1,22 cm. Strypo liaunis

$$\lambda_{5-12} = \frac{\mu \cdot l_{5-12}}{i_{5-12}} = \frac{1 \cdot 150}{1{,}22} = 122{,}96.$$

Iš klupdomų strypų lentelės apskaičiuojame įtempių sumažinimo koeficientą. Kai plieno skaičiuojamasis stipris R_{pl} = 200,00 MPa, prie λ = 130 φ = 0,425; prie λ = 120 φ = 0,479.

$$\varphi = 0{,}425 + \frac{0{,}479 - 0{,}425}{130 - 120} \cdot (130 - 122{,}96) = 0{,}463.$$

Apskaičiuojame gniuždomo plieninio strypo įtempį

$$\sigma_{5-12} = \frac{N_{5-12}}{\varphi \cdot A_{5-12}} = \frac{-2{,}91 \cdot 10^3}{0{,}463 \cdot 12{,}0 \cdot 10^{-4}} = -5{,}24 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

$$\left|\sigma_{5-12}\right| = \left|-5{,}24 \cdot 10^6\right| < R_{pl} = 200 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

Taigi, strypui *5–12* parenkame plieninį valcuotą dvitėjį (iš ГОСТ sortimento) Nr. 10.

5.3.3. Kad strypas *5–12* nuo tempiamos ašinės jėgos nenutrūktų, parenkame medinį tašą.

Tempiamo medinio strypo stiprumo sąlyga:

$$\sigma = \frac{N}{A} \leq R_{med} = 10 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

Reikalingas medinio kvadratinio strypo *5–12* skerspjūvio plotas:

$$A_{5-12} \geq \frac{N}{R_{med}} = \frac{17{,}69 \cdot 10^3}{10 \cdot 10^6} = 17{,}69 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 .$$

Reikalingi medinio kvadratinio strypo *5–12* skerspjūvio matmenys:

$$A_{5-12} = a^2; \;\; a = \sqrt{A_{5-12}} \geq \sqrt{17{,}69 \cdot 10^{-4}} = 0{,}042 \text{ m}.$$

Parenkame medinį kvadratinį skerspjūvį 5x5 cm. Jo skerspjūvio plotas A = 25,0 cm^2. Apskaičiuojame medinio strypo įtempį

$$\sigma_{5-12} = \frac{N_{5-12}}{A_{5-12}} = \frac{17{,}69 \cdot 10^3}{0{,}05 \cdot 0{,}05} = 7{,}08 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

$$\sigma_{5-12} = 7{,}08 \cdot 10^6 < R_{pl} = 10 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

Strypas *5–12* dar yra ir gniuždomas ašinės jėgos 2,91 kN.

5.3.4. Patikriname, ar jau parinktas medinis kvadratinis skerspjūvis 5x5 cm. nesuklups nuo strypą gniuždančios ašinės jėgos N_{5-12} = 2,91 kN. Jo skerspjūvio plotas A = 25 cm^2, skerspjūvio inercijos spindulys $i = 0{,}2887 \cdot a = 0{,}2887 \cdot 5 = 1{,}44$ cm. Strypo liaunis

$$\lambda_{5-12} = \frac{\mu \cdot l_{5-12}}{i_{5-12}} = \frac{1 \cdot 150}{1{,}44} = 104{,}17.$$

Iš klupdomų strypų lentelės apskaičiuojame įtempių sumažinimo koeficientą. Mediniam skerspjūviui, kai λ = 100 φ = 0,30; kai λ = 110 φ = 0,248.

$$\varphi = 0{,}248 + \frac{0{,}30 - 0{,}248}{110 - 100} \cdot (110 - 104{,}17) = 0{,}278.$$

Apskaičiuojame medinio strypo įtempį

$$\sigma_{5-12} = \frac{N_{5-12}}{\varphi \cdot A_{5-12}} = \frac{-2{,}91 \cdot 10^3}{0{,}278 \cdot 25 \cdot 10^{-4}} = -4{,}16 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

$$|\sigma_{5-12}| = |-4{,}16 \cdot 10^6| < R_{med} = 10 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

Taigi, strypui *5–12* parenkame medinį kvadratinį skerspjūvį 5x5 cm.

5.4. <u>Strypui 3–10</u>

Strypas yra gniuždomas ašinės jėgos 50,40 kN. Strypo ilgis l_{3-10} = 3,30 – 2,10 = 1,20 m.

5.4.1. Parenkame plieninį valcuotą dvitėjį (iš ГОСТ sortimento) Nr. 10. Jo skerspjūvio plotas A = 12,0 cm^2, minimalus skerspjūvio inercijos spindulys $i_{\min}$ = 1,22 cm. Strypo liaunis

$$\lambda_{3-10} = \frac{\mu \cdot l_{3-10}}{i_{3-10}} = \frac{1 \cdot 120}{1{,}22} = 98{,}36.$$

Iš klupdomų strypų lentelės apskaičiuojame įtempių sumažinimo koeficientą. Kai plieno skaičiuojamasis stipris R_{pl} = 200,00 MPa, prie λ = 100 φ = 0,599; prie λ = 90 φ = 0,665.

$$\varphi = 0{,}599 + \frac{0{,}665 - 0{,}599}{100 - 90} \cdot (100 - 98{,}36) = 0{,}610.$$

Apskaičiuojame plieninio strypo įtempį

$$\sigma_{3-10} = \frac{N_{3-10}}{\varphi \cdot A_{3-10}} = \frac{-50{,}40 \cdot 10^3}{0{,}610 \cdot 12{,}0 \cdot 10^{-4}} = -68{,}85 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

$$|\sigma_{3-10}| = |-68{,}85 \cdot 10^6| < R_{pl} = 200 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

Tai pats mažiausias dvitėjas iš ГОСТ sortimento.

5.4.2. Parenkame medinį kvadratinį skerspjūvį 9x9 cm. Jo skerspjūvio plotas A = 81 cm^2, skerspjūvio inercijos spindulys $i = 0{,}2887 \cdot a = 0{,}2887 \cdot 9 = 2{,}60$ cm. Strypo liaunis

$$\lambda_{3-10} = \frac{\mu \cdot l_{3-10}}{i_{3-10}} = \frac{1 \cdot 120}{2{,}60} = 46{,}15.$$

Iš klupdomų strypų lentelės apskaičiuojame įtempių sumažinimo koeficientą. Mediniam skerspjūviui, kai λ = 40 φ = 0,872; kai λ = 50 φ = 0,8.

$$\varphi = 0{,}80 + \frac{0{,}872 - 0{,}80}{50 - 40} \cdot (50 - 46{,}15) = 0{,}828.$$

Apskaičiuojame medinio strypo įtempį

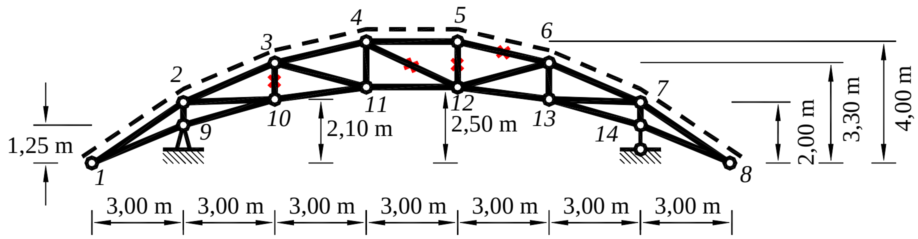
$$\sigma_{3-10} = \frac{N_{3-10}}{\varphi \cdot A_{3-10}} = \frac{-50{,}40 \cdot 10^3}{0{,}828 \cdot 81 \cdot 10^{-4}} = -7{,}51 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

$$|\sigma_{3-10}| = \left|-7{,}51 \cdot 10^6\right| < R_{med} = 10 \cdot 10^6 \text{ Pa}.$$

Mažesnis skerspjūvis (8x8, A = 64 cm^2, $i = 0{,}2887 \cdot 8 = 2{,}31$ cm) nelaikys: $\lambda = \frac{1 \cdot 120}{2{,}31} = 51{,}95$; iš lentelės $\varphi = 0{,}712 + \frac{0{,}8 - 0{,}712}{60 - 50} \cdot (60 - 51{,}95) = 0{,}783$; $\sigma = \frac{-50{,}40 \cdot 10^3}{0{,}783 \cdot 64 \cdot 10^{-4}} = -10{,}06 \cdot 10^6$ Pa;

$|\sigma| = \left|-10{,}06 \cdot 10^6\right| > R_{med} = 10 \cdot 10^6$ Pa.

ATSAKYMAI



Strypas	N_{max} (kN)	N_{min} (kN)	Plieninis dvitėjas		Medinis kvadratas	
			Nr. (ГОСТ)	Max įtempis (MPa)	Skerspjūvis (cm)	Max įtempis (MPa)
4–12	0	–36,49	14	127,10	12x12	7,66
5–6	0	–295,73	22a	195,58	20x20	9,61
5–12	17,69	–2,91	10	14,74	5x5	7,08
3–10	0	–50,40	10	68,85	9x9	7,52