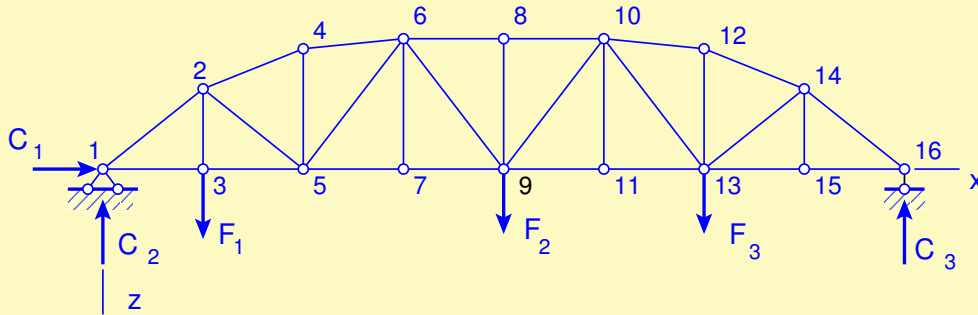


Ehitusmehaanika harjutus

Sõrestik 2



Andres Lahe
 Mehaanikainstituut
 Tallinna Tehnikaülikool

Tallinn 2007

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Sisukord

1	Ülesanne	4
2	Lõikemeetod	5
3	Lõikega II-II eraldatud vasakpoolne osa	6
4	Varda 10 sisejõud	7
5	Varda 8 sisejõud	8
6	Varda 9 sisejõud	9
7	Varda 4 sisejõud	10
8	Sõlme 4 tasakaal	11
9	Sõlme 4 tasakaal (järg)	12

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

10 Sõlme 7 tasakaal	13
11 Varda 13 sisejõud	14
12 Lõikega II-II eraldatud parempoolne osa	15
13 Varraste siinused ja koosinused	16
14 Varraste siinused ja koosinused (järg)	17
15 Arvutiprogrammiga saadud tulemused	18
16 Viited	22



3/22

Täis



Tagasi

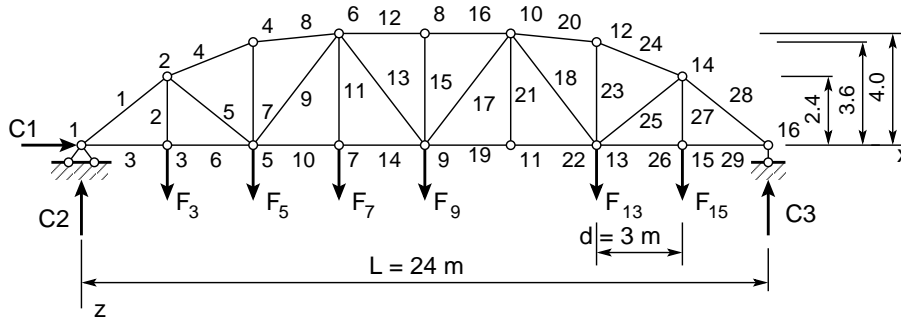
Edasi

Sulge

Lõpeta

Ülesanne

Leida joonisel esitatud sõrestiku kolmanda paneeli varraste ja varda 13 sisejõud ja konstrueerida nende mõjujooned. Sõrestikule mõjub koormus $F_3 = 5 \text{ kN}$, $F_5 = 10 \text{ kN}$, $F_7 = 4 \text{ kN}$, $F_9 = 8 \text{ kN}$, $F_{13} = 4 \text{ kN}$, $F_{15} = 8 \text{ kN}$. Sõrestiku mõõtmed on joonisel 1.



Joonis 1. Sõrestik 2

Täis



Tagasi

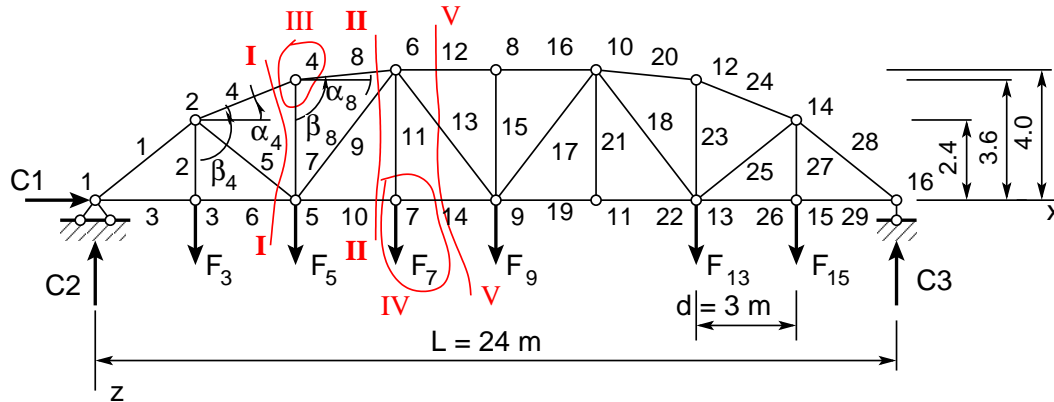
Edasi

Sulge

Lõpeta

Lõikemeetod

Nummerdame sõlmed ja vardad ning teostame lõiked I, II, III, IV (vt joonis 2).



Joonis 2. Varraste lõikamine

Lõikame kolmandas paneelis (lõige II-II) läbi kolm varrast ja vaatame lõikest vasakule poole jäävat osa või paremale poole jäävat osa.

Täis



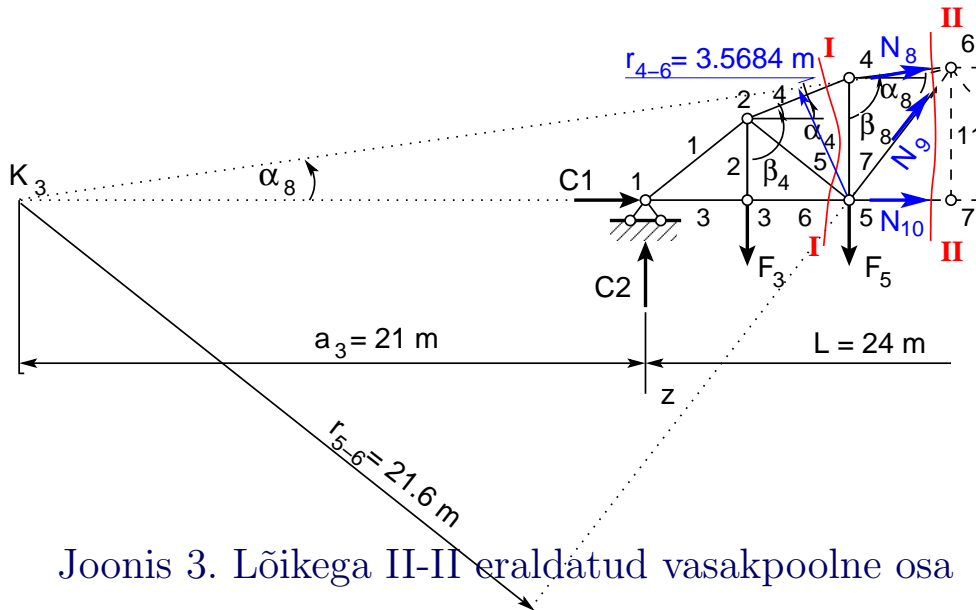
Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Lõikega II-II eraldatud vasakpoolne osa



Joonis 3. Lõikega II-II eraldatud vasakpoolne osa

Toereaktsioonide väärtused on $C2 = 20.375 \text{ kN}$, $C3 = 18.625 \text{ kN}$.
 Tasakaalutingimus Z-teljele $\sum Z = 0$

$$- 20.375 - 18.625 + 5 + 10 + 4 + 4 + 8 + 8 = 0 \text{ kN} \quad (1)$$

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Varda 10 sisejõud

Varda 10 momendipunktiks on sõlm 6 (joonis 3). Varda momendipunkti otsimiseks teeme lõike $II - II$ läbi kolme varda. Fikseerime varda, mille sisejõudu otsime. Selle varda momendipunkt on seal, kus kaks ülejäänud varrast lõikuvad. Sisejõu N_{10} sihi kaugus sõlmest 6 on $r_{5-7} = 4.0 m$. Momendipunkti kohta koostatud tasakaalutingimusest

$$\sum M_6 = 0 : \quad -N_{10} * r_{5-7} - F_5 * d - F_3 * 2d + C2 * 3d = 0 \quad (2)$$

saame

$$N_{10} = \frac{M_6^o}{r_{5-7}} = \frac{-10 * 3 - 5 * 6 + 20.375 * 9}{4} = 30.84 kN \quad (3)$$

siin tähistab M_6^o vastava lihttala paindemomenti punkti 5 suhtes antud koormusest.

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Varda 8 sisejõud

Varda 8 momendipunktiks on sõlm 5. Varda momendipunkti otsimiseks teeme lõike $II - II$ läbi kolme varda. Fikseerime varda, mille sisejõudu otsime. Selle varda momendipunkt on seal, kus kaks ülejäänud varrast lõikuvad. Sisejõu N_8 sihi kaugus sõlmest 5 on $r_{4-6} = h_2 * \cos \alpha_8 = 3.5684 \text{ m}$. Siin $h_2 = 3.6 \text{ m}$. Momendipunkti 5 kohta koostatud tasakaalutingimusest

$$\sum M_5 = 0 : \quad -N_8 * r_{4-6} + F_3 * d - C2 * 2d = 0 \quad (4)$$

tuleneb

$$N_8 = -\frac{M_5^o}{r_{4-6}} = \frac{5 * 3 - 20.375 * 6}{3.5684} = -30.06 \text{ kN} \quad (5)$$

kus M_5^o tähistab vastava lihttala paindemomenti punkti 5 suhtes antud koormusest. Märk - näitab, et ülemised kiud on surutud.

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Varda 9 sisejõud

Varda 9 momendipunkti otsimiseks teeme lõike $II - II$ läbi kolme varda. Fikseerime varda 9, milles otsime sisejõudu. Selle varda momendipunkt on seal, kus kaks ülejäänud varrast (vardad 10 ja 8) lõikuvad. Joonisel 3 on see punkt tähistatud K_3 -ga. Koostame selle punkti kohta tasakaaluvõrrandi

$$\sum M_{K3} = 0 : -N_9 * r_{5-6} + F_5 * (a_3 + 2d) + F_3 * (a_3 + d) + C2 * a_3 = 0 \quad (6)$$

kus $r_{5-6} = 21.6 \text{ m}$ ja $a_3 = 21 \text{ m}$. Tasakaaluvõrrandist (6) saame

$$N_9 = \frac{10 * 27 + 5 * 24 - 20.375 * 21}{21.6} = -1.75 \text{ kN} \quad (7)$$

Täis



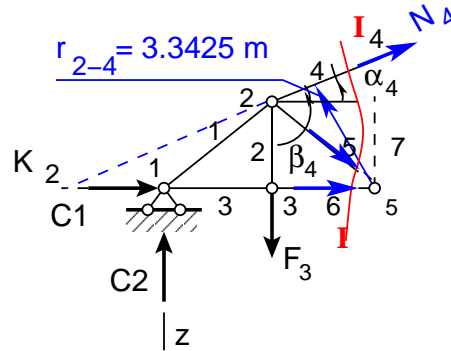
Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Varda 4 sisejõud



Joonis 4. Varda 4 sisejõud

Sõrestikuvarda 4 momendipunktiks on sõlm 5. Analoogiliselt varda 8 sisejõuga saame

$$N_4 = -\frac{M_5^o}{r_{2-4}} = \frac{5 * 3 - 20.375 * 6}{3.3425} = -32.09 \text{ kN} \quad (8)$$

siin on sisejõu N_4 sihi kaugus sõlmest 5 $r_{2-4} = h_2 * \cos \alpha_4 = 3.3425 \text{ m}$, kus $h_2 = 3.6 \text{ m}$.

Täis



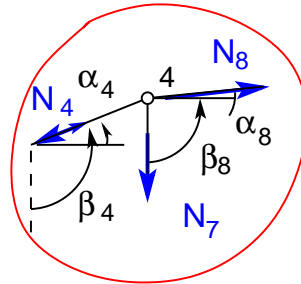
Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Sõlme 4 tasakaal



Joonis 5. Sõlme 4 tasakaal

Sõlme 4 tasakaalutingimusest Z-teljele

$$\sum Z = 0 : \quad N_7 - N_8 * \cos \beta_8 + N_4 * \cos \beta_4 = 0 \quad (9)$$

saame avaldisi (5) ja (8) kasutades

$$N_7 = \frac{M_5^o}{r_{4-6}} * \cos \beta_8 - \frac{M_5^o}{r_{2-4}} * \cos \beta_4 \quad (10)$$

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Sõlme 4 tasakaal (järg)

Võttes arvesse seosed $r_{4-6} = h_2 * \cos \alpha_8$ ja $r_{2-4} = h_2 * \cos \alpha_4$, saame

$$N_7 = \frac{M_5^o}{h_2} \left(\frac{\cos \beta_8}{\cos \alpha_8} - \frac{\cos \beta_4}{\cos \alpha_4} \right) \quad (11)$$

ehk

$$\begin{aligned} N_7 &= \frac{M_5^o}{h_2} (\tan \alpha_4 - \tan \alpha_8) = \\ &= \frac{20.375 * 6 - 5 * 3}{3.6} \left(\frac{1.2}{3} - \frac{0.4}{3} \right) = 7.94 \text{ kN} \end{aligned} \quad (12)$$

Täis



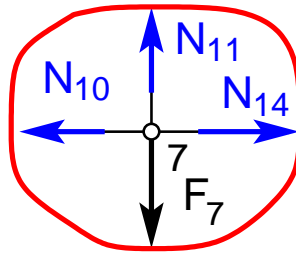
Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Sõlme 7 tasakaal



Joonis 6. Sõlme 7 tasakaal

Varda 11 sisejõu leidmiseks lõikame sõlme 7 välja. Sõlme 7 tasakaalutingimusest Z-teljele

$$\sum Z = 0 : \quad -N_{11} + F_7 = 0 \quad (13)$$

saame

$$N_{11} = F_7 = 4 \text{ kN} \quad (14)$$

Täis



Tagasi

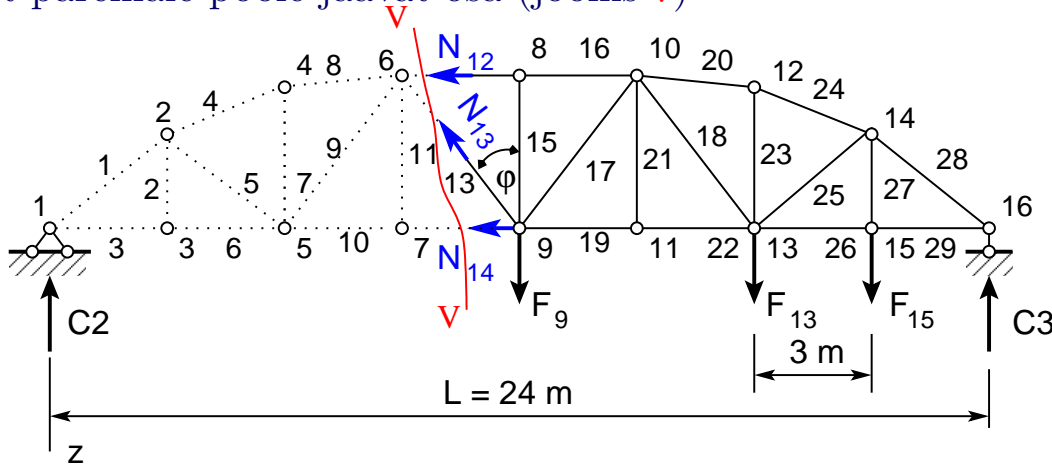
Edasi

Sulge

Lõpeta

Varda 13 sisejõud

Lõikame neljandas paneelis (lõige V-V). läbi kolm varrast ja vaatame lõikest paremale poole jäävat osa (joonis 7)



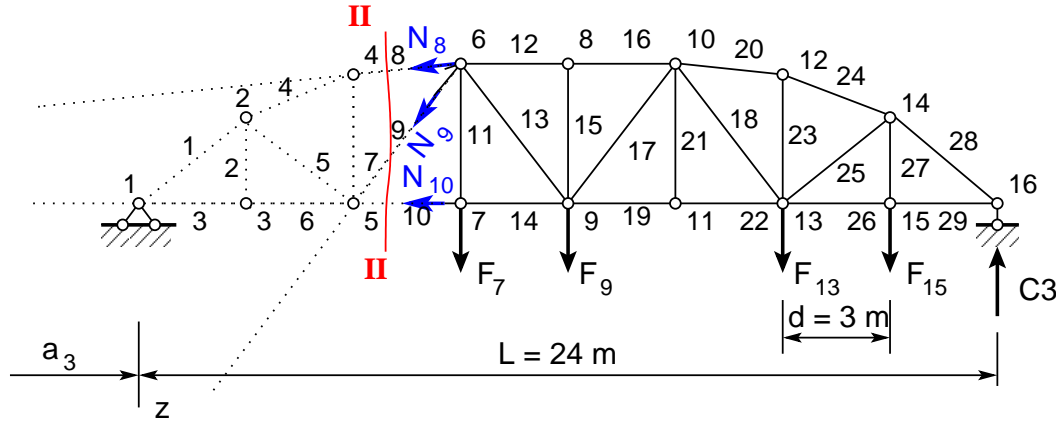
Joonis 7. Varda 13 sisejõud

$$\sum Z = 0 : \quad -N_{13} \cos(\varphi) + F_9 + F_{13} + F_7 - C_3 = 0 \quad (15)$$

$$\begin{aligned} N_{13} &= (F_9 + F_{13} + F_7 - C_3) / \cos(\varphi) = \\ &= (8 + 4 + 8 - 18.625) / 0.8 = 1.72 \text{ kN} \end{aligned} \quad (16)$$

Lõikega II-II eraldatud parempoolne osa

Joonisel 8 on



Joonis 8. Lõikega II-II eraldatud parempoolne osa

Täis



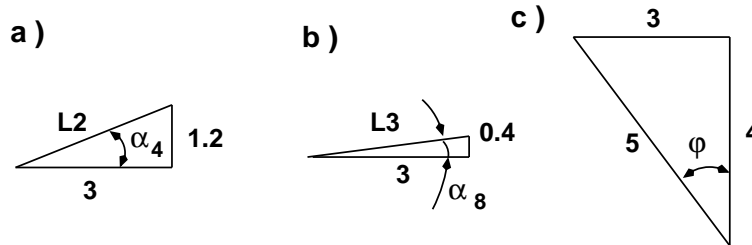
Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Varraste siinused ja koosinused



Joonis 9. Varda siinus ja koosinus

```

octave-2.1.73:2> diary VarrasteSinCos.out
octave-2.1.73:2> diary on
octave-2.1.73:3> L3=sqrt(3^2+0.4^2)
L3 = 3.0265
octave-2.1.73:4> L2=sqrt(3^2+1.2^2)
L2 = 3.2311
octave-2.1.73:5> cosA8=3.0/L3
coaA8 = 0.99123
octave-2.1.73:6> sinA8=0.4/L3
sinA8 = 0.13216
octave-2.1.73:7> cosA4=3.0/L2
cosA4 = 0.92848
  
```

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Varraste siinused ja koosinused (järg)

```
octave-2.1.73:8> sinA4=1.2/L2  
sinA4 = 0.37139  
octave-2.1.73:9> sinFi=3.0/5.0  
sinFi = 0.60000  
octave-2.1.73:10> cosFi=4.0/5.0  
cosFi = 0.80000  
octave-2.1.73:11> diary off
```

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Arvutiprogrammiga saadud tulemused

%srstkN2

=====

Elementide suunakoosinused

JrkNr cosAlpha cosBeta

1	0.7809	-0.6247
2	0.0000	1.0000
3	1.0000	0.0000
4	0.9285	-0.3714
5	0.7809	0.6247
6	1.0000	0.0000
7	0.0000	1.0000
8	0.9912	-0.1322
9	0.6000	-0.8000
10	1.0000	0.0000
11	0.0000	1.0000
12	1.0000	0.0000
13	0.6000	0.8000
14	1.0000	0.0000
15	0.0000	1.0000
16	1.0000	0.0000
17	0.6000	-0.8000

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

18	0.6000	0.8000
19	1.0000	0.0000
20	0.9912	0.1322
21	0.0000	1.0000
22	1.0000	0.0000
23	0.0000	1.0000
24	0.9285	0.3714
25	0.7809	-0.6247
26	1.0000	0.0000
27	0.0000	1.0000
28	0.7809	0.6247
29	1.0000	0.0000

 =====
 Jõud sõlmedes

JrNr	X-suunas	Z-suunas
1	0.0000	0.0000
2	0.0000	0.0000
3	0.0000	5.0000
4	0.0000	0.0000
5	0.0000	10.0000
6	0.0000	0.0000
7	0.0000	4.0000
8	0.0000	0.0000
9	0.0000	8.0000

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

10	0.0000	0.0000
11	0.0000	0.0000
12	0.0000	0.0000
13	0.0000	4.0000
14	0.0000	0.0000
15	0.0000	8.0000
16	0.0000	0.0000

 =====
 Varraste sisejõud

JrkNr. N

1	-32.6159
2	5.0000
3	25.4688
4	-32.0866
5	5.5360
6	25.4688
7	7.9444
8	-30.0553
9	-1.7535
10	30.8437
11	4.0000
12	-31.8750
13	1.7187
14	30.8437

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

15	-0.0000
16	-31.8750
17	8.2812
18	-4.2188
19	26.9062
20	-24.5907
21	0.0000
22	26.9062
23	6.5000
24	-26.2527
25	1.4007
26	23.2812
27	8.0000
28	-29.8145
29	23.2812
30	-0.0000
31	-20.3750
32	-18.6250

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta

Viited

1. Sõrestiku 2 arvutus:

[http://staff.ttu.ee/~alahe/konspekt/myCD/ehitmehI00/
node51.html](http://staff.ttu.ee/~alahe/konspekt/myCD/ehitmehI00/node51.html)

2. Sõrestiku 1 arvutamise programm:

[http://staff.ttu.ee/~alahe/konspekt/myCD/
octaveProgrammid/srstkN2.m](http://staff.ttu.ee/~alahe/konspekt/myCD/octaveProgrammid/srstkN2.m)

Täis



Tagasi

Edasi

Sulge

Lõpeta