

## SPIS TREŚCI

<b>1. Założenia</b> .....	2
<b>1.1. Normy</b> .....	2
<b>1.2. Analiza i wymiarowanie</b> .....	2
<b>1.3. Obciążenia</b> .....	2
1.3.1. Obciążenia stałe .....	2
1.3.2. Obciążenia klimatyczne.....	2
1.3.3. Obciążenia zmienne technologiczne .....	5
<b>2. Obliczenia statyczne</b> .....	6
<b>2.1. Założenia materiałowe i schemat obliczeniowy</b> .....	6
<b>2.2. Schematy obciążeń</b> .....	9
<b>2.3. Siły przekrojowe</b> .....	16
<b>3. Wymiarowanie konstrukcji drewnianej</b> .....	22
<b>4. Obliczenia nadproża N-1</b> .....	28
<b>5. Zebranie obciążeń na 1mb ławy</b> .....	31
<b>6. Wymiarowanie ławy betonowej</b> .....	31

## 1. Założenia

### 1.1. Normy

Obliczenia wykonano na podstawie norm:

- PN-EN 1990:2004 Eurokod. Podstawy projektowania konstrukcji;
- PN-EN 1991:2004 Eurokod 1 - Oddziaływania na konstrukcję - Część 1-1: Oddziaływania ogólne - Ciężar objętościowy, ciężar własny, obciążenia użytkowe w budynkach;
- PN-EN 1991-1-3:2005 Eurokod 1 - Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Oddziaływanie śniegiem;
- PN-EN 1991-1-4:2008 Eurokod 1 - Oddziaływania na konstrukcje - Część 1-3: Oddziaływania ogólne - Oddziaływanie wiatru;
- PN-EN 1995-1-1:2010 Eurokod 5 - Projektowanie konstrukcji drewnianych - Część 1-1: Postanowienia ogólne - Reguły ogólne i reguły dotyczące budynków
- PN-EN 1992-1-3:2008 Eurokod 2 - Projektowanie konstrukcji z betonu - Część 1-1 Reguły ogólne i reguły dla budynków

### 1.2. Analiza i wymiarowanie

Analizę i sprawdzenie warunków obliczeniowych stanów granicznych podstawowych elementów konstrukcyjnych przeprowadzono programem RM\_Win licencja nr 19591 oraz Pakietem programu SPECBUD.

### 1.3. Obciążenia

#### 1.3.1. Obciążenia stałe

W obliczeniach konstrukcji przyjęto następujące założenia w zakresie obciążeń stałych:

ZESTAWIENIE OBCIĄŻEŃ – pokrycie dachu				
Lp.	Opis obciążenia	Wartość char. [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_f$	Wartość obl. [kN/m <sup>2</sup> ]
1.	Blachodachówka o grubości 0,55 mm	0,35	1,35	0,47
2.	Łaty 4x6 cm	0,04	1,35	0,05
3.	Papa	0,06	1,35	0,08
4.	Deskowanie pełne 2,5 cm	0,15	1,35	0,20
5.	Wełna mineralna gr. 25 cm	0,50	1,35	0,68
6.	Paroizolacja	0,01	1,35	0,01
7.	Ruszt + płyta g-k	0,35	1,35	0,47
<b>Razem:</b>		<b>1,46</b>		<b>1,96</b>

#### 1.3.2. Obciążenia klimatyczne

- **Obciążenie śniegiem wg PN-EN 1991-1-3 / Dachy dwupołaciowe (p.5.3.3)**

**Połąc dachu obciążonego równomiernie - przypadek (i):**

- Dach dwupołaciowy

- Obciążenie charakterystyczne śniegiem gruntu (wg Załącznika krajowego NA):

- strefa obciążenia śniegiem 2  $s_k = 0,9 \text{ kN/m}^2$

- Warunki lokalizacyjne: normalne, przypadek A (brak wyjątkowych opadów i brak wyjątkowych zamieci)

- Sytuacja obliczeniowa: trwała lub przejściowa

- Współczynnik ekspozycji:

- teren normalny  $C_e = 1,0$

- Współczynnik termiczny  $C_t = 1,0$

- Współczynnik kształtu dachu:

nachylenie połaci  $\alpha = 30,0^\circ$

$m_1 = 0,8$

Obciążenie charakterystyczne:

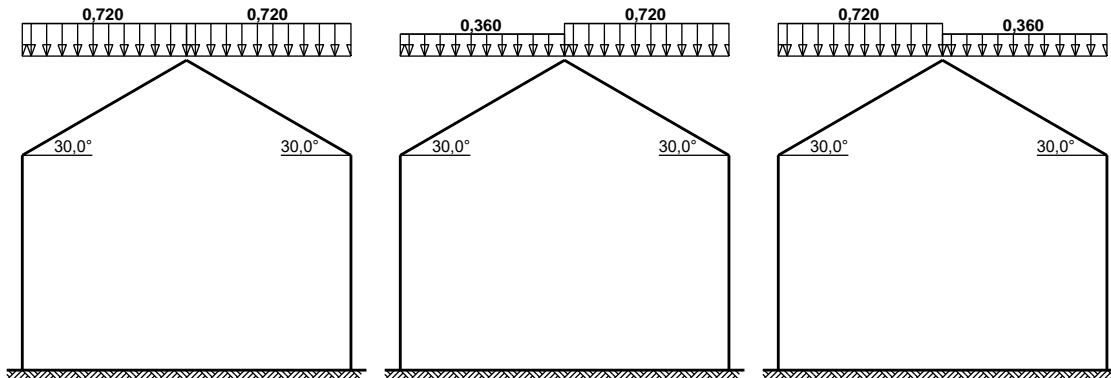
$$s = m \cdot C_e \cdot C_t \cdot s_k = 0,8 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 0,900 = \mathbf{0,720 \text{ kN/m}^2}$$

przypadek (i)

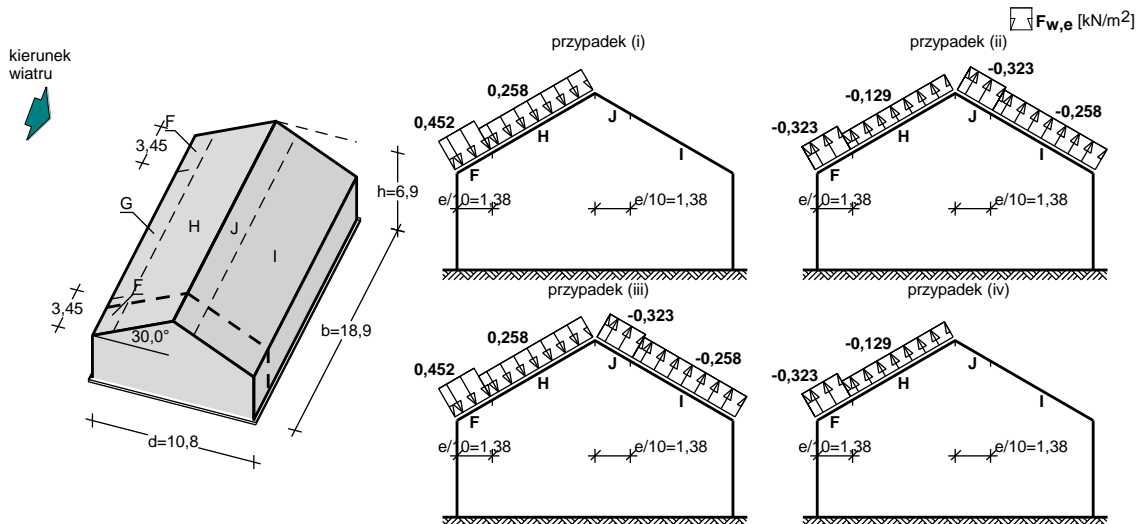
przypadek (ii)

przypadek (iii)

$s$  [kN/m<sup>2</sup>]



• **Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4 – wiatr z boku**



- Dach dwuspadowy o wymiarach:  $b = 18,9 \text{ m}$ ,  $d = 10,8 \text{ m}$ , kąt nachylenia połaci  $\alpha = 30,0^\circ$

- Budynek o wysokości  $h = 6,9 \text{ m}$

- Wymiar  $e = \min(b, 2 \cdot h) = 13,8 \text{ m}$

- Wiatr wiejący na ścianę boczną,  $\varphi = 0^\circ$

- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (wg Załącznika krajowego NA):

- strefa obciążenia wiatrem 1;  $A = 57 \text{ m n.p.m.} \text{ @ } v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$

- Współczynnik kierunkowy:  $C_{dir} = 1,0$

- Współczynnik sezonowy:  $C_{season} = 1,00$

- Bazowa prędkość wiatru:  $v_b = C_{dir} \cdot C_{season} \cdot v_{b,0} = 22,00 \text{ m/s}$

- Wysokość odniesienia:  $z_e = h = 6,90 \text{ m}$

- Kategoria terenu II @ współczynnik chropowatości:  $c_r(z_e) = 1,0 \cdot (6,9/10)^{0,17} = 0,94$  (wg Załącznika krajowego NA.6)

- Współczynnik rzeźby terenu (orografii):  $c_o(z_e) = 1,00$

- Średnia prędkość wiatru:  $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 20,66 \text{ m/s}$

- Intensywność turbulencji:  $I_v(z_e) = 0,203$

- Gęstość powietrza:  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$

- Wartość szczytowa ciśnienia prędkości:

$$q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 645,5 \text{ Pa} = 0,645 \text{ kPa}$$

- Współczynnik konstrukcyjny:  $c_s c_d = 1,000$

**Połąc w przekroju x/b = 0,14 - pole F - parcie:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznej  $c_{pe} = c_{pe,10} = 0,7$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,645 \cdot 0,7 = \mathbf{0,452 \text{ kN/m}^2}$$

**Połąc w przekroju x/b = 0,14 - pole F - ssanie:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznej  $c_{pe} = c_{pe,10} = -0,5$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,645 \cdot (-0,5) = \mathbf{-0,323 \text{ kN/m}^2}$$

**Połąc w przekroju x/b = 0,14 - pole H - parcie:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznej  $c_{pe} = c_{pe,10} = 0,4$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,645 \cdot 0,4 = \mathbf{0,258 \text{ kN/m}^2}$$

**Połąc w przekroju x/b = 0,14 - pole H - ssanie:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznej  $c_{pe} = c_{pe,10} = -0,2$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,645 \cdot (-0,2) = \mathbf{-0,129 \text{ kN/m}^2}$$

**Połąc w przekroju x/b = 0,14 - pole I - parcie:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznej  $c_{pe} = c_{pe,10} = 0,0$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,645 \cdot 0,0 = \mathbf{0,000 \text{ kN/m}^2}$$

**Połąc w przekroju x/b = 0,14 - pole I - ssanie:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznej  $c_{pe} = c_{pe,10} = -0,4$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,645 \cdot (-0,4) = \mathbf{-0,258 \text{ kN/m}^2}$$

**Połąc w przekroju x/b = 0,14 - pole J - parcie:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznej  $c_{pe} = c_{pe,10} = 0,0$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,645 \cdot 0,0 = \mathbf{0,000 \text{ kN/m}^2}$$

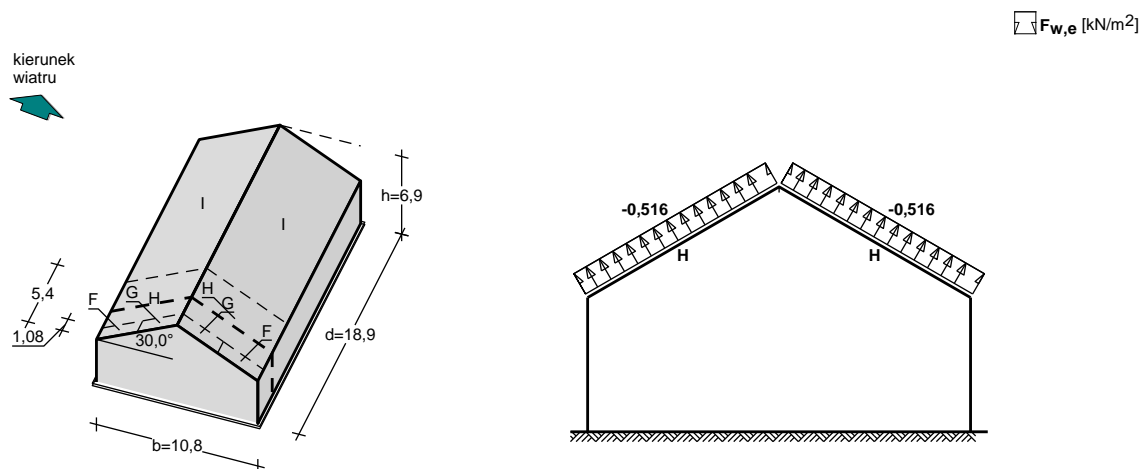
**Połąc w przekroju x/b = 0,14 - pole J - ssanie:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznej  $c_{pe} = c_{pe,10} = -0,5$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_s c_d \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,645 \cdot (-0,5) = \mathbf{-0,323 \text{ kN/m}^2}$$

- **Obciążenie wiatrem wg PN-EN 1991-1-4 – wiatr od szczytu**



- Dach dwuspadowy o wymiarach:  $b = 10,8 \text{ m}$ ,  $d = 18,9 \text{ m}$ , kąt nachylenia połaci  $\alpha = 30,0^\circ$
- Budynek o wysokości  $h = 6,9 \text{ m}$
- Wymiar  $e = \min(b, 2 \cdot h) = 10,8 \text{ m}$

- Wiatr wiejący na ścianę szczytową,  $\alpha = 90^\circ$
- Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (wg Załącznika krajowego NA):
  - strefa obciążenia wiatrem 1;  $A = 57 \text{ m n.p.m.} \text{ @ } v_{b,0} = 22 \text{ m/s}$
- Współczynnik kierunkowy:  $c_{dir} = 1,0$
- Współczynnik sezonowy:  $c_{season} = 1,00$
- Bazowa prędkość wiatru:  $v_b = c_{dir} \cdot c_{season} \cdot v_{b,0} = 22,00 \text{ m/s}$
- Wysokość odniesienia:  $z_e = h = 6,90 \text{ m}$
- Kategoria terenu II @ współczynnik chropowatości:  $c_r(z_e) = 1,0 \cdot (6,9/10)^{0,17} = 0,94$  (wg Załącznika krajowego NA.6)
- Współczynnik rzeźby terenu (orografii):  $c_o(z_e) = 1,00$
- Średnia prędkość wiatru:  $v_m(z_e) = c_r(z_e) \cdot c_o(z_e) \cdot v_b = 20,66 \text{ m/s}$
- Intensywność turbulencji:  $I_v(z_e) = 0,203$
- Gęstość powietrza:  $\rho = 1,25 \text{ kg/m}^3$
- Wartość szczytowa ciśnienia prędkości:
  - $q_p(z_e) = [1 + 7 \cdot I_v(z_e)] \cdot (1/2) \cdot \rho \cdot v_m^2(z_e) = 645,5 \text{ Pa} = 0,645 \text{ kPa}$
- Współczynnik konstrukcyjny:  $c_{sCd} = 1,000$

**Połąc w przekroju  $x/d = 0,14$  - pole H:**

- Współczynnik ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe} = c_{pe,10} = -0,8$

Siła oddziaływania wiatru na powierzchnię zewnętrzną:

$$F_{w,e} = c_{sCd} \cdot q_p(z_e) \cdot c_{pe} = 1,000 \cdot 0,645 \cdot (-0,8) = \mathbf{-0,516 \text{ kN/m}^2}$$

### 1.3.3. Obciążenia zmienne technologiczne

W obliczeniach konstrukcji przyjęto następujące założenia w zakresie obciążeń zmiennych użytkowych:

- obciążenie technologiczne – fotowoltaika -  $0,13 \text{ kN/m}^2$
- obciążenie technologiczne – urządzenia podwieszane  $10 \times 0,18 \text{ kN}$
- obciążenie technologiczne – osoba wykonująca prace konserwacyjne  $P=0,9 \text{ kN}$

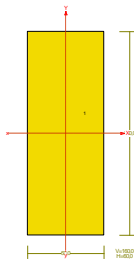
## 2. Obliczenia statyczne

### 2.1. Założenia materiałowe i schemat obliczeniowy

NAZWA: Wiązar drewniany

**PRZEKRÓJ Nr: 1**

**Nazwa: "B 160x60"**



CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:            Materiał: 72 Drewno C30

---

Gł.cent.r.osie bezwładn.[cm]:    Xc=3,0    Yc=8,0  
  alfa=-0,0

Momenty bezwładności [cm4]:    Jx=2048,0    Jy=288,0  
Moment dewiacji    [cm4]:                    Dxy=0,0

Gł.momenty bezwładn. [cm4]:    Ix=2048,0    Iy=288,0  
Promienie bezwładności [cm]:    ix=4,6    iy=1,7

Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:    Wx=256,0    Wy=96,0  
  Wx=-256,0    Wy=-96,0

Powierzchnia przek. [cm2]:                    F=96,0

Masa [kg/m]:                                    m=4,4

Moment bezwładn.dla zginania w płaszczyzn. ukł. [cm4]:    Jzg=2048,0

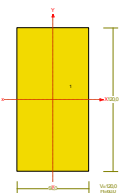
---

Nr.	Oznaczenie	Fi: [deg]	Xs: [cm]	Ys: [cm]	Sx: [cm3]	Sy: [cm3]	F: [cm2]
1	B 160x60	0	0,00	0,00	0,0	0,0	96,0

---

**PRZEKRÓJ Nr: 2**

**Nazwa: "B 120x60"**



CHARAKTERYSTYKA PRZEKROJU:            Materiał: 72 Drewno C30

---

Gł.cent.r.osie bezwładn.[cm]:    Xc=3,0    Yc=6,0  
  alfa=-0,0

Momenty bezwładności [cm4]:    Jx=864,0    Jy=216,0  
Moment dewiacji    [cm4]:                    Dxy=0,0

Gł.momenty bezwładn. [cm4]:    Ix=864,0    Iy=216,0  
Promienie bezwładności [cm]:    ix=3,5    iy=1,7

Wskaźniki wytrzymał. [cm3]:    Wx=144,0    Wy=72,0  
  Wx=-144,0    Wy=-72,0

Powierzchnia przek. [cm2]:                    F=72,0

Masa [kg/m]:                                    m=3,3

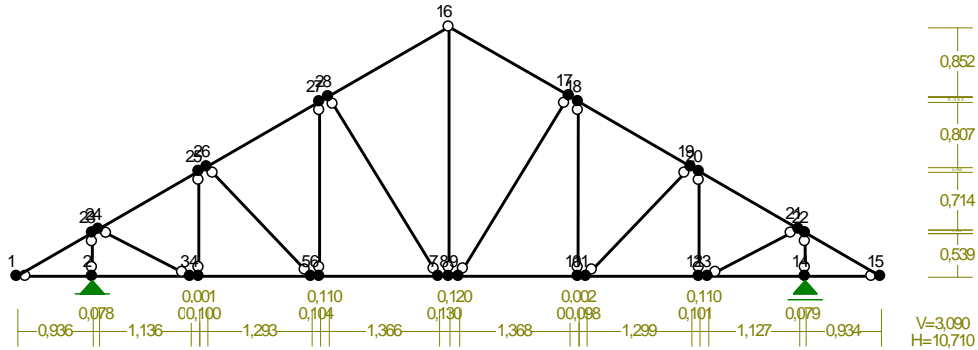
---

Moment bezwładn.dla zginania w płaszcz.ukt. [cm4]: Jzg= 864,0

Nr. Oznaczenie Fi: Xs: Ys: Sx: Sy: F:  
[deg] [cm] [cm] [cm3] [cm3] [cm2]

1 B 120x60 0 0,00 0,00 0,0 0,0 72,0

**WĘZŁY:**



**WĘZŁY:**

Nr:	X [m]:	Y [m]:	Nr:	X [m]:	Y [m]:
1	0,000	0,000	15	10,710	0,000
2	0,936	0,000	16	5,360	3,090
3	2,150	0,000	17	6,848	2,238
4	2,256	0,000	18	6,962	2,165
5	3,650	0,000	19	8,359	1,358
6	3,754	0,000	20	8,460	1,300
7	5,230	0,000	21	9,697	0,586
8	5,360	0,000	22	9,776	0,540
9	5,480	0,000	23	0,936	0,539
10	6,960	0,000	24	1,014	0,584
11	7,060	0,000	25	2,257	1,301
12	8,460	0,000	26	2,357	1,358
13	8,570	0,000	27	3,754	2,164
14	9,776	0,000	28	3,864	2,227

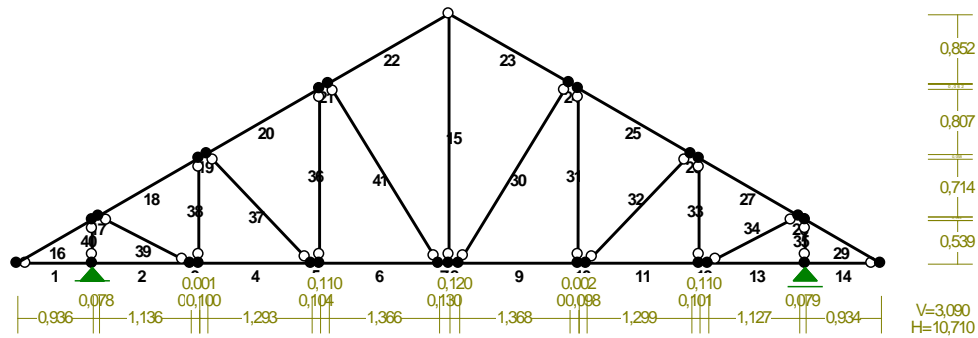
**PODPORY:**

Podatności

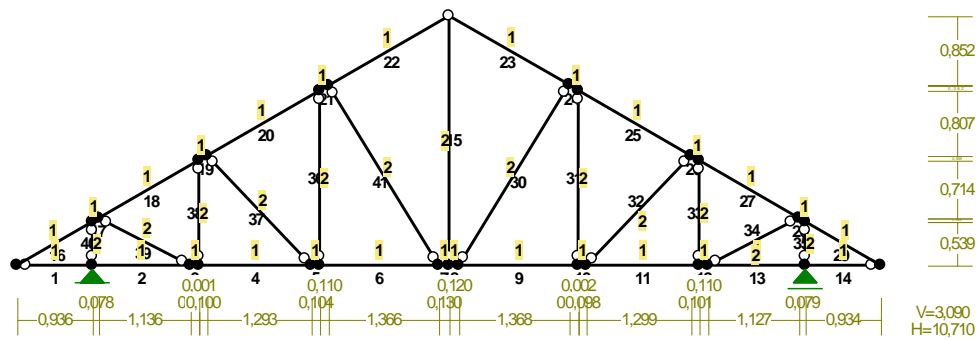
Węzeł: Rodzaj: Kąt: Dx(Do\*): Dy: DFi:  
[ m / k N ] [rad/kNm]

2 stała 0,0 0,000E+00 0,000E+00  
14 przesuwna 0,0 0,000E+00\*

## PRĘTY:



## PRZEKROJE PRĘTÓW:



## PRĘTY UKŁADU:

Typy prętów: 00 - szytw.-szytw.; 01 - szytw.-przegub;  
 10 - przegub-szytw.; 11 - przegub-przegub  
 22 - ciągn

Pręt: Typ: A: B: Lx[m]: Ly[m]: L[m]: Red.EJ: Przekrój:

1	10	1	2	0,936	0,000	0,936	1,000	1	B 160x60
2	00	2	3	1,214	0,000	1,214	1,000	1	B 160x60
3	00	3	4	0,106	0,000	0,106	1,000	1	B 160x60
4	00	4	5	1,394	0,000	1,394	1,000	1	B 160x60
5	00	5	6	0,104	0,000	0,104	1,000	1	B 160x60
6	00	6	7	1,476	0,000	1,476	1,000	1	B 160x60
7	00	7	8	0,130	0,000	0,130	1,000	1	B 160x60
8	00	8	9	0,120	0,000	0,120	1,000	1	B 160x60
9	00	9	10	1,480	0,000	1,480	1,000	1	B 160x60
10	00	10	11	0,100	0,000	0,100	1,000	1	B 160x60
11	00	11	12	1,400	0,000	1,400	1,000	1	B 160x60
12	00	12	13	0,110	0,000	0,110	1,000	1	B 160x60
13	00	13	14	1,206	0,000	1,206	1,000	1	B 160x60
14	01	14	15	0,934	0,000	0,934	1,000	1	B 160x60
15	11	8	16	0,000	3,090	3,090	1,000	2	B 120x60
16	00	1	23	0,936	0,539	1,080	1,000	1	B 160x60
17	00	23	24	0,078	0,045	0,090	1,000	1	B 160x60



18	00	24	25	1,243	0,717	1,435	1,000	1	B	160x60
19	00	25	26	0,100	0,057	0,115	1,000	1	B	160x60
20	00	26	27	1,397	0,806	1,613	1,000	1	B	160x60
21	00	27	28	0,110	0,063	0,127	1,000	1	B	160x60
22	01	28	16	1,496	0,863	1,727	1,000	1	B	160x60
23	10	16	17	1,488	-0,852	1,715	1,000	1	B	160x60
24	00	17	18	0,114	-0,073	0,135	1,000	1	B	160x60
25	00	18	19	1,397	-0,807	1,613	1,000	1	B	160x60
26	00	19	20	0,101	-0,058	0,116	1,000	1	B	160x60
27	00	20	21	1,237	-0,714	1,428	1,000	1	B	160x60
28	00	21	22	0,079	-0,046	0,091	1,000	1	B	160x60
29	00	22	15	0,934	-0,540	1,079	1,000	1	B	160x60
30	11	9	17	1,368	2,238	2,623	1,000	2	B	120x60
31	11	18	10	-0,002	-2,165	2,165	1,000	2	B	120x60
32	11	19	11	-1,299	-1,358	1,879	1,000	2	B	120x60
33	11	20	12	0,000	-1,300	1,300	1,000	2	B	120x60
34	11	21	13	-1,127	-0,586	1,270	1,000	2	B	120x60
35	11	22	14	0,000	-0,540	0,540	1,000	2	B	120x60
36	11	27	6	0,000	-2,164	2,164	1,000	2	B	120x60
37	11	26	5	1,293	-1,358	1,875	1,000	2	B	120x60
38	11	25	4	-0,001	-1,301	1,301	1,000	2	B	120x60
39	11	24	3	1,136	-0,584	1,277	1,000	2	B	120x60
40	11	23	2	0,000	-0,539	0,539	1,000	2	B	120x60
41	11	28	7	1,366	-2,227	2,613	1,000	2	B	120x60

### WIELKOŚCI PRZEKROJOWE:

Nr. A[cm<sup>2</sup>] Ix[cm<sup>4</sup>] Iy[cm<sup>4</sup>] Wg[cm<sup>3</sup>] Wd[cm<sup>3</sup>] h[cm] Materiał:

1	96,0	2048	288	256	256	16,0	72	Drewno C30
2	72,0	864	216	144	144	12,0	72	Drewno C30

### STAŁE MATERIAŁOWE:

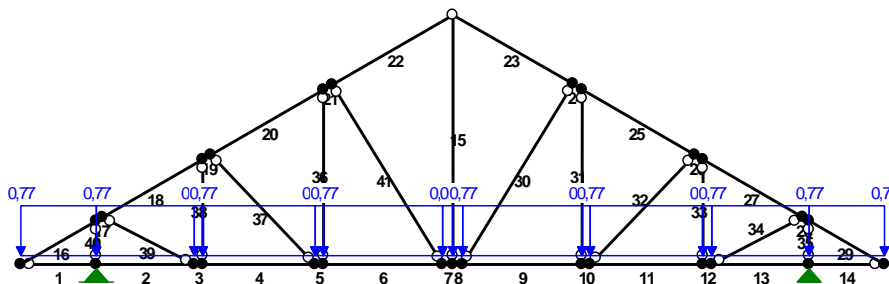
Materiał: Moduł E: Napręż.gr.: AlfaT:  
[kN/mm<sup>2</sup>] [N/mm<sup>2</sup>] [1/K]

72 Drewno C30	12	30,000	5,00E-06
---------------	----	--------	----------

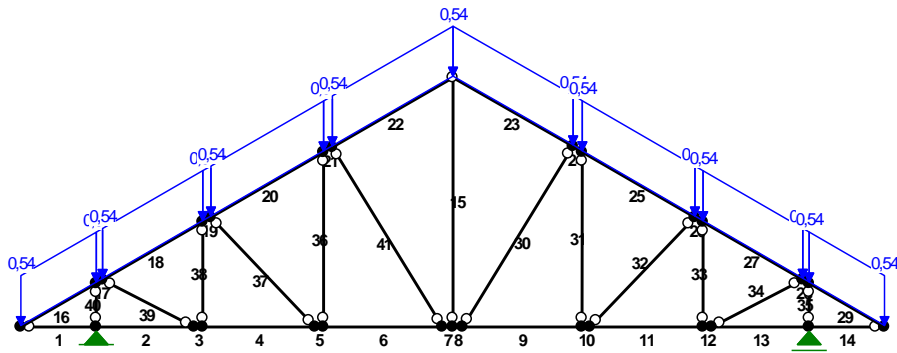
## 2.2. Schematy obciążeń

### OBCIĄŻENIA:

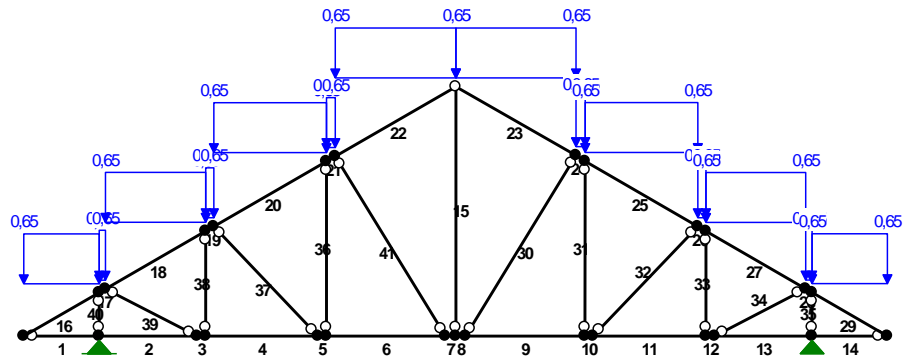
- Grupa: P "Podwieszenie "



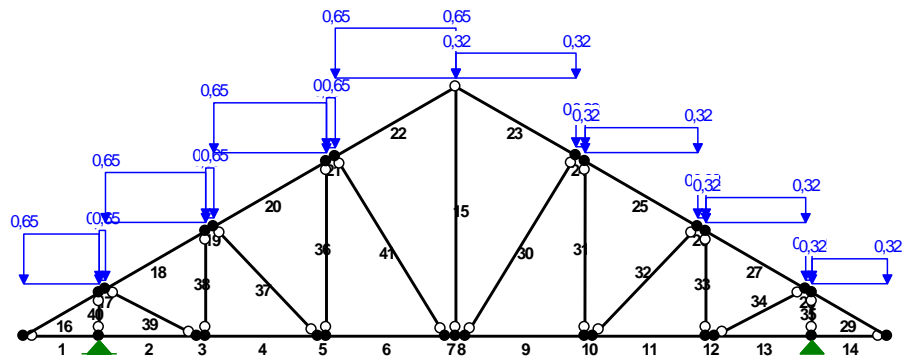
- Grupa: S "Stal"



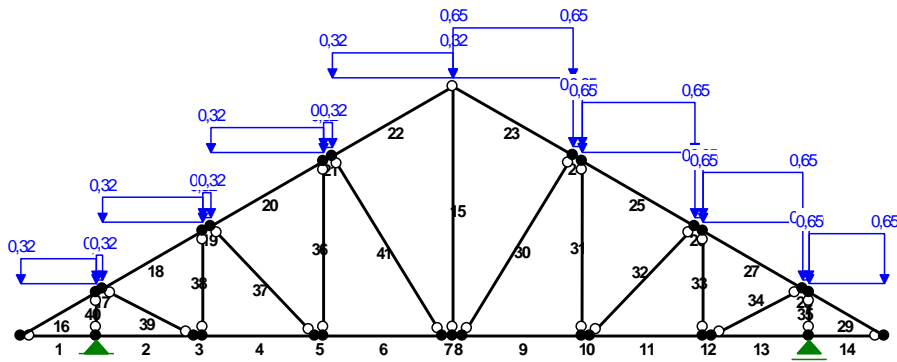
- Grupa: A "Śnieg 1"



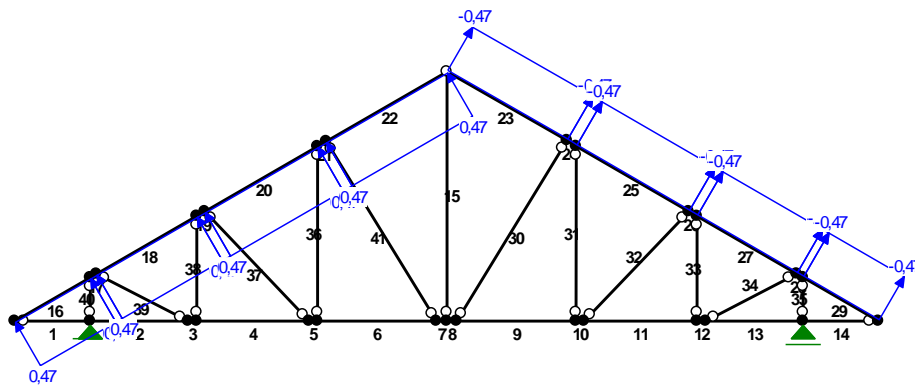
- Grupa: B "Śnieg 2"



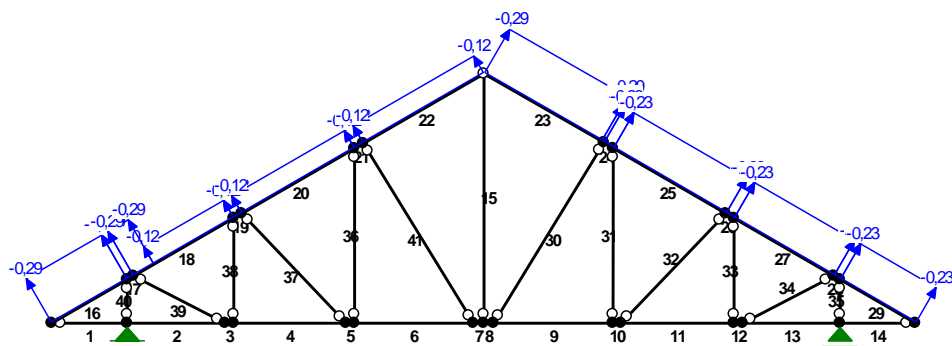
- Grupa: C "Śnieg 3"



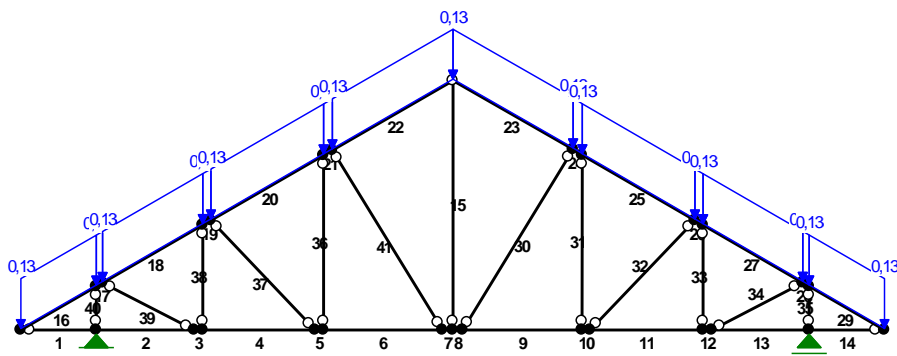
- Grupa: D "Wiatr szczytowy"



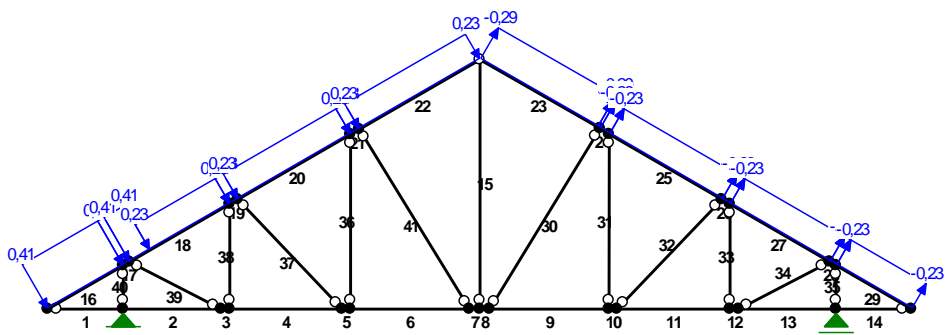
- Grupa: E "wiatr z lewej ssanie"



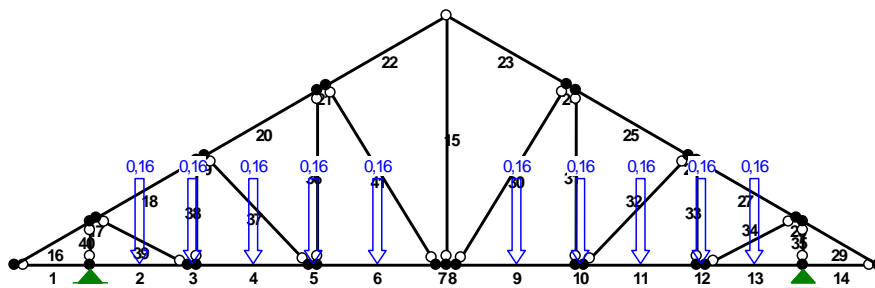
- Grupa: O "Fotowoltaika"



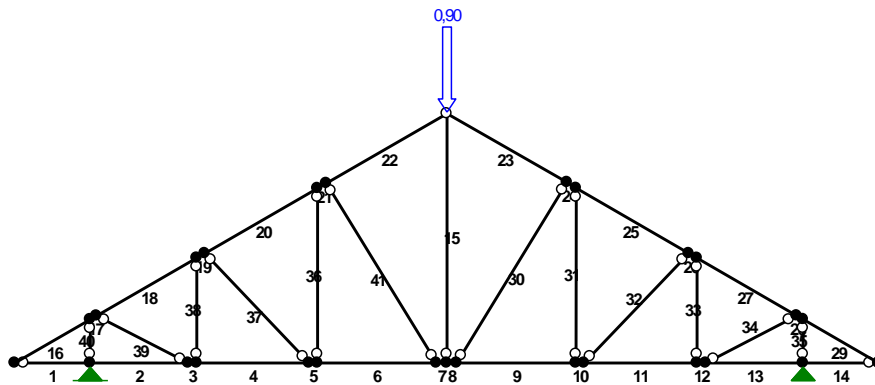
- Grupa: F "wiatr z lewej parcie+ssanie"



- Grupa: G "Podwieszenie 2"



- Grupa: U "Użytkowe"



**OBCIĄŻENIA:** ([kN],[kNm],[kN/m])

Pręt: Rodzaj: Kąt: P1(Tg): P2(Td): a[m]: b[m]:

Grupa: P "Podwieszenie " Stałe gf= 1,35/1,00

Pręt	Rodzaj	Kąt	P1(Tg)	P2(Td)	a[m]	b[m]
1	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	0,94
2	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	1,21
3	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	0,11
4	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	1,39
5	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	0,10
6	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	1,48
7	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	0,13
8	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	0,12
9	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	1,48
10	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	0,10
11	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	1,40
12	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	0,11
13	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	1,21
14	Liniowe-Y	0,0	0,77	0,77	0,00	0,93

Grupa: S "Stałe" Stałe gf= 1,35/1,00

Pręt	Rodzaj	Kąt	P1(Tg)	P2(Td)	a[m]	b[m]
16	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	1,08
17	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	0,09
18	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	1,43
19	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	0,12
20	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	1,61
21	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	0,13
22	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	1,73
23	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	1,71
24	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	0,14
25	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	1,61
26	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	0,12
27	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	1,43
28	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	0,09
29	Liniowe	0,0	0,54	0,54	0,00	1,08

Grupa: A "Śnieg 1" Zmienne gf= 1,50

Pręt	Rodzaj	Kąt	P1(Tg)	P2(Td)	a[m]	b[m]
2	Skupione	0,0	0,00	0,61		
2	Liniowe	0,0	0,00	0,00	0,00	1,21
16	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,08
17	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	0,09
18	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,43
19	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	0,12
20	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,61
21	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	0,13
22	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,73
23	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,71

24	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	0,14
25	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,61
26	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	0,12
27	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,43
28	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	0,09
29	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,08

Grupa: B "śnieg 2" Zmienne gf= 1,50

16	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,08
17	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	0,09
18	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,43
19	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	0,12
20	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,61
21	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	0,13
22	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,73
23	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	1,71
24	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	0,14
25	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	1,61
26	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	0,12
27	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	1,43
28	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	0,09
29	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	1,08

Grupa: C "Śnieg 3" Zmienne gf= 1,50

16	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	1,08
17	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	0,09
18	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	1,43
19	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	0,12
20	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	1,61
21	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	0,13
22	Liniowe-Y	0,0	0,32	0,32	0,00	1,73
23	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,71
24	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	0,14
25	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,61
26	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	0,12
27	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,43
28	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	0,09
29	Liniowe-Y	0,0	0,65	0,65	0,00	1,08

Grupa: D "Wiatr szczytowy" Zmienne gf= 1,50

16	Liniowe	-150,0	0,47	0,47	0,00	1,08
17	Liniowe	-150,0	0,47	0,47	0,00	0,09
18	Liniowe	-150,0	0,47	0,47	0,00	1,43
19	Liniowe	-150,0	0,47	0,47	0,00	0,12
20	Liniowe	-150,0	0,47	0,47	0,00	1,61
21	Liniowe	-150,0	0,47	0,47	0,00	0,13
22	Liniowe	-150,0	0,47	0,47	0,00	1,73
23	Liniowe	-30,0	-0,47	-0,47	0,00	1,71
24	Liniowe	-30,0	-0,47	-0,47	0,00	0,14
25	Liniowe	-30,0	-0,47	-0,47	0,00	1,61
26	Liniowe	-30,0	-0,47	-0,47	0,00	0,12
27	Liniowe	-30,0	-0,47	-0,47	0,00	1,43
28	Liniowe	-30,0	-0,47	-0,47	0,00	0,09
29	Liniowe	-30,0	-0,47	-0,47	0,00	1,08

Grupa: E "wiatr z lewej ssanie" Zmienne gf= 1,50

16	Liniowe	30,0	-0,29	-0,29	0,00	1,08
17	Liniowe	30,0	-0,29	-0,29	0,00	0,09
18	Liniowe	30,0	-0,12	-0,12	0,29	1,43
18	Liniowe	30,0	-0,29	-0,29	0,00	0,29
19	Liniowe	30,0	-0,12	-0,12	0,00	0,12
20	Liniowe	30,0	-0,12	-0,12	0,00	1,61
21	Liniowe	30,0	-0,12	-0,12	0,00	0,13
22	Liniowe	30,0	-0,12	-0,12	0,00	1,73
23	Liniowe	-30,0	-0,29	-0,29	0,00	1,68
23	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	1,68	1,71
24	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	0,00	0,14
25	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	0,00	1,61
26	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	0,00	0,12
27	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	0,00	1,43
28	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	0,00	0,09
29	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	0,00	1,08

Grupa: O "Fotowoltaika"			Zmienne			gf= 1,50
16	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	1,08
17	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	0,09
18	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	1,43
19	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	0,12
20	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	1,61
21	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	0,13
22	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	1,73
23	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	1,71
24	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	0,14
25	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	1,61
26	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	0,12
27	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	1,43
28	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	0,09
29	Liniowe	0,0	0,13	0,13	0,00	1,08

Grupa: F "wiatr z lewej parcie+ssani"			Zmienne			gf= 1,50
16	Liniowe	30,0	0,41	0,41	0,00	1,08
17	Liniowe	30,0	0,41	0,41	0,00	0,09
18	Liniowe	30,0	0,41	0,41	0,00	0,29
18	Liniowe	30,0	0,23	0,23	0,29	1,43
19	Liniowe	30,0	0,23	0,23	0,00	0,12
20	Liniowe	30,0	0,23	0,23	0,00	1,61
21	Liniowe	30,0	0,23	0,23	0,00	0,13
22	Liniowe	30,0	0,23	0,23	0,00	1,73
23	Liniowe	-30,0	-0,29	-0,29	0,00	1,68
23	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	1,68	1,71
24	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	0,00	0,14
25	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	0,00	1,61
26	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	0,00	0,12
27	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	0,00	1,43
28	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	0,00	0,09
29	Liniowe	-30,0	-0,23	-0,23	0,00	1,08

Grupa: G "Podwieszenie 2"			Zmienne			gf= 1,50
2	Skupione	0,0	0,16	0,61		
3	Skupione	0,0	0,16	0,05		
4	Skupione	0,0	0,16	0,70		
5	Skupione	0,0	0,16	0,05		
6	Skupione	0,0	0,16	0,74		
9	Skupione	0,0	0,16	0,74		
10	Skupione	0,0	0,16	0,05		
11	Skupione	0,0	0,16	0,70		
12	Skupione	0,0	0,16	0,05		
13	Skupione	0,0	0,16	0,60		

Grupa: U "Użytkowe"			Zmienne			gf= 1,50
23	Skupione	0,0	0,90	0,00		

### OBCIĄŻENIOWE WSPÓŁ. BEZPIECZ.:

-----  
Grupa:                      Znaczenie:   yd:   gf:  
-----

Ciążar wł.		1,35		
P -"Podwieszenie "	Stałe	1,35/1,00		
S -"Stałe"	Stałe	1,35/1,00		
A -"Śnieg 1"	Zmienne	1	1,00	1,50
B -"śnieg 2"	Zmienne	1	1,00	1,50
C -"Śnieg 3"	Zmienne	1	1,00	1,50
D -"Wiatr szczytowy"	Zmienne	1	1,00	1,50
E -"wiatr z lewej ssanie"	Zmienne	1	1,00	1,50
O -"Fotowoltaika"	Zmienne	1	1,00	1,50
F -"wiatr z lewej parcie+ssanie"	Zmienne	1	1,00	1,50
G -"Podwieszenie 2"	Zmienne	1	1,00	1,50
U -"Użytkowe"	Zmienne	1	1,00	1,50

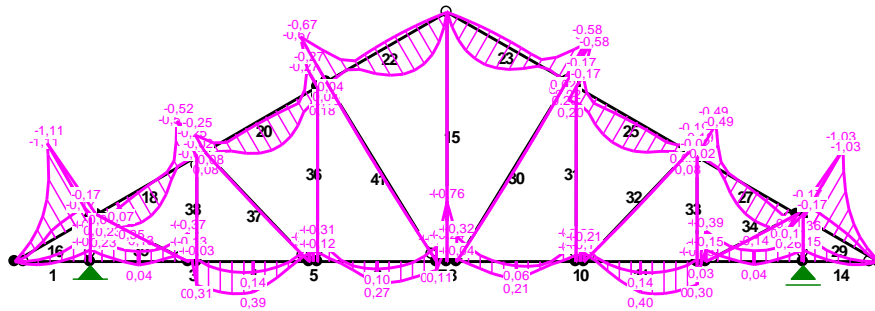
## RELACJE GRUP OBCIĄŻEŃ:

Grupa obc.:	Relacje:
Ciężar wł.	ZAWSZE
P -"Podwieszenie "	ZAWSZE
S -"Stałe"	ZAWSZE
A -"Śnieg 1"	EWENTUALNIE
	Nie występuje z: BC
B -"śnieg 2"	EWENTUALNIE
	Nie występuje z: AC
C -"Śnieg 3"	EWENTUALNIE
	Nie występuje z: AB
D -"Wiatr szczytowy"	EWENTUALNIE
	Nie występuje z: EF
E -"wiatr z lewej ssanie"	EWENTUALNIE
	Nie występuje z: DF
O -"Fotowoltaika"	EWENTUALNIE
F -"wiatr z lewej parcie+ssani"	EWENTUALNIE
	Nie występuje z: DE
G -"Podwieszenie 2"	EWENTUALNIE
U -"Użytkowe"	EWENTUALNIE

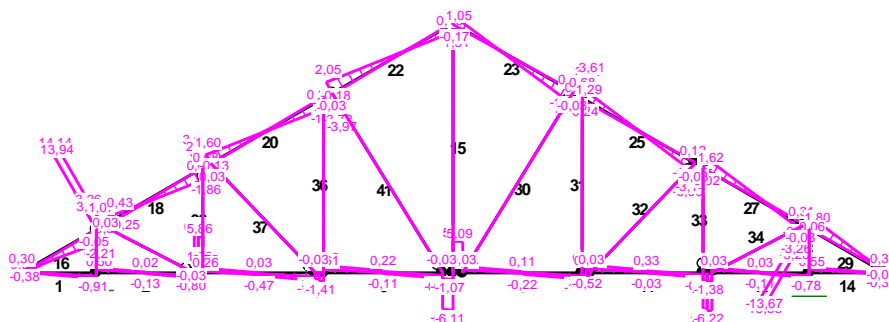
## 2.3. Siły przekrojowe

### Teoria I-go rzędu - Kombinatoryka obciążeń

MOMENTY-OBWIEDNIE:

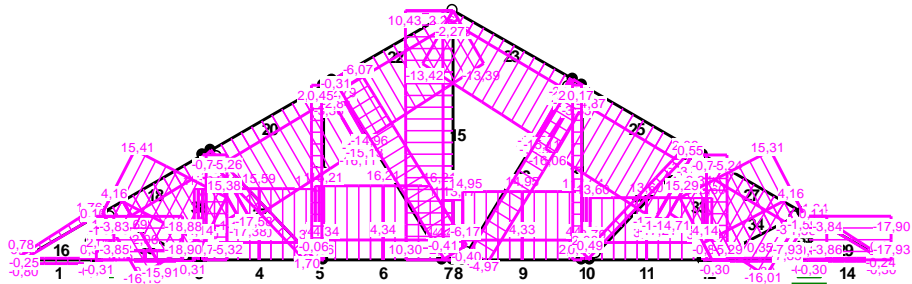


TNĄCE-OBWIEDNIE:





NORMALNE-OBWIEDNIE:



**SIŁY PRZEKROJOWE - WARTOŚCI EKSTREMALNE: T.I rzędu**  
 Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Pręt: x[m]: M[kNm]: Q[kN]: N[kN]: Kombinacja obciążeń:

1	0,293	<b>0,04*</b>	-0,02	0,08	Dps
	0,936	<b>-0,37*</b>	-0,91	-0,52	AFGOPSU
	0,936	-0,37	<b>-0,91*</b>	-0,52	AFGOPSU
	0,936	-0,25	-0,66	<b>0,37*</b>	CEGpsU
	0,176	0,01	-0,02	<b>0,37*</b>	CEGpsU
	0,936	-0,32	-0,86	<b>-0,80*</b>	BFOPS
	0,176	0,01	-0,02	<b>-0,80*</b>	BFOPS
2	0,610	<b>0,04*</b>	-0,12	0,23	DGPs
	0,610	<b>0,04*</b>	0,12	0,23	DGPs
	0,000	<b>-0,37*</b>	0,80	1,90	AFGOPSU
	0,000	-0,33	<b>0,81*</b>	1,82	BFGPs
	0,000	-0,27	0,63	<b>2,06*</b>	CFGpsU
	0,610	-0,04	0,12	<b>2,06*</b>	CFGpsU
	0,000	-0,32	0,69	<b>-0,31*</b>	BOPS
	0,610	-0,11	0,01	<b>-0,31*</b>	BOPS
3	0,106	<b>0,31*</b>	5,43	13,53	AFOpSU
	0,000	<b>-0,37*</b>	6,17	13,57	AGOPSU
	0,000	-0,36	<b>6,22*</b>	15,59	AFGOPSU
	0,000	-0,36	6,22	<b>15,59*</b>	AFGOPSU
	0,106	0,28	5,86	<b>15,59*</b>	AFGOPSU
	0,000	-0,14	1,37	<b>3,80*</b>	Dps
	0,106	-0,00	1,28	<b>3,80*</b>	Dps
4	0,481	<b>0,42*</b>	0,01	15,59	AFGOPSU
	1,394	<b>-0,22*</b>	-1,17	11,01	BDGOPSU
	1,394	-0,20	<b>-1,24*</b>	15,59	AFGOPSU
	1,394	-0,20	-1,24	<b>15,59*</b>	AFGOPSU
	0,481	0,42	0,01	<b>15,59*</b>	AFGOPSU
	1,394	-0,13	-0,67	<b>3,80*</b>	Dps
	0,612	0,14	-0,02	<b>3,80*</b>	Dps
5	0,000	<b>-0,11*</b>	-0,75	7,88	Fps
	0,104	<b>-0,31*</b>	-1,40	12,98	BFGPs
	0,104	-0,30	<b>-1,41*</b>	9,97	FgPs
	0,104	-0,28	-0,99	<b>16,21*</b>	AFGOPSU
	0,000	-0,20	-0,63	<b>16,21*</b>	AFGOPSU
	0,104	-0,15	-0,23	<b>4,34*</b>	Dps
	0,000	-0,13	-0,14	<b>4,34*</b>	Dps
6	0,832	<b>0,27*</b>	0,01	15,54	BFGOPSU

0,000	<b>-0,31*</b>	1,17	12,98	BFGPs
0,000	-0,31	<b>1,18*</b>	14,66	BFGOPS
0,000	-0,28	1,14	<b>16,21*</b>	AFGOPSU
0,786	0,26	0,02	<b>16,21*</b>	AFGOPSU
0,000	-0,15	0,64	<b>4,34*</b>	Dps
0,786	0,10	-0,01	<b>4,34*</b>	Dps
7 0,000	<b>0,11*</b>	-4,89	10,74	BFOpSU
0,130	<b>-0,76*</b>	-6,02	12,21	AFGOPS
0,130	-0,74	<b>-6,11*</b>	11,46	BFGOPS
0,130	-0,75	-5,90	<b>13,17*</b>	AFGOPSU
0,000	0,01	-5,75	<b>13,17*</b>	AFGOPSU
0,130	-0,25	-1,19	<b>4,07*</b>	Dps
0,000	-0,10	-1,08	<b>4,07*</b>	Dps
8 0,120	<b>-0,04*</b>	4,01	9,70	COpSU
0,000	<b>-0,76*</b>	4,21	12,21	AFGOPS
0,000	-0,73	<b>5,23*</b>	10,42	CGOPS
0,000	-0,75	4,08	<b>13,17*</b>	AFGOPSU
0,120	-0,27	3,95	<b>13,17*</b>	AFGOPSU
0,000	-0,25	1,18	<b>4,07*</b>	Dps
0,120	-0,12	1,08	<b>4,07*</b>	Dps
9 0,740	<b>0,21*</b>	-0,22	13,86	CGOPSU
0,740	<b>0,21*</b>	0,03	13,86	CGOPSU
0,000	<b>-0,32*</b>	1,03	11,22	BFGPs
1,480	-0,26	<b>-1,04*</b>	12,99	CGOPS
0,000	-0,27	0,98	<b>14,95*</b>	AFGOPSU
0,740	0,16	0,17	<b>14,95*</b>	AFGOPSU
1,480	-0,15	-0,64	<b>4,33*</b>	Dps
0,694	0,10	0,02	<b>4,33*</b>	Dps
10 0,000	<b>-0,08*</b>	-0,43	11,70	BFOpSU
0,000	<b>-0,26*</b>	1,00	11,31	CGPs
0,000	-0,25	<b>1,01*</b>	8,31	GPs
0,000	-0,20	0,21	<b>14,94*</b>	AFGOPSU
0,050	-0,19	0,16	<b>14,94*</b>	AFGOPSU
0,000	-0,15	0,23	<b>4,33*</b>	Dps
0,100	-0,13	0,15	<b>4,33*</b>	Dps
11 0,875	<b>0,42*</b>	0,02	13,55	AGOPSU
0,000	<b>-0,21*</b>	1,17	11,00	CDGOPSU
0,000	-0,19	<b>1,23*</b>	13,55	AGOPSU
0,000	-0,19	1,22	<b>13,60*</b>	AFGOPSU
0,875	0,41	0,01	<b>13,60*</b>	AFGOPSU
0,000	-0,13	0,67	<b>3,79*</b>	Dps
0,788	0,14	0,02	<b>3,79*</b>	Dps
12 0,000	<b>0,30*</b>	-5,41	11,49	AOpSU
0,110	<b>-0,39*</b>	-6,12	13,60	AFGOPSU
0,110	-0,39	<b>-6,22*</b>	13,55	AGOPSU
0,110	-0,39	-6,12	<b>13,60*</b>	AFGOPSU
0,000	0,26	-5,76	<b>13,60*</b>	AFGOPSU
0,110	-0,15	-1,38	<b>3,79*</b>	Dps
0,000	-0,00	-1,29	<b>3,79*</b>	Dps
13 0,600	<b>0,04*</b>	0,13	0,24	DGPs
0,000	<b>-0,39*</b>	0,82	0,19	AFGOPSU
0,000	-0,37	<b>0,82*</b>	0,28	BFGOPSU
0,000	-0,25	0,65	<b>0,35*</b>	BDGpsU
0,600	-0,01	0,15	<b>0,35*</b>	BDGpsU
0,000	-0,32	0,67	<b>-0,30*</b>	COPS
0,600	-0,12	0,01	<b>-0,30*</b>	COPS
14 0,642	<b>0,04*</b>	0,02	0,08	DPs
0,000	<b>-0,36*</b>	0,90	-0,03	AGOPSU
0,000	-0,36	<b>0,90*</b>	-0,03	AGOPSU
0,000	-0,22	0,63	<b>0,35*</b>	BDGpsU
0,759	0,01	-0,00	<b>0,35*</b>	BDGpsU
0,000	-0,32	0,86	<b>-0,30*</b>	COPS
0,759	0,01	0,02	<b>-0,30*</b>	COPS

15	0,000	<b>0,00*</b>	0,00	10,30	AGOPS
	3,090	<b>0,00*</b>	0,00	10,43	AGOPS
	0,000	<b>0,00*</b>	0,00	10,30	AGOPS
	3,090	<b>0,00*</b>	0,00	10,43	AGOPS
	0,000	0,00	<b>0,00*</b>	10,30	AGOPS
	3,090	0,00	<b>0,00*</b>	10,43	AGOPS
	3,090	0,00	0,00	<b>10,43*</b>	AGOPS
	0,000	0,00	0,00	<b>2,12*</b>	DpsU
16	0,135	<b>0,02*</b>	0,01	0,84	BFOpS
	1,080	<b>-1,11*</b>	-2,21	1,50	AFGOPSU
	1,080	-1,11	<b>-2,21*</b>	1,50	AFGOPSU
	1,080	-1,01	-2,12	<b>1,76*</b>	BFOpS
	0,000	-0,00	-0,29	<b>-0,25*</b>	CEGpsU
17	0,090	<b>0,23*</b>	9,57	-5,37	CDGOPSU
	0,000	<b>-1,11*</b>	14,14	-7,93	AFGOPSU
	0,000	-1,11	<b>14,14*</b>	-7,93	AFGOPSU
	0,090	0,13	3,28	<b>-1,54*</b>	Dps
	0,000	-1,11	14,14	<b>-7,93*</b>	AFGOPSU
18	0,505	<b>0,38*</b>	-0,07	-15,72	AFGOPSU
	1,435	<b>-0,52*</b>	-1,86	-14,87	AFGOPSU
	1,435	-0,52	<b>-1,86*</b>	-14,87	AFGOPSU
	1,435	-0,02	0,03	<b>-3,35*</b>	Dps
	0,000	0,15	0,98	<b>-16,18*</b>	AFGOPSU
19	0,115	<b>0,08*</b>	1,08	-5,77	DPsU
	0,000	<b>-0,52*</b>	2,78	-17,48	AFGOPSU
	0,000	-0,47	<b>3,00*</b>	-16,06	AOPsU
	0,115	0,06	0,70	<b>-3,67*</b>	Dps
	0,000	-0,52	2,78	<b>-17,48*</b>	AFGOPSU
20	0,806	<b>0,42*</b>	0,01	-16,85	AFGOPSU
	1,613	<b>-0,27*</b>	-1,59	-13,68	AFOpSU
	0,000	-0,24	<b>1,60*</b>	-15,82	BFGOPS
	1,613	0,11	0,18	<b>-3,36*</b>	Dps
	0,000	-0,21	1,56	<b>-17,58*</b>	AFGOPSU
21	0,000	<b>0,18*</b>	-1,41	-4,85	DGPs
	0,127	<b>-0,67*</b>	-3,97	-12,95	BFGOPS
	0,127	-0,67	<b>-3,97*</b>	-12,95	BFGOPS
	0,127	0,03	-0,63	<b>-2,84*</b>	Dps
	0,000	-0,16	-2,72	<b>-15,24*</b>	AGOPSU
22	1,079	<b>0,44*</b>	-0,06	-11,76	AFOpSU
	0,000	<b>-0,67*</b>	2,05	-12,74	BFGOPS
	0,000	-0,67	<b>2,05*</b>	-12,74	BFGOPS
	1,727	-0,00	0,14	<b>-2,28*</b>	Dps
	0,000	-0,52	1,67	<b>-14,96*</b>	AGOPSU
23	0,630	<b>0,35*</b>	0,05	-12,01	AOpSU
	1,715	<b>-0,58*</b>	-1,70	-12,98	CGOPS
	1,715	-0,58	<b>-1,70*</b>	-12,98	CGOPS
	0,000	0,00	-0,14	<b>-2,27*</b>	Dps
	1,715	-0,42	-1,24	<b>-14,98*</b>	AFGOPSU
24	0,135	<b>0,20*</b>	1,62	-4,77	DGPs
	0,000	<b>-0,58*</b>	3,81	-12,98	CGOPS
	0,000	-0,58	<b>3,81*</b>	-12,98	CGOPS
	0,000	0,02	0,76	<b>-2,80*</b>	Dps
	0,135	-0,05	2,71	<b>-15,11*</b>	AFGOPSU
25	0,807	<b>0,39*</b>	-0,04	-16,80	AGOPSU
	1,613	<b>-0,19*</b>	-1,32	-14,59	CGOpS
	1,613	-0,18	<b>-1,34*</b>	-15,77	CGOPS
	0,000	0,12	-0,19	<b>-3,35*</b>	Dps
	1,613	-0,15	-1,31	<b>-17,53*</b>	AGOPSU
26	0,000	<b>0,08*</b>	-1,07	-5,77	DPsU
	0,116	<b>-0,49*</b>	-2,95	-17,32	AGOPSU
	0,116	-0,43	<b>-3,14*</b>	-15,69	AFOPSU

	0,000	0,06	-0,69	<b>-3,67*</b>	Dps
	0,116	-0,49	-2,95	<b>-17,32*</b>	AGOPSU
27	1,071	<b>0,34*</b>	-0,07	-15,68	AGOPSU
	0,000	<b>-0,49*</b>	1,62	-14,71	AGOPSU
	0,000	-0,49	<b>1,62*</b>	-14,71	AGOPSU
	0,000	-0,02	-0,02	<b>-3,34*</b>	Dps
	1,428	0,22	-0,63	<b>-16,01*</b>	AGOPSU
28	0,000	<b>0,26*</b>	-11,71	-6,91	BFGOPSU
	0,091	<b>-1,03*</b>	-13,67	-7,93	AGOPSU
	0,091	-1,03	<b>-13,67*</b>	-7,93	AGOPSU
	0,000	0,13	-3,28	<b>-1,56*</b>	Dps
	0,091	-1,03	-13,67	<b>-7,93*</b>	AGOPSU
29	1,079	<b>-0,00*</b>	0,00	0,35	COPS
	0,000	<b>-1,03*</b>	1,80	1,07	AGOPSU
	0,000	-1,03	<b>1,80*</b>	1,07	AGOPSU
	0,000	-0,92	1,71	<b>1,34*</b>	COPS
	1,079	0,00	0,28	<b>-0,24*</b>	BFGpsU
30	1,311	<b>0,02*</b>	-0,00	-4,92	CGOPS
	0,000	<b>0,00*</b>	0,03	-4,97	CGOPS
	2,623	<b>-0,00*</b>	-0,03	-4,87	CGOPS
	0,000	0,00	<b>0,03*</b>	-4,97	CGOPS
	2,623	-0,00	<b>-0,03*</b>	-4,87	CGOPS
	2,623	-0,00	-0,03	<b>-0,30*</b>	DpsU
	0,000	0,00	0,03	<b>-4,97*</b>	CGOPS
31	0,000	<b>0,00*</b>	-0,00	2,14	CGPs
	2,165	<b>0,00*</b>	0,00	2,04	CGPs
	1,759	<b>-0,00*</b>	0,00	2,06	CGPs
	0,677	<b>-0,00*</b>	-0,00	2,11	CGPs
	0,000	0,00	<b>-0,00*</b>	2,14	CGPs
	2,165	0,00	<b>0,00*</b>	2,04	CGPs
	0,000	0,00	-0,00	<b>2,14*</b>	CGPs
	2,165	0,00	0,00	<b>0,07*</b>	BFOPsU
32	0,000	<b>0,00*</b>	-0,03	2,06	BFOPSU
	1,879	<b>-0,00*</b>	0,03	2,00	BFOPSU
	0,940	<b>-0,01*</b>	-0,00	2,03	BFOPSU
	0,000	0,00	<b>-0,03*</b>	2,06	BFOPSU
	1,879	-0,00	<b>0,03*</b>	2,00	BFOPSU
	0,000	0,00	-0,03	<b>2,06*</b>	BFOPSU
	1,879	-0,00	0,03	<b>0,49*</b>	Gps
33	0,000	<b>0,00*</b>	0,00	-5,24	AGOPSU
	1,300	<b>0,00*</b>	0,00	-5,29	AGOPSU
	0,000	<b>0,00*</b>	0,00	-5,24	AGOPSU
	1,300	<b>0,00*</b>	0,00	-5,29	AGOPSU
	0,000	0,00	<b>0,00*</b>	-5,24	AGOPSU
	1,300	0,00	<b>0,00*</b>	-5,29	AGOPSU
	0,000	0,00	0,00	<b>-0,74*</b>	Dps
	1,300	0,00	0,00	<b>-5,29*</b>	AGOPSU
34	0,000	<b>0,00*</b>	-0,03	15,31	AGOPSU
	1,270	<b>-0,00*</b>	0,03	15,29	AGOPSU
	0,635	<b>-0,01*</b>	-0,00	15,30	AGOPSU
	0,000	0,00	<b>-0,03*</b>	15,31	AGOPSU
	1,270	-0,00	<b>0,03*</b>	15,29	AGOPSU
	0,000	0,00	-0,03	<b>15,31*</b>	AGOPSU
	1,270	-0,00	0,03	<b>4,14*</b>	Dps
35	0,000	<b>0,00*</b>	0,00	-17,90	AGOPSU
	0,540	<b>0,00*</b>	0,00	-17,93	AGOPSU
	0,000	<b>0,00*</b>	0,00	-17,90	AGOPSU
	0,540	<b>0,00*</b>	0,00	-17,93	AGOPSU
	0,000	0,00	<b>0,00*</b>	-17,90	AGOPSU
	0,540	0,00	<b>0,00*</b>	-17,93	AGOPSU
	0,000	0,00	0,00	<b>-3,84*</b>	Dps
	0,540	0,00	0,00	<b>-17,93*</b>	AGOPSU

36	0,000	<b>0,00*</b>	0,00	2,66	BFGPs
	2,164	<b>0,00*</b>	0,00	2,57	BFGPs
	0,000	<b>0,00*</b>	0,00	2,66	BFGPs
	2,164	<b>0,00*</b>	0,00	2,57	BFGPs
	0,000	0,00	<b>0,00*</b>	2,66	BFGPs
	2,164	0,00	<b>0,00*</b>	2,57	BFGPs
	0,000	0,00	0,00	<b>2,66*</b>	BFGPs
	2,164	0,00	0,00	<b>0,36*</b>	CDOpSU
37	0,938	<b>0,01*</b>	0,00	1,73	CDOPSU
	0,000	<b>0,00*</b>	0,03	1,76	CDOPSU
	1,875	<b>0,00*</b>	-0,03	1,70	CDOPSU
	0,000	0,00	<b>0,03*</b>	1,76	CDOPSU
	1,875	0,00	<b>-0,03*</b>	1,70	CDOPSU
	0,000	0,00	0,03	<b>1,76*</b>	CDOPSU
	1,875	0,00	-0,03	<b>-0,06*</b>	FGps
38	0,000	<b>0,00*</b>	-0,00	-5,26	AFOPSU
	1,301	<b>0,00*</b>	0,00	-5,32	AFOPSU
	0,000	<b>0,00*</b>	-0,00	-5,26	AFOPSU
	1,301	<b>0,00*</b>	0,00	-5,32	AFOPSU
	0,000	0,00	<b>-0,00*</b>	-5,26	AFOPSU
	1,301	0,00	<b>0,00*</b>	-5,32	AFOPSU
	0,000	0,00	-0,00	<b>-0,73*</b>	DGps
	1,301	0,00	0,00	<b>-5,32*</b>	AFOPSU
39	0,639	<b>0,01*</b>	-0,00	15,39	AFGOPSU
	0,000	<b>0,00*</b>	0,03	15,41	AFGOPSU
	1,277	<b>-0,00*</b>	-0,03	15,38	AFGOPSU
	0,000	0,00	<b>0,03*</b>	15,41	AFGOPSU
	1,277	-0,00	<b>-0,03*</b>	15,38	AFGOPSU
	0,000	0,00	0,03	<b>15,41*</b>	AFGOPSU
	1,277	-0,00	-0,03	<b>4,14*</b>	Dps
40	0,000	<b>0,00*</b>	0,00	-18,88	AFGOPSU
	0,539	<b>0,00*</b>	0,00	-18,90	AFGOPSU
	0,000	<b>0,00*</b>	0,00	-18,88	AFGOPSU
	0,539	<b>0,00*</b>	0,00	-18,90	AFGOPSU
	0,000	0,00	<b>0,00*</b>	-18,88	AFGOPSU
	0,539	0,00	<b>0,00*</b>	-18,90	AFGOPSU
	0,000	0,00	0,00	<b>-3,83*</b>	Dps
	0,539	0,00	0,00	<b>-18,90*</b>	AFGOPSU
41	1,306	<b>0,02*</b>	-0,00	-6,12	BFGOPS
	0,000	<b>0,00*</b>	0,03	-6,07	BFGOPS
	2,613	<b>-0,00*</b>	-0,03	-6,17	BFGOPS
	0,000	0,00	<b>0,03*</b>	-6,07	BFGOPS
	2,613	-0,00	<b>-0,03*</b>	-6,17	BFGOPS
	0,000	0,00	0,03	<b>-0,31*</b>	DpsU
	2,613	-0,00	-0,03	<b>-6,17*</b>	BFGOPS

**REAKCJE - WARTOŚCI EKSTREMALNE:** T.I rzędu  
 Obciążenia obl.: Ciężar wł.+"Kombinacja obciążeń"

Węzeł: H[kN]: V[kN]: R[kN]: M[kNm]: Kombinacja obciążeń:

2	<b>-0,00*</b>	19,60	19,60	AGOPSU
	<b>-0,00*</b>	8,68	8,68	ps
	<b>-0,00*</b>	11,30	11,30	PS
	<b>-2,42*</b>	20,61	20,75	AFGOPSU
	<b>-2,42*</b>	9,69	9,99	Fps
	<b>-2,42*</b>	12,31	12,55	FPS
	-2,42	<b>20,61*</b>	20,75	AFGOPSU
	-0,00	<b>4,92*</b>	4,92	Dps
	-2,42	20,61	<b>20,75*</b>	AFGOPSU
14	<b>-0,00*</b>	19,60	19,60	AGOPSU
	<b>-0,00*</b>	4,92	4,92	Dps
	<b>0,00*</b>	11,30	11,30	PS
	-0,00	<b>19,60*</b>	19,60	AGOPSU

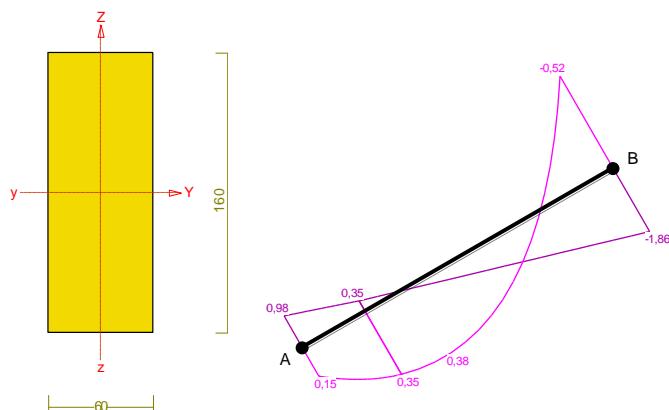
-0,00	<b>4,92*</b>	4,92	Dps
-0,00	19,60	<b>19,60*</b>	AGOPUSU

\* = Wartości ekstremalne

### 3. Wymiarowanie konstrukcji drewnianej

#### Pręt nr 18

Zadanie: Wiązar drewniany



#### Sprawdzenie nośności pręta nr 18

##### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,43$  m, przy obciążeniach „AFGOPSU”.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 16,18 / 96,00 \times 10 = \mathbf{1,69 < 2,17} = 0,153 \times 14,15 = k_c f_{c,0,d}$$

Ściskanie ze zginaniem dla  $x_a=0,29$  m;  $x_b=1,14$  m, przy obciążeniach „AFGOPSU”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,y} f_{c,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,66}{1,034 \times 14,15} + 0,7 \times \frac{0,00}{18,46} + \frac{1,35}{18,46} = \mathbf{0,187 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}}{k_{c,z} f_{c,0,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} = \frac{1,66}{0,153 \times 14,15} + \frac{0,00}{18,46} + 0,7 \times \frac{1,35}{18,46} = \mathbf{0,816 < 1}$$

##### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=1,43$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „AFGOPSU”.

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,52 / 256,00 \times 10^3 = \mathbf{2,04 < 18,46} = 1,000 \times 18,46 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=1,43$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CEPs”:

$$\frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{0,93}{18,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{18,46} = \mathbf{0,051 < 1}$$

$$k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = 0,7 \times \frac{0,93}{18,46} + \frac{0,00}{18,46} = \mathbf{0,035 < 1}$$

Nośność ze ściskaniem dla  $x_a=1,43$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „AFGOPSU”:

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,55^2}{14,15^2} + \frac{2,04}{18,46} + 0,7 \times \frac{0,00}{18,46} = \mathbf{0,122 < 1}$$

$$\frac{\sigma_{c,0,d}^2}{f_{c,0,d}^2} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,55^2}{14,15^2} + 0,7 \times \frac{2,04}{18,46} + \frac{0,00}{18,46} = \mathbf{0,089 < 1}$$

##### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=1,43$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „AFGOPSU”.

Warunek nośności

$$\tau_{d} = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,29^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,29} < \mathbf{1,85} = 1,000 \times 1,85 = k_v f_{v,d}$$

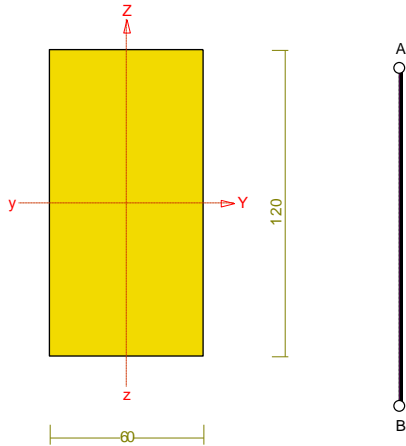
### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=0,58$  m;  $x_b=0,86$  m, przy obciążeniach „AFGOpSU” liczone od cięciwy pręta.

$$u_{z,fin} = -0,2 + -0,2 = \mathbf{0,4} < \mathbf{4,8} = u_{net,fin}$$

### Pręt nr 40

Zadanie: Wiązar drewniany



### Sprawdzenie nośności pręta nr 40

#### Nośność na ściskanie:

Wyniki dla  $x_a=0,54$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „AFGOPSU”.

Nośność na ściskanie:

$$\sigma_{c,0,d} = N / A_d = 18,90 / 72,00 \times 10 = \mathbf{2,63} < \mathbf{10,52} = 0,991 \times 10,62 = k_c f_{c,0,d}$$

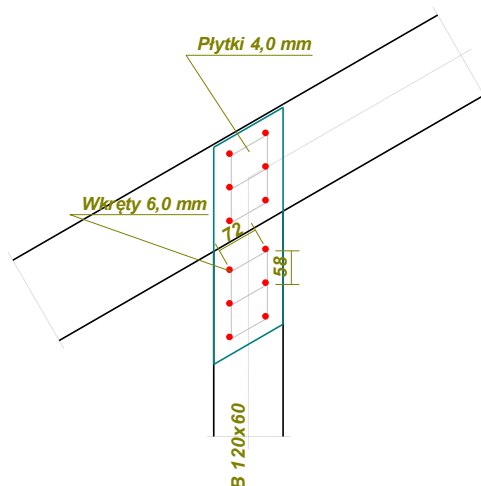
#### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=0,54$  m, przy obciążeniach „AFGOpSU”.

$$u_{z,fin} = 0,2 + 0,2 = \mathbf{0,5} < \mathbf{3,6} = u_{net,fin}$$

### POŁĄCZENIE NA WKRETY W WĘZLE NR: 23

Zadanie: Wiązar drewniany ; pręt nr: 40



Przyjęto połączenie z zastosowaniem płytek stalowych na jednocięte wkręty długości  $l = 100$  mm o średnicy  $d = 6,0$  mm. Łączniki należy umieścić w uprzednio nawierconych otworach.

Siły działające na najbardziej obciążony łącznik:

$$F_M = \frac{M e_{\max}}{\sum e_i^2} = \frac{0,00 \times 82,0}{21141,2} \times 10^6 = 0,00 \text{ N};$$

$$F_{x,M} = 0,00; \quad F_{y,M} = 0,00$$

$$F_Q = Q / n = 0,00 / 6 \times 10^3 = 0,00 \text{ N}$$

$$F_N = N / n = 18,88 / 6 \times 10^3 = -3146,02 \text{ N}$$

#### Warunek nośności połączenia:

Liczba płaszczyzn ścinania łączników  $n_c = 2$ .

$$F = \sqrt{(F_{xM} + F_N)^2 + (F_{yM} + F_Q)^2} / n_c = \sqrt{(0,00 + -3146,02)^2 + (0,00 + 0,00)^2} / 2 = \mathbf{1573,01} < \mathbf{1799,7} = R_d$$

#### Nośność płytek:

Naprężenia w płytkach stalowych o grubości  $t = 4,0 \text{ mm}$ , z uwzględnieniem osłabienia otworami:

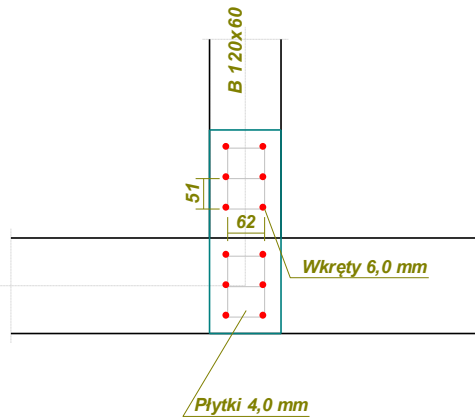
$$\sigma = M / W_p + N / F_p = 0,00 / 17,41 \times 10^3 + 18,88 / 8,48 \times 10 = 22,26 \text{ MPa}$$

$$\tau = Q / F_p = 0,00 / 8,48 \times 10 = \mathbf{0,00} < \mathbf{124,7} = 0,58 f_d$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{22,26^2 + 3 \times 0,00^2} = \mathbf{22,26} < \mathbf{215} = f_d$$

#### POŁĄCZENIE NA WKRETY W WĘZLE NR: 2

Zadanie: Wiązar drewniany ; pręt nr: 40



Przyjęto połączenie z zastosowaniem płytek stalowych na jednocięte wkręty długości  $l = 100 \text{ mm}$  o średnicy  $d = 6,0 \text{ mm}$ . Łączniki należy umieścić w uprzednio nawierconych otworach.

Siły działające na najbardziej obciążony łącznik:

$$F_M = \frac{M e_{\max}}{\sum e_i^2} = \frac{0,00 \times 59,7}{16170,0} \times 10^6 = 0,00 \text{ N};$$

$$F_{x,M} = 0,00; \quad F_{y,M} = 0,00$$

$$F_Q = Q / n = 0,00 / 6 \times 10^3 = 0,00 \text{ N}$$

$$F_N = N / n = 18,90 / 6 \times 10^3 = -3150,04 \text{ N}$$

#### Warunek nośności połączenia:

Liczba płaszczyzn ścinania łączników  $n_c = 2$ .

$$F = \sqrt{(F_{xM} + F_N)^2 + (F_{yM} + F_Q)^2} / n_c = \sqrt{(0,00 + -3150,04)^2 + (0,00 + 0,00)^2} / 2 = \mathbf{1575,02} < \mathbf{1799,7} = R_d$$

#### Nośność płytek:

Naprężenia w płytkach stalowych o grubości  $t = 4,0 \text{ mm}$ , z uwzględnieniem osłabienia otworami:

$$\sigma = M / W_p + N / F_p = 0,00 / 17,41 \times 10^3 + 18,90 / 8,48 \times 10 = 22,29 \text{ MPa}$$

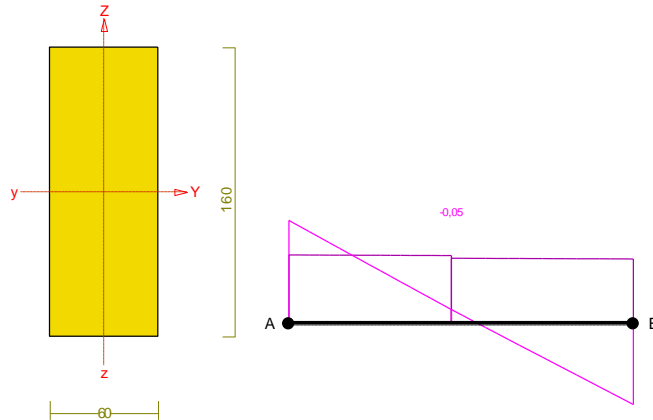
$$\tau = Q / F_p = 0,00 / 8,48 \times 10 = \mathbf{0,00} < \mathbf{124,7} = 0,58 f_d$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{22,29^2 + 3 \times 0,00^2} = \mathbf{22,29} < \mathbf{215} = f_d$$



### Pręt nr 3

Zadanie: Wiązar drewniany



### Sprawdzenie nośności pręta nr 3

#### Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=0,11$  m, przy obciążeniach „AFGOPSU”.  
Pole powierzchni przekroju netto  $A_n = 96,00$  cm<sup>2</sup>.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 15,59 / 96,00 \times 10 = \mathbf{1,62} < \mathbf{8,31} = f_{t,0,d}$$

#### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=0,11$  m, przy obciążeniach „AGOPSU”.

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,37 / 256,00 \times 10^3 = \mathbf{1,43} < \mathbf{13,85} = 1,000 \times 13,85 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=0,11$  m, przy obciążeniach „AFGOPSU”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,62}{8,31} + \frac{1,41}{13,85} + 0,7 \times \frac{0,00}{13,85} = \mathbf{0,297} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{1,62}{8,31} + 0,7 \times \frac{1,41}{13,85} + \frac{0,00}{13,85} = \mathbf{0,267} < \mathbf{1}$$

#### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=0,11$  m, przy obciążeniach „AFGOPSU”.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,97^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,97} < \mathbf{1,38} = 1,000 \times 1,38 = k_v f_{v,d}$$

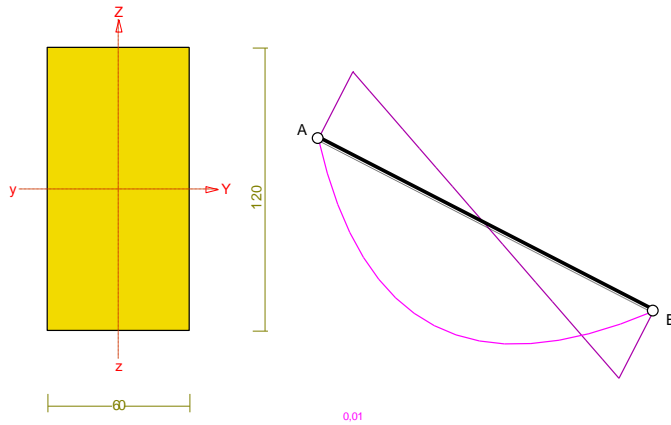
#### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=0,04$  m;  $x_b=0,06$  m, przy obciążeniach „DGps” liczone od cięciwy pręta.

$$u_{z,fin} = 0,0 + 0,0 = \mathbf{0,0} < \mathbf{0,4} = u_{net,fin}$$

### Pręt nr 39

Zadanie: Wiązar drewniany



### Sprawdzenie nośności pręta nr 39

#### Nośność na rozciąganie:

Wyniki dla  $x_a=0,00$  m;  $x_b=1,28$  m, przy obciążeniach „AFGOPSU”.  
Pole powierzchni przekroju netto  $A_n = 72,00$  cm<sup>2</sup>.

$$\sigma_{t,0,d} = N / A_n = 15,41 / 72,00 \times 10 = \mathbf{2,14} < \mathbf{8,31} = f_{t,0,d}$$

#### Nośność na zginanie:

Wyniki dla  $x_a=0,64$  m;  $x_b=0,64$  m, przy obciążeniach „CEPs”.

Warunek stateczności:

$$\sigma_{m,d} = M / W = 0,01 / 144,00 \times 10^3 = \mathbf{0,06} < \mathbf{13,85} = 1,000 \times 13,85 = k_{crit} f_{m,d}$$

Nośność dla  $x_a=0,64$  m;  $x_b=0,64$  m, przy obciążeniach „AFGOPSU”:

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,14}{8,31} + \frac{0,06}{13,85} + 0,7 \times \frac{0,00}{13,85} = \mathbf{0,261} < \mathbf{1}$$

$$\frac{\sigma_{t,0,d}}{f_{t,0,d}} + k_m \frac{\sigma_{m,y,d}}{f_{m,y,d}} + \frac{\sigma_{m,z,d}}{f_{m,z,d}} = \frac{2,14}{8,31} + 0,7 \times \frac{0,06}{13,85} + \frac{0,00}{13,85} = \mathbf{0,260} < \mathbf{1}$$

#### Nośność na ścinanie:

Wyniki dla  $x_a=1,28$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „CEPs”.

Warunek nośności

$$\tau_d = \sqrt{\tau_{z,d}^2 + \tau_{y,d}^2} = \sqrt{0,01^2 + 0,00^2} = \mathbf{0,01} < \mathbf{1,38} = 1,000 \times 1,38 = k_v f_{v,d}$$

#### Stan graniczny użytkowania:

Wyniki dla  $x_a=1,28$  m;  $x_b=0,00$  m, przy obciążeniach „AFGOpSU”.

$$u_{z,fin} = -0,9 + -0,6 = \mathbf{1,5} < \mathbf{8,5} = u_{net,fin}$$

### POŁĄCZENIE NA WKRETY W WĘZLE NR: 24

Przyjęto połączenie z zastosowaniem płytek stalowych na jednocięte wkręty długości  $l = 100$  mm o średnicy  $d = 6,0$  mm. Łączniki należy umieścić w uprzednio nawierconych otworach.

Siły działające na najbardziej obciążony łącznik:

$$F_M = \frac{M e_{max}}{\sum e_i^2} = \frac{0,00 \times 50,6}{22563,6} \times 10^6 = 0,00 \text{ N};$$

$$F_{x,M} = 0,00; \quad F_{y,M} = 0,00$$

$$F_Q = Q / n = 0,03 / 6 \times 10^3 = 4,23 \text{ N}$$

$$F_N = N / n = 15,41 / 6 \times 10^3 = 2567,66 \text{ N}$$

#### Warunek nośności połączenia:

Liczba płaszczyzn ścinania łączników  $n_c = 2$ .

$$F = \sqrt{(F_{x,M} + F_N)^2 + (F_{y,M} + F_Q)^2} / n_c = \sqrt{(0,00 + 2567,66)^2 + (0,00 + -4,23)^2} / 2 = \mathbf{1283,83} < \mathbf{1799,7} = R_d$$

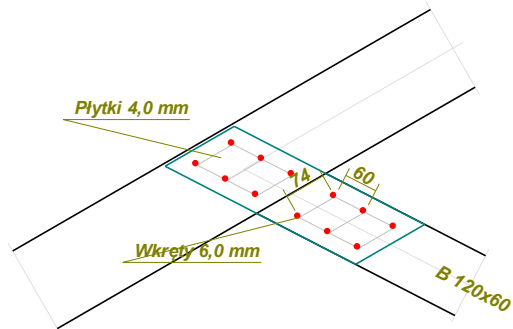
#### Nośność płytek:

Naprężenia w płytkach stalowych o grubości  $t = 4,0$  mm, z uwzględnieniem osłabienia otworami:

$$\sigma = M / W_p + N / F_p = 0,00 / 17,41 \times 10^3 + 15,41 / 8,48 \times 10 = 18,17 \text{ MPa}$$

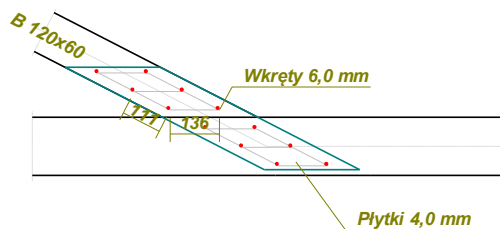
$$\tau = Q / F_p = 0,03 / 8,48 \times 10 = \mathbf{0,03} < \mathbf{124,7} = 0,58 f_d$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{18,17^2 + 3 \times 0,03^2} = \mathbf{18,17} < \mathbf{215} = f_d$$



### POŁĄCZENIE NA WKRETY W WĘZLE NR: 3

Zadanie: Wiązar drewniany ; pręt nr: 39



Przyjęto połączenie z zastosowaniem płytek stalowych na jednocięte wkręty długości  $l = 100$  mm o średnicy  $d = 6,0$  mm. Łączniki należy umieścić w uprzednio nawierconych otworach.

Siły działające na najbardziej obciążony łącznik:

$$F_M = \frac{M e_{\max}}{\sum e_i^2} = \frac{0,00 \times 59,4}{76867,5} \times 10^6 = 0,00 \text{ N};$$

$$F_{x,M} = 0,00; \quad F_{y,M} = 0,00$$

$$F_Q = Q / n = 0,03 / 6 \times 10^3 = -4,23 \text{ N}$$

$$F_N = N / n = 15,38 / 6 \times 10^3 = 2563,31 \text{ N}$$

#### Warunek nośności połączenia:

Liczba płaszczyzn ścinania łączników  $n_c = 2$ .

$$F = \sqrt{(F_{xM} + F_N)^2 + (F_{yM} + F_Q)^2} / n_c = \sqrt{(0,00 + 2563,31)^2 + (0,00 + 4,23)^2} / 2 = \mathbf{1281,66} < \mathbf{1799,7} = R_d$$

#### Nośność płytek:

Naprężenia w płytkach stalowych o grubości  $t = 4,0$  mm, z uwzględnieniem osłabienia otworami:

$$\sigma = M / W_p + N / F_p = 0,00 / 17,41 \times 10^3 + 15,38 / 8,48 \times 10 = 18,14 \text{ MPa}$$

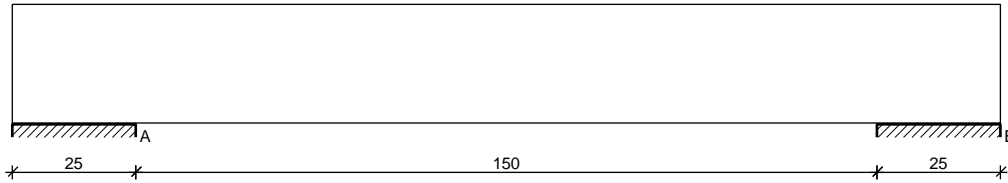
$$\tau = Q / F_p = 0,03 / 8,48 \times 10 = \mathbf{0,03} < \mathbf{124,7} = 0,58 f_d$$

$$\sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} = \sqrt{18,14^2 + 3 \times 0,03^2} = \mathbf{18,14} < \mathbf{215} = f_d$$

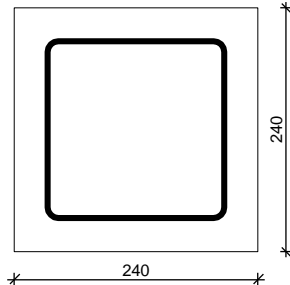
### UWAGA!

Zaprojektowano wiązar drewniany kratowy z drewna klasy C30 w rozstawie co 0,90 m, pas górny oraz dolny o przekroju 60x160 mm, wykratowanie (słupki oraz krzyżulce) o przekroju 60x120 mm.

#### 4. Obliczenia nadproża N-1



#### GEOMETRIA BELKI



#### Wymiary przekroju:

Typ przekroju: prostokątny

Szerokość przekroju  $b_w = 24,0$  cm

Wysokość przekroju  $h = 24,0$  cm

Rodzaj belki: monolityczna

#### OBCIĄŻENIA NA BELCE

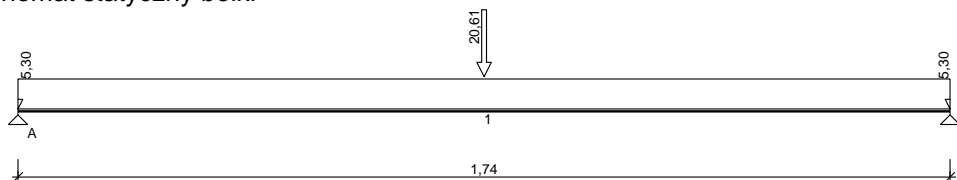
##### Zestawienie obciążeń rozłożonych [kN/m]:

Lp	Opis obciążenia	Obc.char.	$g_f$	$k_d$	Obc.obl.	Zasięg [m]
1.	ściana warstwowa	1,31	1,35	--	1,77	cała belka
2.	wieniec żelbetowy	1,44	1,35	--	1,94	cała belka
3.	Ciężar własny belki [0,24m·0,24m·25,0kN/m <sup>3</sup> ]	1,44	1,10	--	1,58	cała belka
S:		4,19	1,26		5,30	

##### Zestawienie sił skupionych [kN]:

Lp	Opis obciążenia	$F_k$	x [m]	$g_f$	$k_d$	$F_d$
1.	wiązar dachowy - obciążenia stałe	8,37	0,75	1,35	--	11,30
2.	wiązar dachowy - obciążenia zmienne	6,21	0,75	1,50	--	9,31

#### Schemat statyczny belki



#### DANE MATERIAŁOWE

##### Parametry betonu:

Klasa betonu: **C20/25 (B25)**  $f_{cd} = 13,33$  MPa,  $f_{ctd} = 1,00$  MPa,  $E_{cm} = 30,0$  GPa

Ciężar objętościowy  $r = 25,0$  kN/m<sup>3</sup>

Maksymalny rozmiar kruszywa  $d_g = 8$  mm

Wilgotność środowiska  $RH = 50\%$

Wiek betonu w chwili obciążenia 28 dni

Współczynnik pełzania (obliczono)  $f = 3,12$

##### Zbrojenie główne:

Klasa stali **A-IIIIN (RB500W)**  $f_{yk} = 500$  MPa,  $f_{yd} = 420$  MPa,  $f_{tk} = 550$  MPa

Średnica prętów górnych  $f_g = 12$  mm

Średnica prętów dolnych  $f_d = 12 \text{ mm}$

Strzemiona:

Klasa stali A-IIIN (RB500W)  $f_{yk} = 500 \text{ MPa}$ ,  $f_{yd} = 420 \text{ MPa}$ ,  $f_{tk} = 550 \text{ MPa}$

Średnica strzemion  $f_s = 6 \text{ mm}$

Zbrojenie montażowe:

Klasa stali A-IIIN (RB500W)

Średnica prętów  $f = 12 \text{ mm}$

Otulenie:

Nominalna grubość otulenia  $c_{nom} = 30 \text{ mm}$

### ZAŁOŻENIA

Sytuacja obliczeniowa: trwała

Cotanges kąta nachylenia ścisk. krzyżulców bet.  $\cot \varphi = 2,00$

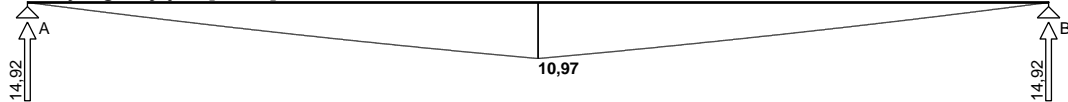
Graniczna szerokość rys  $w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$

Graniczne ugięcie w przęsłach  $a_{lim} = \text{jak dla belek i płyt}$

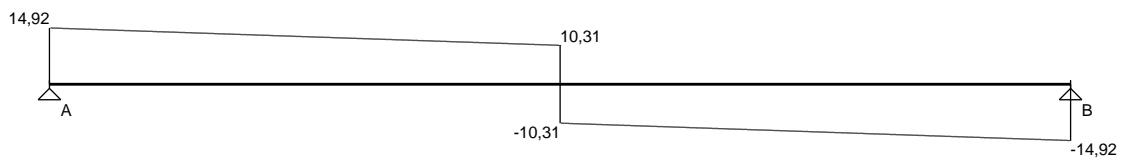
Graniczne ugięcie na wspornikach  $a_{lim} = \text{jak dla wsporników}$

### WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

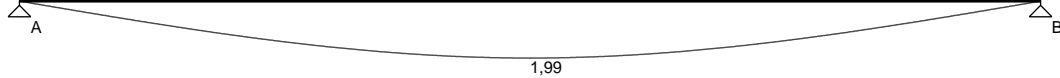
Momenty zginające [kNm]:



Siły poprzeczne [kN]:

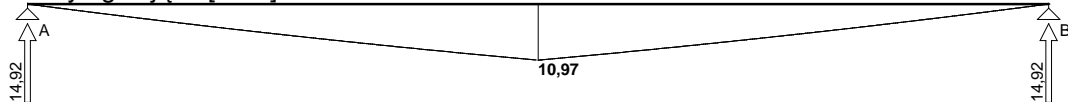


Ugięcia [mm]:

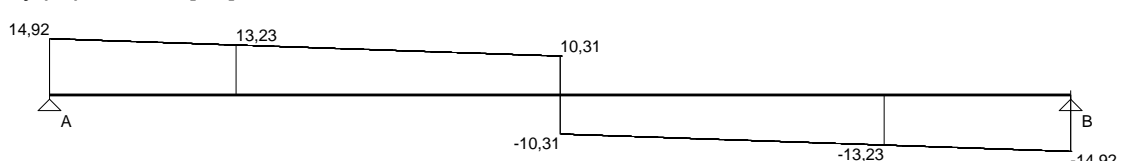


### Obwiednia sił wewnętrznych

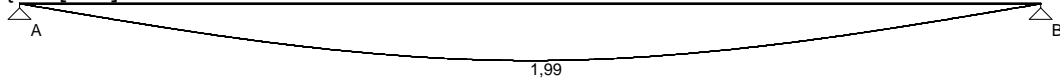
Momenty zginające [kNm]:



Siły poprzeczne [kN]:

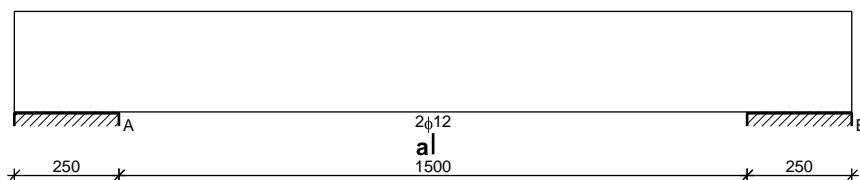


Ugięcia [mm]:



### WYMIAROWANIE

a|



### Przęsło A - B:

Zginanie: (przekrój a-a)

Moment przęsłowy obliczeniowy  $M_{Sd} = 10,97 \text{ kNm}$

Zbrojenie potrzebne dolne  $A_{s1} = 1,38 \text{ cm}^2$ . Przyjęto **2f12** o  $A_s = 2,26 \text{ cm}^2$  ( $r = 0,48\%$ )

Warunek nośności na zginanie:  $M_{Sd} = 10,97 \text{ kNm} < M_{Rd} = 17,40 \text{ kNm}$  (63,1%)

Ścinanie:

Miarodajna wartość obliczeniowa siły poprzecznej  $V_{Sd} = 13,23 \text{ kN}$

Zbrojenie konstrukcyjne strzemionami dwuciętymi f6 co 140 mm na całej długości przęsła

Warunek nośności na ścinanie:  $V_{Sd} = 13,23 \text{ kN} < V_{Rd1} = 32,42 \text{ kN}$  (40,8%)

SGU:

Moment przęsłowy charakterystyczny  $M_{Sk} = 7,93 \text{ kNm}$

Moment przęsłowy charakterystyczny długotrwały  $M_{Sk,lt} = 7,93 \text{ kNm}$

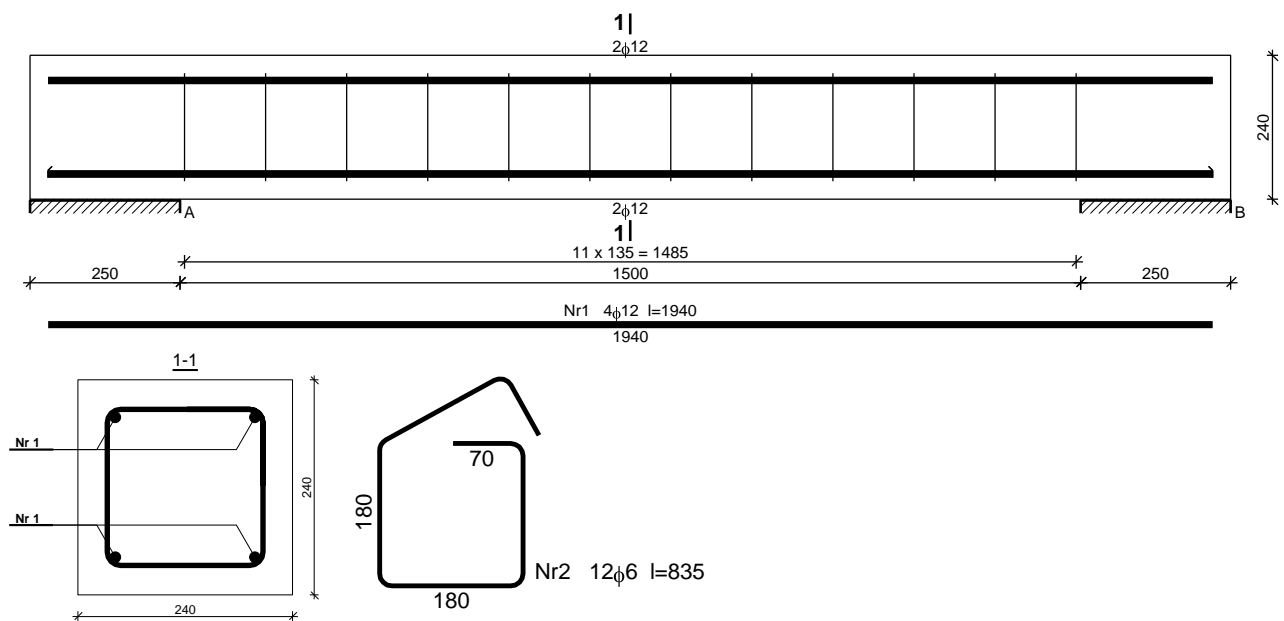
Szerokość rys prostopadłych:  $w_k = 0,163 \text{ mm} < w_{lim} = 0,3 \text{ mm}$  (54,5%)

Maksymalne ugięcie od  $M_{Sk,lt}$ :  $a(M_{Sk,lt}) = 1,99 \text{ mm} < a_{lim} = 1740/200 = 8,70 \text{ mm}$  (22,9%)

Miarodajna wartość charakterystyczna siły poprzecznej  $V_{Sk,lt} = 10,43 \text{ kN}$

Szerokość rys ukośnych: rysy nie wyznaczono

### SZKIC ZBROJENIA



### WYKAZ ZBROJENIA

Nr pręta	Średnica [mm]	Długość [cm]	Liczba [szt.]	Długość całkowita [m]		
				f6	f12	
<b>dla jednej belki</b>						
1	12	194	4		7,76	
2	6	83	12	9,96		
Długość całkowita wg średnic				[m]	10,0	7,8
Masa 1mb pręta				[kg/mb]	0,222	0,888
Masa prętów wg średnic				[kg]	2,2	6,9
Masa prętów wg gatunków stali				[kg]	9,1	
Masa całkowita				[kg]	<b>10</b>	

UWAGA: Długość pręta jest długością obliczoną na podstawie wymiarów w osi pręta (metoda B wg PN-EN ISO 3766:2006)

## 5. Zebranie obciążeń na 1mb ławy

Zestawienie obciążeń na 1 mb ławy fundamentowej

Lp.	Nazwa obciążenia	Rodzaj obciążenia – wartość charakterystyczna				
		Stałe	[kN/m]	Zmienne	[kN/m]	
1	Wiązarkratowy +pokrycie+sufit podwieszany	8,37 kN/0,90 m	9,30	-	-	
2	Obciążenie zmienne z dachu	-	-	6,21 kN /0,90m	6,90	
3	Wieniec żelbetowy	0,24m*0,24m*25 kN/m <sup>3</sup>	1,44	-	-	
4	Ciężar ściany	Tynk cienkowarstwowy	0,005m*4,7m*14 kN/m <sup>3</sup>	0,33	-	-
5		Styropian	(0,20m*3,3m+0,15m*1,4m)*0,30 kN/m <sup>3</sup>	0,26		
6		Bloczek z betonu komórkowego	0,24m*3,06m*7 kN/m <sup>3</sup>	5,14		
7		Ściana fundamentowa	0,24m*1,4m*21 kN/m <sup>3</sup>	7,06		
8		Tynk cem.-wap.	0,015m*3,3m*20 kN/m <sup>3</sup>	0,99		
9		Ławy fundamentowa	0,65m*0,4m*25 kN/m <sup>3</sup>	6,50		
10	Obciążenie odsadzek	Grunt (na zewnątrz budynku)	0,06m*1,1m* 20 kN/m <sup>3</sup>	1,32		
11		Gres mrozoodporny	0,04m*0,20m*21 kN/m <sup>3</sup>	0,17		
12		Wylewka betonowa	0,06m*0,20m*24 kN/m <sup>3</sup>	0,29		
13		Styropian	0,20m*0,20m*0,3 kN/m <sup>3</sup>	0,01		
14		Beton C8/10	0,10m*0,20m*24 kN/m <sup>3</sup>	0,48		
15		Grunt	1,00m*0,20m*20 kN/m <sup>3</sup>	4,00		
17		Użytkowe podłogi	-	-	0,20m*5,00 kN/m <sup>2</sup>	1,00
		<b>Razem:</b>	<b>37,29</b>		<b>7,90</b>	

**Wartość obciążenia obliczeniowego:**

$$P=1,35*37,29 \text{ kN/m} + 1,5*7,90 \text{ kN/m}=62,19 \text{ kN/m}$$

$$s=0,65 \text{ m (szerokość ławy)}$$

**Naprężenia pod stopą fundamentową:**

$$\sigma = \frac{P}{(1*s)} = \frac{62,19}{(1*0,65)} = 95,68 \text{ kN/m}^2 = 0,09568 \text{ MPa} = 0,1 \text{ MPa}$$

## 6. Wymiarowanie ławy betonowej

- Wymiary fundamentu**

Względny poziom posadowienia:  $z_f = 1,00 \text{ m}$

Kształt przekroju fundamentu: **prosty**

Wymiary podstawy:  $B = 0,65 \text{ m}$ ,  $L = 1,00 \text{ m}$ ,

Wysokość:  $H = 0,40 \text{ m}$ , mimośród:  $E = 0,00 \text{ m}$ .

- Podłoże gruntowe**

- Teren

Istniejący względny poziom terenu:  $z_t = 0,00 \text{ m}$ ,

Projektowany względny poziom terenu:  $z_{tp} = 0,00 \text{ m}$ .

- Warstwy gruntu

Lp.	Poz. stropu	Grubość	Nazwa gruntu	Identyfikator	Poz. wody gr.
	[m]	[m]			[m]
1	0,00	nieokreśl.	Piasek średni	MSa_c:0,00_f:33,0	brak wody

- **Konstrukcja na fundamencie**

Typ konstrukcji: **ściana**

Szerokość:  $b = 0,24$  m, długość:  $l = 1,00$  m,

Współrzędne końców osi ściany:

$$x_1 = 0,00 \text{ m}, \quad y_1 = 0,00 \text{ m}, \quad x_2 = 0,00 \text{ m}, \quad y_2 = 1,00 \text{ m},$$

Kąt obrotu układu lokalnego względem globalnego:  $f = 0,00^\circ$ .

- **Obciążenie od konstrukcji**

Względny poziom przyłożenia obciążenia:  $z_{obc} = 0,60$  m.

Lista obciążeń:

Grupa obc.	Rodzaj	N	Hx	My
symbol	obciążenia	[kN/m]	[kN/m]	[kNm/m]
Z	zmienne	7,9	0,0	0,00
S	stałe	37,3	0,0	0,00

- **Materiał**

Beton C20/25

- **Stan graniczny I**

- Zestawienie wyników analizy nośności, przesunięcia i mimośrodu

Nr komb.	Rodzaj komb.	Poziom	Wsp. nośności	Wsp. przesun.	Wsp. mimośr.
1	podstawowa	1,00	0,17	0,00	0,00
* 2	podstawowa	1,00	0,20	0,00	0,00
3	podstawowa	1,00	0,14	0,00	0,00
4	podstawowa	1,00	0,17	0,00	0,00

- Analiza stanu granicznego I dla kombinacji obciążenia nr 2

Literał kombinacji obciążeń:  $1,35 \cdot CW + 1,5 \cdot [Z] + 1,35 \cdot S$

Wymiary podstawy fundamentu rzeczywistego:  $B = 0,65$  m,  $L = 1,00$  m.

Względny poziom posadowienia:  $H = 1,00$  m.

Rodzaj kombinacji obciążenia: podstawowa.

Sytuacja obliczeniowa: trwała.

Zestawienie obciążeń:

Pozycja	Obc. char.	Ex	g	Obc. obl. G	Mom. obl. $M_G$
	[kN/m]	[m]	[-]	[kN/m]	[kNm/m]
Fundament	6,50	0,00	1,4(1,0)	8,78	0,00
Grunt - pole 1	2,28	-0,22	1,4(1,0)	3,07	-0,68
Grunt - pole 2	2,28	0,22	1,4(1,0)	3,07	0,68

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa:  $N = 62,20$  kN/m, mimośród względem podstawy fund.  $E = 0,00$  m,

siła pozioma:  $H_x = 0,00$  kN/m, mimośród względem podstawy fund.  $E_z = 0,40$  m,

moment:  $M_y = 0,00$  kNm/m.



### Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = (N + G) \cdot L = (62,20 + 14,92 | 11,05) \cdot 1,00 = 77,12 | 73,26 \text{ kN.}$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L = (-62,20 \cdot 0,00 + 0,00 | 0,00) \cdot 1,00 = 0,00 | 0,00 \text{ kNm.}$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r/N_r| = 0,00/77,12 = 0,00 \text{ m.}$$

$$e_r = 0,00 \text{ m} < 0,11 \text{ m.}$$

**Wniosek: Wypadkowa obciążenia wewnątrz rdzenia podstawy fundamentu.**

### Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 0,65 - 2 \cdot 0,00 = 0,65 \text{ m, } L' = L = 1,00 \text{ m.}$$

Obliczeniowe efektywne naprężenie w poz. posadowienia fund.:  $q' = 18,50 \text{ kPa}$ .

Obliczeniowy efektywny ciężar obj. gruntu poniżej posadowienia fund.:  $g' = 18,50 \text{ kN/m}^3$ .

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{efektywny kąt tarcia wewnętrznego: } j' = 33,00^\circ,$$

$$\text{efektywna spójność: } c' = 0,00 \text{ kPa,}$$

$$N_c = 38,63, \quad N_q = 26,08, \quad N_g = 32,57,$$

$$\text{wykładnik: } m = 0,00,$$

$$i_c = 1,00, \quad i_q = 1,00, \quad i_g = 1,00,$$

$$\text{współczynniki kształtu: } s_c = 1,37, \quad s_q = 1,35, \quad s_g = 0,80,$$

$$b_c = 1,00, \quad b_q = 1,00, \quad b_g = 1,00.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$R = B' \cdot L' (c' \cdot b_c \cdot s_c \cdot N_c \cdot i_c + q' \cdot b_q \cdot s_q \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot g' \cdot b_g \cdot s_g \cdot N_g \cdot i_g) = 527,13 \text{ kN.}$$

Nośność podłoża:  $R_d = R/g_N = 527,13/1,40 = 376,52 \text{ kPa}$ .

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 77,12 \text{ kN} < R_d = 376,52 \text{ kN.}$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

### Sprawdzenie warunku przesunięcia fundamentu rzeczywistego

Całkowite obciążenie poziome fundamentu:

$$H = H_x \cdot L = 0,00 \cdot 1,00 = 0,00 \text{ kN.}$$

Obliczeniowy kąt tarcia jest równy  $d_k = j' = 33,0^\circ$ .

Opór tarcia na podstawie fundamentu:  $R_{t,d} = N_r \cdot \tan d_k / g_{Rh} = 77,12 \cdot \tan 33,0^\circ / 1,10 = 45,53 \text{ kN}$ .

Sprawdzenie warunku na przesunięcie:

$$|H| = 0,00 \text{ kN} < R_{t,d} = 45,53 \text{ kN.}$$

**Wniosek: warunek przesunięcia jest spełniony.**

**Zestawienie obciążeń:**

Pozycja	Obc. char. [kN/m]	Ex [m]	g [-]	Obc. obl. G [kN/m]	Mom. obl. M <sub>G</sub> [kNm/m]
Fundament	6,50	0,00	1,4(1,0)	8,78	0,00
Grunt - pole 1	2,28	-0,22	1,4(1,0)	3,07	-0,68
Grunt - pole 2	2,28	0,22	1,4(1,0)	3,07	0,68

Obciążenia zewnętrzne od konstrukcji na jednostkę długości fundamentu:

siła pionowa:  $N = 62,20 \text{ kN/m}$ , mimośród względem podstawy fund.  $E = 0,00 \text{ m}$ ,

siła pozioma:  $H_x = 0,00 \text{ kN/m}$ , mimośród względem podstawy fund.  $E_z = 0,40 \text{ m}$ ,

moment:  $M_y = 0,00 \text{ kNm/m}$ .

### Sprawdzenie położenia wypadkowej obciążenia względem podstawy fundamentu

Obciążenie pionowe:

$$N_r = (N + G) \cdot L = (62,20 + 14,92 | 11,05) \cdot 1,00 = 77,12 | 73,26 \text{ kN.}$$

Moment względem środka podstawy:

$$M_r = (-N \cdot E + H_x \cdot E_z + M_y + M_{Gy}) \cdot L = (-62,20 \cdot 0,00 + 0,00 | 0,00) \cdot 1,00 = 0,00 | 0,00 \text{ kNm.}$$

Mimośród siły względem środka podstawy:

$$e_r = |M_r/N_r| = 0,00/77,12 = 0,00 \text{ m.}$$

$$e_r = 0,00 \text{ m} < 0,11 \text{ m.}$$

**Wniosek: Wypadkowa obciążenia wewnątrz rdzenia podstawy fundamentu.**

### Sprawdzenie warunku granicznej nośności fundamentu rzeczywistego

Zredukowane wymiary podstawy fundamentu:

$$B' = B - 2 \cdot e_r = 0,65 - 2 \cdot 0,00 = 0,65 \text{ m,} \quad L' = L = 1,00 \text{ m.}$$

Obliczeniowe efektywne naprężenie w poz. posadowienia fund.:  $q' = 18,50 \text{ kPa.}$

Obliczeniowy efektywny ciężar obj. gruntu poniżej posadowienia fund.:  $g' = 18,50 \text{ kN/m}^3.$

Współczynniki nośności podłoża:

$$\text{efektywny kąt tarcia wewnętrznego: } j' = 33,00^\circ,$$

$$\text{efektywna spójność: } c' = 0,00 \text{ kPa,}$$

$$N_c = 38,63, \quad N_q = 26,08, \quad N_g = 32,57,$$

$$\text{wykładnik: } m = 0,00,$$

$$i_c = 1,00, \quad i_q = 1,00, \quad i_g = 1,00,$$

$$\text{współczynniki kształtu: } s_c = 1,37, \quad s_q = 1,35, \quad s_g = 0,80,$$

$$b_c = 1,00, \quad b_q = 1,00, \quad b_g = 1,00.$$

Odpór graniczny podłoża:

$$R = B' \cdot L' (c' \cdot b_c \cdot s_c \cdot N_c \cdot i_c + q' \cdot b_q \cdot s_q \cdot N_q \cdot i_q + 0,5 \cdot g' \cdot b_g \cdot s_g \cdot N_g \cdot i_g) = 527,13 \text{ kN.}$$

Nośność podłoża:  $R_d = R/g_N = 527,13/1,40 = 376,52 \text{ kPa.}$

Sprawdzenie warunku obliczeniowego:

$$N_r = 77,12 \text{ kN} < R_d = 376,52 \text{ kN.}$$

**Wniosek: warunek nośności jest spełniony.**

### Sprawdzenie warunku przesunięcia fundamentu rzeczywistego

Całkowite obciążenie poziome fundamentu:

$$H = H_x \cdot L = 0,00 \cdot 1,00 = 0,00 \text{ kN.}$$

Obliczeniowy kąt tarcia jest równy  $d_k = j' = 33,0^\circ.$

Opór tarcia na podstawie fundamentu:  $R_{t,d} = N_r \cdot \tan d_k / g_{Rh} = 77,12 \cdot \tan 33,0^\circ / 1,10 = 45,53 \text{ kN.}$

Sprawdzenie warunku na przesunięcie:

$$|H| = 0,00 \text{ kN} < R_{t,d} = 45,53 \text{ kN.}$$

**Wniosek: warunek przesunięcia jest spełniony.**

#### • Wymiarowanie fundamentu

Wysokość ławy:  $H = 0,40 \text{ m,}$

Maksymalny wymiar występu od krawędzi ściany:  $a = 0,21 \text{ m,}$

Maksymalna obliczeniowa wartość nacisku gruntu:  $s_{sg} = 119 \text{ kPa,}$

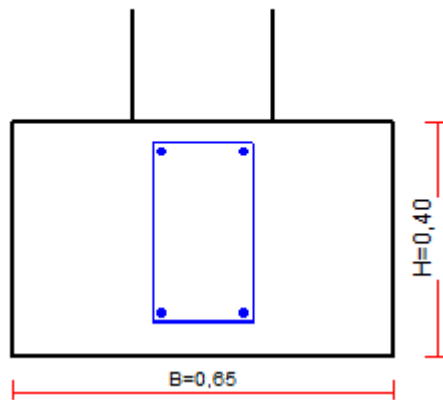
Wytrzymałość obliczeniowa betonu na rozciąganie:  $f_{ctd,pl} = 1071 \text{ kPa.}$

Sprawdzenie warunku wymiarowania ławy:

$$H_f = a(3s_{sg}/f_{ctd,pl})^{0.5}/0.85 = 0,14 \text{ m} < H = 0,40 \text{ m.}$$

**Wniosek: warunek wymiarowania jest spełniony.**

- **Konstruowanie fundamentu**



**Przyjęto następujące zbrojenie ławy betonowej:**

Pręty podłużne:  $4\phi 12$

Strzemiona:  $\phi 6$  co 250 mm