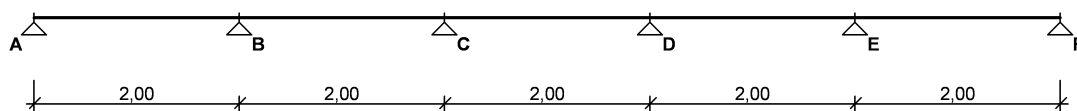


- KONSTRUKCJA POD ŚCIANKĘ PRZESUWNĄ
- Ścianka rozłożona
- Belka jezdna

Obciążenie 1 m belki -  $1,2 \times 9,08 / 7,4 = 1,47 \text{ kN/m}$

Przyjęto rozstaw podpór co 2,0 m.

#### SCHEMAT BELKI



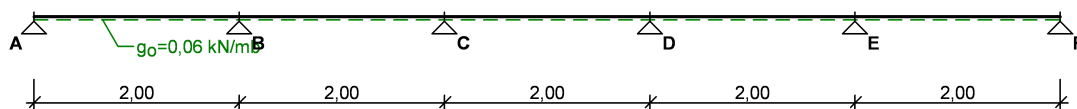
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki  $\gamma_f = 1,10$

#### OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

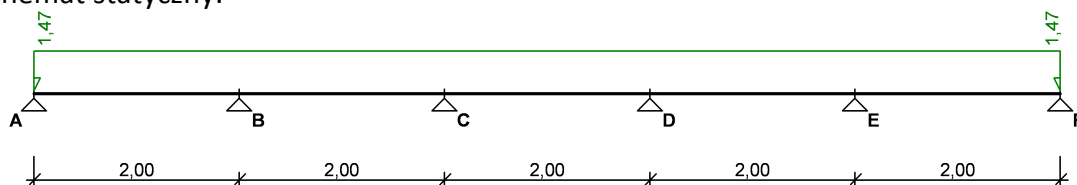
Przypadek **P1: stałe** ( $\gamma_f = 1,20$ )

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



Przypadek **P2: zmienne** ( $\gamma_f = 1,20$ )

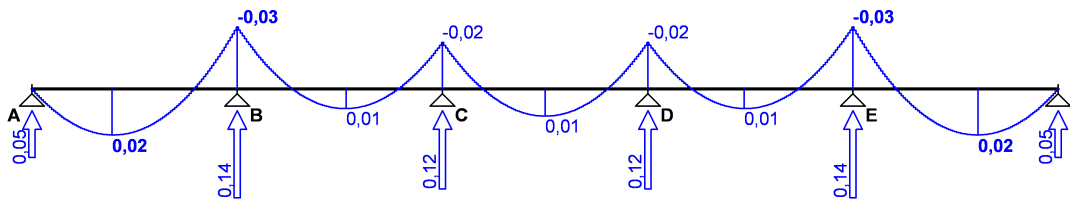
Schemat statyczny:



#### WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

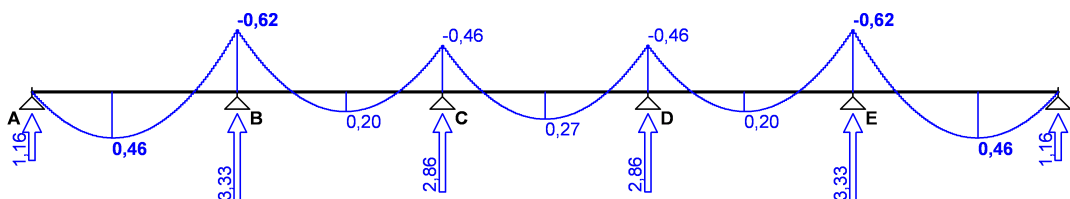
Przypadek **P1: stałe**

Momenty zginające [kNm]:



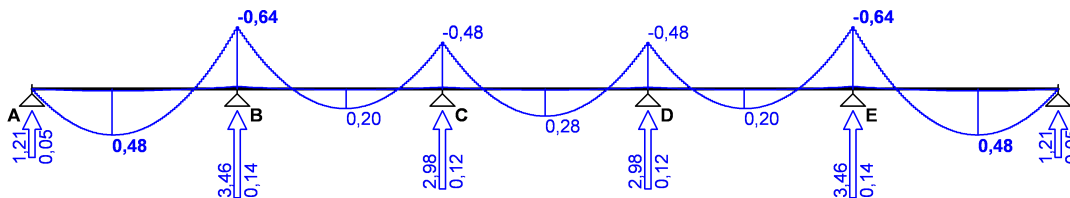
Przypadek **P2: zmienne**

Momenty zginające [kNm]:



**Obwiednia sił wewnętrznych**

Momenty zginające [kNm]:



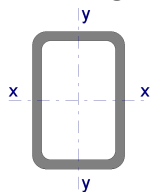
## **ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA**

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwiczenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;

## **WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200**



Przekrój: **60x40x4,0**

$A_v = 4,48 \text{ cm}^2$ ,  $m = 5,64 \text{ kg/m}$

$J_x = 32,8 \text{ cm}^4$ ,  $J_y = 17,0 \text{ cm}^4$ ,  $J_\omega = 0,00 \text{ cm}^6$ ,  $J_T = 36,7 \text{ cm}^4$ ,  $W_x = 10,9 \text{ cm}^3$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ( $\alpha_p = 1,159$ )  $M_R = 2,72 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1  $V_R = 55,87 \text{ kN}$

Belka

Nośność na zginanie

Przekrój  $z = 2,00 \text{ m}$  (**K2**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$ )  
Współczynnik zwichrzenia  $\phi_L = 1,000$   
Moment maksymalny  $M_{\max} = -0,64 \text{ kNm}$   
 $(52) M_{\max} / (\phi_L \cdot M_R) = 0,237 < 1$

Nośność na ścinanie

Przekrój  $z = 2,00 \text{ m}$  (**K2**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$ )  
Maksymalna siła poprzeczna  $V_{\max} = -1,85 \text{ kN}$   
 $(53) V_{\max} / V_R = 0,033 < 1$

Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{\max} = (-)1,85 \text{ kN} < V_o = 0,3 \cdot V_R = 16,76 \text{ kN} \rightarrow$  warunek niemiarodajny

Stan graniczny użytkowania

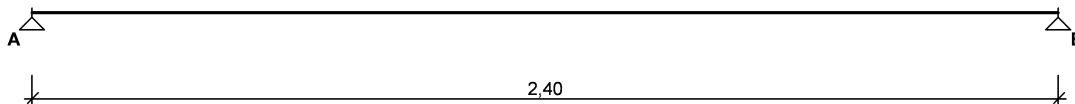
Przekrój  $z = 0,88 \text{ m}$  (**K2**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$ )  
Ugięcie maksymalne  $f_{k,\max} = 2,00 \text{ mm}$   
Ugięcie graniczne  $f_{gr} = l_o / 350 = 2000 / 350 = 5,71 \text{ mm}$   
 $f_{k,\max} = 2,00 \text{ mm} < f_{gr} = 5,71 \text{ mm}$  (35,0%)

- Słupki podporowe belki jezdnej

Przyjęty przekrój: **60x40x4,0**

- Belka poprzeczna opierana na istniejącym ruszcie

**SCHEMAT BELKI**



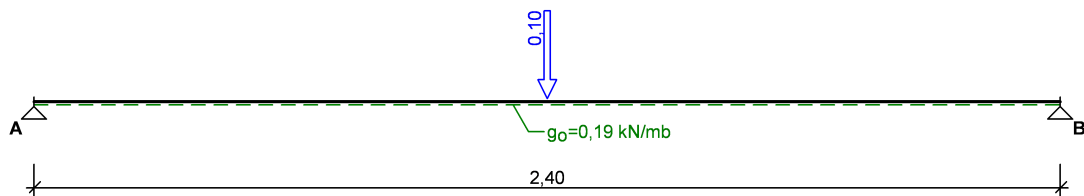
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki  $\gamma_f = 1,10$

**OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI**

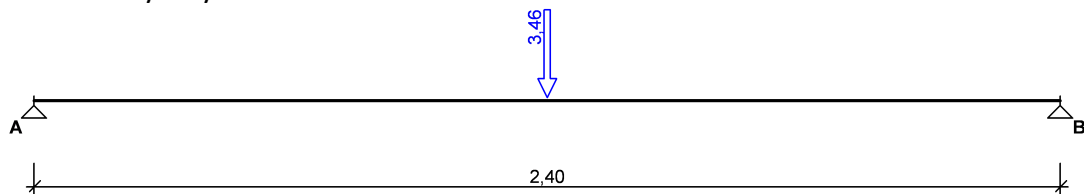
Przypadek **P1: stałe** ( $\gamma_f = 1,20$ )

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



Przypadek **P2: zmienne** ( $\gamma_f = 1,20$ )

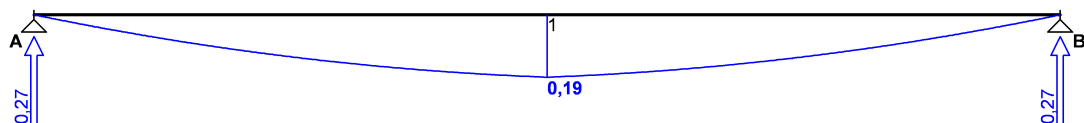
Schemat statyczny:



## WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

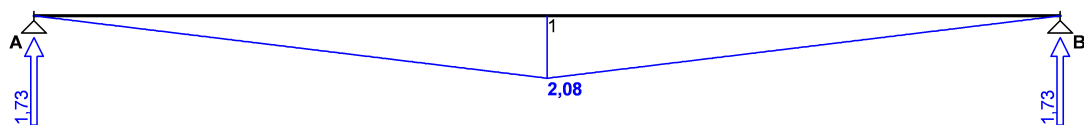
Przypadek **P1: stałe**

Momenty zginające [kNm]:



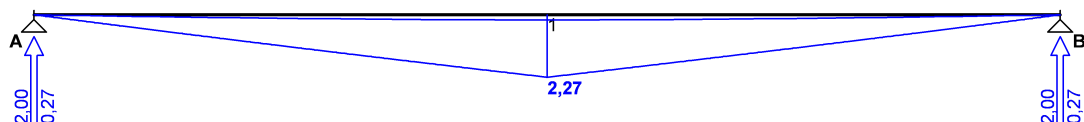
Przypadek **P2: zmienne**

Momenty zginające [kNm]:



**Obwiednia sił wewnętrznych**

Momenty zginające [kNm]:



## ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

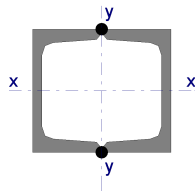
Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwężenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;

- obciążenie działa w dół;
- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;

#### WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **2 C 80**, połączone spoinami ciągłymi

$$A_v = 9,60 \text{ cm}^2, \quad m = 17,3 \text{ kg/m}$$

$$J_x = 212 \text{ cm}^4, \quad J_y = 243 \text{ cm}^4, \quad J_{\omega} = 172 \text{ cm}^6, \quad J_T = 2,23 \text{ cm}^4, \quad W_x = 53,0 \text{ cm}^3$$

Stal: **St3**

#### Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1  $M_R = 12,59 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1  $V_R = 119,71 \text{ kN}$

#### Nośność na zginanie

Przekrój  $z = 1,20 \text{ m}$  (**K2**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$ )

Współczynnik zwirzenia  $\phi_L = 1,000$

Moment maksymalny  $M_{\max} = 2,27 \text{ kNm}$

$$(52) M_{\max} / (\phi_L \cdot M_R) = 0,180 < 1$$

#### Nośność na ścinanie

Przekrój  $z = 0,00 \text{ m}$  (**K2**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$ )

Maksymalna siła poprzeczna  $V_{\max} = 2,00 \text{ kN}$

$$(53) V_{\max} / V_R = 0,017 < 1$$

#### Nośność na zginanie ze ścinaniem

$$V_{\max} = 2,00 \text{ kN} < V_o = 0,3 \cdot V_R = 35,91 \text{ kN} \rightarrow \text{warunek niemiernodajny}$$

#### Stan graniczny użytkowania

Przekrój  $z = 1,20 \text{ m}$  (**K2**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$ )

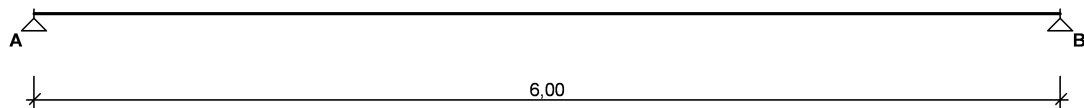
Ugięcie maksymalne  $f_{k,\max} = 2,13 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne  $f_{gr} = l_o / 350 = 2400 / 350 = 6,86 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 2,13 \text{ mm} < f_{gr} = 6,86 \text{ mm} \quad (31,1\%)$$

- Istniejący ruszt

#### SCHEMAT BELKI



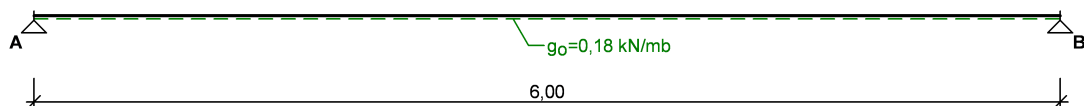
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki  $\gamma_f = 1,05$

### OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

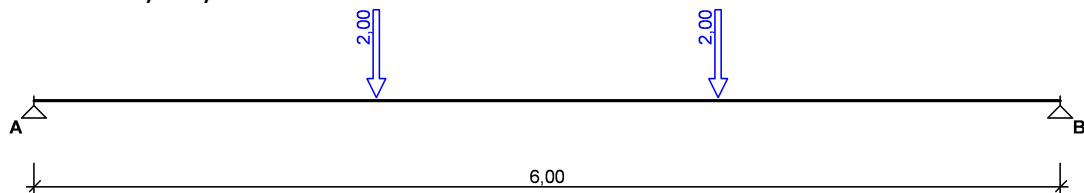
Przypadek **P1: stałe** ( $\gamma_f = 1,20$ )

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



Przypadek **P2: użytkowe** ( $\gamma_f = 1,20$ )

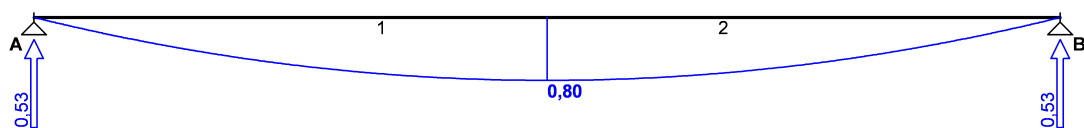
Schemat statyczny:



### WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

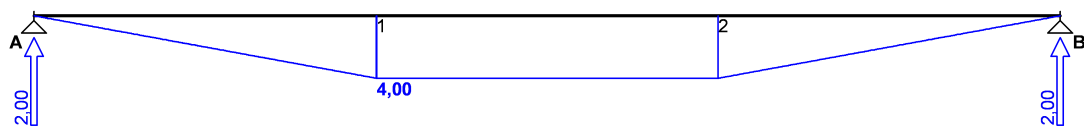
Przypadek **P1: stałe**

Momenty zginające [kNm]:



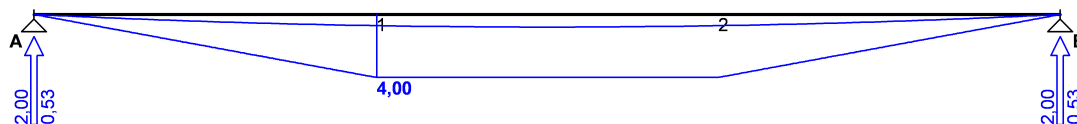
Przypadek **P2: użytkowe**

Momenty zginające [kNm]:



### Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



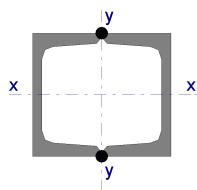
### ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;

### WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **2 C 80**, połączone spoinami ciągłymi

$$A_v = 9,60 \text{ cm}^2, \quad m = 17,3 \text{ kg/m}$$

$$J_x = 212 \text{ cm}^4, \quad J_y = 243 \text{ cm}^4, \quad J_\omega = 172 \text{ cm}^6, \quad J_T = 2,23 \text{ cm}^4, \quad W_x = 53,0 \text{ cm}^3$$

Stal: **St3**

#### Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1  $M_R = 12,59 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1  $V_R = 119,71 \text{ kN}$

#### Nośność na zginanie

Przekrój  $z = 2,00 \text{ m}$  (**P2**: użytkowe)

Współczynnik zwichrzenia  $\phi_L = 1,000$

Moment maksymalny  $M_{\max} = 4,00 \text{ kNm}$

$$^{(52)}M_{\max} / (\phi_L \cdot M_R) = 0,318 < 1$$

#### Nośność na ścinanie

Przekrój  $z = 0,00 \text{ m}$  (**P2**: użytkowe)

Maksymalna siła poprzeczna  $V_{\max} = 2,00 \text{ kN}$

$$^{(53)}V_{\max} / V_R = 0,017 < 1$$

#### Nośność na zginanie ze ścinaniem

$$V_{\max} = 2,00 \text{ kN} < V_o = 0,3 \cdot V_R = 35,91 \text{ kN} \rightarrow \text{warunek niemiarodajny}$$

#### Stan graniczny użytkowania

Przekrój  $z = 3,00 \text{ m}$  (**P2**: użytkowe)

Ugięcie maksymalne  $f_{k,\max} = 29,40 \text{ mm}$

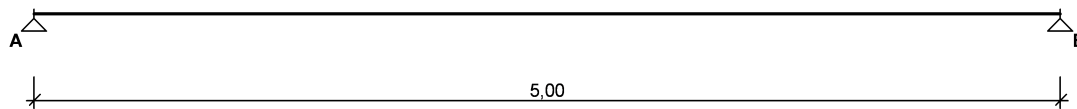
Ugięcie graniczne  $f_{gr} = l_o / 250 = 6000 / 250 = 24,00 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 29,40 \text{ mm} > f_{gr} = 24,00 \text{ mm} \quad (122,5\%) \quad (!!!)$$

Z uwagi na ugięcia należy ograniczyć rozpiętość belki rusztu przez dospawanie górą belki [J80 do

istniejącej belki [I]180. Długość dospawanych odcinków to 50 cm z każdej strony.

### SCHEMAT BELKI



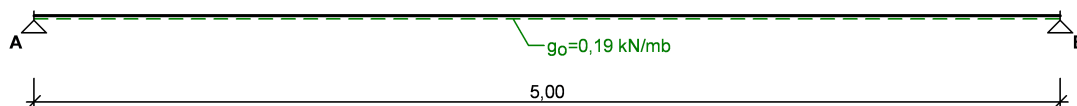
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki  $\gamma_f = 1,10$

### OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

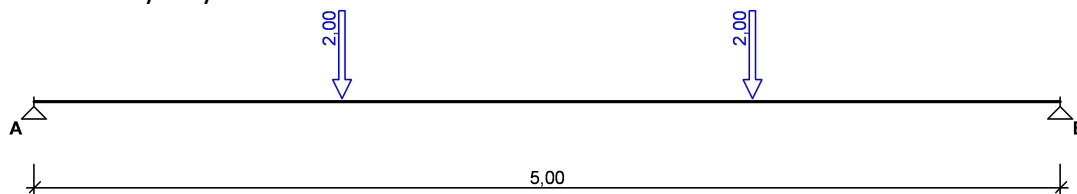
Przypadek **P1: stałe** ( $\gamma_f = 1,20$ )

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



Przypadek **P2: zmienne** ( $\gamma_f = 1,20$ )

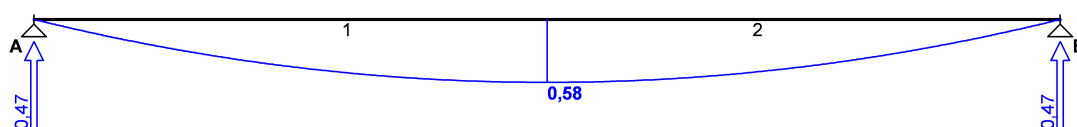
Schemat statyczny:



### WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

Przypadek **P1: stałe**

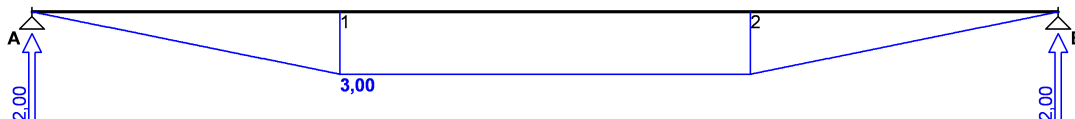
Momenty zginające [kNm]:



Przypadek **P2: zmienne**

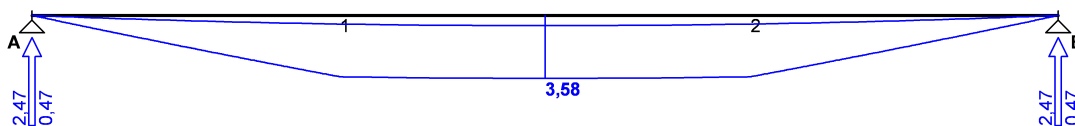
Momenty zginające [kNm]:





### Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



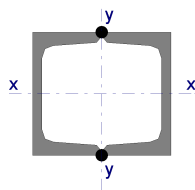
### ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwężenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;

### WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **2 C 80**, połączone spoinami ciągłymi

$$A_v = 9,60 \text{ cm}^2, m = 17,3 \text{ kg/m}$$

$$J_x = 212 \text{ cm}^4, J_y = 243 \text{ cm}^4, J_{\omega} = 172 \text{ cm}^6, J_T = 2,23 \text{ cm}^4, W_x = 53,0 \text{ cm}^3$$

Stal: **St3**

#### Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1  $M_R = 12,59 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1  $V_R = 119,71 \text{ kN}$

#### Nośność na zginanie

Przekrój z = 2,50 m (**K2**: 1,0·P1+1,0·P2)

Współczynnik zwężenia  $\phi_L = 1,000$

Moment maksymalny  $M_{\max} = 3,58 \text{ kNm}$

$$^{(52)}M_{\max} / (\phi_L \cdot M_R) = 0,285 < 1$$

#### Nośność na ścinanie

Przekrój z = 0,00 m (**K2**: 1,0·P1+1,0·P2)

Maksymalna siła poprzeczna  $V_{\max} = 2,47 \text{ kN}$

$$^{(53)}V_{\max} / V_R = 0,021 < 1$$

#### Nośność na zginanie ze ścinaniem

$$V_{\max} = 2,47 \text{ kN} < V_0 = 0,3 \cdot V_R = 35,91 \text{ kN} \rightarrow \text{warunek niemiarodajny}$$

#### Stan graniczny użytkowania

Przekrój z = 2,50 m (**K2**: 1,0·P1+1,0·P2)

Ugięcie maksymalne  $f_{k,max} = 18,99 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne  $f_{gr} = l_o / 250 = 5000 / 250 = 20,00 \text{ mm}$

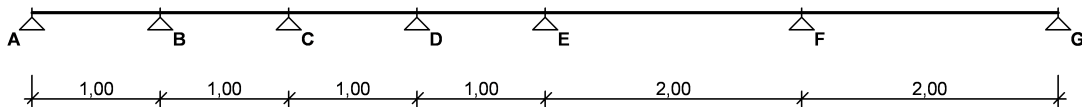
$f_{k,max} = 18,99 \text{ mm} < f_{gr} = 20,00 \text{ mm} \quad (95,0\%)$

- Ścianka złożona do połowy
- Belka jezdna

Obciążenie 1 m belki = 2,94 kN/m

Przyjęto rozstaw podpór co 1,0 m.

#### SCHEMAT BELKI



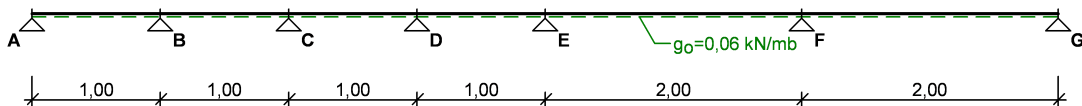
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki  $\gamma_f = 1,10$

#### OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

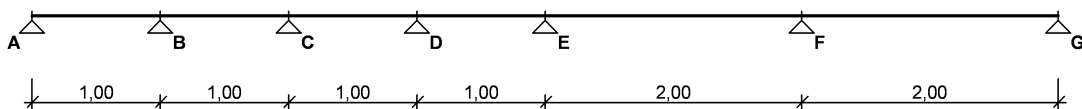
Przypadek **P1: Przypadek 1** ( $\gamma_f = 1,15$ )

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



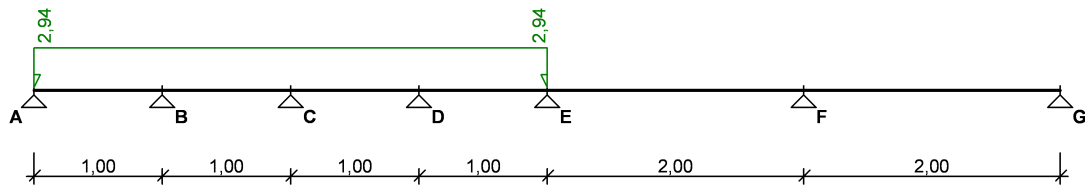
Przypadek **P2: stałe** ( $\gamma_f = 1,20$ )

Schemat statyczny:



Przypadek **P3: użytkowe** ( $\gamma_f = 1,40$ )

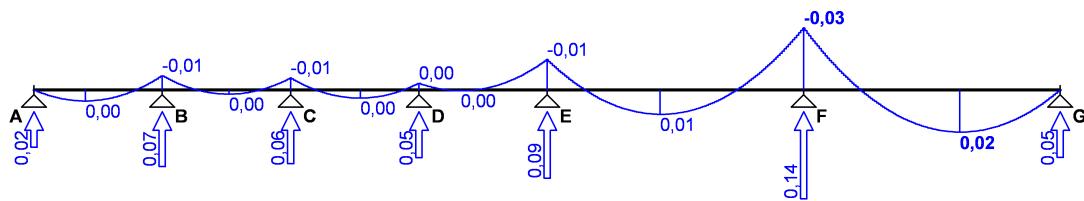
Schemat statyczny:



## WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

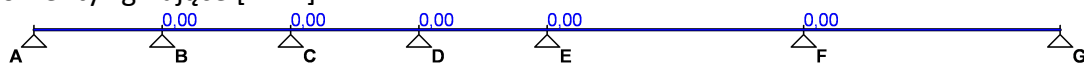
### Przypadek P1: Przypadek 1

Momenty zginające [kNm]:



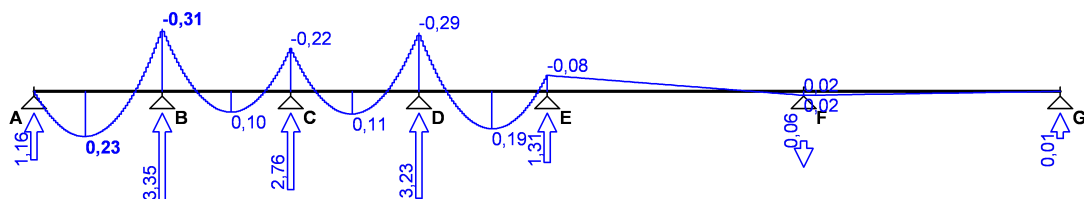
### Przypadek P2: stałe

Momenty zginające [kNm]:



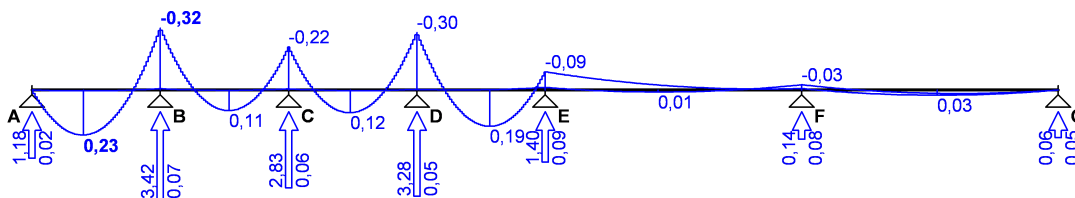
### Przypadek P3: użytkowe

Momenty zginające [kNm]:



## Obwiednia sił wewnętrznych

Momenty zginające [kNm]:



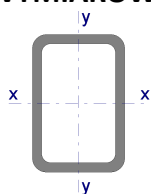
## ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;

## WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **60x40x4,0**

$$A_v = 4,48 \text{ cm}^2, \quad m = 5,64 \text{ kg/m}$$

$$J_x = 32,8 \text{ cm}^4, \quad J_y = 17,0 \text{ cm}^4, \quad J_\omega = 0,00 \text{ cm}^6, \quad J_T = 36,7 \text{ cm}^4, \quad W_x = 10,9 \text{ cm}^3$$

Stal: **St3**

### Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ( $\alpha_p = 1,159$ )  $M_R = 2,72 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1  $V_R = 55,87 \text{ kN}$

## Belka

### Nośność na zginanie

Przekrój  $z = 1,00 \text{ m}$  (**K2**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$ )

Współczynnik zwichrzenia  $\phi_L = 1,000$

Moment maksymalny  $M_{\max} = -0,32 \text{ kNm}$

$$^{(52)}M_{\max} / (\phi_L \cdot M_R) = 0,118 < 1$$

### Nośność na ścinanie

Przekrój  $z = 1,00 \text{ m}$  (**K2**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$ )

Maksymalna siła poprzeczna  $V_{\max} = -1,82 \text{ kN}$

$$^{(53)}V_{\max} / V_R = 0,033 < 1$$

### Nośność na zginanie ze ścinaniem

$$V_{\max} = (-)1,82 \text{ kN} < V_o = 0,3 \cdot V_R = 16,76 \text{ kN} \rightarrow \text{warunek niemiarodajny}$$

### Stan graniczny użytkowania

Przekrój  $z = 0,45 \text{ m}$  (**K2**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$ )

Ugięcie maksymalne  $f_{k,\max} = 0,21 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne  $f_{gr} = l_o / 350 = 1000 / 350 = 2,86 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 0,21 \text{ mm} < f_{gr} = 2,86 \text{ mm} \quad (7,3\%)$$

- Słupki podporowe belki jezdnej

Przyjęty przekrój: **60x40x4,0**

- Ścianka złożona

W strefie całkowitego złożenia ścinaki należy przewidzieć dodatkowe mocowanie belki jednej lub belek istniejącego rusztu do konstrukcji dachu.

- Podsumowanie

- Belka jezdna – rura prostokątna **60x40x4,0**
- Belki poprzeczne mocowane do istniejącego rusztu: **2 C 80**
- Rozstaw belek poprzecznych **2 C 80**: 4 metry od ściany wewnętrznej co 1,0 m, dalej co 2,0 m.
- Ograniczenie długości belek rusztu, na których oparte będą belki poprzeczne przez zwiększenie przekroju w strefie podporowej (dospawanie belek **2 C 80** od góry do belek rusztu i belki podporowej)
- Dodatkowe mocowanie belki jednej lub belek istniejącego rusztu do konstrukcji dachu w strefie całkowitego złożenia ścinaki.

- KONSTRUKCJA NOŚNA AUDYTORIUM AULI

- Zestawienie obciążeń

**Tablica 1. Obciążenia stałe**

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m <sup>2</sup>
1.	Wykładzina dywanowa [0,070kN/m <sup>2</sup> ]	0,10	1,20	--	0,12
2.	2 x płyta OSB [2x0,15 kN/m <sup>2</sup> ]	0,30	1,20	--	0,36
3.	instalacje	0,40	1,20	--	0,48
$\Sigma$ :		<b>0,80</b>	1,20	--	<b>0,96</b>

**Tablica 2. Obciążenia zmienne**

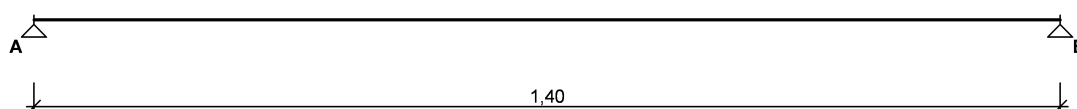
Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m <sup>2</sup>
1.	Obciążenie zmienne (audytoria, aule, sale zebrzań i sale rekreacyjne w szkołach, restauracyjne, kawiarniane, widownie teatralne, koncertowe, kinowe, sale bankowe, pomieszczenia koszar.) [3,0kN/m <sup>2</sup> ]	3,00	1,30	0,50	3,90
$\Sigma$ :		<b>3,00</b>	1,30	--	<b>3,90</b>

**Tablica 3. Obciążenie siedziskami**

Lp	Opis obciążenia	Obc. char. kN/m <sup>2</sup>	$\gamma_f$	$k_d$	Obc. obl. kN/m <sup>2</sup>
1.	Ciężar krzesełek	0,70	1,20	--	0,84
$\Sigma$ :		<b>0,70</b>	1,20	--	<b>0,84</b>

- Belki poprzeczne

#### SCHEMAT BELKI



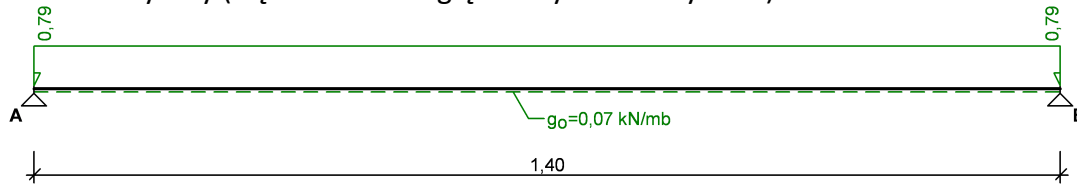
Parametry belki:

- współczynnik obciążenia dla ciężaru własnego belki  $\gamma_f = 1,10$

## OBCIĄŻENIA OBLICZENIOWE BELKI

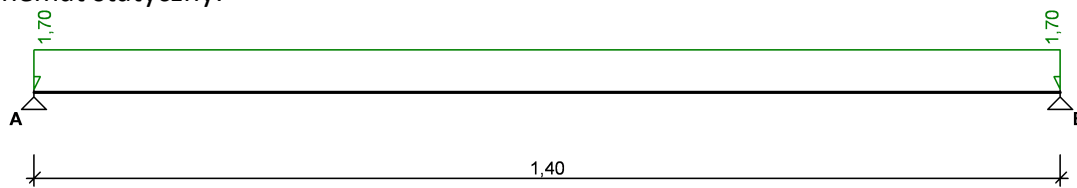
Przypadek **P1: stałe** ( $\gamma_f = 1,20$ )

Schemat statyczny (ciężar belki uwzględniony automatycznie):



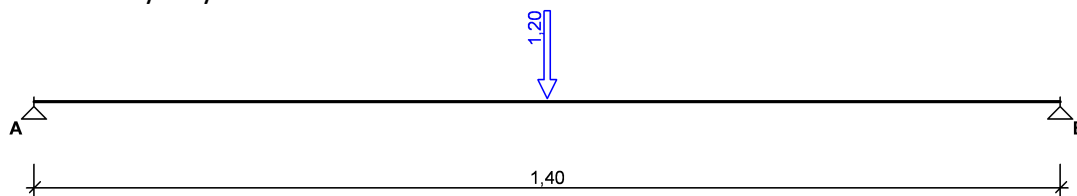
Przypadek **P2: użytkowe** ( $\gamma_f = 1,30$ )

Schemat statyczny:



Przypadek **P3: zmienne** ( $\gamma_f = 1,40$ )

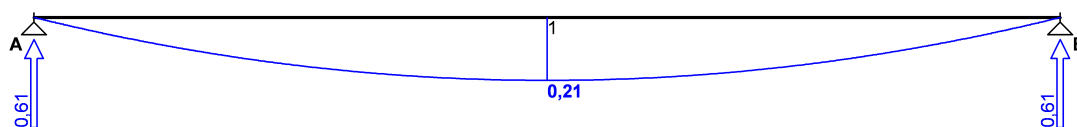
Schemat statyczny:



## WYKRESY SIŁ WEWNĘTRZNYCH

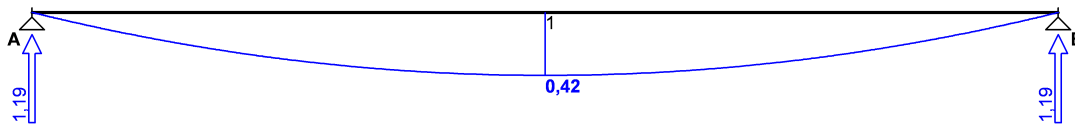
Przypadek **P1: stałe**

Momenty zginające [kNm]:



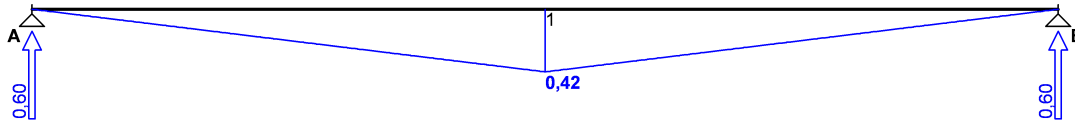
Przypadek **P2: użytkowe**

Momenty zginające [kNm]:



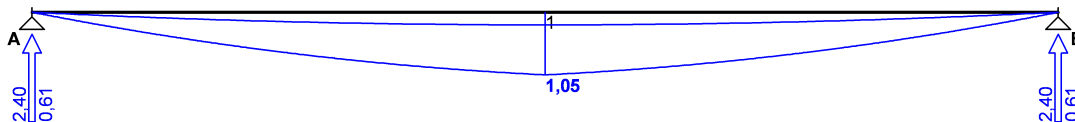
Przypadek **P3: zmienne**

Momenty zginające [kNm]:



**Obwiednia sił wewnętrznych**

Momenty zginające [kNm]:



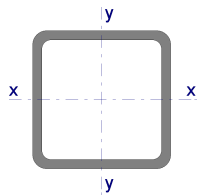
## ZAŁOŻENIA OBLICZENIOWE DO WYMIAROWANIA

Wykorzystanie rezerwy plastycznej przekroju: tak;

Parametry analizy zwichrzenia:

- obciążenie przyłożone na pasie górnym belki;
- obciążenie działa w dół;
- brak stężeń bocznych na długości przęseł belki;

## WYMIAROWANIE WG PN-90/B-03200



Przekrój: **60x60x4,0**

$A_v = 4,48 \text{ cm}^2$ ,  $m = 6,90 \text{ kg/m}$

$J_x = 45,4 \text{ cm}^4$ ,  $J_y = 45,4 \text{ cm}^4$ ,  $J_\omega = 0,00 \text{ cm}^6$ ,  $J_T = 72,5 \text{ cm}^4$ ,  $W_x = 15,1 \text{ cm}^3$

Stal: **St3**

Nośności obliczeniowe przekroju:

- zginanie: klasa przekroju 1 ( $\alpha_p = 1,124$ )  $M_R = 3,65 \text{ kNm}$
- ścinanie: klasa przekroju 1  $V_R = 55,87 \text{ kN}$

Nośność na zginanie

Przekrój  $z = 0,70 \text{ m}$  (**K4**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$ )

Współczynnik zwichrzenia  $\varphi_L = 1,000$



Moment maksymalny  $M_{\max} = 1,05 \text{ kNm}$

$$^{(52)}M_{\max} / (\varphi_L \cdot M_R) = 0,287 < 1$$

#### Nośność na ścinanie

Przekrój  $z = 0,00 \text{ m}$  (**K4**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2 + 1,0 \cdot P3$ )

Maksymalna siła poprzeczna  $V_{\max} = 2,40 \text{ kN}$

$$^{(53)}V_{\max} / V_R = 0,043 < 1$$

#### Nośność na zginanie ze ścinaniem

$V_{\max} = 2,40 \text{ kN} < V_o = 0,3 \cdot V_R = 16,76 \text{ kN} \rightarrow$  warunek niemiarodajny

#### Stan graniczny użytkowania

Przekrój  $z = 0,70 \text{ m}$  (**K2**:  $1,0 \cdot P1 + 1,0 \cdot P2$ )

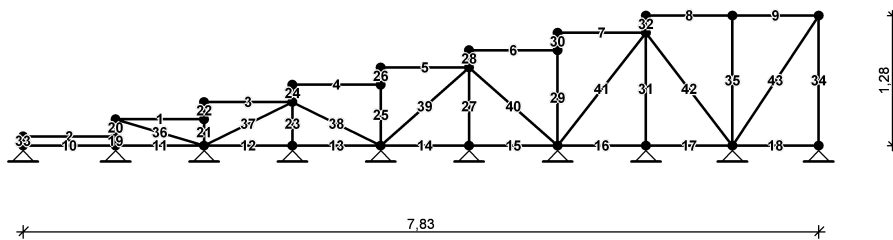
Ugięcie maksymalne  $f_{k,\max} = 1,09 \text{ mm}$

Ugięcie graniczne  $f_{gr} = l_o / 350 = 1400 / 350 = 4,00 \text{ mm}$

$$f_{k,\max} = 1,09 \text{ mm} < f_{gr} = 4,00 \text{ mm} \quad (27,3\%)$$

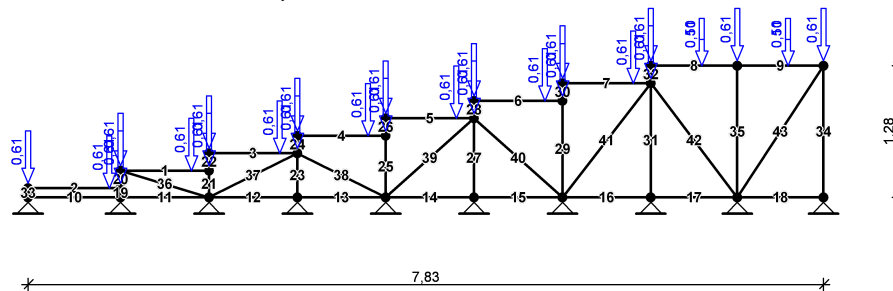
- Rama nośna

#### SCHEMAT RAMY

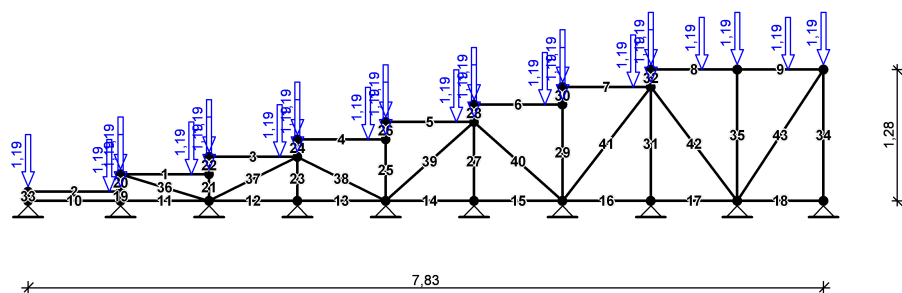


#### OBCIĄŻENIA: (wartości obliczeniowe)

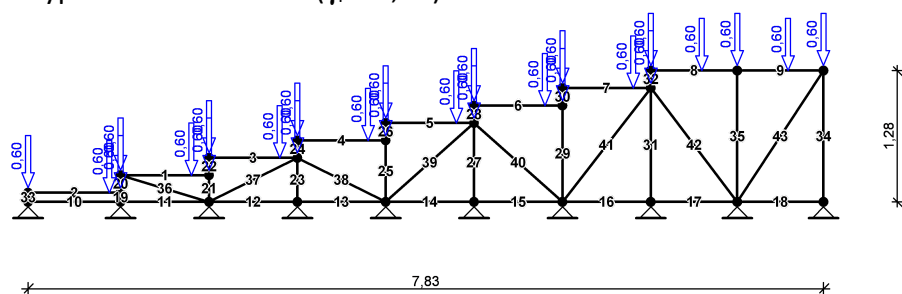
Przypadek **P1: stałe** ( $\gamma_f = 1,20$ )



Przypadek **P2: użytkowe** ( $\gamma_f = 1,30$ )



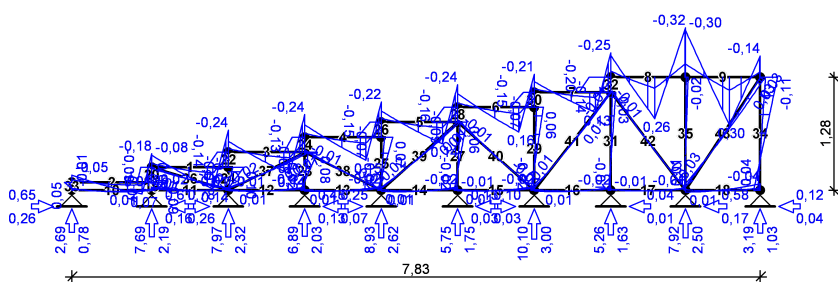
Przypadek P3: zmienne ( $\gamma_f = 1,40$ )



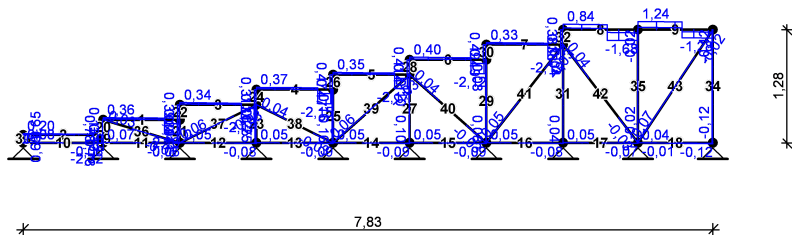
## WYNIKI:

### Obwiednia sił wewnętrznych

Obwiednia momentów zginających:



Obwiednia sił tnących:



Ekstremalne reakcje podporowe:

węzeł (podpora)	$R_y$ [kN]	$R_x$ [kN]	M [kNm]	kombinacjaSGN
17 (A)	2,69	0,65	--	K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,78	0,26	--	K1: 1,0·P1
18 (B)	3,19	-0,12	--	K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	1,03	-0,04	--	K1: 1,0·P1
19 (C)	7,69	-0,78	--	K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	2,19	-0,26	--	K1: 1,0·P1

20 (D)	<b>7,97</b> <b>2,32</b>	<b>0,61</b> <b>0,16</b>	-- --	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b> <b>K1: 1,0·P1</b>
21 (E)	<b>6,89</b> <b>2,03</b>	<b>-0,25</b> <b>-0,07</b>	-- --	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b> <b>K1: 1,0·P1</b>
22 (F)	<b>8,93</b> <b>2,62</b>	<b>0,48</b> <b>0,13</b>	-- --	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b> <b>K1: 1,0·P1</b>
23 (G)	<b>5,75</b> <b>1,75</b>	<b>-0,10</b> <b>-0,03</b>	-- --	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b> <b>K1: 1,0·P1</b>
24 (H)	<b>10,10</b> <b>3,00</b>	<b>0,13</b> <b>0,03</b>	-- --	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b> <b>K1: 1,0·P1</b>
25 (I)	<b>5,26</b> <b>1,63</b>	<b>-0,04</b> <b>-0,01</b>	-- --	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b> <b>K1: 1,0·P1</b>
27 (J)	<b>7,92</b> <b>2,50</b>	<b>-0,58</b> <b>-0,17</b>	-- --	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b> <b>K1: 1,0·P1</b>

#### Ekstremalne siły wewnętrzne:

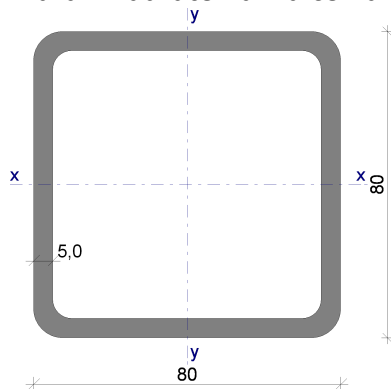
pręt	x [m]	M [kNm]	N [kN]	T [kN]	kombinacjaSGN
1	0,70	<b>0,14</b>	-0,02	0,26	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,87	<b>-0,24</b>	-0,02	<b>-2,16</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,00	-0,02	<b>-0,02</b>	0,13	<b>K1: 1,0·P1</b>
	0,00	-0,08	-0,02	<b>0,36</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
2	0,80	<b>0,07</b>	-0,65	-0,07	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,91	<b>-0,18</b>	-0,65	<b>-2,32</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,00	-0,05	<b>-0,65</b>	<b>0,20</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
3	0,70	<b>0,14</b>	0,39	-2,15	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,87	<b>-0,24</b>	0,39	<b>-2,17</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,00	-0,07	<b>0,39</b>	<b>0,34</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
4	0,70	<b>0,15</b>	0,31	0,28	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,87	<b>-0,22</b>	0,31	<b>-2,15</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,00	-0,08	<b>0,31</b>	<b>0,37</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
5	0,70	<b>0,14</b>	0,47	-2,15	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,87	<b>-0,24</b>	0,47	<b>-2,17</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,00	-0,07	<b>0,47</b>	<b>0,35</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
6	0,70	<b>0,16</b>	0,41	0,30	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,87	<b>-0,21</b>	0,41	<b>-2,12</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,00	-0,09	<b>0,41</b>	<b>0,40</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
7	0,70	<b>0,13</b>	0,49	0,23	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,87	<b>-0,25</b>	0,49	<b>-2,19</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,00	-0,07	<b>0,49</b>	<b>0,33</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
8	0,50	<b>0,26</b>	0,38	-0,25	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,85	<b>-0,32</b>	0,38	<b>-1,68</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,00	-0,14	<b>0,38</b>	<b>0,84</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
9	0,50	<b>0,30</b>	0,40	-0,28	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,00	<b>-0,30</b>	<b>0,40</b>	<b>1,24</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,85	-0,14	0,40	<b>-1,28</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
10	0,56	<b>0,01</b>	0,00	0,00	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,00	<b>-0,01</b>	0,00	<b>0,08</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,91	-0,01	0,00	<b>-0,06</b>	<b>K1: 1,0·P1</b>
11	0,47	<b>0,00</b>	0,00	0,00	<b>K1: 1,0·P1</b>
	0,00	<b>-0,02</b>	0,00	<b>0,07</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,87	-0,01	0,00	<b>-0,06</b>	<b>K1: 1,0·P1</b>
12	0,26	<b>0,01</b>	0,00	0,00	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,87	<b>-0,02</b>	0,00	<b>-0,08</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,00	-0,01	0,00	<b>0,05</b>	<b>K1: 1,0·P1</b>
13	0,19	<b>0,01</b>	0,00	0,00	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,87	<b>-0,02</b>	0,00	<b>-0,09</b>	<b>K4: 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3</b>
	0,00	0,00	0,00	<b>0,05</b>	<b>K1: 1,0·P1</b>

14	0,21	<b>0,01</b>	0,00	0,00	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,87	<b>-0,02</b>	0,00	<b>-0,09</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	0,00	0,00	<b>0,05</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1
15	0,23	<b>0,01</b>	0,00	0,00	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,87	<b>-0,02</b>	0,00	<b>-0,09</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	-0,01	0,00	<b>0,05</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1
16	0,26	<b>0,01</b>	0,00	0,00	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,87	<b>-0,02</b>	0,00	<b>-0,08</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	0,00	0,00	<b>0,05</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1
17	0,34	<b>0,00</b>	0,00	0,00	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,85	<b>-0,01</b>	0,00	<b>-0,07</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	-0,01	0,00	<b>0,05</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1
18	0,00	<b>0,01</b>	0,00	-0,01	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,85	<b>-0,04</b>	0,00	<b>-0,12</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	0,00	0,00	<b>0,04</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1
19	0,09	<b>0,09</b>	-7,56	0,78	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	0,02	<b>-7,57</b>	<b>0,78</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
20	0,00	<b>-0,09</b>	<b>-2,84</b>	<b>0,13</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
21	0,26	<b>0,10</b>	-7,33	0,41	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	<b>-0,01</b>	<b>-7,37</b>	<b>0,41</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
22	0,00	<b>-0,14</b>	<b>-2,77</b>	<b>0,39</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
23	0,43	<b>0,08</b>	-6,72	0,25	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	<b>-0,02</b>	<b>-6,78</b>	<b>0,25</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
24	0,00	<b>-0,13</b>	<b>-2,80</b>	<b>0,31</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
25	0,60	<b>0,07</b>	-7,32	0,16	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	<b>-0,02</b>	<b>-7,40</b>	<b>0,16</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
26	0,00	<b>-0,15</b>	<b>-2,77</b>	<b>0,47</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
27	0,77	<b>0,06</b>	-5,53	0,10	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	<b>-0,02</b>	<b>-5,63</b>	<b>0,10</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
28	0,00	<b>-0,16</b>	<b>-2,82</b>	<b>0,41</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
29	0,94	<b>0,06</b>	-7,27	0,08	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	<b>-0,02</b>	<b>-7,40</b>	<b>0,08</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
30	0,00	<b>-0,15</b>	<b>-2,75</b>	<b>0,49</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
31	1,11	<b>0,03</b>	-4,98	0,04	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	<b>-0,01</b>	<b>-5,13</b>	<b>0,04</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
32	0,00	<b>-0,20</b>	<b>-3,26</b>	<b>0,38</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
33	0,00	<b>0,05</b>	-2,60	<b>0,65</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,09	<b>-0,01</b>	<b>-2,62</b>	0,65	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
34	1,28	<b>0,04</b>	<b>-3,07</b>	-0,12	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	<b>-0,11</b>	-2,90	<b>-0,12</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
35	1,28	<b>0,01</b>	<b>-5,49</b>	-0,02	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	<b>-0,02</b>	-5,31	<b>-0,02</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
36	0,15	<b>0,01</b>	0,15	0,00	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,91	<b>-0,01</b>	0,14	<b>-0,06</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	0,01	<b>0,16</b>	0,01	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	0,00	0,04	<b>0,03</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1
37	0,89	<b>0,01</b>	-0,97	0,00	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	<b>-0,02</b>	<b>-1,01</b>	<b>0,06</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,97	0,00	-0,26	<b>-0,03</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1
38	0,50	<b>0,00</b>	-0,17	0,00	<b>K1:</b> 1,0·P1
	0,00	<b>-0,01</b>	-0,58	<b>0,04</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,97	-0,01	<b>-0,61</b>	-0,03	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,97	-0,01	-0,18	<b>-0,03</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1
39	0,93	<b>0,01</b>	-1,57	0,00	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	<b>-0,02</b>	<b>-1,62</b>	<b>0,06</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	1,16	0,00	-0,41	<b>-0,03</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1

40	0,60	<b>0,00</b>	-0,39	0,00	<b>K1:</b> 1,0·P1
	0,00	<b>-0,01</b>	-1,31	<b>0,04</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	1,16	-0,01	<b>-1,38</b>	-0,03	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	1,16	-0,01	-0,42	<b>-0,03</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1
41	0,93	<b>0,01</b>	-1,99	0,00	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	<b>-0,01</b>	<b>-2,05</b>	<b>0,05</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	1,41	-0,01	-0,51	<b>-0,03</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1
42	0,73	<b>0,00</b>	-0,52	0,00	<b>K1:</b> 1,0·P1
	0,00	<b>-0,01</b>	-1,72	<b>0,04</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	1,40	-0,01	<b>-1,81</b>	-0,03	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	1,40	-0,01	-0,56	<b>-0,03</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1
43	1,51	<b>0,03</b>	-0,94	0,00	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	0,00	<b>-0,03</b>	<b>-1,04</b>	<b>0,07</b>	<b>K4:</b> 1,0·P1+1,0·P2+1,0·P3
	1,54	0,00	-0,23	<b>-0,02</b>	<b>K1:</b> 1,0·P1

## Belki poziome

Rura kwadratowa walcowana 80x80x5,0 (wg PN-EN 10210-2:2000)



### Wymiary przekroju

$h = 80 \text{ mm}$ ,  $t = 5,0 \text{ mm}$   
 $r_i = 5,0 \text{ mm}$ ,  $r_o = 7,5 \text{ mm}$

### Cechy geometryczne przekroju

$A = 14,70 \text{ cm}^2$ ,  $A_v = 7,500 \text{ cm}^2$   
 $J = 137,0 \text{ cm}^4$   
 $W = 34,20 \text{ cm}^3$   
 $i = 3,050 \text{ cm}$   
 $J_T = 217,4 \text{ cm}^4$ ,  $W_T = 49,79 \text{ cm}^3$   
 $A_L = 0,307 \text{ m}^2/\text{m}$ ,  $A_G = 26,48 \text{ m}^2/\text{m}$   
 $U/A = 208,9 \text{ m}^{-1}$ ,  $m = 11,60 \text{ kg/m}$

**Stal:** St3,  $f_d = 215 \text{ MPa}$ ,  $\lambda_p = 84,0$ ;

### Nośność obliczeniowa przy rozciąganiu

$N_{Rt} = 316,1 \text{ kN}$

### Nośność obliczeniowa przy ściskaniu

$N_{Rc} = 316,1 \text{ kN}$  (klasa: 1,  $\psi = 1,000$ )

- wyboczenie giętne względem osi x-x

$I_{ex} = 1,00 \text{ m}$ ,  $\lambda_x = 32,8$ ,  $N_{cr,x} = 2772 \text{ kN}$ ,  $\bar{\lambda}_x = 1,15 \cdot \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 0,390$  wg "b"  $\rightarrow \phi_x = 0,970$   
 $\phi_x \cdot N_{Rc} = 306,7 \text{ kN}$

- wyboczenie giętnie względem osi y-y

$I_{ey} = 1,00 \text{ m}$ ,  $\lambda_y = 32,8$ ,  $N_{cr,y} = 2772 \text{ kN}$ ,  $\bar{\lambda}_y = 1,15 \cdot \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,y}} = 0,390$  wg "b"  $\rightarrow \phi_y = 0,970$   
 $\phi_y \cdot N_{Rc} = 306,7 \text{ kN}$

#### **Nośność obliczeniowa przy zginaniu**

$M_R = 8,218 \text{ kNm}$  (klasa: 1,  $\alpha_p = 1,118$ )

- ustalenie współczynnika zwichrzenia

element o przekroju rurowym  $\rightarrow \phi_L = 1,000$

#### **Nośność obliczeniowa przy ścinaniu**

$V_R = 93,53 \text{ kN}$  (klasa: 1,  $\phi_{pv} = 1,000$ )

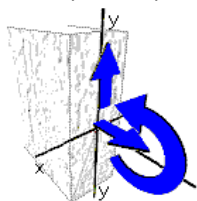
#### **Nośność obliczeniowa przy zginaniu ze ścinaniem**

$V_y = 1,680 \text{ kN} < V_{0,y} = 0,3 \cdot V_{R,y} = 28,06 \text{ kN} \rightarrow M_{R_{x,v}} = M_{R_x}$

$V_x = 0,000 \text{ kN} < V_{0,x} = 0,3 \cdot V_{R,x} = 28,06 \text{ kN} \rightarrow M_{R_{y,v}} = M_{R_y}$

#### **Obciążenie elementu**

$N = -0,40 \text{ kN}$ ,  $M_x = 0,320 \text{ kNm}$ ,  $V_y = 1,680 \text{ kN}$



#### **Warunki nośności elementu**

$$(54) \quad N / N_{Rt} + M_x / (\phi_L \cdot M_{R_x}) = 0,001 + 0,039 = 0,040 < 1$$

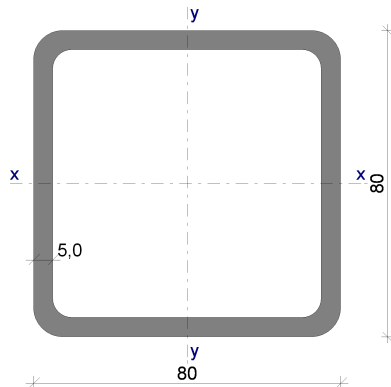
$$(55) \quad N / N_{Rt} + M_x / M_{R_{x,v}} = 0,001 + 0,039 = 0,040 < 1$$

$$(53) \quad V_y / V_{R_y} = 0,018 < 1$$

$$(56) \quad V_y = 1,680 \text{ kN} < V_{R_{y,N}} = V_{R_y} \cdot \sqrt{1 - (N/N_{Rt})^2} = 93,52 \text{ kN} \quad (1,8\%)$$

#### **Słupek**

Rura kwadratowa walcowana 80x80x5,0 (wg PN-EN 10210-2:2000)



### **Wymiary przekroju**

$h = 80 \text{ mm}$ ,  $t = 5,0 \text{ mm}$   
 $r_i = 5,0 \text{ mm}$ ,  $r_o = 7,5 \text{ mm}$

### **Cechy geometryczne przekroju**

$A = 14,70 \text{ cm}^2$ ,  $A_v = 7,500 \text{ cm}^2$   
 $J = 137,0 \text{ cm}^4$   
 $W = 34,20 \text{ cm}^3$   
 $i = 3,050 \text{ cm}$   
 $J_T = 217,4 \text{ cm}^4$ ,  $W_T = 49,79 \text{ cm}^3$   
 $A_L = 0,307 \text{ m}^2/\text{m}$ ,  $A_G = 26,48 \text{ m}^2/\text{m}$   
 $U/A = 208,9 \text{ m}^{-1}$ ,  $m = 11,60 \text{ kg/m}$

**Stal:** St3,  $f_d = 215 \text{ MPa}$ ,  $\lambda_p = 84,0$ ;

### **Nośność obliczeniowa przy rozciąganiu**

$N_{Rt} = 316,1 \text{ kN}$

### **Nośność obliczeniowa przy ściskaniu**

$N_{Rc} = 316,1 \text{ kN}$  (klasa: 1,  $\psi = 1,000$ )

- wyboczenie giętne względem osi x-x

$l_{ex} = 1,30 \text{ m}$ ,  $\lambda_x = 42,6$ ,  $N_{cr,x} = 1640 \text{ kN}$ ,  $\bar{\lambda}_x = 1,15 \cdot \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,x}} = 0,507$  wg "a"  $\rightarrow \phi_x = 0,968$   
 $\phi_x \cdot N_{Rc} = 306,1 \text{ kN}$

- wyboczenie giętne względem osi y-y

$l_{ey} = 1,30 \text{ m}$ ,  $\lambda_y = 42,6$ ,  $N_{cr,y} = 1640 \text{ kN}$ ,  $\bar{\lambda}_y = 1,15 \cdot \sqrt{N_{Rc}/N_{cr,y}} = 0,507$  wg "a"  $\rightarrow \phi_y = 0,968$   
 $\phi_y \cdot N_{Rc} = 306,1 \text{ kN}$

### **Nośność obliczeniowa przy zginaniu**

$M_R = 8,218 \text{ kNm}$  (klasa: 1,  $\alpha_p = 1,118$ )

- ustalenie współczynnika zwichrzenia  
element o przekroju rurowym  $\rightarrow \phi_L = 1,000$

### **Nośność obliczeniowa przy ścinaniu**

$V_R = 93,53 \text{ kN}$  (klasa: 1,  $\phi_{pv} = 1,000$ )

### **Nośność obliczeniowa przy zginaniu ze ścinaniem**

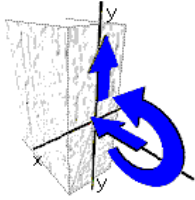
$V_y = 0,120 \text{ kN} < V_{0,y} = 0,3 \cdot V_{R,y} = 28,06 \text{ kN} \rightarrow M_{R_x,V} = M_{R_x}$

$V_x = 0,000 \text{ kN} < V_{0,x} = 0,3 \cdot V_{R,x} = 28,06 \text{ kN} \rightarrow M_{R_y,V} = M_{R_y}$

## **KOMBINACJA 1**

### **Obciążenie elementu**

$N = 5,490 \text{ kN}$ ,  $M_x = 0,100 \text{ kNm}$ ,  $V_y = 0,020 \text{ kN}$



### Warunki nośności elementu

(57)  $\Delta_x = 0,000$ ; założono  $\beta_x = 1,0$

(58)  $N / (\phi_x \cdot N_{Rc}) + \beta_x \cdot M_x / M_{Rx} + \Delta_x = 0,018 + 0,012 + 0,000 = 0,030 < 1$

(39)  $N / (\phi_y \cdot N_{Rc}) = 0,018 < 1$

(55)  $N / N_{Rc} + M_x / M_{Rx,V} = 0,017 + 0,012 = 0,030 < 1$

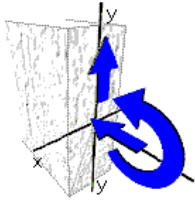
(53)  $V_y / V_{Ry} = 0,000 < 1$

(56)  $V_y = 0,020 \text{ kN} < V_{Ry,N} = V_{Ry} \cdot \text{pierw}(1 - (N/N_{Rc})^2) = 93,51 \text{ kN} \quad (0,0\%)$

### KOMBINACJA 2

#### Obciążenie elementu

$N = 2,900 \text{ kN}$ ,  $M_x = 0,110 \text{ kNm}$ ,  $V_y = 0,120 \text{ kN}$



### Warunki nośności elementu

(57)  $\Delta_x = 0,000$ ; założono  $\beta_x = 1,0$

(58)  $N / (\phi_x \cdot N_{Rc}) + \beta_x \cdot M_x / M_{Rx} + \Delta_x = 0,009 + 0,013 + 0,000 = 0,023 < 1$

(39)  $N / (\phi_y \cdot N_{Rc}) = 0,009 < 1$

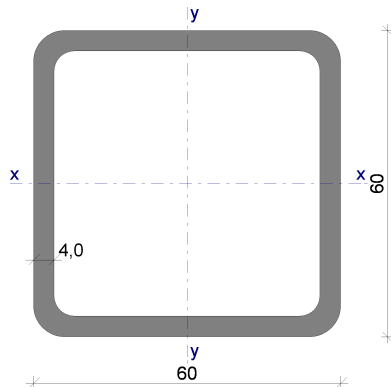
(55)  $N / N_{Rc} + M_x / M_{Rx,V} = 0,009 + 0,013 = 0,023 < 1$

(53)  $V_y / V_{Ry} = 0,001 < 1$

(56)  $V_y = 0,120 \text{ kN} < V_{Ry,N} = V_{Ry} \cdot \text{pierw}(1 - (N/N_{Rc})^2) = 93,52 \text{ kN} \quad (0,1\%)$

### Skratowanie

**Rura kwadratowa walcowana 60x60x4,0 (wg PN-EN 10210-2:2000)**





### Wymiary przekroju

$h = 60 \text{ mm}$ ,  $t = 4,0 \text{ mm}$   
 $r_i = 4,0 \text{ mm}$ ,  $r_o = 6,0 \text{ mm}$

### Cechy geometryczne przekroju

$A = 8,790 \text{ cm}^2$ ,  $A_v = 4,480 \text{ cm}^2$   
 $J = 45,40 \text{ cm}^4$   
 $W = 15,10 \text{ cm}^3$   
 $i = 2,270 \text{ cm}$   
 $J_T = 72,51 \text{ cm}^4$ ,  $W_T = 22,03 \text{ cm}^3$   
 $A_L = 0,230 \text{ m}^2/\text{m}$ ,  $A_G = 33,29 \text{ m}^2/\text{m}$   
 $U/A = 261,3 \text{ m}^{-1}$ ,  $m = 6,900 \text{ kg/m}$

**Stal:** St3,  $f_d = 215 \text{ MPa}$ ,  $\lambda_p = 84,0$ ;

### Nośność obliczeniowa przy rozciąganiu

$N_{Rt} = 189,0 \text{ kN}$

### Nośność obliczeniowa przy ściskaniu

$N_{Rc} = 189,0 \text{ kN}$  (klasa: 1,  $\psi = 1,000$ )

- wyboczenie giętne względem osi x-x

$l_{ex} = 1,60 \text{ m}$ ,  $\lambda_x = 70,5$ ,  $N_{cr,x} = 358,8 \text{ kN}$ ,  $\bar{\lambda}_x = 1,15 \cdot \text{pierw}(N_{Rc}/N_{cr,x}) = 0,839$  wg "b"  $\rightarrow \varphi_x = 0,754$   
 $\varphi_x \cdot N_{Rc} = 142,5 \text{ kN}$

- wyboczenie giętne względem osi y-y

$l_{ey} = 1,60 \text{ m}$ ,  $\lambda_y = 70,5$ ,  $N_{cr,y} = 358,8 \text{ kN}$ ,  $\bar{\lambda}_y = 1,15 \cdot \text{pierw}(N_{Rc}/N_{cr,y}) = 0,839$  wg "b"  $\rightarrow \varphi_y = 0,754$   
 $\varphi_y \cdot N_{Rc} = 142,5 \text{ kN}$

### Nośność obliczeniowa przy zginaniu

$M_R = 3,649 \text{ kNm}$  (klasa: 1,  $\alpha_p = 1,124$ )

- ustalenie współczynnika zwichrzenia  
element o przekroju rurowym  $\rightarrow \varphi_L = 1,000$

### Nośność obliczeniowa przy ścinaniu

$V_R = 55,87 \text{ kN}$  (klasa: 1,  $\varphi_{pv} = 1,000$ )

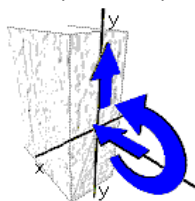
### Nośność obliczeniowa przy zginaniu ze ścinaniem

$V_y = 0,050 \text{ kN} < V_{0,y} = 0,3 \cdot V_{R,y} = 16,76 \text{ kN} \rightarrow M_{R,x,V} = M_{R,x}$

$V_x = 0,000 \text{ kN} < V_{0,x} = 0,3 \cdot V_{R,x} = 16,76 \text{ kN} \rightarrow M_{R,y,V} = M_{R,y}$

### Obciążenie elementu

$N = 2,050 \text{ kN}$ ,  $M_x = 0,010 \text{ kNm}$ ,  $V_y = 0,050 \text{ kN}$



### Warunki nośności elementu

(57)  $\Delta_x = 0,000$ ; założono  $\beta_x = 1,0$

(58)  $N / (\phi_x \cdot N_{Rc}) + \beta_x \cdot M_x / M_{Rx} + \Delta_x = 0,014 + 0,003 + 0,000 = 0,017 < 1$

(39)  $N / (\phi_y \cdot N_{Rc}) = 0,014 < 1$

(55)  $N / N_{Rc} + M_x / M_{Rx,V} = 0,011 + 0,003 = 0,014 < 1$

(53)  $V_y / V_{Ry} = 0,001 < 1$

(56)  $V_y = 0,050 \text{ kN} < V_{Ry,N} = V_{Ry} \cdot \sqrt{1 - (N/N_{Rc})^2} = 55,86 \text{ kN} \quad (0,1\%)$

- Podsumowanie

Belki poziome i słupki ramy - **Rura kwadratowa walcowana 80x80x5,0**

Skratowanieramy - **Rura kwadratowa walcowana 60x60x4,0**

