
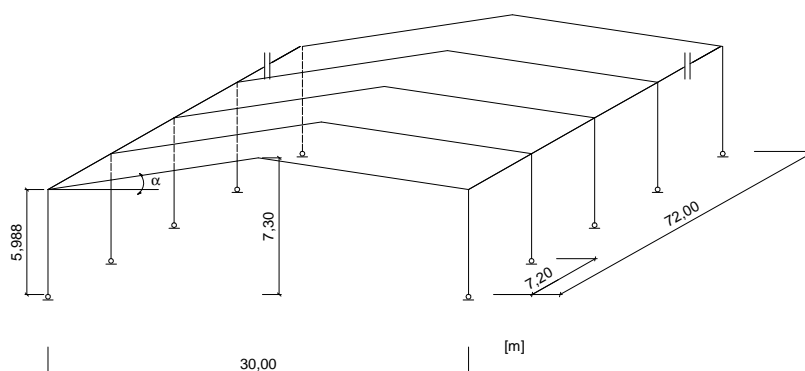


<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>1</i> z <i>27</i>	
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>			
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>			
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>	
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>	

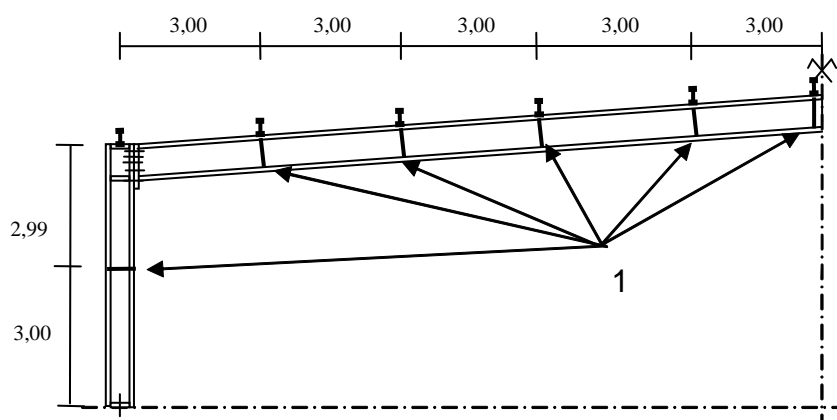
## Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic

*Jednonawowa rama portalowa wykonana z blachownic jest zaprojektowana według PN-EN 1993-1-1. Przykład ten zawiera sprężystą analizę ramy według teorii pierwszego rzędu, oraz wszystkie sprawdzenia elementów w oparciu o efektywne charakterystyki przekroju (klasa 4).*




### 1 Dane podstawowe

- Całkowita długość hali :  $b = 72,00$  m
- Rozstaw ram:  $s = 7,20$  m
- Szerokość nawy :  $d = 30,00$  m
- Wysokość (max):  $h = 7,30$  m
- Pochylenie dachu:  $\alpha = 5,0^\circ$



1 : Stężenia przez zastrzał

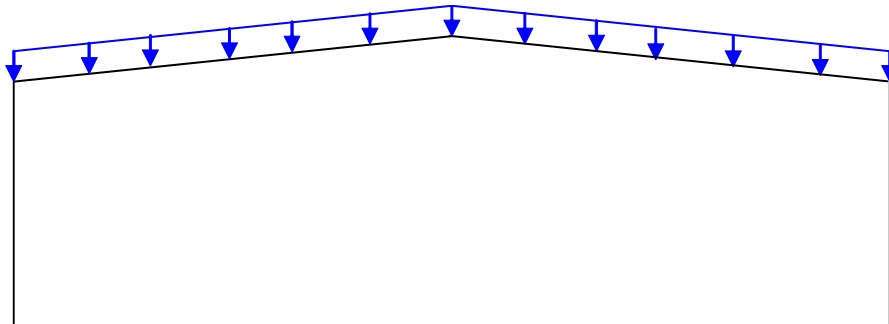
<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>2 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

## 2 Obciążenia

### Obciążenia stałe

- ciężar własny belki
- pokrycie dachu z płatwiami  $G = 0,30 \text{ kN/m}^2$   
dla ramy wewnętrznej:  $G = 0,30 \times 7,20 = 2,16 \text{ kN/m}$

PN-EN  
1991-1-1



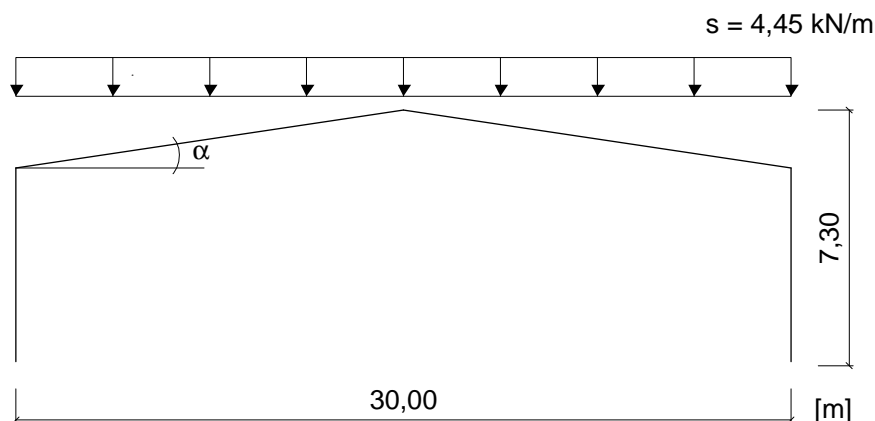
### Obciążenie śniegiem


Charakterystyczne wartości obciążenia śniegiem na dachu w  $[\text{kN/m}^2]$

$$S = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 0,772 = 0,618 \text{ kN/m}^2$$

⇒ dla ramy wewnętrznej:  $S = 0,618 \times 7,20 = 4,45 \text{ kN/m}$

PN-EN  
1991-1-3

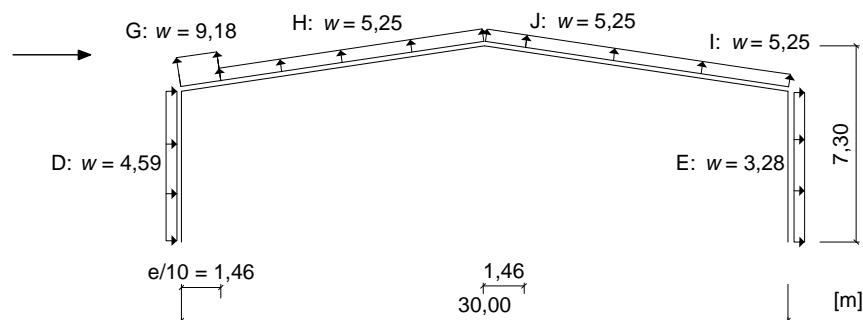


<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<b>3</b> z <b>27</b>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

## Obciążenie wiatrem

PN-EN  
1991-1-4

Charakterystyczne wartości obciążenia wiatrem w kN/m dla ramy wewnętrznej



## 3 Kombinacje obciążeń

PN-EN1990

### Częściowe współczynniki bezpieczeństwa

- $\gamma_{Gmax} = 1,35$  (obciążenia stałe)
- $\gamma_{Gmin} = 1,0$  (obciążenia stałe)
- $\gamma_Q = 1,50$  (obciążenia zmienne)
- $\psi_0 = 0,50$  (śnieg)
- $\psi_0 = 0,60$  (wiatr)
- $\gamma_{M0} = 1,0$
- $\gamma_{M1} = 1,0$

PN-EN 1990  
[Tablica A1.1](#)

### Kombinacje stanu granicznego nośności


PN-EN 1990

- Kombinacja 101 :  $\gamma_{Gmax} G + \gamma_Q S$
- Kombinacja 102 :  $\gamma_{Gmin} G + \gamma_Q W$
- Kombinacja 103 :  $\gamma_{Gmax} G + \gamma_Q S + \gamma_Q \psi_0 W$
- Kombinacja 104 :  $\gamma_{Gmin} G + \gamma_Q S + \gamma_Q \psi_0 W$
- Kombinacja 105 :  $\gamma_{Gmax} G + \gamma_Q \psi_0 S + \gamma_Q W$
- Kombinacja 106 :  $\gamma_{Gmin} G + \gamma_Q \psi_0 S + \gamma_Q W$

### Kombinacje stanu granicznego użyteczności

PN-EN 1990

- Kombinacja 201  $G + S$
- Kombinacja 202  $G + W$

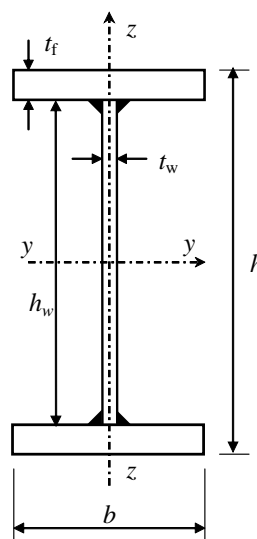
<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<b>4</b> z <b>27</b>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

## 4 Przekroje

### Słup

Przekrój spawany – Stal gatunku S355 ( $\varepsilon = 0,81$ )

Szerokość pasa	$b = 250$ mm
Grubość pasa	$t_f = 12$ mm
Wysokość środnika	$h_w = 800$ mm
Grubość środnika	$t_w = 6$ mm
Całkowita wysokość	$h = 824$ mm
Grubość spoiny	$a = 3$ mm
Masa	84,8 kg/m




Pole przekroju	$A = 108$ cm <sup>2</sup>
Moment bezwładności /yy	$I_y = 124500$ cm <sup>4</sup>
Moment bezwładności /zz	$I_z = 3126$ cm <sup>4</sup>
Moment bezwładności przy skręcaniu	$I_t = 34,56$ cm <sup>4</sup>
Wycinkowy moment bezwładności	$I_w = 5,151 \cdot 10^6$ cm <sup>6</sup>
Sprężysty wskaźnik wytrzymałości /yy	$W_{el,y} = 3022$ cm <sup>3</sup>
Plastyczny wskaźnik wytrzymałości /yy	$W_{pl,y} = 3396$ cm <sup>3</sup>
Sprężysty wskaźnik wytrzymałości /zz	$W_{el,z} = 250,1$ cm <sup>3</sup>
Plastyczny wskaźnik wytrzymałości /zz	$W_{pl,z} = 382,2$ cm <sup>3</sup>

### Rygiel

Przekrój spawany – Stal gatunku S355 ( $\varepsilon = 0,81$ )

Wysokość całkowita	$h = 824$ mm
Wysokość środnika	$h_w = 800$ mm
Szerokość pasa	$b = 240$ mm
Grubość środnika	$t_w = 6$ mm
Grubość pasa	$t_f = 12$ mm
Grubość spoiny	$a = 3$ mm
Masa	82,9 kg/m

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	5 z 27
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

Pole przekroju	$A = 105,6 \text{ cm}^2$
Moment bezwładności /yy	$I_y = 120550 \text{ cm}^4$
Moment bezwładności /zz	$I_z = 2766 \text{ cm}^4$
Moment bezwładności przy skręcaniu	$I_t = 33,41 \text{ cm}^4$
Wycinkowy moment bezwładności	$I_w = 4,557 \cdot 10^6 \text{ cm}^6$
Sprężysty wskaźnik wytrzymałości /yy	$W_{el,y} = 2926,0 \text{ cm}^3$
Plastyczny wskaźnik wytrzymałości /yy	$W_{pl,y} = 3299 \text{ cm}^3$
Sprężysty wskaźnik wytrzymałości /zz	$W_{el,z} = 230,5 \text{ cm}^3$
Plastyczny wskaźnik wytrzymałości /zz	$W_{pl,z} = 352,8 \text{ cm}^3$

## 5 Analiza globalna

Połączenia słupów z fundamentami przyjęto jako przegubowe.

PN-EN  
1993-1-1

Połączenia słupów z ryglami przyjęto jako idealnie sztywne.

[§ 5.2](#)

Rama była zamodelowana przy użyciu programu EFFEL.

### Obliczenie wyboczeniowego mnożnika obciążeń $\alpha_{cr}$

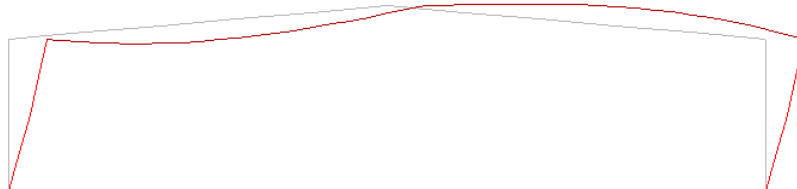
By ocenić wrażliwość ramy na efekty drugiego rzędu, wykonana jest analiza PN-EN 1993-1-1 do obliczenia wyboczeniowego mnożnika obciążeń obliczeniowych  $\alpha_{cr}$  dla kombinacji obciążeń dającej największe pionowe obciążenie:

[§ 5.2.1](#)

Kombinacja 101:  $\gamma_{Gmax} G + \gamma_Q Q_s$

Dla tej kombinacji, mnożnik obciążeń wynosi:  $\alpha_{cr} = 29,98$

Pierwsza postać wyboczenia jest pokazana poniżej.




Tak więc :  $\alpha_{cr} = 29,98 > 10$

Może być użyta analiza sprężysta pierwszego rzędu.

PN-EN  
1993-1-1

[§5.2.1 \(3\)](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<b>6</b> z <b>27</b>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

Imperfekcje przechyłowe mogą być pominięte gdy  $H_{Ed} \geq 0,15 V_{Ed}$ .

PN-EN  
1993-1-1

Skutki początkowych imperfekcji przechyłowych mogą być zastąpione przez równoważne siły poziome:

[§ 5.3.2 \(4\)](#)

$$H_{eq} = \phi V_{Ed} \quad \text{w kombinacji, gdzie } H_{Ed} < 0,15 | V_{Ed} |$$

Komb. SGN	Lewy słup 1		Prawy słup 2		Łącznie		$0,15   V_{Ed}  $
	$H_{Ed,1}$ kN	$V_{Ed,1}$ kN	$H_{Ed,2}$ kN	$V_{Ed,2}$ kN	$H_{Ed}$ kN	$V_{Ed}$ kN	
<b>101</b>	-111,28	-167,12	111,28	-167,12	0,00	-334,24	50,14
<b>102</b>	89,29	83,80	-19,36	61,81	69,93	145,61	21,84
<b>103</b>	-39,16	-87,06	81,12	-100,26	41,96	-187,32	28,10
<b>104</b>	-28,33	-69,69	70,30	-82,89	41,97	-152,58	22,89
<b>105</b>	43,70	16,37	26,23	-5,62	69,93	10,75	1,61
<b>106</b>	54,52	33,74	15,41	11,74	69,93	45,48	6,82

### Skutki imperfekcji

Globalna początkowa imperfekcja przechyłowa może być określona z

PN-EN  
1993-1-1

$$\phi = \phi_0 \alpha_h \alpha_m$$


[§ 5.3.2 \(3\)](#)

gdzie  $\phi_0 = 1/200$

$$\alpha_h = \frac{2}{\sqrt{h}} = \frac{2}{\sqrt{7,30}} = 0,74$$

$$\alpha_m = \sqrt{0,5(1 + \frac{1}{m})} = 0,866 \quad (m = 2 \text{ liczba słupów})$$

Więc:  $\phi = \frac{1}{200} \times 0,740 \times 0,866 = 3,2 \cdot 10^{-3} = 1/312$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>7 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

Imperfekcje przechyłowe są uwzględniane jedynie dla kombinacji 101:

PN-EN  
1993-1-1  
[§ 5.3.2 \(7\)](#)

$V_{Ed}$	$H_{eq} = \phi \cdot V_{Ed}$
kN	kN
167,12	0,535

$H_{eq}$  jest równoważną siłą poziomą, która będzie przyłożona na górze każdego słupa.

## 6 Wyniki analizy sprężystej

### 6.1 Stany graniczne użytkowości

[PN-EN 1993-1-1](#)

Maksymalne przemieszczenia pionowe

[§ 7](#)

Od kombinacji 201 ( $G + S$ ):  $w_y = 74 \text{ mm} = L/405$

i

Od samego śniegu ( $S$ ):  $w_y = 44 \text{ mm} = L/682$

PN-EN 1990

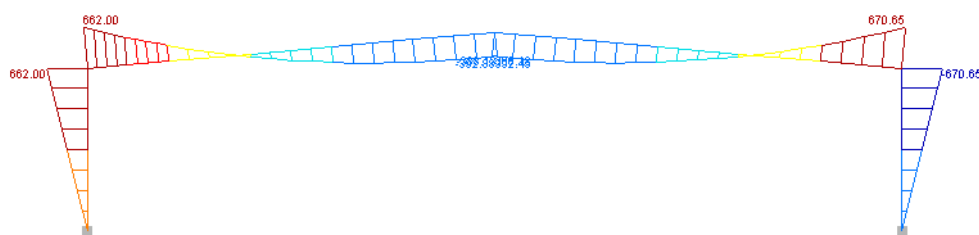
Przemieszczenia poziome wierzchołka słupa:

Wywołane jedynie wiatrem ( $W$ ):  $w_x = 16 \text{ mm} = h/374$

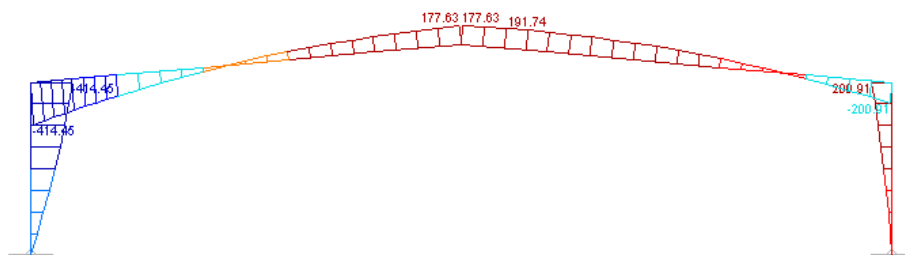
### 6.2 Stany graniczne nośności


Wykresy momentów podane w kNm dla każdej z kombinacji.

Kombinacja 101

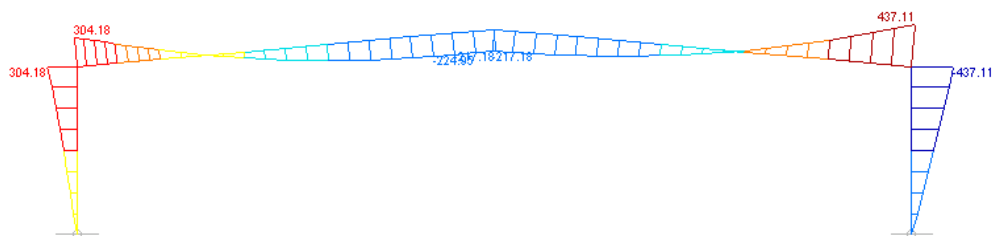


Kombinacja 102

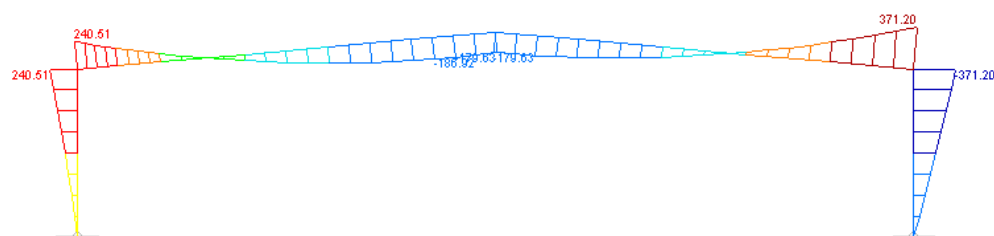


<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<b>8</b> z <b>27</b>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

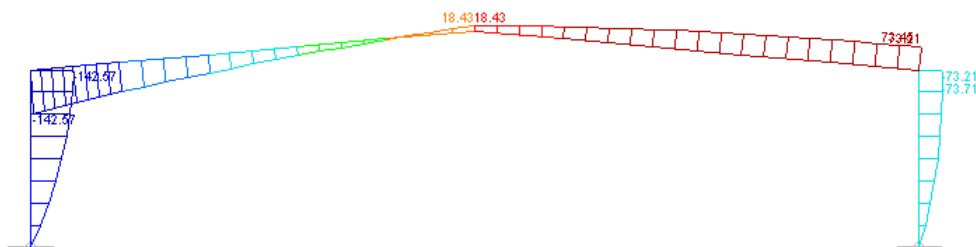
### Kombinacja 103



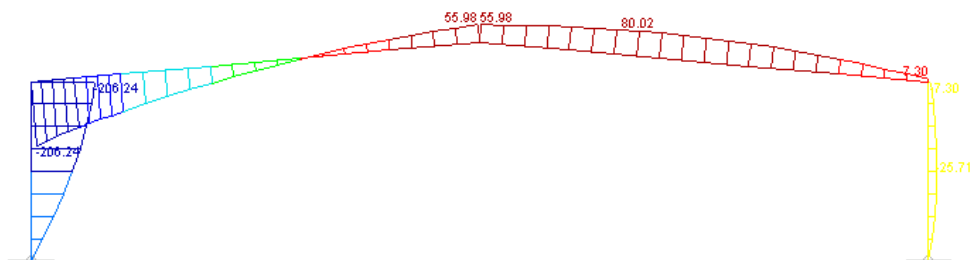
### Kombinacja 104




### Kombinacja 105



### Kombinacja 106:





<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<b>9</b> z <b>27</b>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

## 7 Sprawdzenie słupa

Weryfikacja elementów jest przeprowadzana dla najmniej korzystnej kombinacji dla stanu granicznego nośności: kombinacji 101

$$N_{Ed} = 167,4 \text{ kN} \quad (\text{przyjęto, że jest stała na długości słupa})$$

$$V_{z,Ed} = 112,0 \text{ kN} \quad (\text{przyjęto, że jest stała na długości słupa})$$

$$M_{y,Ed} = 670,6 \text{ kNm} \quad (\text{na wierzchołku słupa})$$

### 7.1 Klasyfikacja przekroju

**Środek:**  $h_w = 800 \text{ mm}$  i  $t_w = 6 \text{ mm}$

$$c = 800 - 2 \times 1,414 \times 3 = 791,5 \text{ mm}$$

$$\text{smukłość środka: } c / t_w = 131,9$$

Środek jest poddany ścisnaniu i zginaniu. Stosunek naprężeń w stanie granicznym nośności jest podany przez:

$$\psi = 2 \frac{N_{Ed}}{A f_y} - 1 = 2 \times \frac{167,4 \times 10^3}{10800 \times 355} - 1 = -0,913 < 0$$

$$\text{Granica dla klasy 3: } \frac{42 \times \varepsilon}{0,67 + 0,33 \times \psi} = \frac{42 \times 0,81}{0,67 - 0,33 \times 0,913} = 92,3$$

Więc:  $c / t_w = 131,9 > 92,3$       Środek jest klasy 4.

**Pas:**  $b = 250 \text{ mm}$  i  $t_f = 12 \text{ mm}$

$$c = \frac{250 - 6}{2} - 3 \times \sqrt{2} = 118 \text{ mm}$$

$$\text{smukłość pasa: } c / t_f = 9,8$$

Pas obciążony równomiernym ścisnaniem.

$$\text{Granica dla klasy 3: } 14 \varepsilon = 14 \times 0,81 = 11,3$$

więc:  $c / t_f = 9,8 < 11,3$       Pas jest przekrojem klasy 3.


**Tak więc przekrój jest klasy 4. Sprawdzenie elementu będzie oparte na sprężystej nośności przekroju efektywnego.**

[PN-EN 1993-1-1 § 5.5](#)

(Tablica 5.2)

[PN-EN 1993-1-1 § 5.5](#)

(Tablica 5.2)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>10 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

## 7.2 Efektywne charakterystyki przekroju

### Efektywne pole przekroju

Efektywne pole przekroju poprzecznego  $A_{\text{eff}}$  jest określone tylko dla strefy ściskanej.

PN-EN  
1993-1-1

[§ 6.2.9.3 \(2\)](#)

Pas: Pas nie jest klasy 4, więc jest polem całkowicie efektywnym.

Środnic: Środnic jest podatny na utratę stateczności miejscowej:  $\psi = 1$

[PN-EN  
1993-1-5](#)

Współczynnik wyboczeniowy:  $k_{\sigma} = 4$

[§ 4.4](#)

Smukłość:  $\bar{\lambda}_p = \frac{c/t_w}{28,4\varepsilon\sqrt{k_{\sigma}}} = \frac{791,5/6}{28,4 \times 0,81 \times \sqrt{4}} = 2,87 > 0,673$

(Tablica 4.1)

Współczynnik redukcyjny:  $\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \times (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2}$  ale  $\rho \leq 1$

$$\rho = \frac{2,87 - 0,055 \times (3 + 1)}{2,87^2} = 0,322$$

Efektywna szerokość środnika:  $b_{\text{eff}} = \rho c = 0,322 \times 791,5 = 255 \text{ mm}$

$$A_{\text{eff}} = 75,86 \text{ cm}^2$$

### Efektywny sprężysty wskaźnik wytrzymałości na zginanie

Efektywny sprężysty wskaźnik wytrzymałości jest określany jedynie dla zginania.

pas: Pas nie jest klasy 4, więc jest polem całkowicie efektywnym.

środnik: Środnic jest podatny na utratę stateczności miejscowej:  $\psi = -1$


Współczynnik wyboczeniowy:  $k_{\sigma} = 23,9$

Smukłość:  $\bar{\lambda}_p = \frac{c/t_w}{28,4\varepsilon\sqrt{k_{\sigma}}} = \frac{791,5/6}{28,4 \times 0,81 \times \sqrt{23,9}} = 1,173 > 0,673$

Współczynnik redukcyjny:  $\rho = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \times (3 + \psi)}{\bar{\lambda}_p^2}$  but  $\rho \leq 1$

$$\rho = \frac{1,173 - 0,055 \times (3 - 1)}{1,173^2} = 0,772$$

Efektywna szerokość środnika:  $b_{\text{eff}} = \rho c = 0,772 \times 791,5 = 611 \text{ mm}$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>11 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

$$b_{e1} = 0,4 b_{\text{eff}} = 244 \text{ mm}$$

$$b_{e2} = 0,6 b_{\text{eff}} = 367 \text{ mm}$$

$$b_t = 0,5 c = 396 \text{ mm}$$

Charakterystyki efektywnego przekroju poprzecznego:

$$I_{y,\text{eff}} = 121542 \text{ cm}^4$$

$$W_{\text{eff},y,\text{min}} = 2867,4 \text{ cm}^3$$

**Uwaga:** Dla przekroju symetrycznego, nie ma żadnej zmiany środka ciężkości efektywnego obszaru  $A_{\text{eff}}$  w stosunku do środka ciężkości całego przekroju. Tak więc,

$$e_{Ny} = e_{Nz} = 0$$

### 7.3 Sprawdzanie przekroju poprzecznego dla momentu zginającego i siły osiowej

$$\eta_1 = \frac{N_{\text{Ed}}}{f_y A_{\text{eff}} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,\text{Ed}} + N_{\text{Ed}} e_{Ny}}{f_y W_{\text{eff},y,\text{min}} / \gamma_{M0}} \leq 1$$

$$\eta_1 = \frac{167400}{355 \times 7586 / 1,0} + \frac{670,6 \cdot 10^6 + 167400 \times 0}{355 \times 2867400 / 1,0} = 0,721 \leq 1 \quad \text{OK}$$

[PN-EN 1993-1-1](#)

[§ 6.2.9.3](#)

[PN-EN 1993-1-5](#)

[§ 4.6](#)

### 7.4 Sprawdzanie stateczności miejscowej słupa przy ścinaniu

$$\frac{h_w}{t_w} = 133 > 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 58,3 \quad \text{gdzie } \eta = 1,0$$

[PN-EN 1993-1-1](#)

[§ 6.2.8 \(2\)](#)

Więc, powinna być sprawdzona stateczność miejscowa przy ścinaniu dla środnika bez żeber pośrednich.

Stateczność miejscowa przy ścinaniu jest obliczana ze wzoru:

$$V_{b,\text{Rd}} = V_{\text{bw},\text{Rd}} + V_{\text{bf},\text{Rd}}$$


Gdzie  $V_{\text{bw},\text{Rd}}$  jest siłą przenoszoną przez środnik:

$$V_{\text{bw},\text{Rd}} = \frac{\chi_w f_y h_w t_w}{\gamma_{M1} \sqrt{3}}$$

[PN-EN 1993-1-5](#)

[§ 5.2 \(1\)](#)

a  $V_{\text{bf},\text{Rd}}$  jest siłą przenoszoną przez pasy.

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>12 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

Parametr smukłości:  $\bar{\lambda}_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_y}{\tau_{cr}}}$  [PN-EN 1993-1-5 § 5.3](#)

gdzie  $\tau_{cr} = k_\tau \sigma_E$  i  $\sigma_E = 190000 \left( \frac{t_w}{h_w} \right)^2$  [PN-EN 1993-1-5 Załącznik A](#)

Na długości słupa nie ma żadnego pośredniego żebra poprzecznego, więc:

$$k_\tau = 5,34$$

i:  $\sigma_E = 10,7 \text{ N/mm}^2$

Tak więc,  $\tau_{cr} = 5,34 \times 10,7 = 57,14 \text{ N/mm}^2$  i  $\bar{\lambda}_w = 0,76 \sqrt{\frac{355}{57,14}} = 1,894 \geq 1,08$

Należy rozważyć założenie podatnych końców słupa:


$$\chi_w = 0,83 / \bar{\lambda}_w = 0,438$$

Więc,  $V_{bw,Rd} = \frac{0,438 \times 355 \times 800 \times 6 \times 10^{-3}}{1,0 \times \sqrt{3}} = 430,9 \text{ kN}$  [PN-EN 1993-1-5 Tablica 5.1](#)

Siła przenoszona przez pasy może być pominięta:  $V_{bf,Rd} = 0$

Wtedy:  $\eta_3 = \bar{\eta}_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{112,0}{430,9} = 0,26 < 1$  [PN-EN 1993-1-5 § 5.5 \(1\)](#)

Uwaga, że od  $\bar{\eta}_3 < 0,5$ , skutki siły poprzecznej na nośność na zginanie mogą być zaniedbane. [PN-EN 1993-1-5 § 7.1 \(1\)](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>13 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

## 7.5 Sprawdzenie stateczności ogólnej słupa

Nośność słupa z uwzględnieniem stateczności ogólnej jest wystarczająca jeżeli są spełnione następujące warunki (zginanie jednokierunkowe,  $M_{z,Ed} = 0$ ):

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

[PN-EN 1993-1-1 § 6.3.3](#)

i

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

Współczynniki  $k_{yy}$  i  $k_{zy}$  są obliczane przy użyciu Załącznika A normy PN-EN 1993-1-1.

Uwaga:  $\Delta M_{y,Ed} = \Delta M_{z,Ed} = 0$  ponieważ  $e_{Ny} = e_{Nz} = 0$

Rama nie jest wrażliwa na efekty drugiego rzędu ( $\alpha_{cr} = 29,98 > 10$ ). Dlatego długość wybocheniowa, dla wybochenia w płaszczyźnie, może być przyjmowana jako równą długości elementu.

$L_{cr,y} = 5,99 \text{ m}$

[PN-EN 1993-1-1 § 5.2.2 \(7\)](#)

Odnosnie do wybochenia z płaszczyzny ramy, element jest stężony bocznie w środku wysokości słupa i na obydwu końcach słupa. Więc:

$$L_{cr,z} = 3,00 \text{ m i } L_{cr,LT} = 3,00 \text{ m}$$

### Nośność słupa z uwzględnieniem wybochenia

- **Wybochenie względem osi yy** ( $L_{cr,y} = 5,99 \text{ m}$ )

$$N_{cr,y} = \pi^2 \frac{EI_y}{L_{cr,y}^2} = \pi^2 \frac{210000 \times 124500 \times 10}{5990^2} = 71920 \text{ kN}$$


$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{7586 \times 355}{71920 \times 10^3}} = 0,1935 < 0,2$$

Wpływ wybochenia może być zaniedbany. Tak więc,  $\chi_y = 1,0$

Dlatego nośność z uwzględnieniem wybochenia względem mocnej osi jest równa nośności na ściskanie przekroju poprzecznego:

$$N_{by,Rd} = A_{eff} f_y / \gamma_{M0} = (7586 \times 355 / 1,0) \cdot 10^{-3} = 2693 \text{ kN}$$

PN-EN  
1993-1-1  
[§ 6.3.1.3 \(1\)](#)  
[§ 6.3.1.2 \(4\)](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>14 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

- **Wyboczenie względem osi zz** ( $L_{cr,z} = 3,00$  m)

$$N_{cr,z} = \pi^2 \frac{EI_z}{L_{cr,z}^2} = \pi^2 \frac{210000 \times 3126 \times 10}{3000^2} = 7199 \text{ kN}$$

PN-EN  
1993-1-1

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{7586 \times 355}{7199 \times 10^3}} = 0,6116$$

[§ 6.3.1.3 \(1\)](#)

Krzywa wyboczeniowa:  $c$  ( $\alpha_z = 0,49$ )

PN-EN  
1993-1-1

$$\phi_z = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right]$$

$$\phi_z = 0,5 \times \left[ 1 + 0,49 \times (0,6116 - 0,2) + 0,6116^2 \right] = 0,7879$$

[Tablica 6.2](#)

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,7879 + \sqrt{0,7879^2 - 0,6116^2}} = 0,778$$

[§ 6.3.1.2 \(1\)](#)

Nośność przekroju przy wyboczeniu względem słabej osi:

$$N_{bz,Rd} = \chi_z A_{eff} f_y / \gamma_{M0} = (0,778 \times 7586 \times 355 / 1,0) \cdot 10^{-3} = 2095 \text{ kN}$$

- **Zwichrzenie** ( $L_{cr,LT} = 3,00$  m)  
Rozpatrywana jest górna część słupa.

Moment krytyczny jest obliczany z:

NCCI

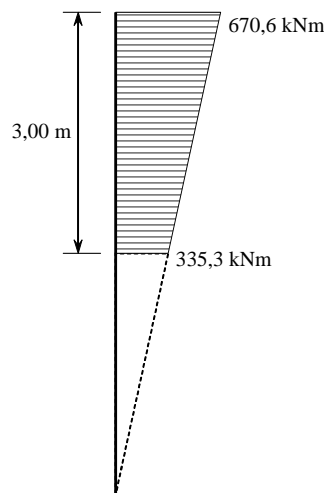
$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,LT}^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L_{cr,LT}^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}}$$

[SN003](#)

Współczynnik  $C_1$  zależy od stosunku momentów, który wynosi:


$$\psi = 335,3 / 670,6 = 0,5$$

Więc:  $C_1 = 1,31$



$$M_{cr} = 1,31 \times \frac{\pi^2 \times 210000 \times 3126 \times 10^4}{3000^2 \times 10^6} \sqrt{\frac{5151000}{3126} \times 10^2 + \frac{3000^2 \times 80770 \times 345600}{\pi^2 \times 210000 \times 3126 \times 10^4}}$$

$$M_{cr} = 3873 \text{ kNm}$$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>15 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

Smukłość przy zwichrzeniu jest obliczana z:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{\text{eff},y} f_y}{M_{\text{cr}}}} = \sqrt{\frac{2867,4 \times 355}{3873 \times 10^3}} = 0,5127$$

PN-EN  
1993-1-1  
[§ 6.3.2.2](#)

Współczynnik redukcyjny jest wtedy obliczany z krzywej wybozeniowej **d**, i parametr imperfekcyjny przy zwichrzeniu wynosi:  $\alpha_{LT} = 0,76$ .

PN-EN  
1993-1-1

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

[Tablica 6.3](#)

$$\phi_{LT} = 0,5 \times \left[ 1 + 0,76 \times (0,5127 - 0,2) + 0,5127^2 \right] = 0,7502$$

[Tablica 6.4](#)

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,7502 + \sqrt{0,7502^2 - 0,5127^2}} = 0,7705$$

i

[§ 6.3.2.2](#)

Więc,  $M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{\text{eff},y} f_y}{\gamma_{M1}} = 0,7705 \times \frac{2867400 \times 355}{1,0} \times 10^{-6} = 784,3 \text{ kNm}$

Współczynniki  $k_{yy}$  i  $k_{zy}$  są obliczane według Załącznika A normy PN-EN 1993-1-1

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{cr},y}}}{1 - \chi_y \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{cr},y}}} = \frac{1 - \frac{167,4}{71920}}{1 - 1,0 \times \frac{167,4}{71920}} = 1,0$$

PN-EN  
1993-1-1

[Załącznik A](#)


$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{cr},z}}}{1 - \chi_z \frac{N_{\text{Ed}}}{N_{\text{cr},z}}} = \frac{1 - \frac{167,4}{7199}}{1 - 0,778 \times \frac{167,4}{7199}} = 0,995$$

Siła krytyczna przy wybozeniu skrętnym

NCCI

$$N_{\text{cr},T} = \frac{A}{I_0} \left( GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{h^2} \right)$$

[SN001](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<b>16</b> z <b>27</b>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

Dla przekroju podwójnie symetrycznego,

$$I_0 = I_y + I_z = 124500 + 3126 \approx 127600 \text{ cm}^4$$

$$N_{cr,T} = \frac{10800}{127600 \cdot 10^4 \times 1000} \times (80770 \times 34,56 \cdot 10^4 + \pi^2 \frac{210000 \times 5151000 \cdot 10^6}{3000^2})$$

$$N_{cr,T} = 10276 \text{ kN}$$

Smukłość przy zwichrzeniu jest obliczana przy założeniu stałego momentu zginającego na całej długości elementu.

$$M_{cr,0} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,LT}^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L_{cr,LT}^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}} \quad \text{with } C_1 = 1,0$$

NCCI

[SN003](#)

$$M_{cr,0} = 1,0 \times \frac{\pi^2 \times 210000 \times 3126 \times 10^4}{3000^2 \times 10^6} \sqrt{\frac{5151000}{3126} \times 10^2 + \frac{3000^2 \times 80770 \times 345600}{\pi^2 \times 210000 \times 3126 \times 10^4}}$$

$$M_{cr,0} = 2957 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_0 = \sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr,0}}} = \sqrt{\frac{2867,4 \times 355}{2957 \times 10^3}} = 0,587$$

PN-EN  
1993-1-1

[Załącznik A](#)

$$\bar{\lambda}_{0lim} = 0,2 \sqrt{C_1} \sqrt[4]{(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}})(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}})}$$

gdzie  $N_{cr,TF} = N_{cr,T}$  (przekrój podwójnie symetryczny)

$$\bar{\lambda}_{0lim} = 0,2 \sqrt{1,31} \sqrt[4]{(1 - \frac{167,4}{7199})(1 - \frac{167,4}{10276})} = 0,227$$


$$\bar{\lambda}_0 > \bar{\lambda}_{0lim}$$

$$C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \frac{\sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}}$$

gdzie:  $\varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A_{eff}}{W_{eff,y}} = \frac{670,6}{167,4} \times 100 \times \frac{75,86}{2867,4} = 10,60$  (klasa 4)

i  $a_{LT} = 1 - \frac{I_t}{I_y} \approx 1,0$



<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>17 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

### Obliczenie współczynnika równoważnego stałego momentu $C_{my,0}$

$$C_{my,0} = 0,79 + 0,21\psi_y + 0,36(\psi_y - 0,33) \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}$$

$$\text{For } \psi_y = 0 \quad C_{my,0} = 0,79 + 0,21 \times 0 + 0,36 \times (0 - 0,33) \frac{167,4}{71920} = 0,790$$

PN-EN  
1993-1-1

[Załącznik A](#)

Tablica A2

### Obliczenie współczynników $C_{my}$ i $C_{mLT}$ :

$$C_{my} = 0,790 + (1 - 0,790) \frac{\sqrt{10,60} \times 1,0}{1 + \sqrt{10,60} \times 1,0} = 0,951$$

$$C_{mLT} = C_{my}^2 \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right) \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}}\right)}} \geq 1$$

$$C_{mLT} = 0,951^2 \times \frac{1,0}{\sqrt{\left(1 - \frac{167,4}{7199}\right) \left(1 - \frac{167,4}{10276}\right)}} = 0,923 < 1 \quad \text{So } C_{mLT} = 1$$

PN-EN  
1993-1-1

[Załącznik A](#)

### Obliczenie współczynników $k_{yy}$ i $k_{zy}$ :

$$k_{yy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = 0,951 \times 1 \times \frac{1,0}{1 - \frac{167,4}{71920}} = 0,953$$

$$k_{zy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = 0,951 \times 1 \times \frac{0,995}{1 - \frac{167,4}{71920}} = 0,948$$

PN-EN  
1993-1-1

[Załącznik A](#)


### Sprawdzanie nośności z formułami interakcyjnymi

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y f_y A_{eff}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{eff,y} f_y} \leq 1$$

$$\frac{167,4}{2693} + 0,953 \times \frac{670,6}{784,3} = 0,877 < 1 \quad \text{OK}$$

PN-EN  
1993-1-1

[§ 6.3.3](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>18 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z f_y A_{eff}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} W_{eff,y} f_y} \leq 1$$

$$\frac{167,4}{2095} + 0,948 \times \frac{670,6}{784,3} = 0,890 < 1 \quad \mathbf{OK}$$

Więc, nośność elementu z uwzględnieniem stateczności ogólnej jest zadowalająca.

## 8 Sprawdzenie rygla

Weryfikacja elementów jest przeprowadzana dla kombinacji 101. Maksymalny moment zginający i maksymalna siła ścinająca w ryglu występuje przy okapie (w narożu ramy):

$$N_{Ed} = 124,9 \text{ kN} \quad (\text{przyjęto, że jest stała na długości rygla})$$

$$V_{y,Ed} = 150,4 \text{ kN} \quad (\text{w narożu})$$

$$M_{y,Ed} = 670,6 \text{ kNm} \quad (\text{w narożu})$$

### 8.1 Klasyfikacja przekroju

środek:  $h_w = 800 \text{ mm}$  i  $t_w = 6 \text{ mm}$

$$c = 800 - 2 \times \sqrt{2} \times 3 = 791,5 \text{ mm}$$

smukłość środka:  $c / t_w = 131,9$

Środek jest poddany zginaniu i ścisaniu. Stosunek naprężeń w stanie granicznym nośności jest podany przez:

$$\psi = 2 \frac{N_{Ed}}{A f_y} - 1 = 2 \times \frac{124,9 \times 10^3}{10560 \times 355} - 1 = -0,933 < 0$$


Granica dla klasy 3:  $\frac{42\varepsilon}{0,67 + 0,33\psi} = \frac{42 \times 0,81}{0,67 - 0,33 \times 0,933} = 93,9$

Wtedy:  $c / t_w = 131,9 > 93,9$  Środek jest klasy 4.

PN-EN  
1993-1-1

[§ 5.5](#)

(Tablica 5.2)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>19 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

**Pas:**  $b = 240 \text{ mm}$  i  $t_f = 12 \text{ mm}$

$$c = \frac{240 - 6}{2} - 3 \times \sqrt{2} = 113 \text{ mm}$$

smukłość pasa  $c / t_f = 9,4$

Granica dla klasy 3:  $14 \varepsilon = 14 \times 0,81 = 11,3$

Wtedy:  $c / t_f = 9,4 < 11,3$  Pas jest przekrojem klasy 3.

PN-EN  
1993-1-1

[§ 5.5](#)

(Tablica 5.2)

**Tak więc przekrój jest klasy 4. Sprawdzanie elementu będzie oparte na sprężystej nośności przekroju efektywnego.**

## 8.2 Efektywne charakterystyki przekroju

### Efektywne pole przekroju

Efektywne pole przekroju poprzecznego  $A_{\text{eff}}$  jest określone tylko dla strefy ściskanej.

[PN-EN  
1993-1-1 §  
6.2.9.3 \(2\)](#)

**Pas:** Pas nie jest klasy 4, więc jest polem całkowicie efektywnym.

**Środnik:** Efektywne pole przekroju środka jest takie samo jak dla słupa.

Efektywna szerokość środka:  $b_{\text{eff}} = 255 \text{ mm}$

$$A_{\text{eff}} = 73,46 \text{ cm}^2$$

### Efektywny sprężysty wskaźnik wytrzymałości na zginanie:

Efektywny sprężysty wskaźnik wytrzymałości jest określany jedynie dla zginania.

**pas:** Pas nie jest klasy 4, więc jest polem całkowicie efektywnym.

**Środnik:** Efektywne pole przekroju środka jest takie samo jak dla słupa.

Efektywna szerokość środka:  $b_{\text{eff}} = 611 \text{ mm}$

$$b_{e1} = 0,4 b_{\text{eff}} = 244 \text{ mm}$$


$$b_{e2} = 0,6 b_{\text{eff}} = 367 \text{ mm}$$

$$b_t = 0,5 c = 396 \text{ mm}$$

Charakterystyki efektywnego przekroju poprzecznego:

$$I_{y,\text{eff}} = 117582 \text{ cm}^4$$

$$W_{\text{eff},y,\text{min}} = 2772,1 \text{ cm}^3$$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	20 z 27
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

**Uwaga:** Dla przekroju symetrycznego, nie ma żadnej zmiany środka ciężkości efektywnego obszaru  $A_{eff}$  w stosunku do środka ciężkości całego przekroju. Tak więc,

$$e_{Ny} = e_{Nz} = 0$$

### 8.3 Sprawdzanie przekroju poprzecznego dla momentu zginającego i siły osiowej

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y A_{eff} / \gamma_{M0}} + \frac{M_{y,Ed} + N_{Ed} e_{Ny}}{f_y W_{eff,y,min} / \gamma_{M0}} \leq 1$$

$$\eta_1 = \frac{124900}{355 \times 7346 / 1,0} + \frac{670,6 \cdot 10^6 + 124900 \times 0}{355 \times 2772100 / 1,0} = 0,729 \leq 1 \quad \text{OK}$$

[PN-EN 1993-1-1 § 6.2.9.3](#)

[PN-EN 1993-1-5 § 4.6](#)

### 8.4 Sprawdzanie stateczności miejscowej rygla przy ścinaniu

$$\frac{h_w}{t_w} = 133 > 72 \frac{\varepsilon}{\eta} = 72 \times \frac{0,81}{1,0} = 58,3 \quad \text{gdzie } \eta = 1,0$$

[PN-EN 1993-1-1 § 6.2.8 \(2\)](#)

Więc, powinna być sprawdzona stateczność miejscowa przy ścinaniu dla środka bez żeber pośrednich.

Stateczność miejscowa przy ścinaniu jest obliczana ze wzoru:

$$V_{b,Rd} = V_{bw,Rd} + V_{bf,Rd}$$

Gdzie  $V_{bw,Rd}$  jest siłą przenoszoną przez środnik: 
$$V_{bw,Rd} = \frac{\chi_w f_y h_w t_w}{\gamma_{M1} \sqrt{3}}$$

[PN-EN 1993-1-5 § 5.2 \(1\)](#)

a  $V_{bf,Rd}$  jest siłą przenoszoną przez pasy.

Parametr smukłości: 
$$\bar{\lambda}_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_y}{\tau_{cr}}}$$

[PN-EN 1993-1-5 § 5.3](#)


gdzie  $\tau_{cr} = k_\tau \sigma_E$  i 
$$\sigma_E = 190000 \left( \frac{t_w}{h_w} \right)^2$$

[PN-EN 1993-1-5 Załącznik A](#)

Na długości rygla nie ma żadnego pośredniego żebra poprzecznego, więc:

$$k_\tau = 5,34$$

oraz:  $\sigma_E = 10,7 \text{ N/mm}^2$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>21 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

Tak więc,  $\tau_{cr} = 5,34 \times 10,7 = 57,14 \text{ N/mm}^2$  i  $\bar{\lambda}_w = 0,76 \sqrt{\frac{355}{57,14}} = 1,894 \geq 1,08$

Należy rozważyć założenie podatnych końców rygła:

$$\chi_w = 0,83 / \bar{\lambda}_w = 0,438$$

$$\text{Więc, } V_{b,w,Rd} = \frac{0,438 \times 355 \times 800 \times 6 \times 10^{-3}}{1,0 \times \sqrt{3}} = 430,9 \text{ kN}$$

Siła przenoszona przez pasy może być pominięta:  $V_{bf,Rd} = 0$

$$\text{Wtedy: } \eta_3 = \bar{\eta}_3 = \frac{V_{Ed}}{V_{bw,Rd}} = \frac{150,4}{430,9} = 0,349 < 1$$

Uwaga, że od  $\bar{\eta}_3 < 0,5$ , skutki siły poprzecznej na nośność na zginanie mogą być zaniedbane.

[PN-EN  
1993-1-5  
Tablica 5.1](#)

[PN-EN  
1993-1-5 §  
5.5 \(1\)](#)

[PN-EN  
1993-1-5 §  
7.1 \(1\)](#)

## 8.5 Sprawdzenie stateczności ogólnej rygła

Nośność rygła z uwzględnieniem stateczności ogólnej jest wystarczająca jeżeli są spełnione następujące warunki (zginanie jednokierunkowe,  $M_{z,Ed} = 0$ ):


$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{Rk}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\text{i } \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{Rk}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{M_{y,Rk}}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

[PN-EN  
1993-1-1  
§ 6.3.3](#)

Współczynniki  $k_{yy}$  i  $k_{zy}$  są obliczane przy użyciu Załącznika A normy PN-EN 1993-1-1.

Uwaga:  $\Delta M_{y,Ed} = \Delta M_{z,Ed} = 0$  ponieważ  $e_{Ny} = e_{Nz} = 0$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>22 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

### Określenie długości wyboczeniowej względem osi yy:

Długość wyboczeniowa przy wyboczeniu względem mocnej osi rygła jest określana z analizy wyboczeniowej, przy założeniu, że rama portalowa jest stężona ze względu na poziome przemieszczenia. Pierwsza postać wyboczenia (zobacz szkic poniżej) jest obliczana z:

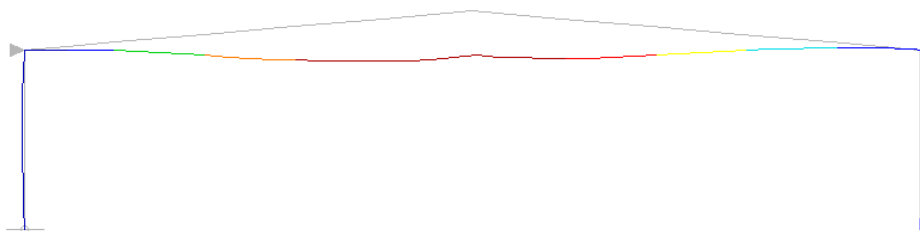
$$\alpha_{cr} = 76,43$$

Siła krytyczna przy wyboczeniu w płaszczyźnie ramy jest The critical axial force for in-plane buckling is wyprowadzona z mnożnika obciążenia:

$$N_{cr,y} = \alpha_{cr} N_{Ed} = 76,43 \times 124,9 = 9546 \text{ kN}$$

Uwaga: długość wyboczeniowa może też być wyprowadzona z analizy:

$$L_{cr,y} = \pi \sqrt{\frac{EI_y}{N_{cr}}} = \pi \times \sqrt{\frac{210000 \times 120550 \times 10^4}{9546 \times 10^3}} = 16180 \text{ mm}$$



Odnosnie do wyboczenia z płaszczyzny ramy, element jest bocznie stężony co 3,0 metry. Więc:

$$L_{cr,z} = 3,00 \text{ m i } L_{cr,LT} = 3,00 \text{ m}$$

### Nośność rygła z uwzględnieniem wyboczenia

- **Wyboczenie względem osi yy ( $L_{cr,y} = 16,18 \text{ m}$ )**

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,y}}} = \sqrt{\frac{7346 \times 355}{9546 \times 10^3}} = 0,5228$$

Krzywa wyboczeniowa: **b** ( $\alpha_y = 0,34$ )

$$\phi_y = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda}_y - 0,2) + \bar{\lambda}_y^2 \right]$$

$$\phi_y = 0,5 \times \left[ 1 + 0,34 \times (0,5228 - 0,2) + 0,5228^2 \right] = 0,6915$$

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - \bar{\lambda}_y^2}} = \frac{1}{0,6915 + \sqrt{0,6915^2 - 0,5228^2}} = 0,874$$

PN-EN  
1993-1-1


[§ 6.3.1.3 \(1\)](#)

[§ 6.3.1.2 \(4\)](#)

PN-EN  
1993-1-1

[Tablica 6.2](#)

[§ 6.3.1.2 \(1\)](#)

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<b>23</b> z <b>27</b>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

Nośność przekroju przy wyboczeniu względem mocnej osi:

$$N_{by,Rd} = \chi_y A_{eff} f_y / \gamma_{M0} = (0,874 \times 7346 \times 355 / 1,0) \cdot 10^{-3} = 2279 \text{ kN}$$

- **Wyboczenie względem osi zz ( $L_{cr,z} = 3,00 \text{ m}$ )**

$$N_{cr,z} = \pi^2 \frac{EI_z}{L_{cr,z}^2} = \pi^2 \frac{210000 \times 2766 \times 10}{3000^2} = 6370 \text{ kN}$$

PN-EN  
1993-1-1

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A_{eff} f_y}{N_{cr,z}}} = \sqrt{\frac{7346 \times 355}{6370 \times 10^3}} = 0,6398$$

[§ 6.3.1.3 \(1\)](#)

Krzywa wyboczeniowa: **c** ( $\alpha_z = 0,49$ )

PN-EN  
1993-1-1

$$\phi_z = 0,5 \left[ 1 + \alpha (\bar{\lambda}_z - 0,2) + \bar{\lambda}_z^2 \right]$$

[Tablica 6.2](#)

$$\phi_z = 0,5 \times \left[ 1 + 0,49 \times (0,6398 - 0,2) + 0,6398^2 \right] = 0,8124$$

[§ 6.3.1.2 \(1\)](#)

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - \bar{\lambda}_z^2}} = \frac{1}{0,8124 + \sqrt{0,8124^2 - 0,6398^2}} = 0,7619$$

Nośność przekroju przy wyboczeniu względem słabej osi:

$$N_{bz,Rd} = \chi_z A_{eff} f_y / \gamma_{M0} = (0,7619 \times 7346 \times 355 / 1,0) \cdot 10^{-3} = 1987 \text{ kN}$$

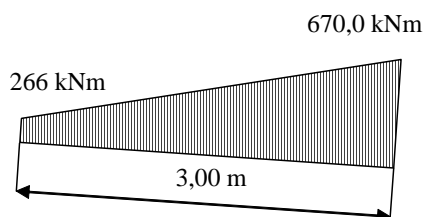
- **Zwichrzenie ( $L_{cr,LT} = 3,00 \text{ m}$ )**

NCCI

Moment krytyczny jest obliczany z:

[SN003](#)


$$M_{cr} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,LT}^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L_{cr,LT}^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}}$$



Współczynnik  $C_1$  zależy od stosunku momentów, który wynosi:

$$\psi = 266 / 670,6 = 0,40$$

Więc:  $C_1 = 1,39$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<b>24</b> z <b>27</b>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

$$M_{cr} = 1,39 \times \frac{\pi^2 \times 210000 \times 2766 \times 10^4}{3000^2 \times 10^6} \sqrt{\frac{4557000}{2766} \times 10^2 + \frac{3000^2 \times 80770 \times 334100}{\pi^2 \times 210000 \times 2766 \times 10^4}}$$

$$M_{cr} = 3640 \text{ kNm}$$

Smukłość przy zwichrzeniu jest obliczana z:

$$\bar{\lambda}_{LT} = \sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr}}} = \sqrt{\frac{2772,1 \times 355}{3640 \times 10^3}} = 0,520$$

PN-EN  
1993-1-1  
[§ 6.3.2.2](#)

Współczynnik redukcyjny jest wtedy obliczany z krzywej wybocheniowej **d**, a parametr imperfekcyjny przy zwichrzeniu wynosi:  $\alpha_{LT} = 0,76$ .

PN-EN  
1993-1-1

$$\phi_{LT} = 0,5 \left[ 1 + \alpha_{LT} (\bar{\lambda}_{LT} - 0,2) + \bar{\lambda}_{LT}^2 \right]$$

$$\phi_{LT} = 0,5 \times \left[ 1 + 0,76 \times (0,520 - 0,2) + 0,520^2 \right] = 0,7568$$

$$\chi_{LT} = \frac{1}{\phi_{LT} + \sqrt{\phi_{LT}^2 - \bar{\lambda}_{LT}^2}} = \frac{1}{0,7568 + \sqrt{0,7568^2 - 0,520^2}} = 0,7653$$

[Tablica 6.3](#)

[Tablica 6.4](#)

i

[§ 6.3.2.2](#)

$$\text{Więc, } M_{b,Rd} = \chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}} = 0,7653 \times \frac{2772,1 \times 355 \times 10^3}{1,0} = 753,1 \text{ kNm}$$

Współczynniki  $k_{yy}$  i  $k_{zy}$  są obliczane według Załącznika A normy PN-EN 1993-1-1

$$\mu_y = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}}{1 - \chi_y \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = \frac{1 - \frac{124,9}{9546}}{1 - 0,874 \times \frac{124,9}{9546}} = 0,9983$$

PN-EN  
1993-1-1

[Załącznik A](#)


$$\mu_z = \frac{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}}{1 - \chi_z \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}} = \frac{1 - \frac{124,9}{6370}}{1 - 0,7619 \times \frac{124,9}{6370}} = 0,9953$$

Siła krytyczna przy wyboczeniu skrętnym

$$N_{cr,T} = \frac{A}{I_0} \left( GI_t + \frac{\pi^2 EI_w}{h^2} \right)$$

NCCI  
[SN001](#)



<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<b>25</b> z <b>27</b>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

Dla przekroju podwójnie symetrycznego,

$$I_0 = I_y + I_z = 120550 + 2766 \approx 123300 \text{ cm}^4$$

$$N_{cr,T} = \frac{10560}{123300 \cdot 10^4 \times 1000} \times (80770 \times 33,41 \cdot 10^4 + \pi^2 \frac{210000 \times 4557000 \cdot 10^6}{3000^2})$$

$$N_{cr,T} = 9219 \text{ kN}$$

Smukłość przy zwichrzeniu jest obliczana przy założeniu stałego momentu zginającego na całej długości elementu.

$$M_{cr,0} = C_1 \frac{\pi^2 EI_z}{L_{cr,LT}^2} \sqrt{\frac{I_w}{I_z} + \frac{L_{cr,LT}^2 GI_t}{\pi^2 EI_z}} \quad \text{gdzie } C_1 = 1,0$$

NCCI

[SN003](#)

$$M_{cr,0} = 1,0 \times \frac{\pi^2 \times 210000 \times 2766 \times 10^4}{3000^2 \times 10^6} \sqrt{\frac{4557000}{2766} \times 10^2 + \frac{3000^2 \times 80770 \times 334100}{\pi^2 \times 210000 \times 2766 \times 10^4}}$$

$$M_{cr,0} = 2619 \text{ kNm}$$

$$\bar{\lambda}_0 = \sqrt{\frac{W_{eff,y} f_y}{M_{cr,0}}} = \sqrt{\frac{2772,1 \times 355}{2619 \times 10^3}} = 0,613$$

$$\bar{\lambda}_{0lim} = 0,2 \sqrt{C_1} \sqrt[4]{(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}})(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}})}$$

gdzie  $N_{cr,TF} = N_{cr,T}$  (przekrój podwójnie symetryczny)


$$\bar{\lambda}_{0lim} = 0,2 \sqrt{1,39} \sqrt[4]{(1 - \frac{124,9}{6370})(1 - \frac{124,9}{9219})} = 0,2338$$

$$\bar{\lambda}_0 > \bar{\lambda}_{0lim}$$

$$C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \frac{\sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}}$$

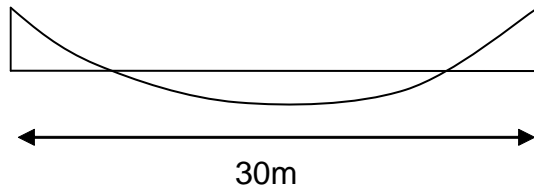
gdzie:  $\varepsilon_y = \frac{M_{y,Ed}}{N_{Ed}} \frac{A_{eff}}{W_{eff,y}} = \frac{670,6}{124,9} \times 100 \times \frac{73,46}{2772,1} = 14,23$  (Class 4)

i:  $a_{LT} = 1 - \frac{I_t}{I_y} \approx 1,0$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<b>26</b> z <b>27</b>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

### Obliczenie współczynnika $C_{my,0}$

Wykres momentów zginających na długości rygła:



$$C_{my,0} = 1 + \left[ \frac{\pi^2 EI_y |\delta_x|}{L^2 |M_{y,Ed}|} - 1 \right] \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}$$

$M_{y,Ed}$  = maksymalny moment zginający na długości rygła = 670,6 kNm

$\delta_x$  = maksymalne przemieszczenie na długości rygła = 106 mm

$$C_{my,0} = 1 + \left[ \frac{\pi^2 \times 210000 \times 120550 \times 10^4 \times |106|}{30000^2 \times |670,6 \times 10^6|} - 1 \right] \frac{124,9}{9546} = 0,9927$$

PN-EN  
1993-1-1

[Załącznik A](#)

Tablica A2

### Obliczenie współczynników $C_{my}$ i $C_{m,LT}$ :

$$C_{my} = C_{my,0} + (1 - C_{my,0}) \frac{\sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}}{1 + \sqrt{\varepsilon_y} a_{LT}}$$


$$C_{my} = 0,9927 + (1 - 0,9927) \frac{\sqrt{14,23} \times 1,0}{1 + \sqrt{14,23} \times 1,0} = 0,9985$$

$$C_{m,LT} = C_{my}^2 \frac{a_{LT}}{\sqrt{\left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,z}}\right) \left(1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,T}}\right)}} \geq 1$$

$$C_{m,LT} = 0,9985^2 \times \frac{1,0}{\sqrt{\left(1 - \frac{124,9}{6370}\right) \left(1 - \frac{124,9}{9219}\right)}} = 1,014 \geq 1$$

PN-EN  
1993-1-1

Załącznik A

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  	Dokument Ref:	<i>SX030a -PL-EU</i>	Strona	<i>27 z 27</i>
	Tytuł	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>		
	Dot. Eurokodu	<i>PN-EN 1993-1-1</i>		
	Wykonał	<i>Arnaud Lemaire</i>	Data	<i>April 2006</i>
	Sprawdził	<i>Alain Bureau</i>	Data	<i>April 2006</i>

**Obliczenie współczynników  $k_{yy}$  i  $k_{zy}$  :**

[PN-EN 1993-1-1](#)

$$k_{yy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_y}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = 0,9985 \times 1,014 \times \frac{0,9983}{1 - \frac{124,9}{9546}} = 1,024$$

Załącznik A

$$k_{zy} = C_{my} C_{mLT} \frac{\mu_z}{1 - \frac{N_{Ed}}{N_{cr,y}}} = 0,9985 \times 1,014 \times \frac{0,9953}{1 - \frac{124,9}{9546}} = 1,021$$

**Sprawdzanie nośności z formułami interakcyjnymi**

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_y f_y A_{eff}} + k_{yy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

PN-EN 1993-1-1

[§ 6.3.3](#)

$$\frac{124,9}{2279} + 1,024 \times \frac{670,6}{753,1} = 0,967 < 1 \quad \mathbf{OK}$$

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z f_y A_{eff}} + k_{zy} \frac{M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \frac{W_{eff,y} f_y}{\gamma_{M1}}} \leq 1$$

$$\frac{124,9}{1987} + 1,021 \times \frac{670,6}{753,1} = 0,972 < 1 \quad \mathbf{OK}$$

Więc, nośność elementu z uwzględnieniem stateczności ogólnej jest zadowalająca.

## Protokół jakości

TYTUŁ ZASOBU		<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>	
Odniesienie(a)			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	Nazwisko	Instytucja	Data
Stworzony przez	Arnaud LEMAIRE	CTICM	09/01/2006
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Alain BUREAU	CTICM	09/01/2006
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez			
Techniczna zawartość zaaprobowana przez następujących partnerów STALE:			
1. Wielka Brytania	G W Owens	SCI	23/5/06
2. Francja	A Bureau	CTICM	23/5/06
3. Szwecja	B Uppfeldt	SBI	23/5/06
4. Niemcy	C Müller	RWTH	23/5/06
5. Hiszpania	J Chica	Labein	23/5/06
Zasób zatwierdzony przez Technicznego Koordynatora	G W Owens	SCI	12/9/06
DOKUMENT TŁUMACZONY			
To Tłumaczenie wykonane i sprawdzone przez:		Zdzisław Pisarek	
Przetłumaczony zasób zatwierdzony przez:	B. Stankiewicz	PRz	

## Informacje ramowe

<b>Tytuł*</b>	<i>Przykład: Analiza sprężysta jednonawowej ramy portalowej wykonanej z blachownic</i>	
<b>Seria</b>		
<b>Opis*</b>	Jednonawowa rama portalowa wykonana z blachownic jest zaprojektowana według PN-EN 1993-1-1. Przykład ten zawiera sprężystą analizę rami według teorii pierwszego rzędu, oraz wszystkie sprawdzenia elementów w oparciu o efektywne charakterystyki przekroju (klasa 4).	
<b>Poziom Dostępu*</b>	Ekspertyza	Praktyka
<b>Identyfikatory*</b>	Nazwa pliku	D:\ACCESS_STEEL_PL\SX\SX030a-PL-EU.doc
<b>Format</b>	Microsoft Word 9.0; 29 Stron; 977 kb;	
<b>Kategoria*</b>	Typ zasobu	Przykład obliczeniowy
	Punkt widzenia	Inżynier
<b>Przedmiot*</b>	Obszar zastosowań(a)	Budynki jednokondygnacyjne
<b>Daty</b>	Data utworzona	11/04/2009
	Data ostatniej modyfikacji	25/04/2006
	Data sprawdzenia	25/04/2006
	Ważny Od	
	Ważny Do	
<b>Język(i)*</b>		Polski
<b>Kontakty</b>	Autor	Arnaud Lemaire, CTICM
	Sprawdzony przez	Alain Bureau, CTICM
	Zatwierdzony przez	
	Redaktor	
	Ostatnio modyfikowany przez	
<b>Słowa kluczowe*</b>	Ramy portalowe, stateczność miejscowa, analiza sprężysta	
<b>Zobacz Też</b>	Odniesienie do Eurokodu	PN-EN 1993-1-1, PN-EN 1993-1-5
	Przykład(y) obliczeniowe	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	<i>Inny</i>	
<b>Omówienie</b>	Narodowa Przydatność	EU
<b>Szczególne Instrukcje</b>		