
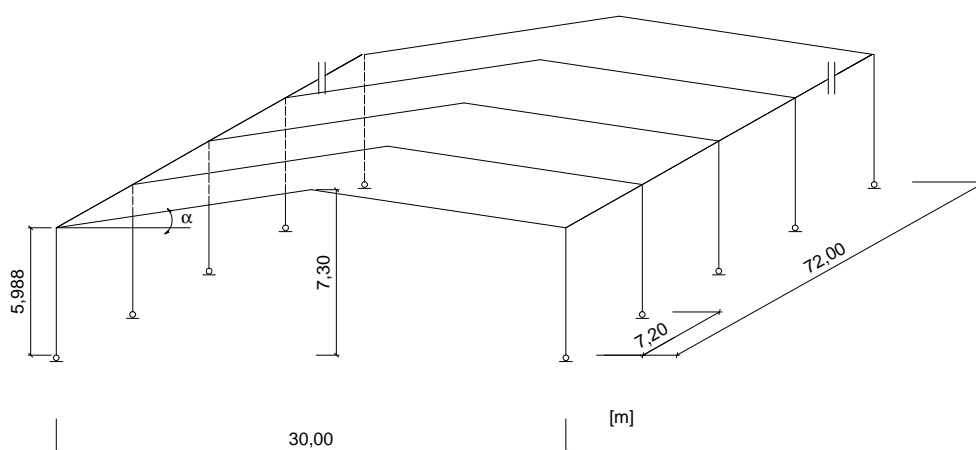


<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX016a-PL-EU</i>	Str.	<i>1 z 8</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Zestawienie obciążeń działających na powierzchnię budynku</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>June 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>June 2005</i>

## Przykład obliczeniowy: Zestawienie obciążeń działających na powierzchnię budynku

*Ten przykład obliczeniowy przedstawia procedurę zestawienia obciążeń działających na budynek halowy. Pod uwagę zostały wzięte dwa rodzaje obciążeń: obciążenie wiatrem i obciążenie śniegiem.*



### Dane

- Długość całkowita budynku :  $b = 72,00 \text{ m}$
- Rozstaw ram:  $s = 7,20 \text{ m}$
- Rozpiętość ramy :  $d = 30,00 \text{ m}$
- Maksymalna wysokość ramy:  $h = 7,30 \text{ m}$
- Kąt pochylenia rygla ramy:  $\alpha = 5,0^\circ$


Wysokość nad poziomem terenu:

$$h = 7,30 \text{ m}$$

$$\alpha = 5^\circ$$

co daje:

$$h' = 7,30 - 15 \tan 5^\circ = 5,988 \text{ m}$$

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX016a-PL-EU</i>	Str.	2 z 8
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Zestawienie obciążeń działających na powierzchnię budynku</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>June 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>June 2005</i>

# 1 Obciążenie wiatrem

## Dane

Wyznaczenie podstawowej prędkości wiatru:

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0}$$

gdzie:  $v_b$  bazowa prędkość wiatru

$c_{dir}$  współczynnik kierunkowy

$c_{season}$  współczynnik pory roku

$v_{b,0}$  wartość podstawowej bazowej prędkości wiatru

Wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru (patrz mapa wiatrowa Europy):

$$v_{b,0} = 26 \text{ m/s (Aachen - Germany)}$$

Teren kategorii II  $\Rightarrow z_0 = 0,05 \text{ m}$

$$z > z_{min}$$

$$\Rightarrow v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,0} = 26 \text{ m/s}$$

Dla uproszczenia współczynnik kierunkowy  $c_{dir}$  i współczynnik pory roku  $c_{season}$  przyjęto równe 1,0.

## Bazowe ciśnienie prędkości wiatru

$$q_b = \frac{1}{2} \times \rho_{air} \times v_b^2$$


gdzie:  $\rho_{air} = 1,25 \text{ kg/m}^3$  (gęstość powietrza)

$$\Rightarrow q_b = \frac{1}{2} \times 1,25 \times 26^2 = 422,5 \text{ N/m}^2$$

EN 1991-1-4  
[§ 4.2](#)

EN 1991-1-4  
[§ 4.3.2](#)  
[Tab. 4.1](#)

EN 1991-1-4  
[§ 4.5](#)  
wzór. 4.10

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX016a-PL-EU</i>	Str.	<i>3 z 8</i>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Zestawienie obciążeń działających na powierzchnię budynku</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>June 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>June 2005</i>

### Szczytowe ciśnienie prędkości wiatru

$$q_p(z) = [1 + 7I_v(z)] \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m(z)^2$$

Wyznaczenie średniej prędkości wiatru  $v_m(z)$

$v_m(z)$       średnia prędkość wiatru

$$v_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times v_b$$

Gdzie:  $c_o(z)$       współczynnik orografii

$c_r(z)$       współczynnik chropowatości terenu

$$c_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \quad \text{dla } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$c_r(z) = c_r(z_{\min}) \quad \text{dla } z \leq z_{\min}$$

Gdzie:  $z_0$       wymiar chropowatości

$k_r$       współczynnik terenu zależny od wymiaru chropowatości  $z_0$   
wyznaczany według wzoru

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,II}}\right)^{0,07}$$


Gdzie:  $z_{0,II} = 0,05$  (teren kategorii II)

$z_{\min}$       wysokość minimalna

$z_{\max}$       wysokość maksymalna, przyjęto 200 m

EN 1991-1-4  
[§ 4.5](#),  
wzór 4.8

EN 1991-1-4  
[§4.3.2](#)  
Tab. 4.1

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX016a-PL-EU</i>	Str.	<b>4</b> z <b>8</b>
	Tytuł	<b>Przykład obliczeniowy: Zestawienie obciążeń działających na powierzchnię budynku</b>		
	Dot. Eurocodu	<b>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</b>		
	Wykonał	<b>Matthias Oppe</b>	Data	<b>June 2005</b>
	Sprawdził	<b>Christian Müller</b>	Data	<b>June 2005</b>

Wyznaczenie  $I_v(z)$

$I_v(z)$  intensywność turbulencji

$$I_v = \frac{k_I}{c_o(z) \times \ln(z/z_0)} \quad \text{dla } z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$$

$$I_v = I_v(z_{\min}) \quad \text{dla } z < z_{\min}$$

Gdzie:  $k_I$  współczynnik turbulencji, zaleca się przyjmować  $k_I = 1,0$

$$z = 7,30 \text{ m}$$

więc:  $z_{\min} < z < z_{\max}$

$$q_p(z) = \underbrace{\left[ 1 + \frac{7k_I}{c_o(z) \times \ln(z/z_0)} \right]}_{\text{squared gust factor}} \times \underbrace{\frac{1}{2} \times \rho \times v_b^2}_{\text{cis. predk..w.}} \times \underbrace{\left( k_r \times \ln(z/z_0) \right)^2}_{\text{profilwiatru}}$$

$$\begin{aligned} q_p(7,30) &= \left[ 1 + \frac{7}{\ln(7,30/0,05)} \right] \times \frac{1}{2} \times 1,25 \times 26^2 \\ &\quad \times \left( 0,19 \times \left( \frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} \times \ln(7,30/0,05) \right)^2 \\ &= \left[ 1 + \frac{7}{\ln(7,30/0,05)} \right] \times 422,5 \times 0,947^2 \times 10^{-3} = 0,911 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

### **Parcie wiatru na powierzchnię**


#### **(współczynnik parcia wiatru na ramę wewnętrzną)**

W przypadku parcia, przyjęto wartość dodatnią obciążenia wiatrem, w przypadku ssania wartość ujemną.

EN 1991-1-4  
§4.4  
wzór. 4.7

Corrigendum

EN 1991-1-4  
§ 7.2

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX016a-PL-EU</i>	Str.	5 z 8
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Zestawienie obciążeń działających na powierzchnię budynku</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>June 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>June 2005</i>

### Współczynnik ciśnienia zewnętrznej

Oddziaływanie wiatru na powierzchnie zewnętrzne  $w_e$ , wyznacza się według wzoru:

$$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$$

gdzie:

$z_e$  wysokość odniesienia dla ciśnienia zewnętrznego

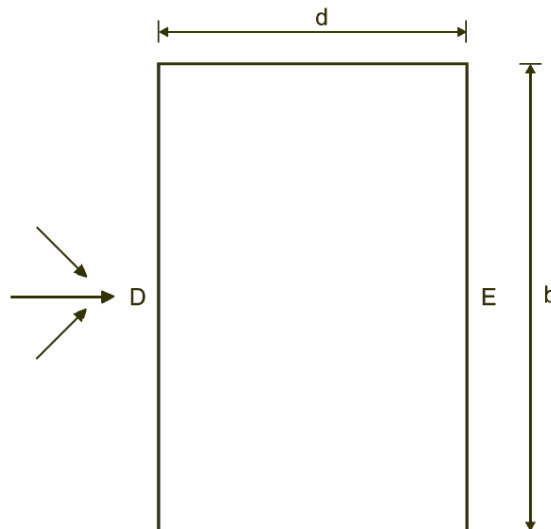
$c_{pe}$  współczynnik ciśnienia zewnętrznego zależny od wielkości obciążanej powierzchni  $A$ .  
 $= c_{pe,10}$  ponieważ pole obciążanej powierzchni  $A$  jest większe niż  $10 \text{ m}^2$

a) ściany pionowe

dla  $\frac{h}{d} = \frac{7,30}{30,00} = 0,24 \leq 0,25$

D:  $c_{pe} = 0,7$

E:  $c_{pe} = -0,3$



EN 1991-1-4  
[§5.2](#) eq. 5.1

EN 1991-1-4  
[§ 7.2](#)  
[Tab. 7.1](#)

Dokument Ref:	SX016a-PL-EU	Str.	6 z 8
Tytuł	Przykład obliczeniowy: Zestawienie obciążeń działających na powierzchnię budynku		
Dot. Eurocodu	EN 1991-1-3, EN 1991-1-4		
Wykonał	Matthias Oppe	Data	June 2005
Sprawdził	Christian Müller	Data	June 2005



b) połąc dachu

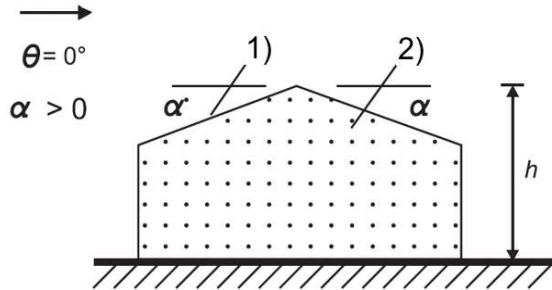
$$\alpha = 5,0^\circ,$$

$\theta = 0^\circ$  (kierunek wiatru)

$$e = \min(b; 2h)$$

$$= \min(72,00; 14,60)$$

$$= 14,60 \text{ m}$$



- 1) połąc nawierzchna
- 2) połąc zawietrzna

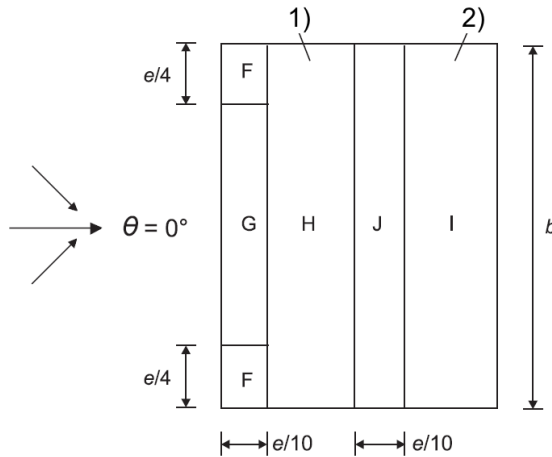
G:  $c_{pe} = -1,2$

H:  $c_{pe} = -0,6$

I:  $c_{pe} = -0,6$

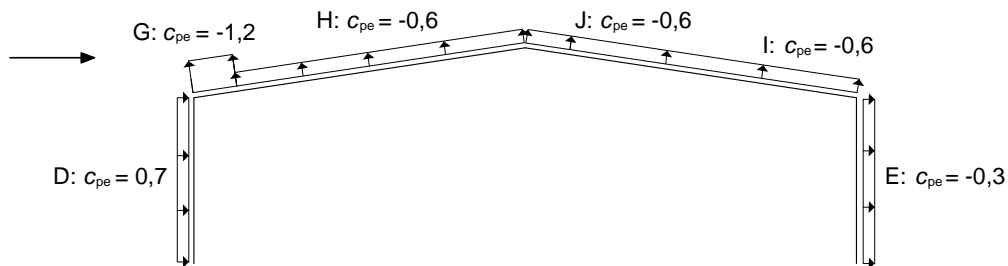
J:  $c_{pe} = 0,2 / -0,6$   
 $\Rightarrow c_{pe} = -0,6$

(patrz Tab 7.4a , Adnotacja 1)



[EN 1991-1-4 § 7.2](#)  
[Tab. 7.4a](#)

Współczynnik ciśnienia zewnętrznego  $c_{pe}$  (dla strefy D, E, G, H, I i J):



### Współczynnik ciśnienia wewnętrznego


Oddziaływanie wiatru na powierzchnie wewnętrzne  $w_{ei}$ , wyznacza się według wzoru:

$$w_i = q_p(z_i) \times c_{pi}$$

gdzie:  $z_i$  wysokość odniesienia dla ciśnienia wewnętrznego

$c_{pi}$  współczynnik ciśnienia dla ciśnienia wewnętrznego

[EN 1991-1-4 §5.2](#)  
wzór 5.2

<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  Eurocodes made easy	Dokument Ref:	<i>SX016a-PL-EU</i>	Str.	7 z 8
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Zestawienie obciążeń działających na powierzchnię budynku</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>June 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>June 2005</i>

Współczynnik ciśnienia wewnętrznego zależy od rozmiaru i rozmieszczenia otworów w ścianach budynku.

W ramach prezentowanego przykładu nie jest możliwe wyznaczenie współczynnika przenikalności budynku. Więc wartość współczynnika  $c_{pi}$  powinna być przyjęta jako bardziej niekorzystna: +0,2 albo -0,3. W rozpatrywanym przypadku wartość współczynnika  $c_{pi}$  jest bardziej niekorzystna gdy przyjmie się ją równą +0,2.

[EN 1991-1-4 § 7.2.9](#) (6)

### **Obciążenie wiatrem**

Obciążenie wiatrem na jednostkę długości  $w$  (w kN/m) na pojedynczą ramę wewnętrzną, wyznaczone przy rozstawie ram wynoszącym  $s = 7,20$  m:

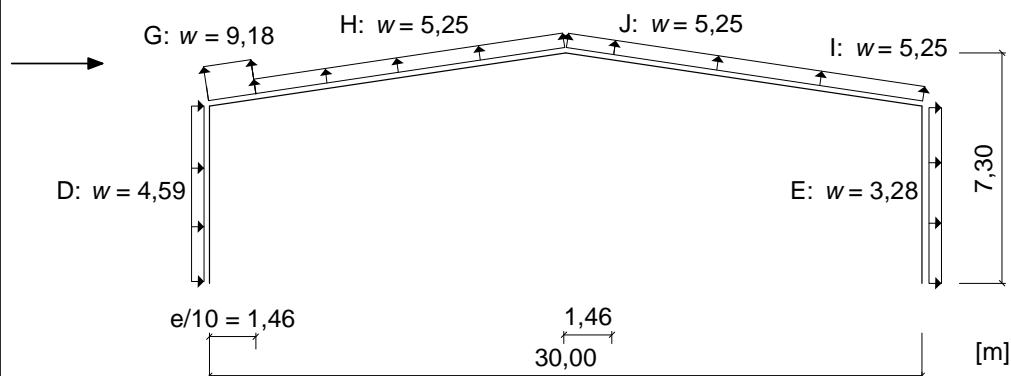
$$w = (c_{pe} + c_{pi}) \times q_p \times s$$


Przyjmuje się, że ciśnienia wewnętrzne i zewnętrzne działają jednocześnie. Najbardziej niekorzystna kombinacja ciśnienia wewnętrznego i zewnętrznego jest brana pod uwagę dla każdej kombinacji możliwych otworów i ścieżek przenikania wiatru.

[EN 1991-1-4 § 7.2.9](#)

Wartości charakterystyczne obciążenia wiatrem w [kN/m] dla ramy wewnętrznej:

- strefy D, E, G, H, I i J



<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b> 	Dokument Ref:	<i>SX016a-PL-EU</i>	Str.	8 z 8
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Zestawienie obciążeń działających na powierzchnię budynku</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>June 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>June 2005</i>

## 2 Obciążenie śniegiem

### Ogólnie

Obciążenie śniegiem dachu określa się według wzoru:

$$s = \mu_i \times c_e \times c_t \times s_k$$

gdzie:  $\mu_i$  współczynnik kształtu dachu

$c_e$  współczynnik ekspozycji, zazwyczaj przyjmuje się 1,0

$c_t$  współczynnik termiczny, przyjmowany jako 1,0 w przypadku sytuacji normalnych

$s_k$  wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu w rozpatrywanym miejscu

[EN 1991-1-3](#)  
[§5.2.2](#)  
wzór 5.1

### **Współczynnik kształtu dachu**

Współczynnik kształtu jest potrzebny do przejścia od obciążenia śniegiem gruntu do obciążenia dachu biorąc pod uwagę efekty zsuwaniem i gromadzeniem się śniegu.

Współczynnik kształtu dachu zależy od kąta pochylenia połaci dachu.

$$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ \quad \Rightarrow \quad \mu_i = 0,8$$

[EN 1991-1-3](#)  
[§5.3](#)  
Tab. 5.1

### **Obciążenie śniegiem gruntu**

Wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem gruntu zależy od strefy klimatycznej.

W rozpatrywanym przypadku: Aachen (Niemcy) :

$$s_k = (0,264 \times z - 0,002) \times \left[ 1 + \left( \frac{A}{256} \right)^2 \right] \text{ kN/m}^2$$

Gdzie:


$z$  numer strefy (zależy od obciążenia śniegiem na poziomie morza), w tym przypadku:  $z = 2$

$A$  jest wysokością nad poziomem morza, w tym przypadku  $A = 175 \text{ m}$

$$s_k = (0,264 \times 2 - 0,002) \times \left[ 1 + \left( \frac{175}{256} \right)^2 \right] = 0,772 \text{ kN/m}^2$$

[EN 1991-1-3](#)  
[Annex C](#)  
Tab. C1



<b>ARKUSZ OBLICZENIOWY</b>  <small>Eurocodes made easy</small>	Dokument Ref:	<i>SX016a-PL-EU</i>	Str.	<b>9</b> z <b>8</b>
	Tytuł	<i>Przykład obliczeniowy: Zestawienie obciążeń działających na powierzchnię budynku</i>		
	Dot. Eurocodu	<i>EN 1991-1-3, EN 1991-1-4</i>		
	Wykonał	<i>Matthias Oppe</i>	Data	<i>June 2005</i>
	Sprawdził	<i>Christian Müller</i>	Data	<i>June 2005</i>

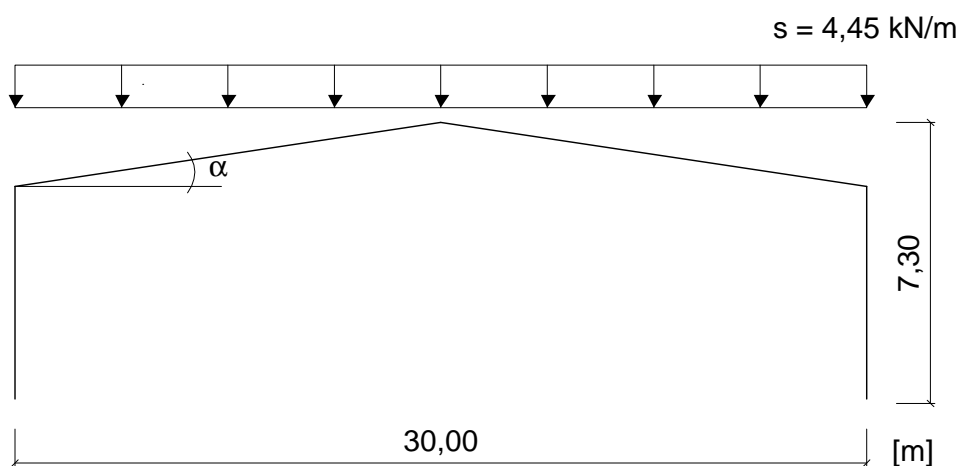
### Obciążenie śniegiem dachu

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

$$\text{rozstaw} = 7,20 \text{ m}$$

⇒ dla ramy wewnętrznej:

$$s = 0,618 \times 7,20 = 4,45 \text{ kN/m}$$



## Protokół jakości

TYTYŁ ZASOBU		Przykład obliczeniowy: Zestawienie obciążeń działających na powierzchnię budynku	
Odniesienie(a)			
ORYGINAŁ DOKUMENTU			
	<b>Nazwisko</b>	<b>Instytucja</b>	<b>Data</b>
Stworzony przez	Matthias Oppe	RWTH	23/06/05
Zawartość techniczna sprawdzona przez	Christian Müller	RWTH	29/06/05
Zawartość redakcyjna sprawdzona przez			
Techniczna zawartość zaaprobowana przez następujących partnerów STALE:			
1. UK	G W Owens	SCI	11/1/06
2. France	A Bureau	CTICM	11/1/06
3. Germany	A Olsson	SBI	11/1/06
4. Sweden	C Müller	RWTH	11/1/06
5. Spain	J Chica	Labein	11/1/06
Zasób zatwierdzony przez technicznego koordynatora	G W Owens	SCI	11/07/06
DOKUMENT TŁUMACZONY			
Tłumaczenie wykonane przez:		A. Wojnar, PRz	
Przetłumaczony zasób zatwierdzony przez:		A. Kozłowski, PRz	

## Informacje ramowe

<b>Tytuł*</b>	Przykład obliczeniowy: Zestawienie obciążeń działających na powierzchnię budynku	
<b>Seria</b>		
<b>Opis*</b>	Ten przykład obliczeniowy przedstawia procedurę zestawienia obciążeń działających na budynek halowy. Pod uwagę zostały wzięte dwa rodzaje obciążeń: obciążenie wiatrem i obciążenie śniegiem.	
<b>Poziom dostępu*</b>	Ekspertyza	Praktyka
<b>Identyfikator*</b>	Nazwa pliku	C:\Documents and Settings\awojnar\Moje dokumenty\2009\Access Steel\2009-02-19\SX016\SX016a-PL-EU-corr.doc
<b>Format</b>		Microsoft Office Word; 10 Pages; 306kb;
<b>Kategoria*</b>	Tytuł zasobu	Przykład obliczeniowy
	Punkt widzenia	Inżynier
<b>Przedmiot*</b>	Obszar zastosowania	Budynki przemysłowe
<b>Daty</b>	Data utworzenia	02/02/2006
	Data ostatniej modyfikacji	07/11/2005
	Data sprawdzenia	
	Ważny od	
	Ważny do	
<b>Język(i)*</b>		Polski
<b>Kontakt</b>	Autor	Matthias Oppe, RWTH
	Sprawdzony przez	Christian Müller, RWTH
	Zatwierdzony przez	
	Redaktor	
	Ostatnio modyfikowany przez	
<b>Słowa kluczowe*</b>	Obciążenie wiatrem, obciążenie śniegiem	
<b>Zobacz też</b>	Odniesienie do Eurokodu	
	Przykład(y) obliczeniowy	
	Komentarz	
	Dyskusja	
	Inne	
<b>Omówienie</b>	Narodowa przydatność	EU
<b>Szczególne instrukcje</b>		