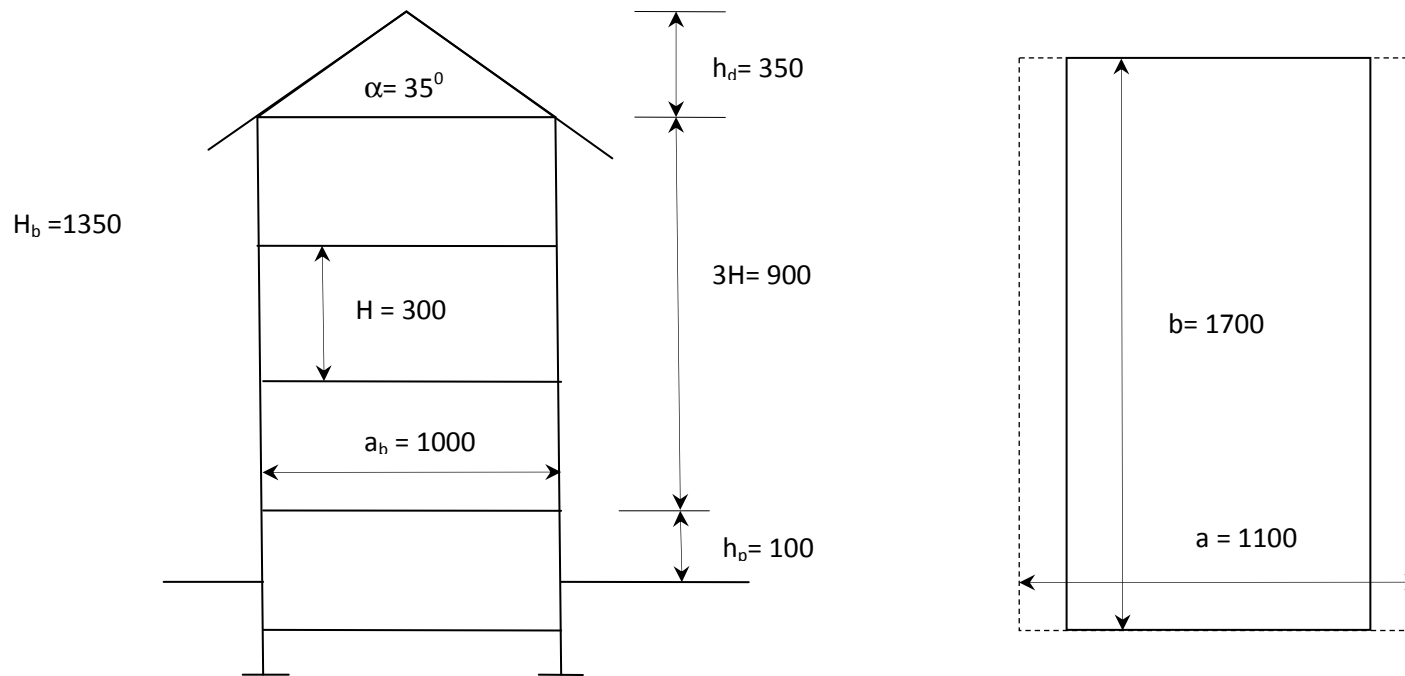


Przykład obliczeniowy



Lokalizacja Gdańsk – Morena, A = 100 m.n.p.m.

SNIEG

Gdańsk → 3 strefa

Obciążenie śniegiem w trwałej i przejściowej sytuacji obliczeniowej:

- obliczeniowe

$$s_d = s\gamma_F = s \cdot 1,5$$

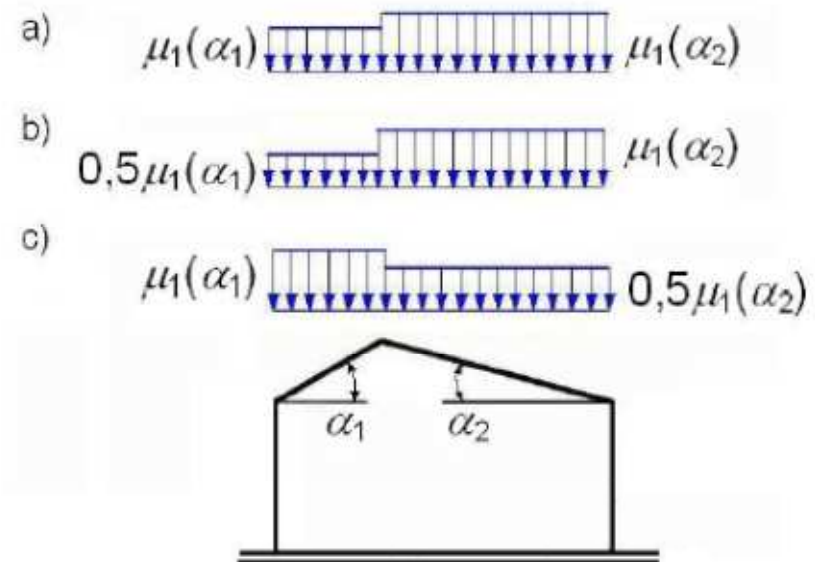
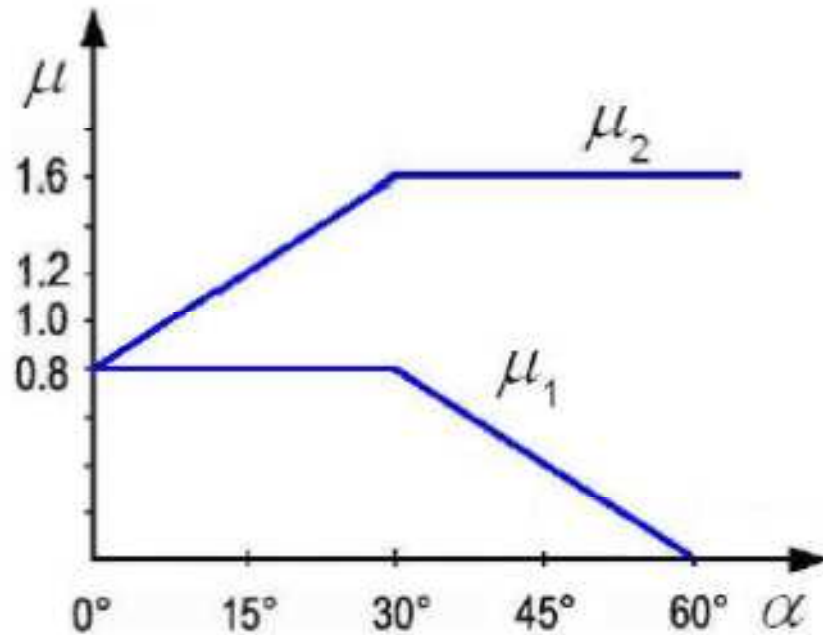
- charakterystyczne

$$s = \mu C_e C_t S_k$$

μ - współczynnik kształtu dachu

| Kąt α | $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ | $30^\circ < \alpha < 60^\circ$ | $\alpha \geq 60^\circ$ |
|--------------|-------------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| μ_1 | 0,8 | $0,8(60-\alpha)/30$ | 0,0 |
| μ_2 | $0,8+0,8\alpha/30$ | 1,6 | - |

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach



$$\mu_1 = 0,8(60-35)/30 = 0,67$$

$\mu_2 = 1,6$ – sytuacja wyjątkowa, która nie będzie rozpatrywana

c_e – współczynnik ekspozycji

- 0,8 - **teren wystawiony na działanie wiatru** – płaski obszar bez przeszkód, otwarty ze wszystkich stron, bez osłon lub z niewielkimi osłonami uformowanymi przez teren, wyższe budowle lub drzewa

- 1,0 – **teren normalny** – obszar, na którym (powodu ukształtowania terenu) nie występuje znaczne przenoszenie śniegu przez wiatr na budowle

- 1,2 – **teren osłonięty** – obszar, na którym budowla jest znacznie niższa niż otaczający teren, albo otoczona wysokimi drzewami lub wyższymi budynkami

wybierając współczynnik ekspozycji należy rozważyć przyszłe zmiany otoczenia budowli

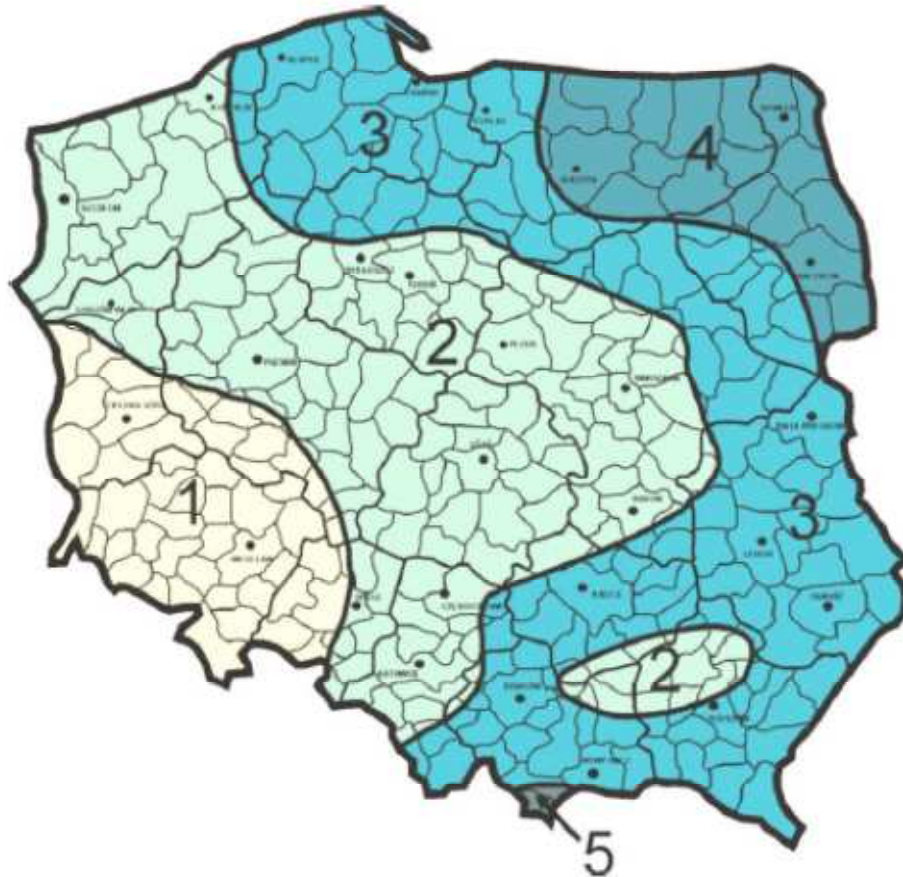
$c_e = 1,0$

c_t – współczynnik termiczny, dla dachów ocieplonych, dla których $u > 1 \text{ W/m}^2\text{K}$ - $c_t = 1,0$

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

s_k – wartość charakterystyczna obciążenia śniegiem

$$s_k = \max [0,006A - 0,6; 1,2] = \max [0,006 \cdot 100 - 0,6 = 0; 1,2] = 1,2 \text{ kN/m}^2$$



| Strefa | s_k [kN/m ²] |
|--------|---------------------------------|
| 1 | $0,007 \cdot A - 1,4 \geq 0,7$ |
| 2 | 0,9 |
| 3 | $0,006 A - 0,6 \geq 1,2$ |
| 4 | 1,6 |
| 5 | $0,93 \exp(0,00134 A) \geq 2,0$ |

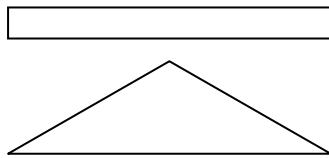
A – wysokość nad poziomem morza [m]

$$S = 0,67 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,2 = 0,804 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

Należy rozpatrzeć trzy przypadki:

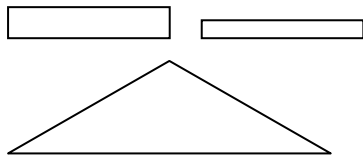
I Równomierne obciążenie śniegiem

$$s_1 = 0,8 \text{ kN/m}^2$$

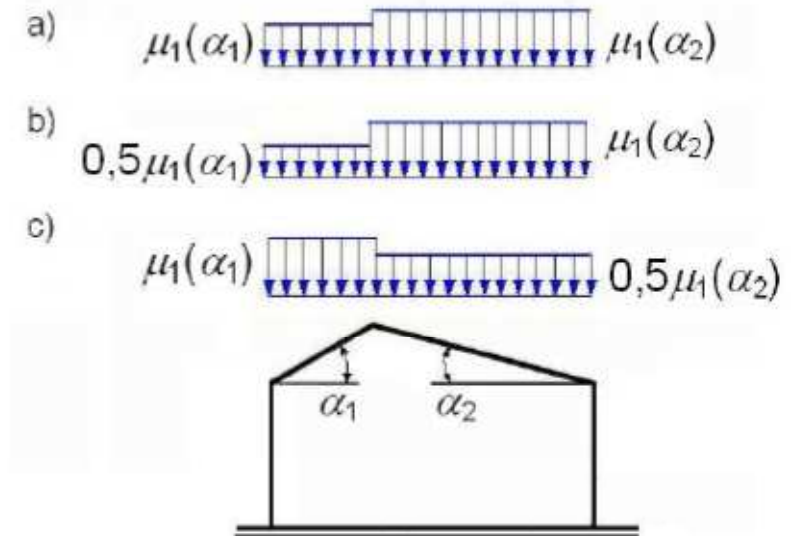


II Nierównomierne obciążenie śniegiem

$$s_1 = 0,8 \text{ kN/m}^2 \quad s_2 = 0,4 \text{ kN/m}^2$$



III Nierównomierne obciążenie śniegiem (lustrzane odbicie przypadku II)



WIATR

Gdańsk → 2 strefa

$p = F_w/A_{ref} = c_s c_d w_e - w_i$ - wynikowe ciśnienie wiatru wywierane na ściany lub dach budynku

F_w – wynikowa siła wiatru oddziałująca na konstrukcję lub element konstrukcji

A_{ref} – pole odniesienia konstrukcji lub elementu konstrukcji

c_s, c_d – współczynniki konstrukcyjne, które dla budynków niższych niż 15 m = 1,0

$$p = w_e - w_i$$

w_e – ciśnienie wiatru wywierane na powierzchnię zewnętrzną

w_i – ciśnienie wiatru wywierane na powierzchnię wewnętrzną

$w_e(z) = q_p(z) c_{pe}$ - ciśnienie wiatru wywierane na powierzchnię zewnętrzną

$w_i(z) = q_p(z) c_{pi}$ - ciśnienie wiatru wywierane na powierzchnię wewnętrzną

$q_p(z)$ – szczytowe ciśnienie prędkości wiatru

c_{pi}, c_{pe} – współczynnik ciśnienia; odpowiednio zewnętrznego i wewnętrznego

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

$$q_p(z) = [1 + 7 I_v(z)] 0,5 \rho v_m^2(z) = c_e(z) q_b$$

$$I_v(z) = k_l / c_o(z) \ln(z/z_0) - \text{intensywność turbulencji}$$

z – wysokość odniesienia dla dachu dwuspadowego wysokość kalenicy $z = 13,5\text{m}$

z_0 – parametr chropowatości, który zależy od kategorii terenu

$c_o(z)$ – współczynnik rzeźby terenu (orografii); dla terenu płaskiego $c_o(z) = 1$

k_l – współczynnik turbulencji, zaleca się przyjmować $k_l = 1$

ρ – gęstość powietrza $\rho = 1,25\text{kg/m}^3$

$v_m(z) = c_r(z) c_o(z) v_b = c_r(z) 1 v_b$ – wartość średnia prędkości wiatru

$c_r(z) = k_r \ln(z/z_0)$ dla $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$ – współczynnik chropowatości $c_r(z) = 0,215 \ln(13,5/0,3) = 0,818$

$c_r(z) = c_r(z_{\min})$ dla $z < z_{\min}$

$k_r = 0,19(z_0/z_{0,II})^{0,07}$ – współczynnik terenu $k_r = 0,19(0,3/0,05)^{0,07} = 0,215$

z_0 – parametr chropowatości, który zależy od kategorii terenu **kat. ter - III $\rightarrow z_0 = 0,3$**

$z_{0,II} = 0,05$ m – parametr chropowatości terenu podstawowego kategorii II

Tablica 4.1 – Kategorie i parametry terenu

| Kategoria terenu | | z_0 [m] | z_{min} [m] |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|------------------|
| 0 | Obszary morskie i przybrzeżne wystawione na otwarte morze | 0,003 | 1 |
| I | Jeziora lub tereny płaskie, poziome, o nieznacznej roślinności i bez przeszkód terenowych | 0,01 | 1 |
| II | Tereny o niskiej roślinności, takiej jak trawa, i o pojedynczych przeszkodach (drzewa, budynki) oddalonych od siebie na odległość równą co najmniej ich 20 wysokościom | 0,05 | 2 |
| III | Tereny regularnie pokryte roślinnością lub budynkami albo o pojedynczych przeszkodach, oddalonych od siebie najwyżej na odległość równą ich 20 wysokościom (takie jak wsie, tereny podmiejskie, stałe lasy) | 0,3 | 5 |
| IV | Tereny, których przynajmniej 15 % powierzchni jest pokryte budynkami o średniej wysokości przekraczającej 15 m | 1,0 | 10 |
| UWAGA: Kategorie terenu są pokazane w Załączniku A.1. | | | |

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

| Kategoria terenu | $c_r(z)$ | $c_e(z)$ | z_{\min} , m | z_{\max} , m |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|----------------|----------------|
| 0 | $1,3\left(\frac{z}{10}\right)^{0,11}$ | $3,0\left(\frac{z}{10}\right)^{0,17}$ | 1 | 200 |
| I | $1,2\left(\frac{z}{10}\right)^{0,13}$ | $2,8\left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$ | 1 | 200 |
| II | $1,0\left(\frac{z}{10}\right)^{0,17}$ | $2,3\left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$ | 2 | 300 |
| III | $0,8\left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$ | $1,9\left(\frac{z}{10}\right)^{0,26}$ | 5 | 400 |
| IV | $0,6\left(\frac{z}{10}\right)^{0,24}$ | $1,5\left(\frac{z}{10}\right)^{0,29}$ | 10 | 500 |
| Uwaga: $c_r(z)$ i $c_e(z)$ dla wysokości $z > z_{\max}$ należy przyjmować jak dla z_{\max} | | | | |

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

$V_b = C_{dir} C_{season} V_{b,o}$ - bazowa prędkość wiatru

$C_{dir} = 1$ – współczynnik kierunkowy

$C_{season} = 1$ – współczynnik sezonowy

$v_{b,o} = 26 \text{ m/s}$ – wartość podstawowa bazowej prędkości wiatru

| Strefa | $v_{b,o}$ | | $q_{b,o}$ | |
|--------|------------------------|---------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| | $A \leq 300 \text{ m}$ | $A > 300 \text{ m}$ | $A \leq 300 \text{ m}$ | $A > 300 \text{ m}$ |
| 1 | 22 | $22[1 + 0,0006(A - 300)]$ | 0,30 | $0,3[1 + 0,0006(A - 300)]^2$ |
| 2 | 26 | 22 | 0,42 | 0,42 |
| 3 | 22 | $22[1 + 0,0006(A - 300)]$ | 0,30 | $0,3[1 + 0,0006(A - 300)]^2 \left(\frac{20000 - A}{20000 + A} \right)$ |

A - wysokość nad poziomem morza (m)

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach



$v_m(z) = c_r(z)c_o(z)v_b = c_r(z)1v_b$ – wartość średnia prędkości wiatru

$$v_m(13,5) = 0,818 * 0,26 = 21,3 \text{ m/s}$$

$I_v(z) = k_l/c_o(z)\ln(z/z_0)$ – intensywność turbulencji

$$I_v(13,5) = k_l/c_o(z)\ln(z/z_0) = 1/(1 * \ln(13,5/0,3)) = 0,2627$$

Szczytowe ciśnienie prędkości wiatru

$$q_p(z) = [1 + 7 I_v(z)] 0,5 \rho v_m^2(z) = c_e(z) q_b$$

$$q_p(13,5) = [1 + 7 * 0,2627] 0,5 * 1,25 * 21,3^2 = 805 [(kg / m^3) (m^2 / s^2)] = 805 [(kg m / s^2) (1 / m^2)] = 805 N / m^2 = \underline{0,805 \text{ kN} / m^2}$$

wg załącznika krajowego

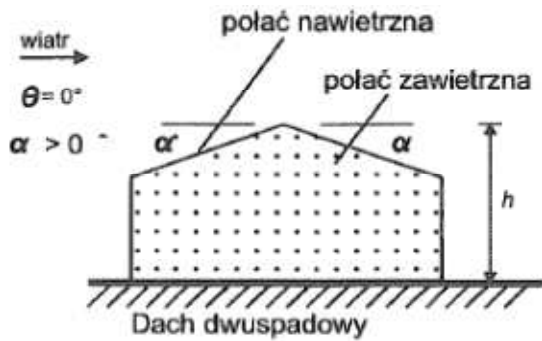
$$q_p(z) = c_e(z) q_b$$

$$c_e(z) = 1,9 (z/10)^{0,26} = 1,9 (13,5/10)^{0,26} = 2,054 \text{ – współczynnik ekspozycji dla terenu kategorii III}$$

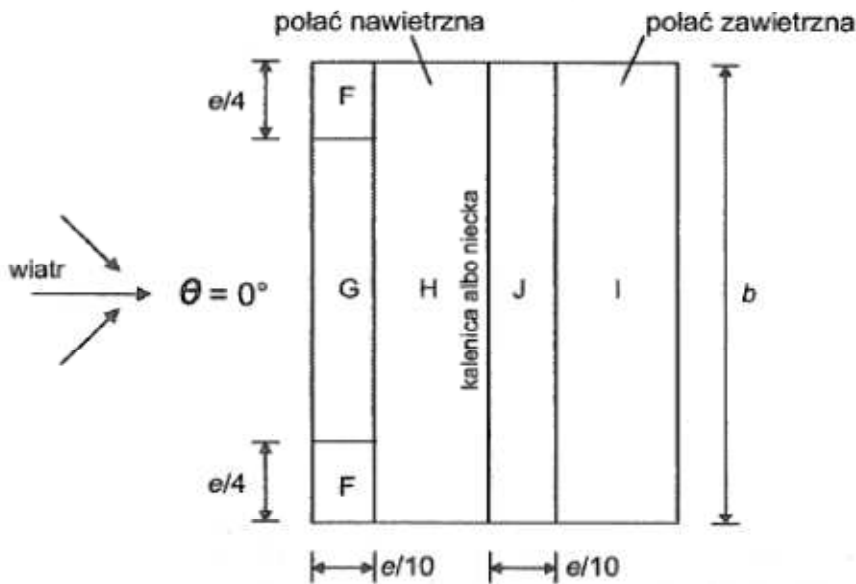
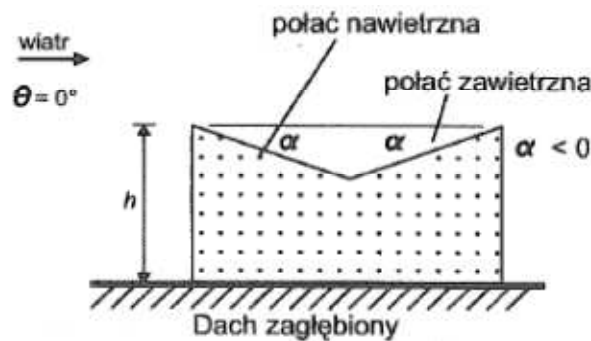
$$q_b = 0,5 \rho v_b^2 = 0,5 * 1,25 * 26 * 26 = 422 N / m^2 = 0,422 \text{ kN} / m^2$$

$$q_p(13,5) = 2,054 * 0,422 = \underline{0,867 \text{ kN} / m^2}$$

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach



(a) widok z boku



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

mniejszy z dwóch
 $e = b$ albo $2h$

b : wymiar poprzeczny
do kierunku wiatru

$$b = 1700 \text{ m}$$

$$h = 1350 \text{ m}$$

$$e = \min(1700; 2 \cdot 1350)$$

$$= \min(1700; 2700)$$

$$= 1700$$

$$e/10 = 1700/10 = 170$$

$$e/4 = 1700/4 = 425$$

Tablica 7.4a — Współczynniki ciśnienia zewnętrznego dla dachów dwuspadowych

| Kąt spadku α | Pole dla kierunku wiatru $\theta = 0^\circ$ | | | | | | | | | |
|---------------------|---------------------------------------------|------------|------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|-------------|------------|
| | F | | G | | H | | I | | J | |
| | $c_{pe,0}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,0}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ | $c_{pe,10}$ | $c_{pe,1}$ |
| -45° | -0,6 | | -0,6 | | -0,8 | | -0,7 | | -1,0 | -1,5 |
| -30° | -1,1 | -2,0 | -0,8 | -1,5 | -0,8 | | -0,6 | | -0,8 | -1,4 |
| -15° | -2,5 | -2,8 | -1,3 | -2,0 | -0,9 | -1,2 | -0,5 | | -0,7 | -1,2 |
| -5° | -2,3 | -2,5 | -1,2 | -2,0 | -0,8 | -1,2 | +0,2 | | +0,2 | |
| | | | | | | | -0,6 | | -0,6 | |
| 5° | -1,7 | -2,5 | -1,2 | -2,0 | -0,6 | -1,2 | -0,6 | | +0,2 | |
| | | | | | | | +0,0 | | -0,6 | |
| 15° | -0,9 | -2,0 | -0,8 | -1,5 | -0,3 | | -0,4 | | -1,0 | -1,5 |
| | +0,2 | | +0,2 | | +0,2 | | +0,0 | | +0,0 | +0,0 |
| 30° | -0,5 | -1,5 | -0,5 | -1,5 | -0,2 | | -0,4 | | -0,5 | |
| | +0,7 | | +0,7 | | +0,4 | | +0,0 | | +0,0 | |
| 45° | -0,0 | | -0,0 | | -0,0 | | -0,2 | | -0,3 | |
| | +0,7 | | +0,7 | | +0,6 | | +0,0 | | +0,0 | |
| 60° | +0,7 | | +0,7 | | +0,7 | | -0,2 | | -0,3 | |
| 75° | +0,8 | | +0,8 | | +0,8 | | -0,2 | | -0,3 | |

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

| | | | |
|---|---|---|---|
| F | | | |
| G | H | J | I |
| F | | | |

| pole | c_{pe} | | |
|------|--------------|--------------|--------------------------------|
| | 30° | 45° | 35° (interpolacja) |
| F | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| G | 0,7 | 0,7 | 0,7 |
| H | 0,4 | 0,6 | 0,47 |
| I | -0,4 | -0,2 | -0,33 |
| J | -0,5 | -0,3 | -0,43 |

$c_{pi} = 0,2$ lub $-0,3$ (przyjąć bardziej niekorzystne wartości)

Wiązar

| kombinacja | Połączenie nawietrzna | P_1 [kN/m ²] | Połączenie zawietrzna | P_2 [kN/m ²] |
|------------|-----------------------|----------------------------|-----------------------|----------------------------|
| 1 | $0,47-0,2=0,23$ | $0,23*0,867=0,2$ | $-0,43-0,2=-0,63$ | $-0,63*0,867=-0,55$ |
| 2 | $0,47-(-0,3)=0,77$ | $0,77*0,867=0,67$ | $-0,43-(-0,3)=-0,13$ | $-0,13*0,867=-0,11$ |

Łata

$$[0,7-(-0,3)]*0,867=0,867 \text{ kN/m}^2$$

$$E_d = \sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_P P + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

$$\gamma_{G,j} = 1,35$$

$$\gamma_{Q,1} = \gamma_{Q,i} = 1,5$$

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

| oddziaływania | Ψ_0 | Ψ_1 | Ψ_2 |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|
| Obciążenie zmienne w budynkach mieszkalnych (kategoria A) | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Obciążenie zmienne w budynkach biurowych (kategoria B) | 0,7 | 0,5 | 0,3 |
| Obciążenie zmienne w miejscach zebrań (kategoria C) | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Obciążenie zmienne powierzchni handlowych (kategoria D) | 0,7 | 0,7 | 0,6 |
| Obciążenie zmienne powierzchni magazynowych (kategoria E) | 1,0 | 0,9 | 0,8 |
| Obciążenie zmienne dachów (kategoria H) | 0 | 0 | 0 |
| Obciążenie śniegiem w miejscowościach położonych na wysokości $H > 1000$ m.n.p.m. | 0,7 | 0,5 | 0,2 |
| Obciążenie śniegiem w miejscowościach położonych na wysokości $H < 1000$ m.n.p.m. | 0,5 | 0,2 | 0 |
| Obciążenie wiatrem | 0,6 | 0,2 | 0 |

$$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot s + 1,5 \cdot 0,6 \cdot w$$

$$1,35 \cdot g + 1,5 \cdot w + 1,5 \cdot 0,5 \cdot s$$

Przykład obliczeniowy – oddziaływanie śniegu i wiatru na dach

| kombinacja | Połączenie nawietrzna | Połączenie zawietrzna |
|------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Wiodący s | $1,35 \cdot g + 1,5 \cdot 0,8 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot 0,67$ | $1,35 \cdot g + 1,5 \cdot 0,4 + 1,5 \cdot 0,6 \cdot (-0,11)$ |
| Wiodący w | $1,35 \cdot g + 1,5 \cdot 0,67 + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,8$ | $1,35 \cdot g + 1,5 \cdot (-0,11) + 1,5 \cdot 0,5 \cdot 0,4$ |