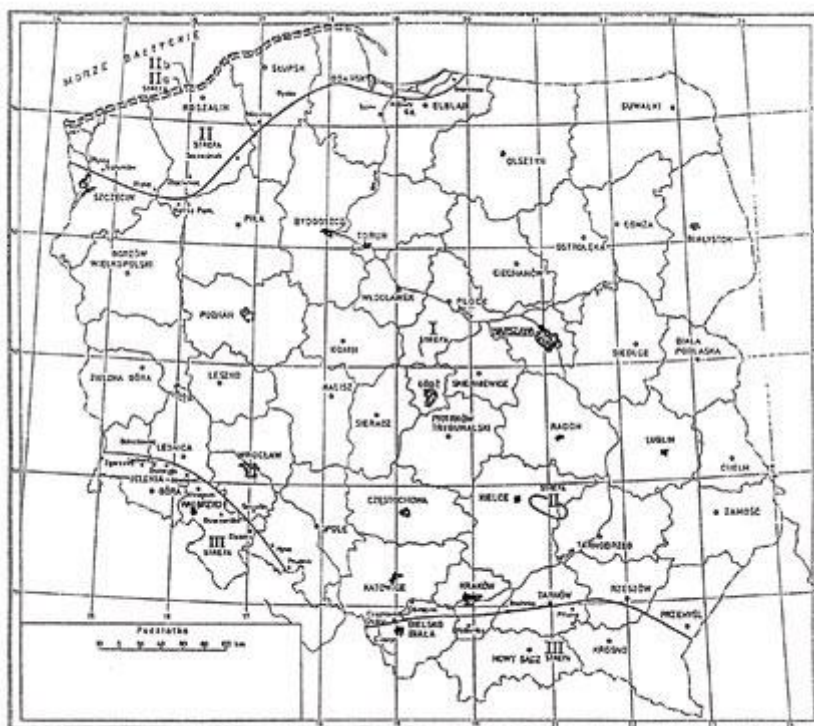


Obciążenie dachów wiatrem w świetle nowej normy, cz. 1

Poza ciężarem własnym dach musi przenieść obciążenia od śniegu i wiatru. Konstrukcja dachu i jego pokrycie muszą obciążenia te nie tylko przenieść, ale i pozostać na nie odporne przez cały czas eksploatacji. W artykule zajmiemy się nową normą obciążenia dachów wiatrem.



Rys. 2. Mapa stref obciążenia wiatrem

Tablica 2. Charakterystyczna prędkość wiatru V_k

Strefa	I	II	IIa	IIb	III ¹⁾
V_k	20	24	27	30	24 = 47

¹⁾ Prędkość wiatru w strefie III zawiera się w zakresie od 24 m/s na granicy strefy I i III do 47 m/s w szczytowych partiach gór.

Tablica 3. Wartości charakterystycznego ciśnienia prędkości q_k

Strefa	q_k
	Pa
I	250
II	350
IIa	450
IIb	550
III	$250 + 0,5 H \geq 350$ (H - wysokość nad poziomem morza, m)

Stara norma: mapa stref obciążenia wiatrem oraz charakterystyczne prędkości wiatru i wartości charakterystycznego ciśnienia prędkości

Przypomnijmy: w IV kwartale 2007 r. w numerach 10, 11 i 12 DACHÓW pisaliśmy o obciążeniu dachów śniegiem w świetle nowej normy. Norma ta zawiera wiele nowych ciekawych informacji technicznych dotyczących obciążenia dachów śniegiem. Przy omawianiu tej normy podaliśmy kilka ciekawych przykładów liczbowych zastosowania normy w praktyce.

Nowa norma

Nowa norma PN-EN 1991-1-4 : 2005 ma tytuł: „Oddziaływanie na konstrukcje. Część 1–4: Oddziaływania ogólne – Oddziaływania wiatru”. Ma ona status Polskiej Normy. Norma ta, podobnie jak i poprzednia (PN-77/B-02011), obejmuje oddziaływanie wiatru nie tylko na dachy, ale na różne obiekty budowlane i ich elementy. My zajmiemy się wyłącznie obciążeniem wiatrem dachów – do czego zobowiązuje nas tytuł naszego pisma: DACHY.

Warto przypomnieć, że poza ciężarem własnym dach musi przenieść obciążenie śniegiem i wiatrem. Konstrukcja dachu i jego pokrycie musi nie tylko przenieść wymienione obciążenia, ale także musi być odporna na nie przez cały okres eksploatacji.

Zakładam, że poprzednią normę, którą w artykule będę nazywał w skrócie „starą normą”, wszyscy znamy. Jednak przy omawianiu „nowej normy” konieczne jest nawiązywanie do starej – a to dla porównania zmian i utrwalenia nowości, jakie wprowadza nowa norma.

Strefy obciążenia wiatrem

Stara norma zawierała podział Polski na trzy strefy:

- strefa I – cały środek kraju (za wyjątkiem Gór Świętokrzyskich, dla których obowiązywała strefa II),
- strefa II – pas nadmorski na samym brzegu strefa IIb i dalej od morza IIa, a na Pomorzu, tj. w głębi lądu strefa II,
- strefa III – obszar górski na południu.

Ten podział jest przedstawiony na rys. 2 starej normy (czyt. niżej). Tym strefom są przypisane charakterystyczne prędkości wiatru (tabl. 2 normy) i wartości charakterystycznego ciśnienia prędkości (tabl. 3).

W nowej normie mamy nieco inny podział kraju na strefy obciążenia wiatrem (rys. NB.1. nowej normy). Jak widać z tego rysunku, Polskę podzielono na 3 strefy:

- 1 – obejmującą całą środkową Polskę.
- 2 – pas nadmorski o mniejszym zasięgu niż w starej normie,
- 3 – taką samą jak w starej normie.



Nowa norma w tabelce NB.1. podaje wartości strefowe podstawowej wartości bazowej prędkości i ciśnienia prędkości wiatru. Występują pewne różnice wartości w obydwu normach, wynikające z różnych prędkości wiatru i ciężaru objętościowego powietrza. Stara norma podaje ciężar objętościowy powietrza równy $1,23 \text{ kg/m}^3$, natomiast nowa zaleca przyjęcie wartości równej $1,25 \text{ kg/m}^3$.

Strefa	$v_{b,0}$ [m/s]	$v_{b,0}$ [m/s]	$q_{b,0}$ [kN/m ²]	$q_{b,0}$ [kN/m ²]
	$a \leq 300 \text{ m}$	$a > 300 \text{ m}$	$a \leq 300 \text{ m}$	$a > 300 \text{ m}$
1	22	$22 \times [1 + 0,0006 (a - 300)]$	0,30	$0,30 \times [1 + 0,0006 (a - 300)]^2$
2	26	26	0,42	0,42
3	22	$22 \times [1 + 0,0006 (a - 300)]$	0,30	$0,30 \times [1 + 0,0006 (a - 300)]^2 \times \frac{[20000 - a]}{20000 + a}$

Tablica NB.1. Wartości strefowe podstawowej wartości bazowej prędkości wiatru; a – wysokość nad poziomem morza w m

Wartość bazową ciśnienia prędkości wg starej normy obliczało się z wzoru:

$$q_k = ? \times v^2 : 2, \text{ wg nowej zaś:}$$

$$q_b = ? \times v^2 : 2$$

Na wstępie trzeba zaznaczyć, że nowa norma podaje wiele wzorów obliczeniowych i związanych z tym symboli literowych – na 5 stronach formatu A4! Wiele oznaczeń jest nowych i wymaga zapoznania się z nimi i przyswojenia ich sobie. Oddziaływanie wiatru na obiekt budowlany norma podaje w wartościach charakterystycznych. Oddziaływanie wiatru podawane jest w postaci wartości prędkości lub ciśnienia prędkości. Podawane wartości bazowe są wartościami charakterystycznymi, których roczne prawdopodobieństwo

przekroczenia wynosi 0,02, co odpowiada średniemu okresowi powrotu 50 lat.

Jeszcze kilka nowych definicji:

- odpowiedź konstrukcji – jest to efekt oddziaływania wiatru na konstrukcję. Odpowiedź konstrukcji określa się współczynnikiem odpowiedzi. Może być współczynnik odpowiedzi pozarezonansowej, uwzględniający brak pełnej korelacji ciśnienia na powierzchniach konstrukcji oraz współczynnik odpowiedzi rezonansowej, uwzględniający efekt turbulентnego wzbudzenia drgań, zsynchronizowanego z postacią drgań konstrukcji. Jest to tzw. odpowiedź dynamiczna, występująca w rezonansie z drganiami konstrukcji o podstawowej postaci giętnej tego samego znaku w tym samym kierunku,
- podstawowa wartość bazowa prędkości wiatru. Jest to wartość średnia 10-minutowa o rocznym prawdopodobieństwie przekroczenia 0,02 niezależnie od kierunku wiatru, na wysokości 10 m nad płaskim, otwartym terenem rolniczym, z uwzględnieniem wysokości nad poziomem morza,
- bazowa prędkość wiatru. Jest to podstawowa wartość bazowej prędkości wiatru z uwzględnieniem kierunku wiatru i pory roku.
- średnia prędkość wiatru. Jest to wartość bazowa prędkości wiatru z uwzględnieniem chropowatości i rzeźby terenu,
- współczynnik ciśnienia – jest miarą ciśnienia wywieranego przez wiatr na zewnętrzne powierzchnie budowli. Współczynnik ciśnienia wewnętrzznego jest miarą ciśnienia wewnętrznego, tj. ciśnienia wywieranego przez wiatr na wewnętrzne powierzchnie budowli,
- lokalne współczynniki ciśnienia zewnętrznego. Określają one obciążenie wiatrem obszarów o powierzchni nie większej niż 1 m², np. do obliczeń małych elementów i ich łączników,
- globalne współczynniki ciśnienia zewnętrznego. Określają obciążenie wiatrem elementów o powierzchni większej niż 10 m².

Bazowa prędkość wiatru v_b

Bazowa prędkość wiatru v_b jest określana jako funkcja kierunku i pory roku na wysokości 10 m nad poziomem gruntu w terenie kat. II.

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{bo}$$

gdzie:

c_{dir} – współczynnik kierunkowy – przyjmuje się jako równy 1,0,

c_{season} – współczynnik sezonowy, także równy 1, 0,

v_{bo} – wartość podstawowa prędkości wiatru z tablicy NB.1. (pod mapką podziału na strefy)

Zatem:

$$v_b = v_{bo}$$

Kategorie terenów i parametry z_o = wysokość chropowatości w metrach oraz z_{min} = wysokość minimalna w metrach (podaje tablica 4.1.).

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 nieznaczonej 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 pokrytych budynkami o średniej wysokości przekraczającej 15 m	1,0	10

UWAGA: Kategorie terenu są pokazane w Załączniku A.1.

Tablica 4.1 – Kategorie i parametry terenu

Średnia prędkość wiatru $v_m/z/$ na wysokości z nad poziomem terenu zależy od chropowatości i rzeźby terenu oraz od bazowej prędkości wiatru v_b i określa się ją z wzoru:

$$v_m/z/ = c_r/z/ \times c_o/z/ \times v_b$$

gdzie:

$c_r/z/$ – współczynnik chropowatości dla kategorii terenu – podaje tablica NB.3.,

$c_o/z/$ – współczynnik rzeźby terenu (orografii) – przyjmuje się jako równy 1,0

Mamy zatem średnią wartość prędkości wiatru:

$$v_m = c_r \times v_b$$

Problem mamy tylko ze współczynnikiem chropowatości, podanym w tablicy w postaci potęgi ułamkowej.



Zerwane przez wiatr dachówki z dachu budynku szpitala MSWiA we Wrocławiu

Poniższa tabelka podaje wartości współczynnika chropowatości po przeliczeniu dla $z = 10$ m i $z = 1$ m. Jak widać z tego zestawienia, przy mniejszej wysokości „ z ”, współczynnik jest mniejszy, co daje mniejszą średnią prędkość wiatru.

Kategoria terenu	$c_f(z)$	$c_e(z)$
0	$1,27 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,11}$	$2,98 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,176}$
I	$1,18 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,13}$	$2,78 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,205}$
II	$\left(\frac{z}{10}\right)^{0,17}$	$2,29 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,265}$
III	$0,81 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,19}$	$1,89 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,26}$
IV	$0,62 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,21}$	$1,47 \left(\frac{z}{10}\right)^{0,30}$

Tablica NB.3. Współczynnik chropowatości i współczynnik ekspozycji

Kategoria terenu	Współczynnik chropowatości	
	z = 10 m	z = 1 m
0	1,027	0,800
I	1,022	0,757
II	1,000	0,676
III	0,961	0,620
IV	0,892	0,563

Tabela. Chropowatość w zależności od kategorii terenu

Wartość szczytowa ciśnienia prędkości

$$q_p = c_e/z \times q_b$$

gdzie:

q_b – wartość bazowa ciśnienia prędkości obliczana z wyrażenia:

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

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

v_b – prędkość bazowa (np. dla I strefy = 22 m/s z tablicy NB.1.)

c_e – współczynnik ekspozycji $c_e/z = q_p/z : q_b$

$$q_b = 1,25 \times 22^2 : 2 = 302,5 \text{ kg/m}^2 = 0,30 \text{ kN/m}^2$$

Zatem $q_p = c_e \times 0,30$. Współczynniki ekspozycji podane są w tablicy NB.3. Przeliczenia dla $z = 10 \text{ m}$ i $z = 1 \text{ m}$ oraz dla $z = 15 \text{ m}$ podaje poniższa tabelka.

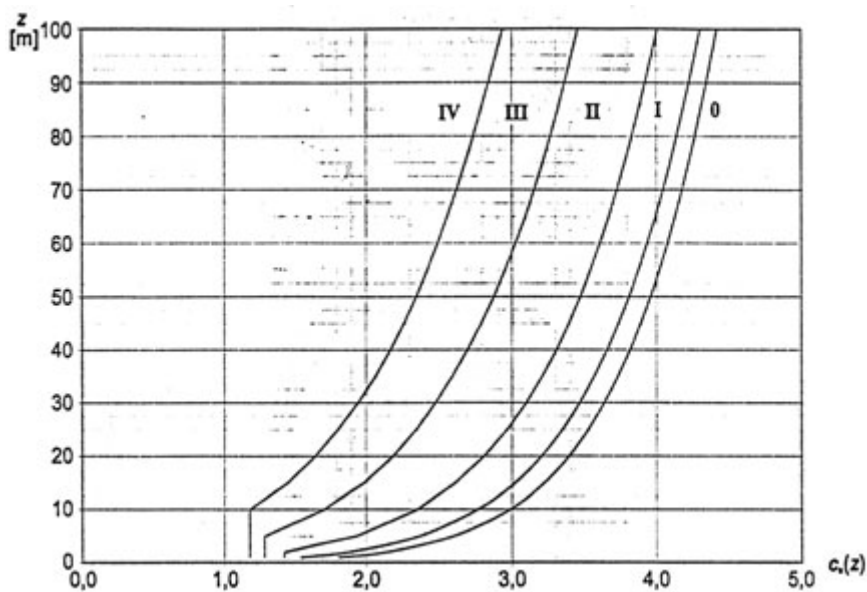
Kategoria terenu	Współczynnik chropowatości		
	z = 10 m	z = 1 m	z = 15 m
0	1,212	0,808	3,200
I	1,233	0,769	3,021
II	1,246	0,677	2,550
III	1,180	0,648	2,100
IV	1,123	0,563	1,660

Tabela. Współczynniki ekspozycji w zależności od kategorii terenu



Zerwane gąsiori i pokrycie z zabytkowego obiektu we Wrocławiu

Wielkość współczynnika ekspozycji można też określić z wykresu – czyt. rysunek 4.2. normy (p. obok).



Nowa norma: Rys. 4.2 – Wykresy współczynnika ekspozycji $c_e(z)$ dla $c_0 = 1,0$ i $kJ = 1,0$

Warto w tym miejscu nawiązać do starej normy PN-77/B-02011. W niej mieliśmy do czynienia z innym podziałem na rodzaje terenu i inne współczynniki ekspozycji. Widać to na rys. 3 i tabl. 4.

Dla przykładu: wg nowej normy przy wysokości $z = 100$ m $c_e = 4,3$ dla terenu kategorii 0. Natomiast wg starej normy (p. rys. 4 i tablica 4 poniżej):

$$c_e = 1,20 + 0,0067z = 1,20 + 0,0067 \times 100 = 1,20 + 0,67 = 1,87$$

$$1,87 > 4,3 - \text{różnica wynosi } 2,3 \text{ raza.}$$

Teren A						
Wysokość z [m]	≤ 10	10–20	20–40	40–100	100–280	≥ 280
c_e	1,0	$0,8 + 0,02z$	$0,9 + 0,015z$	$1,23 + 0,0067z$	$1,5 + 0,004z$	2,5
Teren B						
Wysokość z [m]	≤ 20	20–40	40–100	100–280	280–400	≥ 400
c_e	0,8	$0,5 + 0,015z$	$0,8 + 0,0075z$	$1,12 + 0,0042z$	$1,6 + 0,0025z$	2,6
Teren C						
Wysokość z [m]	≤ 30	30–100	100–280	280–500	≥ 500	
c_e	0,7	$0,5 + 0,007z$	$0,75 + 0,0045z$	$1,25 + 0,0027z$	2,6	

Tablica 4. Wartości współczynnika ekspozycji c_e



Zerwany gont bitumiczny wraz z podłożem z papy – budynek we Wrocławiu

Widać tutaj, jak wielkie są różnice między wymaganiami starej i nowej normy obciążenia wiatrem. Z czego to wynika?

W miarę upływu lat i rozwoju cywilizacji, następuje zjawisko globalnego ocieplenia i związane z tym anomalie klimatyczne i pogodowe. W naszym umiarkowanym klimacie takie żywioły jak śnieg i wiatr rzadko dawały znać o sobie. W ostatnich latach nasiliły się znacznie ulewne powodzie, dziwne zmiany temperatury w ciągu roku, silne wiatry itp. Jeśli nowe (europejskie) normy zastrzegają wymagania w stosunku do obiektów budowlanych, to należy ich koniecznie przestrzegać. Zamieszczone zdjęcia fotograficzne przykładowo pokazują skutki działania wiatru na pokrycia dachowe.

*Opracował: Edmund Ratajczak
Pracownia „Expronad”*



Usługi Ciesielskie - domy drewniane - domy szkieletowe - konstrukcje dachowe więźby - www.lech-bud.org