

JAN TAMULEWICZ

PRĘDKOŚĆ WIATRU W SEZONIE LETNIM W SŁOWIŃSKIM PARKU NARODOWYM W OBREBIE MIERZEI ŁĘBSKIEJ

ZARYS TREŚCI

Opracowanie wyników pomiarów anemometrycznych prowadzonych w lipcu i sierpniu w latach 1991–2000 na mierzejowym odcinku Słowińskiego Parku Narodowego pozwoliło na przeanalizowanie prędkości wiatru w tym pasie polskiego wybrzeża Bałtyku w okresie lata. W przedstawionym opracowaniu szczególną uwagę zwrócono na cechy dobowego przebiegu prędkości wiatru. Omówiono m.in. częstość pojawiania się wiatrów o prędkościach bardzo małych, umiarkowanych oraz dużych. Wskazano te godziny, w których notuje się ekstremalne prędkości w cyklu dobowym. Na wybranych przykładach zaprezentowano charakterystyczne cechy rytmu zmian prędkości wiatru z godziny na godzinę. Zwrócono uwagę na charakter ogólnych warunków pogodowych w analizowanych dniach oraz na obecność w tym czasie nad obszarem badań dynamicznych elementów sytuacji makrosynoptycznych. Wykonane opracowanie ma charakter wstępnych wyników badań nad strukturą wiatru w pasie polskiego wybrzeża Bałtyku – pasie, który ze względu na specyficzną formę mierzei odznacza się dość szczególnym charakterem stosunków anemometrycznych.

WSTĘP

Powietrze atmosferyczne podlega nieustannemu ruchowi; jego charakter oraz intensywność są wypadkową wielu różnoskalowych czynników. Wiatr traktowany jako poziomy ruch powietrza rozpatrywany bywa zwykle w regionalnym wymiarze przestrzennym. Struktura wiatru z określonym kierunkiem oraz prędkością nawiązuje ściśle do przestrzennej konfiguracji pola ciśnienia. Położenie sąsiadujących ze sobą układów wysokiego i niskiego ciśnienia oraz wielkość poziomego gradientu ciśnienia sprawiają, że przemieszczanie się mas powietrznych odbywa się w określonym kierunku i z określoną prędkością. W skali mezo-, a także mikroklimatycznej w oddziaływaniu na wiatr ujawnia się rola czynników lokalnych, związanych przede wszystkim z elementami

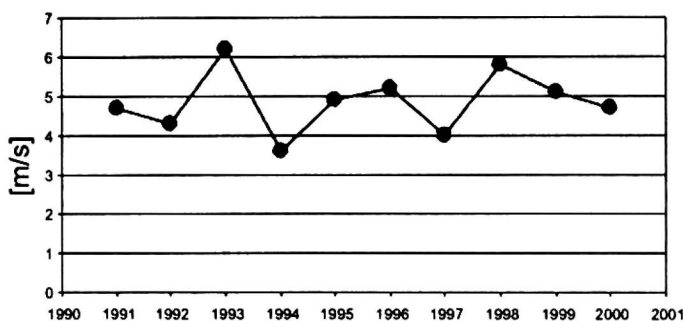
szeroko traktowanej fizjografii terenu. Rzeźba obszaru wraz z naturalnymi i sztucznymi postaciami jego pokrycia w znacznym niekiedy stopniu modyfikują przepływ powietrza w przyziemnej warstwie troposfery, głównie poprzez siłę tarcia. Fizyczne właściwości podłoża atmosfery, wyrażone m.in. wielkością jego albedo, mogą podczas pogody typu insolacyjno-radiacyjnego wywoływać lokalne różnice ciśnienia w stopniu wystarczającym do zainicjowania i następnie podtrzymywania lokalnej cyrkulacji atmosfery. Cechy tej ostatniej w wielu wypadkach wykazują wyraźną zmienność w ciągu doby, a niekiedy również w przekroju rocznym.

Celem niniejszego opracowania jest próba określenia cech dobowego przebiegu prędkości wiatru w okresie letnim na polskim wybrzeżu Bałtyku w rejonie

Mierzei Łebskiej. W części analitycznej wykorzystano wyniki pomiarów anemometrycznych prowadzonych w miesiącach lipiec–sierpień w latach 1991–2000 w Stacji Terenowej Zakładu Klimatologii Uniwersytetu im. A. Mickiewicza, zlokalizowanej na terenie Słowińskiego Parku Narodowego w odległości ok. 10 km na zachód od Łeby. W okresie badawczym punkt pomiarowy umieszczony był na szczycie przedniej wydmy, w odległości ok. 15 m od brzegu morza. Na maszcie o wysokości 7,5 m zainstalowano wiatromierz W-841, umożliwiającą m.in. pomiar prędkości wiatru w opcji 10-minutowego uśrednienia. Wyniki przeprowadzonych pomiarów opracowano dla okresów dobowych oraz dodatkowo dla pory dziennej (8⁰⁰–19⁰⁰) i nocnej (20⁰⁰–7⁰⁰).

PRĘDKOŚĆ WIATRU W LATACH 1991–2000

Średnia prędkość wiatru wyliczona dla okresu lipiec–sierpień w latach 1991–2000 wyniosła na badanym odcinku Mierzei Łebskiej 4,8 m · s⁻¹. W godzinach nocnych była przeciętnie o 0,6 m · s⁻¹ mniejsza, zaś w porze dziennej wyższa o 0,5 m · s⁻¹ od średniej dobowej prędkości. W analizowanym 10-leciu średnie prędkości w okresie letnim zmieniały się w zakresie od 3,6 m · s⁻¹ w 1994 r. do 6,2 m · s⁻¹ w 1993. Dla godzin dziennych i noc-



Rys. 1. Średnia prędkość wiatru na Mierzei Łebskiej w sezonach letnich w latach 1991–2000

Fig. 1. Mean wind speed in the Łeba Bay Bar in summer seasons in the years 1991–2000

nych ekstremalne wartości odnotowano w tych samych latach (tab. 1, rys. 1).

Z uwagi na stosunkowo duże wahania prędkości wiatru w ciągu doby oraz w poszczególnych dniach pożądana wydaje się analiza częstości pojawiania się wiatru o różnej sile. Zastosowano powszechnie znany podział na kategorie prędkości zaproponowany przez BARTNICKIEGO (1930). Według tej klasyfikacji wiatry o prędkościach do 2 m · s⁻¹ to wiatry bardzo słabe. Wiatry słabe wieją z prędkością od 2,1 do 5,0 m · s⁻¹, wiatry umiarkowane z prędkością 5,1–10,0 m · s⁻¹, silne z prędkością 10,1–15,0 m · s⁻¹ i wreszcie wiatry bardzo silne osiągają prędkości powyżej 15 m · s⁻¹. W obrębie Mierzei Łebskiej w latach 1991–2000 ok. 1,4% wszystkich przypadków (pomiarów) stanowiły ciszsze atmosferyczne. Nieco ponad 12% stanowiły wiatry bardzo słabe. Najczęściej, bo z frekwencją 47% pojawiły się wia-

Tabela 1. Wartość średnia prędkości wiatru na Mierzei Łebskiej w sezonach letnich w okresie 1991–2000

Table 1. Mean wind speed in the Łeba Bay Bar in summer seasons in the period 1991–2000

Prędkość wiatru	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	1991–2000
	[m · s ⁻¹]										
dobowa	4,7	4,3	6,2	3,6	4,9	5,2	4,0	5,8	5,1	4,7	4,8
pory dziennej	5,2	4,8	6,7	4,2	5,8	4,6	4,4	6,2	5,8	5,3	5,3
pory nocnej	4,4	3,8	5,7	2,7	4,2	4,0	3,6	5,4	4,3	4,1	4,2

Tabela 2. Częstość poszczególnych kategorii prędkości wiatru w latach 1991–2000. Wartości dla sezonu letniego

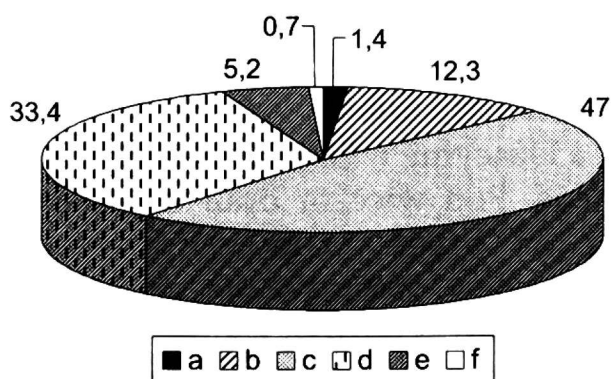
Table 2. Frequency of particular wind speed categories in the years 1991–2000. Values for summer seasons

Wiatry	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	1991–2000
	[%]										
cisze	0,6	–	0,1	2,5	1,0	4,9	4,7	–	0,5	0,1	1,4
bardzo słabe	10,8	8,3	4,6	20,9	14,9	17,0	13,3	8,6	13,0	11,5	12,3
słabe	49,3	58,5	40,9	51,8	51,6	41,7	37,7	43,3	48,0	47,3	47,0
umiarkowane	34,5	31,3	38,3	22,8	20,9	36,4	35,5	38,7	36,0	39,4	33,4
silne	4,8	1,9	15,3	2,0	7,3	–	7,4	8,8	2,5	1,7	5,2
bardzo silne	–	–	0,8	–	4,3	–	1,4	0,6	–	–	0,7
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Tabela 3. Częstość poszczególnych kategorii prędkości wiatru w porze dziennej (8⁰⁰–19⁰⁰) w latach 1991–2000. Wartości dla sezonu letniego

Table 3. Frequency of particular wind speed categories in the day time in the years 1991–2000. Values for summer seasons

Wiatry	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	1991–2000
	[%]										
cisze	0,5	–	–	–	0,9	1,4	0,7	–	0,6	0,3	0,4
bardzo słabe	9,3	5,9	4,4	13,2	11,1	10,3	16,0	4,5	5,0	7,8	8,8
słabe	41,9	49,3	29,4	50,8	41,4	32,0	38,9	34,5	44,4	37,5	40,0
umiarkowane	43,2	43,1	48,4	33,4	32,8	50,2	44,4	51,5	48,6	53,4	44,9
silne	5,1	1,7	16,9	2,6	9,2	6,1	–	9,5	1,4	1,0	5,4
bardzo silne	–	–	0,9	–	4,6	–	–	–	–	–	0,5
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

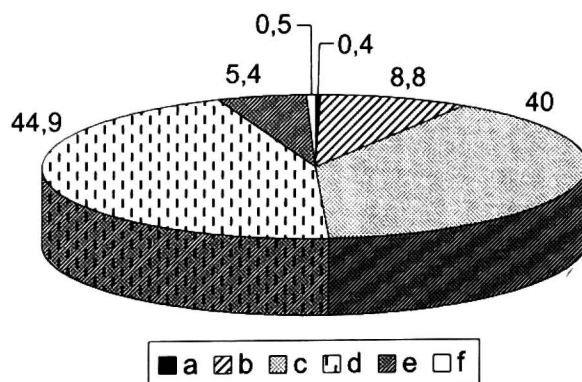


Rys. 2. Średnia częstość pojawiania się wiatru o różnych prędkościach w sezonie letnim na Mierzei Łebskiej (1991–2000)

a – cisze, b – wiatry bardzo słabe, c – wiatry słabe, d – wiatry umiarkowane, e – wiatry silne, f – wiatry bardzo silne

Fig. 2. Mean frequency of particular wind speed categories in summer season in the Łeba Bay Bar (1991–2000)

a – calms, b – very light winds, c – light winds, d – moderate winds, e – strong winds, f – very strong winds



Rys. 3. Średnia częstość pojawiania się wiatru o różnych prędkościach w porze dziennej sezonu letniego (1991–2000)

a – cisze, b – wiatry bardzo słabe, c – wiatry słabe, d – wiatry umiarkowane, e – wiatry silne, f – wiatry bardzo silne

Fig. 3. Mean frequency of particular wind speed categories in the day time (1991–2000)

a – calms, b – very light winds, c – light winds, d – moderate winds, e – strong winds, f – very strong winds

Tabela 4. Częstość poszczególnych kategorii prędkości wiatru w porze nocnej (20⁰⁰–7⁰⁰) w latach 1991–2000. Wartości dla sezonu letniego

Table 4. Frequency of particular wind speed categories in the night in the years 1991–2000. Values for summer seasons

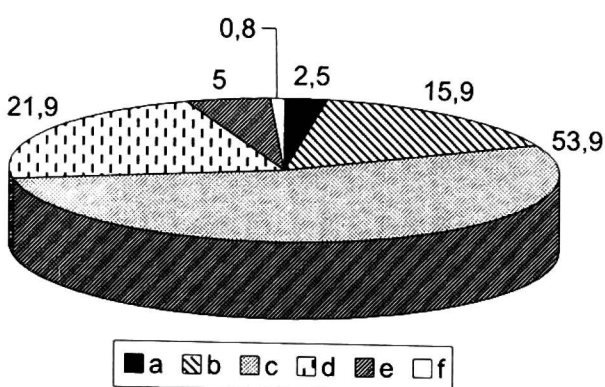
Wiatry	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	1991–2000
	[%]										
cisze	0,7	–	0,2	5,1	1,2	8,0	9,0	–	0,6	–	2,5
bardzo słabe	12,3	10,8	4,9	28,6	18,9	16,4	18,1	12,8	21,1	15,1	15,9
słabe	56,7	67,6	52,1	52,8	61,7	43,4	44,4	52,1	51,4	57,0	53,9
umiarkowane	25,8	19,4	28,3	12,1	8,9	20,9	28,5	25,9	23,3	25,5	21,9
silne	4,5	2,2	13,8	1,4	5,3	8,6	–	8,0	3,6	2,4	5,0
bardzo silne	–	–	0,7	–	4,0	2,7	–	1,2	–	–	0,8
	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

try słabe. Wiatrów o prędkościach 5,1–10,0 m·s⁻¹ (umiarkowanych) odnotowano 33,4%. Wiatrów silnych było w tym czasie 5,2%, zaś bardzo silnych ok. 0,7% (rys. 2). W poszczególnych latach wyróżnione kategorie prędkości pojawiły się w takich samych wzajemnych relacjach (tab. 2). W porze dziennej obserwowano względny spadek częstości wiatrów najslabszych oraz wzrost umiarkowanych (do 44,9%); ta kategoria prędkości jest najczęstszą w godzinach dziennych (tab. 3, rys. 3). Natomiast w porze nocnej wzrasta częstość cisz atmosferycznych (2,5%) oraz wiatrów o małych prędkościach (tab. 4,

rys. 4); m.in. częstość wiatrów słabych o tej porze doby przeważa bezwzględnie (53,9%).

DOBOWY PRZEBIEG PRĘDKOŚCI WIATRU

Zagadnienie dobowego rytmu zmian prędkości wiatru znane jest w literaturze klimatologicznej od dawna. CHROMOW (1969) stwierdził, że przyczyną zmian w dobowym przebiegu prędkości wiatru są zmiany w przebiegu wymiany turbulencyjnej. W ciągu dnia podczas rozwoju konwekcji, pionowe mieszanie się powietrza między warstwą przyziemną a leżącymi wyżej jest bardzo intensywne. Pod wieczór oraz w godzinach nocnych procesy konwekcyjne słabną. Zwiększone mieszanie się w dzień prowadzi do wyrównywania prędkości wiatru w przekroju pionowym, głównie w warstwie przyziemnej. Masy powietrza przepływające górą, osiągające większe prędkości, w procesie wymiany opadają w dół i zwiększają prędkość wiatru w warstwach dolnych w ciągu dnia. W nocy, przy ograniczonym pionowym mieszaniu się powietrza prędkość wiatru w warstwie przyziemnej jest na ogół mniejsza niż w godzinach dziennych. Na przepływ mas powietrza



Rys. 4. Średnia częstość pojawiania się wiatru o różnych prędkościach w porze nocnej sezonu letniego (1991–2000)

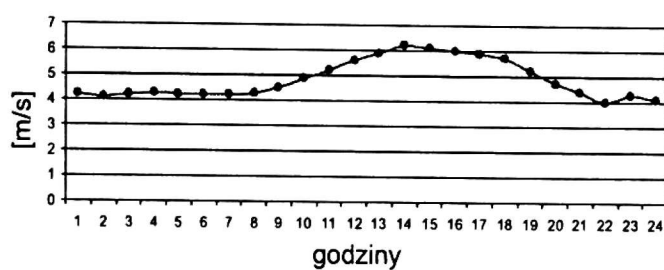
Objaśnienia jak na rys. 2

Fig. 4. Mean frequency of particular wind speed categories in the night time (1991–2000)

Explanations as in Fig. 2

nych w dolnej troposferze wpływają właściwości termiczne podłoża, dzięki którym pojawia się określona różnica temperatury powietrza i powierzchni terenu. Cykliczność zmian w tym zakresie sprzyja właśnie dobowej cykliczności prędkości wiatru (GARBALEWSKI, MALICKI 1971). Wzrost prędkości wiatru w godzinach południowych wskutek nierównomiernego nagrzania podłoża zauważają także inni badacze (WIERCZEK 1969; LEWIŃSKA 1971).

Z wyników przeprowadzonych obliczeń wynika, że w rejonie mierzejowego odcinka Słowińskiego Parku Narodowego w rozpatrywanym wieloleciu najmniejsze prędkości w ciągu doby osiąga wiatr w godzinach nocnych oraz



Rys. 5. Dobowy przebieg średnich prędkości wiatru (1991–2000)

Fig. 5. Diurnal course of mean wind speed (1991–2000)

przedpołudniowych (rys. 5). W tym czasie średnie prędkości kształtują się na poziomie $4,0\text{--}4,5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Między godz. 11^{00} a 19^{00} prędkość wiatru wzrasta do ponad $5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, zaś w godz. $14^{00}\text{--}16^{00}$ przekracza $6\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. W poszczególnych latach średnie dobowe maksimum prę-

Tabela 5. Średnie prędkości wiatru na Mierzei Łebskiej w sezonie letnim. Wartości godzinne w okresie 1991–2000

Table 5. Mean wind speed in the Łeba Bay Bar in summer season. Hourly values in period 1991–2000

Godzina	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	1991–2000
	[m · s ⁻¹]										
1 ⁰⁰	3,9	3,8	5,8	2,7	3,9	4,3	4,0	5,4	4,4	4,0	4,2
2 ⁰⁰	4,1	4,0	5,6	2,3	3,9	3,9	3,3	5,7	4,3	4,1	4,1
3 ⁰⁰	4,5	3,7	5,7	2,6	3,9	4,2	3,2	5,8	4,1	4,3	4,2
4 ⁰⁰	4,9	4,2	5,8	2,5	3,7	4,1	3,6	6,0	4,3	4,2	4,3
5 ⁰⁰	4,6	4,0	5,6	2,5	3,8	4,1	3,4	5,7	4,2	4,3	4,2
6 ⁰⁰	4,9	3,6	5,6	2,6	3,7	4,0	3,2	5,8	4,5	4,1	4,2
7 ⁰⁰	4,6	3,8	5,6	2,6	3,8	4,4	3,6	5,5	4,1	3,9	4,2
8 ⁰⁰	4,7	3,8	5,9	2,5	3,8	4,9	3,8	5,7	3,7	4,3	4,3
9 ⁰⁰	4,6	3,9	6,1	2,9	4,2	5,1	3,3	6,0	4,4	4,7	4,5
10 ⁰⁰	5,0	4,2	6,5	3,6	4,7	5,3	3,9	5,8	4,9	5,1	4,9
11 ⁰⁰	4,8	4,5	6,7	4,0	5,0	6,4	4,0	6,3	5,6	5,2	5,2
12 ⁰⁰	4,9	4,7	7,1	4,5	5,4	6,2	4,5	6,8	6,2	5,4	5,6
13 ⁰⁰	5,3	5,0	7,5	4,9	6,3	6,4	5,0	7,1	6,1	5,7	5,9
14 ⁰⁰	5,5	5,4	7,7	5,2	6,6	6,7	5,2	6,8	6,9	5,6	6,2
15 ⁰⁰	5,4	5,2	7,1	5,5	6,5	6,9	5,1	6,9	6,6	5,6	6,1
16 ⁰⁰	5,5	5,3	6,9	5,6	6,8	6,6	5,1	6,5	6,6	5,5	6,0
17 ⁰⁰	5,3	5,1	6,8	4,9	6,9	6,5	5,0	6,1	6,8	6,0	5,9
18 ⁰⁰	5,3	5,0	7,0	5,2	6,4	6,3	4,2	6,0	6,3	5,7	5,7
19 ⁰⁰	4,8	4,8	6,2	4,7	5,8	5,6	4,1	5,1	5,7	5,0	5,2
20 ⁰⁰	4,5	4,5	6,0	3,9	5,3	5,1	3,3	4,6	5,1	4,7	4,7
21 ⁰⁰	4,2	3,8	5,7	3,5	5,0	4,9	3,5	4,4	4,4	4,2	4,4
22 ⁰⁰	4,0	3,5	5,8	2,8	4,4	4,2	3,5	4,2	4,1	3,9	4,0
23 ⁰⁰	3,8	3,4	5,8	3,0	4,4	4,4	4,0	6,3	4,1	3,8	4,3
24 ⁰⁰	3,9	3,6	5,2	2,3	3,9	4,7	4,0	5,3	4,5	4,0	4,1
Doba	4,7	4,3	6,2	3,6	4,9	5,2	4,0	5,8	5,1	4,7	

kości wiatru w sezonie letnim zmieniało się od $5,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ w r. 1997 (o godz. 14⁰⁰) do $7,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ w r. 1993 (o godz. 14⁰⁰). W badanym okresie w 5 latach średnie dobowe maksimum prędkości przypada na godz. 14⁰⁰, dwukrotnie była to godz. 15⁰⁰ (1996, 1998 r.) i 17⁰⁰ (1995, 2000 r.), w r. 1994 średnie dobowe maksimum prędkości wypadło o godz. 16⁰⁰ (tab. 5). Biorąc pod uwagę wszystkie dni objęte pomiarami, ustalono częstość przypadków ekstremalnych dobowych prędkości wiatru przypadających na wszystkie godziny w ciągu doby. Z obliczeń wynika, że najczęściej dobowe maksimum prędkości wiatru odnotowywane jest o godz. 15⁰⁰; ponad 10% największych w ciągu doby prędkości stwierdzono o tej godz. Najrzadziej, bo z częstością 0,4%, fakt taki stwierdzono o godz. 7⁰⁰. Z kolei najmniejsze prędkości w cyklu dobowym najczęściej miały miejsce w godz. 23⁰⁰–24⁰⁰ (po 8,9%), sporadycznie, bo z frekwencją zaledwie 0,3% dobowe minimum prędkości wiatru wypadło o godz. 14⁰⁰ (tab. 6).

DYNAMIKA PRĘDKOŚCI WIATRU W CIĄGU DOBY NA PRZYKŁADZIE WYBRANYCH DNI SEZONU LETNIEGO

Rytm zmian prędkości wiatru w strefie kontaktu morza z lądem cechuje duża różnorodność. Powierzchnia morza w znacznie mniejszym stopniu niż lądowa oddziałuje na strumienie przemieszczającego się powietrza w warstwie przyziemnej. Ograniczony stopień oddziaływania siły tarcia sprawia, że w tych warunkach każda zmiana w polu ciśnienia ma szansę przełożenia się względnie szybko na zmianę parametrów struktury wiatru.

W tej części niniejszego tekstu wskazane zostaną przykłady różnych typów dobowego przebiegu prędkości wiatru, jakie odnotowano w rejonie badań w la-

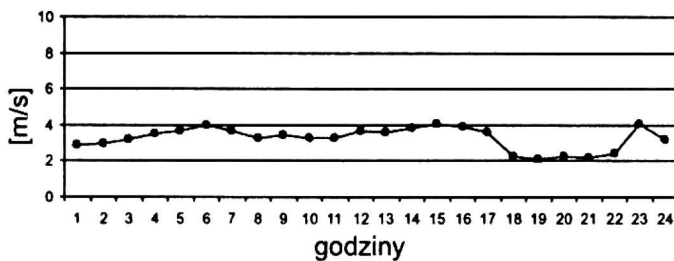
Tabela 6. Przypadki ekstremalnych dobowych prędkości wiatru notowane w kolejnych godzinach doby. Wartości za lata 1991–2000
Table 6. Extreme cases of diurnal wind speeds recorded in consecutive hours a night and day

Dobowe	1 ⁰⁰	2 ⁰⁰	3 ⁰⁰	4 ⁰⁰	5 ⁰⁰	6 ⁰⁰	7 ⁰⁰	8 ⁰⁰	9 ⁰⁰	10 ⁰⁰	11 ⁰⁰	12 ⁰⁰	13 ⁰⁰	14 ⁰⁰	15 ⁰⁰	16 ⁰⁰	17 ⁰⁰	18 ⁰⁰	19 ⁰⁰	20 ⁰⁰	21 ⁰⁰	22 ⁰⁰	23 ⁰⁰	24 ⁰⁰	Doba
	maksimum	3,2	3,7	1,8	3,2	1,4	3,7	0,4	0,9	1,8	3,7	2,8	4,6	9,3	8,4	10,3	8,9	5,1	6,5	3,7	4,2	2,3	1,4	2,8	4,6
minimum	4,2	6,6	5,8	4,6	5,0	4,6	4,6	4,6	2,3	2,3	2,3	2,7	1,1	0,3	1,1	1,1	3,1	2,3	4,6	3,8	7,0	7,0	8,9	8,9	100,0

tach 1991–2000. Krótką charakterystykę zmian prędkości wiatru z godziny na godzinę uzupełnia zwrócenie uwagi na ogólną postać konfiguracji pola ciśnienia w tym wybranym dniu nad obszarem Polski oraz południowego Bałtyku.

Doba o względnie małych wahaniach prędkości wiatru
(6 sierpnia 1991 r.)

Tego dnia prędkość wiatru była w ciągu całej doby względnie wyrównana. W poszczególnych godzinach kształtowała się w zakresie od $2,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ o godz. 19^{00} do $4,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ o godz. 15^{00}



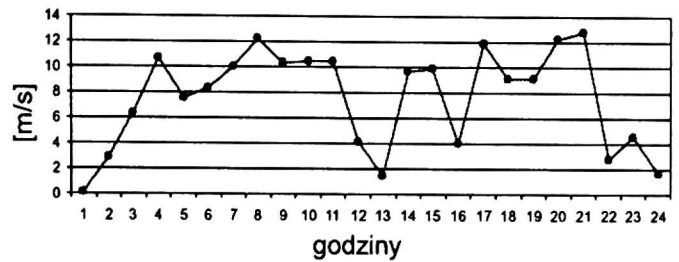
Rys. 6. Przebieg prędkości wiatru w dniu 6 sierpnia 1991 r.

Fig. 6. Course of wind speed on August 6th, 1991

i 23^{00} (rys. 6). Średnia prędkość wyliczona dla całej doby wyniosła $3,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, zaś średnia zmiana prędkości z godziny na godzinę była równa zaledwie $0,3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, przy maksymalnej międzygodzinowej różnicy prędkości nie przekraczającej $1,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (w godz. 22^{00} – 23^{00}). Pogoda w tym dniu nad analizowanym rejonem kształtowana była przez masy powietrza zwrotnikowego, w znacznym stopniu przetransformowanego, w warunkach rozległego układu wyżowego rozciągającego się od Zatoki Biskajskiej w kierunku północno-wschodnim z centrum w rejonie Pragi (1021 hPa).

Doba o względnie dużych wahaniach prędkości wiatru
(28 sierpnia 1991 r.)

W przebiegu dobowym prędkość wiatru zmieniała się w tym dniu od $0,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ o godz. 1^{00} do $12,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ o godz. 21^{00} ,



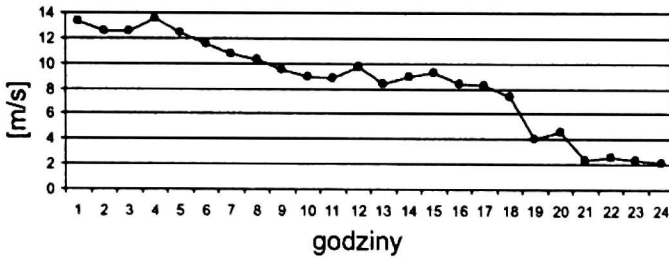
Rys. 7. Przebieg prędkości wiatru w dniu 28 sierpnia 1991 r.

Fig. 7. Course of wind speed on August 28th, 1991

przy średniej prędkości za okres doby równej $7,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Średnia zmiana prędkości wiatru z godziny na godzinę wyniosła $3,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, zaś rozpiętość tego wskaźnika wyznaczają wartości: $0,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ w godz. 10^{00} – 11^{00} i 18^{00} – 19^{00} oraz $10,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ w godz. 21^{00} – 22^{00} . W ciągu nocy prędkość wiatru stopniowo wzrastała od niemal ciszy o godz. 1^{00} do wartości $10,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ o godz. 4^{00} . Prędkości powyżej $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ utrzymywały się do godz. 11^{00} . W godzinach południowych prędkość wiatru znacznie zmalała (do $1,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ o godz. 13^{00}), by następnie stopniowo wzrosnąć do blisko $13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ o godz. 21^{00} (rys. 7). W tym dniu przez obszar południowego Bałtyku oraz północne rejony naszego kraju przemieszczał się odcinek frontu chłodnego rozdzielający cieplejsze masy powietrza polarne morskiego starego zalegającego nad środkową Europą i chłodniejsze powietrze polarne morskie napływające z rejonu Morza Północnego. Ze wspomnianym frontem, na odcinku przemieszczającym się nad obszarem polskiego wybrzeża, przesuwała się niezbyt rozległa strefa opadów.

Doba z postępującym spadkiem prędkości wiatru
(29 lipca 1992 r.)

Specyfiką przebiegu prędkości wiatru w tym dniu jest jej systematyczny spadek od największych prędkości dobowych, przekraczających $13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ o godz. 4^{00} , do najmniejszych, wynoszących nieco



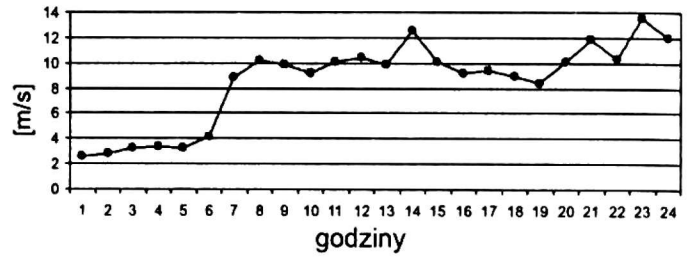
Rys. 8. Przebieg prędkości wiatru w dniu 29 lipca 1992 r.

Fig. 8. Course of wind speed on July 29th, 1992

ponad $2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ pod koniec doby (rys. 8). W tych warunkach wyliczona średnia prędkość dobową wyniosła niemal $9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Obserwowany w ciągu doby spadek prędkości był stosunkowo niewielki między „sąsiednimi” godzinami. Jego średnia wartość to $0,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Sytuację baryczną nad Europą Środkową kształtowały w tym czasie warunki związane z przesuwaniem się ośrodka niżowego znad Danii w kierunku Zatoki Botnickiej i stopniowe wkraczanie w rejon południowego Bałtyku rozległego ośrodka wyżowego. Analizowany obszar, pozostający w tym dniu początkowo pod wpływem niżu o dużych poziomych gradientach ciśnienia, dostawał się w ciągu dnia w strefę oddziaływania niemal bezgradientowego układu wyżowego.

Doba z postępującym wzrostem prędkości wiatru
(21 sierpnia 1993 r.)

Kolejny przykład rytmu zmian prędkości wiatru w ciągu doby dotyczy sytuacji, podczas której obserwowano mniej lub bardziej intensywny wzrost prędkości. Przy średniej prędkości wiatru za okres doby, równej $8,1 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ w pierwszych godzinach doby, wiatr był słaby i nie przekraczał $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Od godz. 5^{00} rozpoczął się stopniowy wzrost prędkości do ok. $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ o godz. 8^{00} . W późniejszym czasie tempo wzrostu uległo zahamowaniu i obserwowano niemal ustabilizowanie się prędkości na poziomie $11\text{--}13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (rys. 9). Średnia



Rys. 9. Przebieg prędkości wiatru w dniu 21 sierpnia 1993 r.

Fig. 9. Course of wind speed on August 21th, 1993

zmiana prędkości z godziny na godzinę wyniosła $1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Początkowo badany rejon znajdował się w strefie oddziaływania frontu ciepłego, a następnie warunki meteorologiczne zaczął kształtować front zokludowany.

Doba z postępującym wzrostem prędkości wiatru
(29 sierpnia 1995 r.)

Pogoda w tym dniu była bardzo wietrzna. Średnia prędkość wiatru dla całej doby wyniosła $12,4 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Od dobowego minimum o godz. 1^{00} ($6,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) wiatr systematycznie, aczkolwiek powoli, ze średnią zmianą prędkości z godziny na godzinę równą $1,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, wzrastał do godz. 19^{00} , kiedy to jego prędkość przekroczyła $17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (rys. 10). Nad obszarem Polski utrzymywał się ośrodek niskiego ciśnienia, z centrum w rejonie Warszawy (996 hPa). Na wybrzeżu panowała pogoda pochmurna z przejaśnieniami i temperaturą ok. 15°C w rejonie Mierzei Łebskiej.



Rys. 10. Przebieg prędkości wiatru w dniu 29 sierpnia 1995 r.

Fig. 10. Course of wind speed on August 29th, 1995

Doba ze słabym wiatrem,
spadkiem, a następnie wzrostem
prędkości wiatru
(26 sierpnia 1993 r.)

Dynamika zmian prędkości wiatru z godziny na godzinę była w tym dniu stosunkowo mała. Mierzona wartością średniej międzygodzinnej różnicy, wyniosła $0,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. W przebiegu prędkości wyraźnie zaznacza się pora nocna i dzienna. Na początku doby wiatr osiągał umiarkowane prędkości, nieco powyżej $5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Od godz. 5⁰⁰ prędkość wiatru wyraźnie zmalała, do ok. $2\text{--}3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, i ta stosunkowo mała prędkość notowana była przez cały dzień. Ponowny wzrost prędkości zaznaczył się wyraźniej dopiero od godz. 18⁰⁰ (rys. 11). Średnia



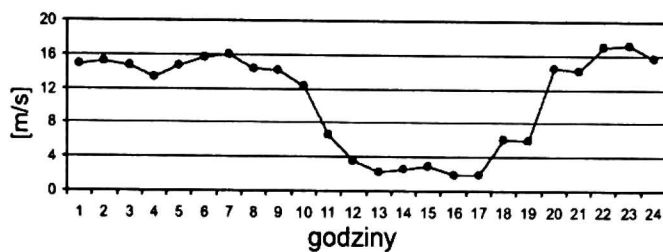
Rys. 11. Przebieg prędkości wiatru w dniu 26 sierpnia 1993 r.

Fig. 11. Course of wind speed on August 26th, 1993

dobowa prędkość wiatru była niewielka – $3,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, z minimum $2,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ o godz. 10⁰⁰ i maksimum równym $5,6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ o godz. 3⁰⁰. Scharakteryzowane zmiany prędkości wiatru odbywały się podczas napływu mas powietrza z południowego zachodu i w obszarze rozbudowującego się układu antycyklonalnego.

Doba z silnym wiatrem,
spadkiem, a następnie wzrostem
prędkości wiatru
(9 lipca 1996 r.)

Była to doba, którą na tle pozostałych wyróżniają prędkości przekraczające w niektórych godzinach $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, przy



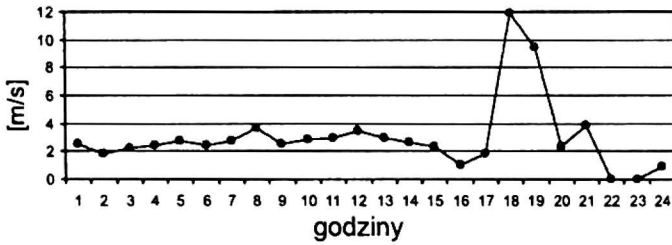
Rys. 12. Przebieg prędkości wiatru w dniu 9 lipca 1996 r.

Fig. 12. Course of wind speed on July 9th, 1996

względnie wysokiej średniej prędkości $10,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Od północy do godz. 10⁰⁰ wiał bardzo silny wiatr, którego prędkość gwałtownie zmalała (do ok. $6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$) tuż przed południem (godz. 11⁰⁰). W ciągu dnia notowano wiatr bardzo słaby, o małej zmienności z godziny na godzinę (rys. 12). Między godz. 19⁰⁰ a 20⁰⁰ prędkość gwałtownie wzrosła o $8,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ i już do końca doby wiał wiatr bardzo silny (powyżej $15 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$). Rytm zmian prędkości wiatru z godziny na godzinę nie był jednakowy w ciągu całej doby. O średniej międzygodzinowej różnicy prędkości równej $1,7 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ zadecydowały dość gwałtowne zmiany prędkości, jakie wystąpiły między wspomnianymi terminami przed południem oraz wieczorem, podczas gdy między pozostałymi godzinami prędkości zmieniały się w niewielkim zakresie. Opisanemu przebiegowi prędkości wiatru towarzyszył układ frontów atmosferycznych związanych z pogłębiającym się niżem, którego centrum przemieszczało się w rejon na północ od Zatoki Gdańskiej.

Doba z wyrównanym przebiegiem
prędkości wiatru
zakłóconym wystąpieniem burzy
(15 lipca 1994 r.)

Elementem wyróżniającym tę dobę jest pojawienie się w dobowym przebiegu gwałtownego, krótkookresowego wzrostu prędkości, który był spowodowany przejściem burzy atmosferycznej. Do godz. 17⁰⁰ prędkość wiatru we wszyst-



Rys. 13. Przebieg prędkości wiatru w dniu 15 lipca 1994 r.

Fig. 13. Course of wind speed on July 15th, 1994

kich terminach pomiarowych była niewielka; wiatr sporadycznie przekraczał $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ (rys. 13). W godz. 17⁰⁰–18⁰⁰ zanotowano gwałtowny wzrost prędkości od $1,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ do $11,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Duże prędkości wiatru utrzymywały się do godz. 19⁰⁰ ($9,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$), zaś od godz. 20⁰⁰ do końca doby prędkość wiatru ponownie była niewielka, a od godz. 22⁰⁰ atmosfera osiągnęła stan ciszy. Średnia dobową prędkość wiatru wyniosła $2,9 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, przy czym wartość średniej międzygodzinowej różnicy prędkości była równa $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Zaprezentowany scenariusz zmian prędkości wiatru miał miejsce w bardzo ciepłej masie powietrza polarnego kontynentalnego (z temperaturami maksymalnymi na obszarze Polski $30\text{--}34^\circ\text{C}$) o chwiejnej równowadze termodynamicznej. Pojawienie się nad obszarem badań układu burzowego związane było z przejściem w godzinach popołudniowych chłodnego frontu atmosferycznego.

UWAGI KOŃCOWE

Uzyskane wyniki mają wstępny charakter. Stosunkowo krótki okres badań terenowych oraz sezonowość przeprowadzonych pomiarów ograniczonych praktycznie w każdym roku do lipca i sierpnia nie pozwalają na sformułowanie wniosków dających odpowiedź na pytanie o zakres możliwych prędkości wiatru pojawiających się w tej części Słowińskiego Parku Narodowego. Ujmując

uzyskane wyniki bardzo ogólnie, należy stwierdzić, że prędkość wiatru cechuje duża zmienność w czasie. Obok dni z wiatrem silnym i bardzo silnym pojawiają się doby, w których nie odnotowano w żadnym z 24 terminów wiatru z prędkością powyżej $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Rytm i wielkość zmian prędkości wiatru z godziny na godzinę bywają rozmaite i wręcz nie dadzą się uogólnić. W krótkich odcinkach czasu wiatr może gwałtownie zwiększyć lub zmniejszyć swoją prędkość. Ujmując badane relacje statystycznie, można przyjąć, że regułą są mniejsze prędkości wiatru w porze nocnej niż w okresie dnia. Największe prędkości w ciągu doby notuje się najczęściej o godz. 15⁰⁰, najrzadziej rano o godz. 7⁰⁰. Z kolei dobowe minimum prędkości wiatru najczęściej pojawiało się krótko przed północą i wyjątkowo o godz. 14⁰⁰. Statystycznie biorąc, na obszarze badań najczęściej notuje się jednak wiatry słabe, czyli wiejące z prędkością $2,1\text{--}5,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Ich frekwencja w porze nocnej wynosi blisko 54%. W porze dziennej najczęstszymi są wiatry umiarkowane (ok. 45%) oraz słabe (ok. 40%). W dobowym rytmie zmian dynamiki ruchu mas atmosferycznych względnie często pojawiają się sytuacje gwałtownych zmian prędkości wiatru z godziny na godzinę. W okresie badań wielokrotnie notowano międzygodzinowe różnice prędkości wiatru przekraczające $10 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. W świetle przeprowadzonej analizy można przyjąć, że największe gradienty krótkookresowych zmian prędkości wiatru najczęściej występują późnym popołudniem, w porze chwiejnych stanów równowagi termodynamicznej powietrza. W ocenie zmian prędkości wiatru pewne znaczenie mają elementy lokalnej cyrkulacji bryzowej. Rozwinięcie tego zagadnienia nie było jednak celem niniejszego opracowania. Ze wstępnych ustaleń wynika, że na odcinku wybrzeża objętym badaniami ten rodzaj

cyrkulacji pojawia się w okresie letnim wyraźniej w godzinach wieczornych aniżeli porannych. Z pewnością oddziałuje na dobowy przebieg struktury wiatru, jednak bardziej szczegółowe wnioski wymagają odrębnych studiów na ten temat.

LITERATURA

- BARTNICKI L., 1930: Prądy powietrzne dolne w Polsce. *Prace Geofiz.*, 3, ss. 98.
- CHROMOW S.P., 1969: *Meteorologia i klimatologia*. PWN, Warszawa.
- GARBALEWSKI C., MALICKI J., 1971: Wpływ uwarstwienia termicznego w dolnej atmosferze i temperatury wody na prędkość wiatru nad Bałtykiem. *Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol.*, 7, 2, 37–45.
- KOWALSKI D., 1968: Wpływ różnicy temperatury wody i powietrza na kształtowanie się

prędkości wiatru nad Zalewem Szczecińskim. *Przegl. Geofiz.*, 13, 2, 167–173.

- KUCHTA E., 1966: Wiatry nad Bałtykiem południowym. *Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol.*, 2, 3, 33–37.
- LEWIŃSKA J., 1971: O wpływie podłoża na rozkład kierunku i prędkości wiatru z wysokością. *Fol. Geogr., Ser. Geogr.-Phys.*, 5, 25–43.
- MICHALCZEWSKI J., 1965: Synoptyczne warunki występowania bryzy morskiej na polskim wybrzeżu Bałtyku. *Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol.*, 1, 2, 29–40.
- TARANOWSKA S., 1957: Występowanie wiatrów na wybrzeżu. *Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol.*, 6, 1, 3–11.
- TARANOWSKA S., 1968: O kierunku i prędkości wiatrów dolnych nad obszarem środkowego i południowego Bałtyku (1947–1960). *Przegl. Geofiz.*, 13, 1, 75–88.
- WIERCZEK E., 1969: Problem stosunków wiatrowych w świetle wpływu zbiorników wodnych. *Fol. Geogr., Ser. Geogr. Phys.*, 3, 139–150.

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej Kędziora

Zakład Klimatologii
Instytut Geografii Fizycznej
i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego
Uniwersytet im. A. Mickiewicza w Poznaniu

WIND SPEED IN THE SUMMER SEASON IN THE SŁOWIŃSKI NATIONAL PARK IN THE ŁEBA BAY BAR

Summary

There were worked out the results of anemometric measurements conducted in July and August 1991–2000 in the Łeba Bay Bar. Particular attention was paid to features of the diurnal course of wind speed. The highest diurnal wind speeds occur between 2 p.m. and 5 p.m., the lowest ones occur in the night time (Table 5). Another aim of the research was to establish the frequency of occurrence of winds of various speed sections (Figure 2). Weak winds are most often

observed in the studied area ($2,1\text{--}5,0\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Their frequency is 54% at night, and 40% in the day time. On the basis of chosen examples there were presented characteristic features of the hourly wind speed rhythm change (Figure 6–13). The attention was also drawn to weather conditions on these days and the presence of dynamic elements of macrosynoptical situations, such as atmospheric fronts, storms, and sea and land breezes, over the studied area at the time of the research.