

10.2478/bfpz-2013-0007

WYSTĘPOWANIE NIEKORZYSTNYCH BIOMETEOROLOGICZNIE PRĘDKOŚCI WIATRU NA KASPROWYM WIERCHU I NA ŚNIEŻCE

NATALIA KUBACKA, EWA BEDNORZ

Zakład Klimatologii, Instytut Geografii Fizycznej i Kształtowania Środowiska Przyrodniczego,
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań

Abstract: The occurrence of wind speeds exceeding $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ on two mountain peaks: Kasprowy Wierch in the Tatra mountains and Śnieżka in the Sudetes, in the years 1971–2009 was analysed. There are more days with unfavourable wind speed at Śnieżka than at Kasprowy Wierch (respectively 75% and 30% of days in a year on average). In the annual course winter is the most windy season at both stations and the least frequency of unfavorable wind speed is noted in summer. In the daily course the least number of cases with unfavorable wind speed appears in the mid-day hours, while the night hours are more windy. The number of days with mean daily wind speed $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in the period 1971–2009 significantly decreased on Kasprowy Wierch and increased on Śnieżka.

Keywords: Tatra mountains, Sudetes, biometeorology, wind speed

WSTĘP

Wiatr, obok insolacji, jest najbardziej bezpośrednim wyrazem i przyczyną dużej zmienności przestrzennej wszystkich elementów klimatologicznych w górach, która jest jedną z głównych cech klimatu wysokogórskiego (Orlicz 1954). Rozkład prędkości wiatru w górach jest determinowany przez szereg czynników: ogólną cyrkulację, orografię terenu, wysokość nad poziomem morza oraz warunki lokalne (Hess 1965; Drukman i in. 1997). W partiach szczytowych gór najczęściej odnotowuje się wiatry silne i bardzo silne, co jest źle znoszone przez człowieka, zwierzęta i rośliny (Tromp 1980).

Wiatr jest jednym z najbardziej zmiennych i jednocześnie najbardziej znaczących elementów pogody, wpływającym na organizm człowieka. Jako bodziec mechaniczny, należący do zespołu bodźców fizycznych, wiatr dwójako oddziałuje na człowieka: „Z jednej strony działa on korzystnie na organizm, wykonując swoisty mikromasaż obnażonej powierzchni ciała i usprawniając w ten sposób mechanizmy termoregulacji. Z drugiej jednak strony silny ruch powietrza może utrudniać oddychanie, a nawet uniemożliwić poruszanie się człowieka” (Błażejczyk 2004). Poza tym silny wiatr prowadzi do nadmiernego

ochłodzenia powierzchni ciała i w efekcie wychłodzenia organizmu (Błażejczyk 2004), a także zmniejsza zdolność do wysiłku, wywołuje niepokój, zaburza sen, przenosi pyły itp. (Kozłowska-Szczęśna 1997). Szczególnie meteotropowo działa w górach wiatr fenowy wywołujący szereg dolegliwości psychofizycznych nazywanych „chorobą fenową”. Wśród nich wymienić należy: uczucie duszności, stany osłabienia, depresje, obniżenie koncentracji, senność lub zaburzenie snu, zaburzenia układu krążenia i pracy serca, bóle reumatyczne (Lorenc 2012).

Ruch powietrza o znacznych prędkościach może więc być uciążliwy dla organizmu człowieka, przyczyniając się do subiektywnego odczucia dyskomfortu. Stąd też badanie tego elementu pogody ma duże znaczenie w biometeorologii, szczególnie najbardziej popularnych turystycznie obszarów, jakimi są góry będące jednocześnie obszarami najbardziej wietrznymi.

W regionalizacji bioklimatycznej Polski obszar Karpat i Sudetów zaklasyfikowano do VI grupy jako region podgórski i górski o dużym zróżnicowaniu warunków bioklimatycznych i silnej bodźcowości (Kozłowska-Szczęśna 1991). Region charakteryzuje się wysokim stopniem zróżnicowania przestrzennego i czasowego liczby dni uciążliwych dla człowieka, których udział w roku szacowany jest na 30–40%. Silna bodźcowość jest powiązana z rzeźbą terenu, gdyż natężenie bodźców zmienia się od umiarkowanych na zboczach po silne w dolinach i na szczytach (Kozłowska-Szczęśna 1991, 1997). W przypadku wiatru chodzi o prędkość przekraczającą $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, gdyż wiatr w tym przedziale prędkości wywołuje silną turbulencję i działa niekorzystnie na ustrój człowieka (Błażejczyk 1975).

Wśród polskich prac skoncentrowanych na wiatrach silnych i bardzo silnych w górach najwięcej pozycji dotyczy Karpat, a szczególnie Tatr. Orlicz (1954) jako pierwszy stworzył wnikliwe studium stosunków wietrznych dla szczytowych partii Tatr na podstawie danych ze stacji meteorologicznych na Kasprowym Wierchu i Łomnicy. Przedstawił też charakterystykę anemologiczną całego profilu wysokościowego od Zakopanego do Kasprowego Wierchu, omawiając również wiatry lokalne oraz właściwości bioklimatyczne Tatr (Orlicz 1962). Parczewski (1959) zaprezentował średnią liczbę dni z wiatrem o prędkości powyżej $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, analizując charakter przepływu powietrza przez Tatry przy różnych jego prędkościach. Lewińska (1959) powiązała analizę stosunków anemometrycznych między innymi z orografią terenu. Hess (1965) przedstawił stosunki wietrzne w polskich Karpatach Zachodnich na podstawie materiałów z 89 stacji dla dziesięciolecia 1952–1961. Określił zróżnicowanie wraz z wysokością prędkości wiatru oraz liczbę dni z wiatrem silnym i bardzo silnym. Niedźwiedź i współpracownicy (1985) na podstawie danych z lat 1961–1970, z 84 stacji meteorologicznych IMGW, przedstawili częstość występowania wiatrów powyżej $10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ oraz określili przebieg dobowy prędkości wiatru.

Spośród wiatrów lokalnych charakteryzujących się niekorzystną biometeorologicznie prędkością wiatru najwięcej uwagi poświęcono wiatrom halnym. Ustalono parametry wiatru, jakie muszą zostać odnotowane, aby zaliczyć daną

sytuację do fenowych oraz częstość występowania fenów (Morawska 1968; Ustrnul 1992; Stachlewski 1974).

Za pracę wiążącą stosunki wietrzne z bioklimatologią uznać należy publikację Obrębskiej-Starkłowej i Bąbki (1992). Autorki przedstawiły cechy bioklimatu Karpat, wydzielając typy pogody, w tym pogodę dyskomfortową, określając między innymi warunki wiatrowe. Więcej o stosunkach anemologicznych można dowiedzieć się z publikacji poświęconych uzdrowiskom w obrębie Karpat. Największa z nich, wydana przez Kozłowską-Szczęsną i współpracowników (2002), zawiera opracowanie 13 uzdrowisk karpaccich. Wiatr w tym przypadku scharakteryzowany jest poprzez prezentację średniej prędkości wiatru o godzinie 12.00 UTC oraz liczby dni z wiatrem o prędkości powyżej $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w poszczególnych miesiącach.

Temat prędkości wiatru w Sudetach, a szczególnie w Karkonoszach, był najczęściej rozważany w publikacjach dotyczących całościowego ujęcia klimatu obszaru górskiego, w których oprócz poszczególnych elementów klimatologicznych przedstawiono ogólną charakterystykę stosunków wietrznych, w tym prędkości wiatru na Śnieżce (Kwiatkowski, Hołdys 1985; Walczak 1968; Migąła i in. 1995; Sobik 2005).

Migąła i współpracownicy (1995) przedstawili, poza ogólnymi warunkami wietrznymi Karkonoszy, rozkład i częstość wiatrów w różnych przedziałach prędkości w wieloleciu 1961–1990 dla stacji Szrenica. Zastosowane czterostopniowe przedziały pokrywały się z ogólnie przyjętymi klasami bioklimatycznymi. Jeník (1997) rozważał wiatry w Karkonoszach, wiążąc je z charakterystycznym dla tej części Polski „systemem anemo-orograficznym”, przekładającym się na bioróżnorodność badanego ekosystemu. Autorami wielu publikacji dotyczących występowania fenów na obszarze Sudetów są Kwiatkowski (1973, 1975) oraz Schmuck (1950/1951).

Jak wynika z przytoczonych przykładów, literatura klimatologiczna odnosząca się do stosunków wietrznych w Sudetach jest w wysokim stopniu fragmentaryczna. O ile jednak brakuje kompleksowego studium dotyczącego wiatrów w Karkonoszach, o tyle temat warunków anemologicznych w ujęciu bioklimatycznym został znacznie szerzej zarysowany niż ma to miejsce w przypadku Karpat. Szczepankiewicz-Szmyrki i Mielcarek (1997) badały bioklimat szczytowych partii Karkonoszy, biorąc za punkt odniesienia dane ze stacji Szrenica. Autorki wyróżniły dwa przedziały prędkości wiatru – powyżej i poniżej $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, obliczyły jego częstość w poszczególnych miesiącach dziesięciolecia 1961–1970. Również Miszczuk (2008) scharakteryzował warunki bioklimatyczne panujące w Karkonoszach na podstawie źródeł ze stacji: Śnieżka, Szrenica, Karpacz i Jelenia Góra. Oceniał warunki pogodowe Karkonoszy na podstawie wielkości elementów meteorologicznych, w tym prędkości wiatru, i określił potencjał rekreacyjny badanego obszaru, odnosząc go do możliwości uprawiania różnych form turystyki i rekreacji.

Migała i współpracownicy (1995a) opracowali wyniki obserwacji prowadzonych na Szrenicy od maja do października 1992 r. w ramach pierwszego etapu badań nad klimatycznymi uwarunkowaniami w partii szczytowej i górnostokowej Karkonoszy. Rozważając problematykę stosunków wietrznych, przedstawili liczbę dni ze średnią prędkością wiatru według klas bioklimatycznych oraz częstość jego występowania w omawianym okresie. Ponadto określili przeciętną prędkość wiatru w poszczególnych miesiącach.

Warunki wietrzne zostały uwzględnione w kompleksowej charakterystyce bioklimatycznej uzdrowisk sudeckich (Kozłowska-Szczęсна i in. 2002). O wybranych uzdrowiskach tej części Polski jest mowa również w pracy Kluge i Kozłowskiej-Szczęśnej (1974). Publikacja ta zawiera zestawienie rozkładu rocznego wybranych elementów klimatu, w tym wiatru silnego, którego wartością graniczną jest $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Z kolei opracowanie Błażejczyka (1975) obejmuje wyłącznie warunki wietrzne panujące w uzdrowiskach sudeckich. Autor rozważa w nim między innymi roczny rozkład częstości wiatru silnego w Cieplicach Śląskich-Zdroju, Świeradowie-Zdroju i Kudowie-Zdroju. Celem porównania wyników wykorzystuje dane ze stacji meteorologicznej na Śnieżce. W pracy dodatkowo zamieszczono charakterystykę i omówienie występowania wiatrów fenowych w poszczególnych porach roku jako zjawiska niekorzystnego dla zdrowia człowieka.

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE, CEL I ZAKRES OPRACOWANIA

Celem niniejszego opracowania jest zbadanie i porównanie rozkładu niekorzystnych biometeorologicznie prędkości wiatru w partii szczytowej Tatr i Karkonoszy. Podstawą opracowania były dane dotyczące prędkości wiatru z lat 1971–2009, pochodzące z zasobów Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej i odnoszące się do dwóch górskich stacji meteorologicznych – na Kasprowym Wierchu (1987 m n.p.m., wysokość wiatromierza 2002 m n.p.m.) i na Śnieżce (1602 m n.p.m., wysokość wiatromierza 1616 m n.p.m.). Ciąg pomiarowy, rozpoczynający się 1.01.1971 r. a kończący 31.12.2009, obejmował 39 lat i wiązał się z codziennymi pomiarami prędkości wiatru w $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ dla ośmiu terminów obserwacyjnych (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC).

Zgodnie z klasyfikacją prędkości wiatru, utworzoną na potrzeby biometeorologii człowieka, za wiatr niekorzystny biometeorologicznie uznaje się taki, którego prędkość przekracza $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Określa się go jako „wiatr silny” (Parczewski 1960; Kozłowska-Szczęсна i in. 1997), wywołujący silną turbulencję i działający niekorzystnie na ustrój człowieka (Błażejczyk 1975).

W związku z tym w niniejszym opracowaniu została określona liczba dni z wiatrem o średniej prędkości dobowej powyżej $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w wieloleciu, a także w miesiącach i w porach roku. Przeanalizowano również średni dobowy

przebieg częstości wiatru o prędkości przekraczającej wartość progową $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, obliczony na podstawie wartości terminowych. Z uwagi na to, że analiza poświęcona jest otwartemu przedziałowi prędkości, mającemu jedynie początkową wartość graniczną, w opracowaniu używane będzie wyrażenie „wiatr silny i bardzo silny” odnoszące się do wiatru o prędkości powyżej $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Do tego samego przedziału prędkości odnosi się używane w opracowaniu wyrażenie „prędkość wiatru niekorzystna biometeorologicznie”. Nie uwzględnia ono wiatru o prędkości mniejszej lub równej $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, który, jako cisza, uznawany jest również za niekomfortowy dla człowieka.

Pierwszym etapem opracowania było obliczenie średniej dobowej prędkości wiatru dla każdego dnia wielolecia na podstawie ośmiu terminów obserwacyjnych. Następnie spośród średnich dziennych prędkości wiatru wydzielono te, których wartość przekraczała $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Zsumowanie tych dni w ciągu kolejnych lat pozwoliło uzyskać liczbę dni niekorzystnych biometeorologicznie w wieloleciu 1971–2009 i określić tendencję ich zmian. Podobnie obliczono liczbę dni z wiatrem o średniej prędkości powyżej $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w poszczególnych miesiącach i porach roku. Prezentacja graficzna otrzymanych wyników została przedstawiona za pomocą wykresów i tabel.

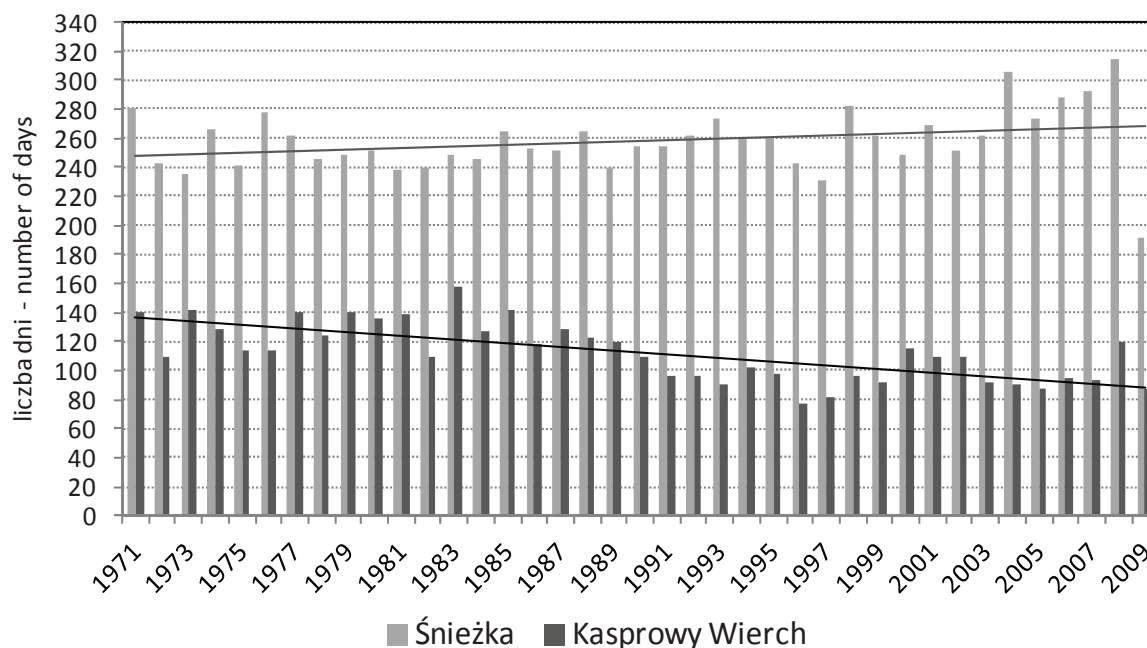
Dodatkowo obliczono średnią arytmetyczną oraz odchylenie standardowe dni niekorzystnych anemologicznie w wieloleciu 1971–2009, porach roku i kolejnych miesiącach. Uzyskano w ten sposób średnią liczbę dni z prędkością wiatru niekorzystną biometeorologicznie dla wielolecia, kolejnych pór roku oraz miesięcy, jak również miarę rozproszenia danych wokół średniej prędkości wiatru w tych samych przedziałach czasowych.

WYNIKI

Zmiany wieloletnie liczby dni z wiatrem o średniej dobowej prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Na Śnieżce obserwuje się średnio 258,2 dnia z wiatrem o średniej dobowej prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ rocznie, a więc 70,73% ogółu dni w roku. Na Kasprowym Wierchu liczba takich dni jest ponad dwukrotnie mniejsza i wynosi zaledwie 112,4 dnia, czyli około 30% dni w roku. Większe odchylenie od średniej zaznaczyło się na Śnieżce ($\sigma = 21,8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) niż na Kasprowym Wierchu ($\sigma = 20,27 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$). Na Kasprowym Wierchu występuje istotna statystycznie tendencja spadkowa liczby dni z wiatrem silnym średnio o około 12 dni na 10 lat ($\alpha = 0,001$), podczas gdy na Śnieżce obserwuje się nieistotny statystycznie wzrost liczby takich dni (ryc. 1).

Największą liczbę dni z wiatrem o prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na Śnieżce zanotowano w roku 2008 (86% dni). Na Kasprowym Wierchu maksymalna roczna



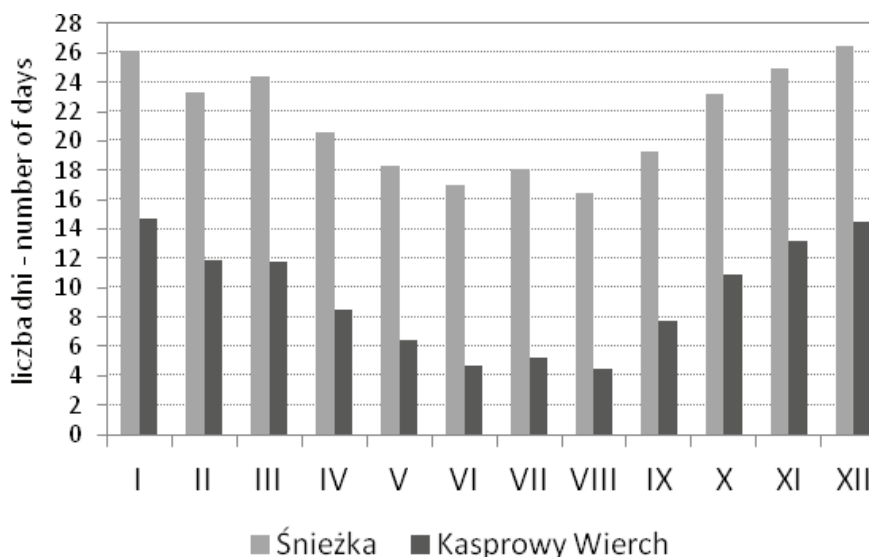
Ryc. 1. Roczna liczba dni z wiatrem o średniej dobowej prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Fig. 1. Annual number of days with daily mean wind velocity $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

liczba takich dni była dwukrotnie mniejsza i wynosiła 43,3% w roku 1983. Najmniej dni niekorzystnych biometeorologicznie było na Śnieżce w roku 2009, kiedy ponad 50% dni w roku sklasyfikowano jako wiatr silny lub bardzo silny. W przypadku Kasprowego Wierchu minimum zaznaczyło się w roku 1996 (21,1%).

W przebiegu rocznym zarówno na Śnieżce, jak i na Kasprowym Wierchu najmniej dni z wiatrem niekorzystnym biometeorologicznie występuje w sierpniu, średnio 4,4 dnia na Kasprowym Wierchu i 16,5 dnia na Śnieżce (ryc. 2). Drugim z kolei miesiącem komfortowym dla człowieka pod względem prędkości wiatru jest, na obu stacjach, czerwiec. Na Kasprowym Wierchu w czerwcu przypada niespełna 5 dni niekorzystnych biometeorologicznie, a na Śnieżce 17. Miesiącem o największej liczbie dni z wiatrem silnym i bardzo silnym na Kasprowym Wierchu jest styczeń, kiedy średnio połowa dni w miesiącu charakteryzuje się niekorzystnymi warunkami anemologicznymi. Na Śnieżce miesiącem o maksymalnej liczbie takich dni jest grudzień. Zaledwie 4 dni w tym zimowym miesiącu zalicza się do korzystnych biometeorologicznie. Grudzień na Kasprowym Wierchu i styczeń na Śnieżce to drugie w kolejności silnie wietrzne miesiące, odpowiednio 14,5 oraz 26,2 dnia.

Okres ciepły – od kwietnia do września – charakteryzuje się najmniejszą liczbą dni z wiatrem $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na obu badanych obszarach. Obserwuje się stopniowy spadek liczby dni od marca do minimum w sierpniu, a następnie szybki przyrost liczby dni od letniego minimum do maksimum przypadającego w styczniu.



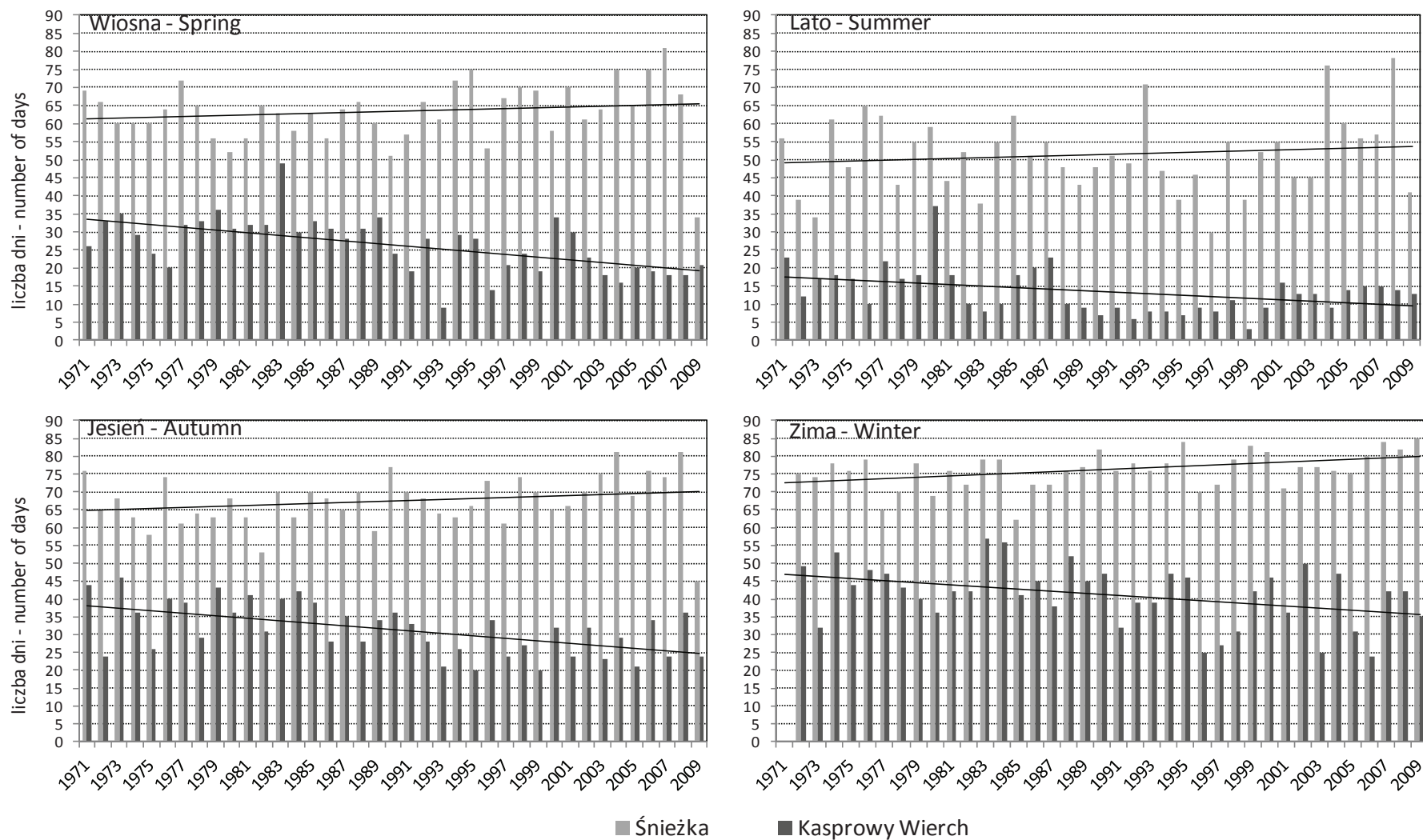
Ryc. 2. Średni roczny przebieg liczby dni z wiatrem o średniej dobowej prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Fig. 2. Mean annual course of number of days with daily mean wind velocity $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

Latem w Tatrach pojawia się średnio 6 dni w miesiącu z silnym wiatrem, w Karkonoszach 18,3 dnia. Średnia miesięczna liczba dni z silnym wiatrem dla okresu chłodnego (od października do marca) na Kasprowym Wierchu wynosi 13, a na Śnieżce 25.

Pora **wiosenna** (marzec, kwiecień, maj) jest drugą, po letniej, w czasie której zaznacza się najmniejsza liczba dni z wiatrem niekorzystnym biometeorologicznie. Wiosną średnia liczba dni z wiatrem o prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na Kasprowym Wierchu wynosi 26,4 dnia, co stanowi 29% ogółu dni wiosennych. Z kolei na Śnieżce udział dni niekorzystnych biometeorologicznie w okresie wiosennym jest ponad dwukrotnie większy i wynosi średnio 64 dni, czyli 70% dni wiosennych. Na tatrzańskej stacji zauważa się istotny statystycznie trend malejący ($\alpha = 0,001$), wskazujący na zmniejszającą się liczbę dni wiosennych z wiatrem silnym lub bardzo silnym w badanym wieloleciu. Na Śnieżce obserwuje się tendencję wzrostową, jednak wynik ten nie jest istotny statystycznie (ryc. 3).

Na Kasprowym Wierchu największą liczbę dni z wiatrem o niekorzystnych biometeorologicznie prędkościach wiatru zanotowano wiosną 1983 r. – 49 dni, co stanowiło ponad połowę dni okresu wiosennego. Na Śnieżce, w badanym wieloleciu, największą liczbę dni z wiatrem o prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ odnotowano w 2007 r., kiedy aż 88% dni wiosennych było niekorzystnych dla człowieka pod względem anemologicznym. Wiosna z dominacją dni korzystnych zaznaczyła się w na Kasprowym Wierchu w 1993 r., kiedy zaledwie 9 dni, a więc niespełna 10% ogółu dni tego okresu, nie należało do komfortowych. Na Śnieżce taka sytuacja miała miejsce w roku 2009, gdy 34 dni, a więc ponad 1/3 dni wiosennych, zaliczone zostały do niekorzystnych dla człowieka.



Ryc. 3. Liczba dni z wiatrem o średniej dobowej prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w porach roku

Fig. 3. Number of days with daily mean wind velocity $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in seasons

W okresie **letnim** (czerwiec, lipiec, sierpień) zaznacza się najmniejszy udział wiatrów silnych i bardzo silnych zarówno na Kasprowym Wierchu, jak i na Śnieżce. Na stacji tatrzańskiej zanotowano średnio 13,4 takich dni, co stanowi 14,6% dni letnich. Natomiast na stacji karkonoskiej dni tego typu jest aż czterokrotnie więcej – średnio 51,5 dnia w porze letniej. Odchylenie standardowe jest większe na Śnieżce i wynosi $\sigma = 10,69 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, natomiast na Kasprowym Wierchu $\sigma = 6,3 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Spośród wszystkich pór roku odchylenie standardowe w okresie letnim na Śnieżce osiąga najwyższą wartość.

Podobnie jak w porze wiosennej, obserwuje się spadek liczby dni z wiatrem silnym i bardzo silnym w kolejnych latach wielolecia na Kasprowym Wierchu i wzrost na Śnieżce (ryc. 3). W przypadku stacji tatrzańskiej trend ten jest istotny statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$, z kolei dla Śnieżki jest nieistotny.

Największy udział dni wietrznych na Kasprowym Wierchu zaznaczył się w roku 1980 (37 dni tego typu). Na Śnieżce w roku 2008 zanotowano maksimum wynoszące 78 dni. Wynika z tego, że zaledwie 15% dni tego lata było korzystnych biometeorologicznie. Najmniejszy udział wiatrów silnych i bardzo silnych miał miejsce na Kasprowym Wierchu w roku 1999 – były to zaledwie 3 dni i w 1997 r. na Śnieżce – podczas 1/3 dni letnich wiatr miał prędkość przekraczającą $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Minima letnie stanowiły najniższe wartości, jakie odnotowano w poszczególnych porach roku.

W okresie **jesiennym** zarówno na Kasprowym Wierchu, jak i Śnieżce zaznacza się wyraźny wzrost dni z wiatrem o prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, do odpowiednio 13,4 dnia (34,6% dni jesiennych) i około 67,4 dnia (75% dni okresu jesiennego). Trendy odnoszące się do liczby dni niekorzystnych biometeorologicznie w kolejnych latach są podobne jak w przypadku pory wiosennej i letniej (ryc. 3). Na Kasprowym Wierchu liczba ta spada i wynik jest istotny statystycznie na poziomie $\alpha = 0,001$. Na Śnieżce zauważa się tendencję spadkową, nie jest ona jednak istotna statystycznie.

W wieloleciu 1971–2009 najmniej korzystna biometeorologicznie jesień na tatrzańskim szczycie była w roku 1973 – 46 dni ze średnią prędkością wiatru $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, co dawało niespełna 51-procentowy udział w ogóle dni tego okresu, natomiast w Karkonoszach jesienią 2004 i 2008 r. tego typu dni stanowiły 89%. Najmniejsza liczba dni z wiatrem silnym i bardzo silnym odnotowana została w Tatrach w roku 1995 – było ich 20, stanowiły 22% dni jesiennych. Na Śnieżce z kolei pod tym względem wyróżniła się jesień roku 2009, kiedy co drugi dzień był niekorzystny biometeorologicznie – w sumie 45 dni.

Zima jest najmniej korzystną biometeorologicznie porą roku za sprawą znacznego udziału dni z wiatrem silnym i bardzo silnym; na Kasprowym Wierchu średnio to 41,3 dnia, co stanowi prawie połowę dni pory zimowej. Na Śnieżce udział ten jest znacznie większy, bo wynosi średnio 76,6 dnia, czyli 85% dni zimowych. Odchylenie standardowe na Kasprowym Wierchu jest w tej porze

roku największe i wynosi $\sigma = 8,46 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, natomiast na Śnieżce zaznacza się najmniejsza jego wartość $\sigma = 5,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Trendy zmian liczby dni niekorzystnych biometeorologicznie w wieloleciu w okresie zimowym są podobne jak w poprzednich porach roku – na Kasprowym Wierchu odnotowuje się spadek tego typu dni, na Śnieżce wzrost (ryc. 3). Co istotne, w obu przypadkach wyniki są istotne statystycznie na poziomie $\alpha = 0,01$.

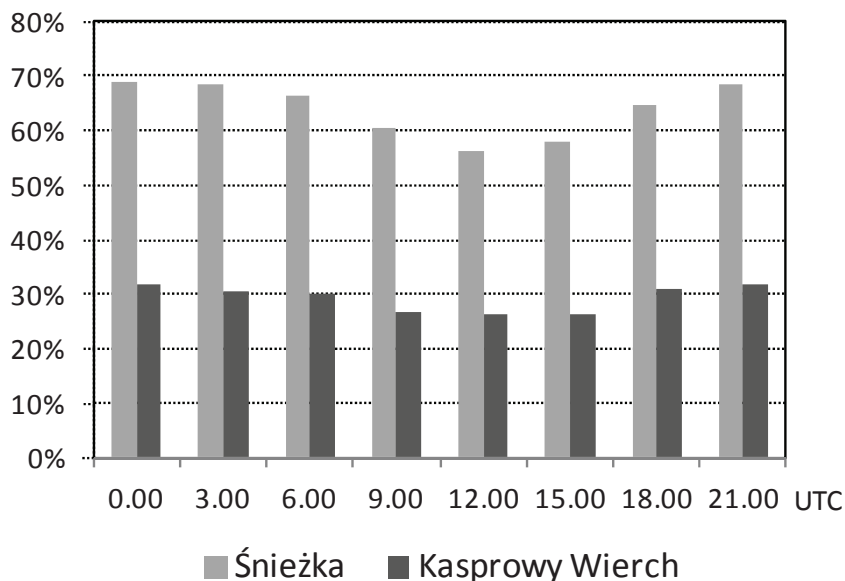
Na Kasprowym Wierchu największy udział dni z wiatrem $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ miał miejsce w roku 1983 i wynosił 57 dni, co daje 63-procentowy udział w ogóle dni okresu zimowego. Na Śnieżce był to rok 2009, w czasie którego w okresie zimowym zanotowano 85 dni tego typu, czyli aż 94,4% dni charakteryzowało się wiatrem silnym i bardzo silnym. Na obu stacjach podane wartości były maksymalne w odniesieniu do pór roku. Na tatrzańskiej stacji najmniejszy udział dni wietrznych $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ wystąpił w roku 2006 – były to 24 dni, czyli 27% ogółu dni zimowych, na karkonoskiej natomiast w roku 1985, kiedy odnotowano 62 dni tego typu, co daje ich 69-procentowy udział w porze zimowej.

Przebieg dobowy częstości występowania wiatrów o prędkości powyżej $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

W przebiegu dobowym zarówno na Kasprowym Wierchu, jak i na Śnieżce najmniejszą częstość występowania wiatru o prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ notuje się w godzinach od 9.00 do 15.00. Minimum przypada na godzinę 12.00, przy czym na Śnieżce występowanie wiatru o prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ jest dwukrotnie częstsze aniżeli na Kasprowym Wierchu. To odpowiednio 26,4% i 56,3% ogółu możliwych przypadków (ryc. 4).

Od godziny 18.00 obserwowany jest wyraźny wzrost częstości wiatru o prędkości przekraczającej $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Maksymalna częstość wiatrów silnych przypada na godziny nocne. Na Kasprowym Wierchu jest to godzina 21.00 (31,7%), natomiast na Śnieżce godzina 00.00 (69%). Dodać należy, że różnice pomiędzy częstością przypadków z wiatrem silnym i bardzo silnym, zanotowanych w dwóch terminach obserwacyjnych (21.00 i 00.00 UTC), jest w obrębie każdej ze stacji niewielka – na Kasprowym Wierchu wynosi 0,05%, na Śnieżce 0,22%. Po osiągnięciu maksimum w godzinach nocnych zauważalny jest spadek częstości przypadków występowania wiatru niekorzystnego biometeorologicznie w kolejnych terminach pomiarowych.

Okres **wiosenny** charakteryzuje się drugą, po porze letniej, najmniejszą częstością występowania przypadków wiatru silnego i bardzo silnego. Ponadto wartości częstości tego typu wiatru na Śnieżce są dwa razy większe niż na Kasprowym Wierchu, co klasyfikuje tę porę roku jako drugą, po lecie, o największej różnicy częstości pomiędzy obiema stacjami.



Ryc. 4. Przebieg dobowy częstości występowania wiatrów o prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w wieloletniu 1971–2009

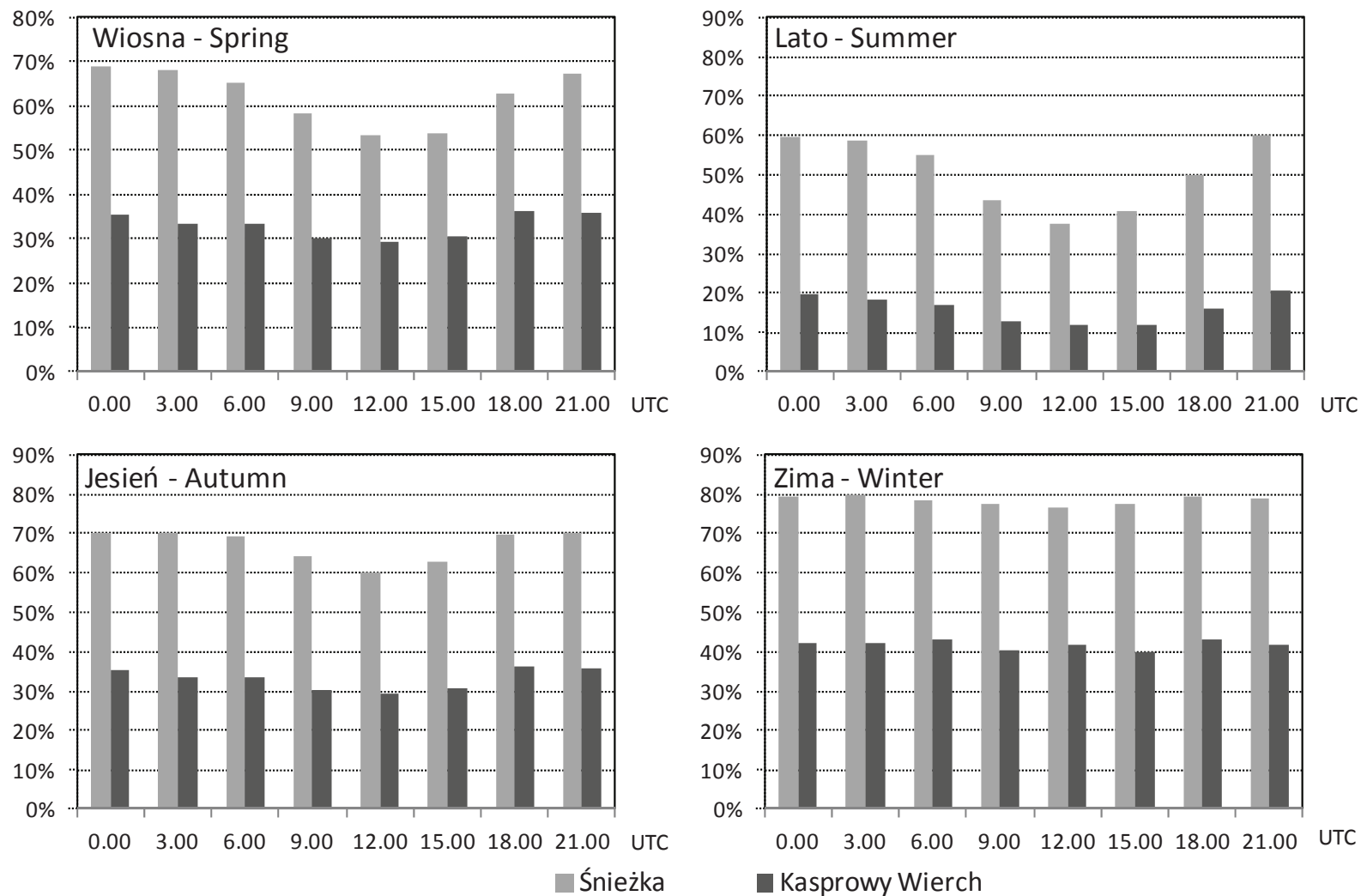
Fig. 4. Diurnal course of frequency of wind velocity $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in years 1971–2009

Wiosną przebieg dobowy występowania wiatru o prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ jest podobny na obu badanych stacjach górskich. Przede wszystkim zaznacza się wyraźnie mniejsza częstość przypadków wiatru o takiej prędkości w godzinach od 9.00 do 15.00, z minimum przypadającym na godzinę 12.00 (ryc. 5). W południe na Kasprowym Wierchu notuje się częstość równą 24,2%, a na Śnieżce 53,3%.

Od godziny 18.00 obserwuje się znaczny wzrost częstości wiatru o prędkości przekraczającej $8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a największą częstością przypadków wiatru silnego i bardzo silnego odznacza się godzina 00.00. W tym przypadku również większą częstość tego typu wiatru notuje się na Śnieżce niż na Kasprowym Wierchu. Jest to odpowiednio 68,8% i 30,8%. Po północy zaznacza się spadek liczby przypadków wiatru niekorzystnego biometeorologicznie.

Pora **letnia** cechuje się najmniejszą częstością występowania przypadków wiatru niekorzystnego biometeorologicznie. Przebieg dobowy częstości wiatrów o prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w porze letniej jest taki sam w obu stacjach. Jednak na Śnieżce jest ona średnio ponad trzy razy większa niż na Kasprowym Wierchu. Najmniejszą liczbę przypadków wiatru silnego i bardzo silnego odnotowuje się w godzinach 9.00–15.00, przy czym minimum zaznacza się w południe (ryc. 5). Na Kasprowym Wierchu częstość występowania przypadków tego typu wiatru o godzinie 12.00 wynosi około 12%, natomiast na Śnieżce 38%.

Latem, podobnie jak wiosną, o godzinie 18.00 notuje się wzrost liczby przypadków wiatru silnego i bardzo silnego, który osiąga maksimum częstości o godzinie 21.00. Na tatrzańskim szczycie częstość ta wynosi wówczas 20,6%, a na Śnieżce jest prawie trzy razy większa i równa się 60,3%. W kolejnych godzinach



Ryc. 5. Przebieg dobowy częstości występowania wiatrów o prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w porach roku w wieloleciu 1971–2009

Fig. 5. Diurnal course of frequency of wind velocity $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ in seasons in years 1971–2009

następuje spadek częstości występowania wiatru niekorzystnego biometeorologicznie.

W okresie **jesiennym** przebieg dobowy występowania wiatru silnego i bardzo silnego jest podobny do omawianych we wcześniejszych porach roku. Różnice zaznaczają się jedynie w wartościach częstości, które znacząco wzrastają w porównaniu z okresem letnim. Minimalna częstość przypada na godziny od 9.00 do 15.00, z najmniejszą notowaną o 12.00 – na Kasprowym Wierchu 29,3%, a na Śnieżce 60,2% (ryc. 5).

Od godziny 15.00 obserwowany jest wzrost częstości na obu stacjach, przy czym maksimum na Kasprowym Wierchu przypada o godzinie 18.00, natomiast na Śnieżce o godzinie 21.00. W pierwszym przypadku wartość częstości wynosi 36,2%, natomiast w drugim 70,2%. Po osiągnięciu maksimum zaznacza się powolny spadek częstości.

Zima charakteryzuje się największą częstością wiatrów $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ spośród wszystkich pór roku i jednocześnie największym zróżnicowaniem w przebiegu dobowym. Na Kasprowym Wierchu najmniejszą częstością odznacza się godzina 9.00 i 15.00 (40% o 15.00). Na Śnieżce z kolei obserwuje się przebieg zbliżony do pozostałych pór roku. Wyraźne minimum przypada na godzinę południową i wynosi 76,5% (ryc. 5).

Maksimum na Kasprowym Wierchu odnotowuje się o godzinie 18.00 (43,2%), drugorzędne minimum występuje o godzinie 6.00 (42,9%). Godzina południowa charakteryzuje się wzrostem częstości wiatru silnego i bardzo silnego względem godziny 9.00 i 15.00. Na Śnieżce sytuacja jest odmienna – maksymalne wartości przypadają wyraźnie na godziny nocne – z najwyższą częstością, wynoszącą 79,82%, o godzinie 3.00. W porze zimowej zaznaczają się najmniejsze różnice pomiędzy wartościami częstości na Śnieżce i Kasprowym Wierchu i są wyższe na karkonoskim szczycie średnio o 1,9%.

PODSUMOWANIE

W wieloleciu 1971–2009 na Śnieżce występuje znaczna przewaga dni z wiatrem $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ w porównaniu z Kasprowym Wierchem (258, czyli około 75% dni w roku). Na Kasprowym Wierchu liczba dni z wiatrem w tym przedziale prędkości jest dwukrotnie mniejsza (112 dni w roku). Liczba dni niekorzystnych biometeorologicznie pod względem prędkości wiatru w poszczególnych latach odbiega jednak znacznie od średniej. Obserwuje się dwukrotną przewagę wartości maksymalnych nad minimalnymi dla poszczególnych stacji, co jest uwarunkowane dużą zmiennością cyrkulacji atmosfery (Hess 1965).

Rozkład dni z wiatrem silnym i bardzo silnym w poszczególnych porach roku jest typowy dla obszaru górskiego – z maksimum przypadającym na zimę i minimum letnim. Związane jest to z mniejszą aktywnością cyklonalną w cieplej

porze roku w porównaniu z okresem zimowym (Wierzbicki 1968). Okres zimowy to najmniej korzystna biometeorologicznie pora roku. Charakteryzuje się występowaniem najsilniejszych wiatrów, co spowodowane jest intensywną cyrkulacją atmosferyczną związaną z szybkim przemieszczaniem się układów cyklonalnych z nad Atlantyku (Wierzbicki 1968; Kozłowska-Szczęśna i in. 1997) oraz częstszym występowaniem przypadków wiatru fenowego (Ustrnul 1992). Miesiącem najbardziej korzystnym z punktu widzenia biometeorologii jest sierpień, kiedy notuje się najmniejszą liczbę dni z wiatrem o średniej prędkości dobowej $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Najwięcej dni z wiatrem silnym i bardzo silnym występuje w styczniu (Kasprowy Wierch) i w grudniu (Śnieżka).

Znaczną przewagę pod względem liczby dni z wiatrem niekorzystnym biometeorologicznie wykazuje się Śnieżka. W okresie wiosennym i letnim zaznacza się największa różnica pomiędzy badanymi stacjami meteorologicznymi; liczba dni z wiatrem silnym i bardzo silnym jest większa odpowiednio 2,4 i 3,8 razy. W okresie jesiennym i zimowym przewaga Śnieżki maleje – liczba dni jest większa 2,1 razy jesienią i zaledwie 1,86 razy zimą. Latem występują największe różnice pomiędzy obiema stacjami – na Śnieżce liczba dni z wiatrem niekorzystnym biometeorologicznie jest 3,8 razy większa niż na Kasprowym Wierchu.

Roczna i sezonowa liczba dni z wiatrem o średniej dobowej prędkości $> 8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ na Kasprowym Wierchu wzrastała w badanym wieloleciu (trendy istotne statystycznie), a na Śnieżce malała (trend istotny statystycznie tylko dla zimy).

W przebiegu dobowym najmniejsza częstość wiatrów silnych dotyczy godzin okołopołudniowych – od 9.00 do 15.00, z minimum o godzinie 12.00. Wartości maksymalne częstości wiatrów silnych i bardzo silnych notuje się w godzinach nocnych oraz porannych. Wyjątek stanowi jesień na Kasprowym Wierchu, kiedy maksimum obserwowane jest o godzinie 18.00. Kożuchowski (2011) przyczyny takiego przebiegu dobowego upatruje w mechanizmie pionowej wymiany pędu w warstwie tarciowej: „Ubytki pędu w godzinach nocnych z dolnej części warstwy tarciowej gromadzą się w górnej części tej warstwy. Na szczycie, sięgającym do tej wyższej części warstwy tarciowej, prędkość wiatru w godzinach nocnych wzrasta”.

Przedstawiony w niniejszej pracy rozkład i częstość wiatrów silnych oraz bardzo silnych w Sudetach i Karpatach w znacznym stopniu zależy od orografii terenu. Zdaniem Piaseckiego (1952), szczególne położenie masywu Karkonoszy i Śnieżki – odizolowanie ze wszystkich stron głębokimi obniżeniami – powoduje wystawienie na bardzo silne wiatry z różnych kierunków i wiąże się z wybitnie niekorzystnymi biometeorologicznie warunkami wietrznymi masywu Karkonoszy wraz z jego najwyższym szczytem.

LITERATURA

- Błażejczyk K., 1975: *Warunki wietrzne w wybranych uzdrowiskach sudeckich*. Dok. Geogr. PAN, z. 3/4, 49–75.
- Błażejczyk K., 2004: *Bioklimatyczne uwarunkowania rekreacji i turystyki w Polsce*. IGiPZ PAN, Warszawa.
- Drukman I., Migąła K., Sobik M., 1997: *Selected characteristics of wind speed structure in the west Karkonosze Mts*. Act. Univ. Wratislaviensis No. 1950, Ser. C, Meteorol. i Klimatol., Vol. VI, Wrocław.
- Hess M., 1965: *Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich*. Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr., 11.
- Hess M., 1966: *O mezoklimacie wypukłych i wklęsłych form terenowych w Polsce Południowej*. Przegl. Geofiz., z. 1, 23–35.
- Jenik J., 1997: *Anemo-orographic systems in the Hercynian Mts and their effects on biodiversity*. Act. Univ. Wratislaviensis No. 1950, Ser. C, Meteorol. i Klimatol., Vol. VI, Wrocław, 9–21.
- Kluge M., Kozłowska-Szczęśna T., 1974: *Warunki bioklimatyczne jako podstawa oceny środowiska miejscowości uzdrowiskowo-wypoczynkowych w Sudetach*. [W:] A. Jahn (red.), *Wykorzystanie i ochrona środowiska ziem południowo-zachodniej Polski*. Mat. Ses. Nauk. 8–9.03.1974. PAN, Wrocław, s. 274–290.
- Kozłowska-Szczęśna T., 1991: *Antropoklimat Polski: (próba syntezy)*. IGiPZ PAN, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1997: *Bioklimatologia człowieka*. Monogr., 1, PAN IGiPZ, Warszawa.
- Kozłowska-Szczęśna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., Limanówka D., 2002: *Bioklimat uzdrowisk polskich i możliwości jego wykorzystania w lecznictwie*. Monogr., 3, PAN IGiPZ, Warszawa.
- Kwiatkowski J., 1973: *Feny w Kotlinie Jeleniogórskiej*. Act. Univ. Wratislaviensis No. 173, Wrocław.
- Kwiatkowski J., 1975: *Zasięg fenów sudeckich i ich wpływ na mezoklimat regionów południowo-zachodniej i środkowej Polski*. Przegl. Geofiz., t. 20(28), z. 1.
- Kwiatkowski J., Hołdys T., 1985: *Klimat*. [W:] A. Jahn (red.), *Karkonosze polskie*. PAN, Wrocław.
- Lewińska J., 1959: *Rozkład i częstotliwość kierunków dolnych prądów powietrza w polskich Tatrach*. Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol., t. 6, z. 5, 239–252.
- Lorenc H., 2012: *Maksymalne prędkości wiatru w Polsce*. IMGW, Państw. Inst. Bad., Warszawa.
- Migąła K., Pereyma J., Sobik M., Szczepankiewicz-Szmyrka M., 1995: *Współczesne warunki klimatyczne i zróżnicowanie topoklimatyczne Karkonoszy*. [W:] Z. Fischer (red.), *Problemy ekologiczne wysokogórskiej części Karkonoszy*. Ofic. Wyd. Inst. Ekol. PAN, Dziekanów Leśny, 51–78.
- Miszuk B., 2008: *Charakterystyka warunków bioklimatycznych Karkonoszy z punktu widzenia różnych form turystyki i rekreacji*. Pr. Geogr., z. 120, 79–89.
- Morawska M., 1968: *Wpływ Tatr na kierunek i prędkość wiatru*. Przegl. Geogr., t. 40, z. 2, 479–484.
- Niedźwiedź T., Orlicz M., Orliczowa J., 1985: *Wiatr w Karpatach polskich*. Dok. Geogr., z. 6, PAN, 9–29.
- Obrębska-Starkłowa B., Bąbka M., 1992: *Cechy bioklimatu Karpat Polskich (w świetle typów pogód dla potrzeb rekreacji)*. Pr. Geogr., 90, 113–145.
- Orlicz M., 1954: *O stosunkach anemometrycznych na szczytach tatrzańskich*. Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol., t. 3, z. 4, 316–335.
- Orlicz M., 1962: *Klimat Tatr*. [W:] W. Szafer (red.), *Tatrzański Park Narodowy*. Zakł. Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- Parczewski W., 1959: *O przepływie powietrza przez wyniosłości terenowe ze szczególnym uwzględnieniem Tatr*. Wiad. Służby Hydrol. i Meteorol., t. 7, z. 2, 265–269.
- Parczewski W., 1960: *Klasyfikacja przedziałów prędkości wiatru w zastosowaniu do opracowań klimatycznych i bioklimatycznych*. Przegl. Geofiz., z. 2, 117–122.

- Schmuck A., 1950/1951: *Rola wiatru w klimacie Dolnego Śląska*. Czas. Geogr., t. 21/22, 448–458.
- Sobik M., 2005: *Klimat*. [W:] J. Fabiszewski (red.), *Przyroda Dolnego Śląska*. PAN, Wrocław.
- Stachlewski W., 1974: *Wiatry halne na Kasprowym Wierchu i w Zakopanem*. Czas. Geogr., z. 1.
- Szczepankiewicz-Szmyrka A., Mielcarek A., 1997: *Bioclimatic conditions in the subalpine zone of the Karkonosze Mts*. Act. Univ. Wratislaviensis No. 1950, Ser. C, Meteorol. i Klimatol., Vol. VI, Wrocław, 95–101.
- Tromp S.W., 1980: *Biometeorology. The impact of the weather and climate on humans and their environment*. Heyden, London.
- Ustrnul Z., 1992: *Potencjalne warunki występowania wiatrów fenowych w Karpatach Polskich*. Zesz. Nauk. UJ, z. 90.
- Walczak W., 1968: *Klimat Sudetów*. [W:] W. Walczak, *Sudety*. PWN, Warszawa.
- Wierzbiński Z., 1968: *Rozkład prędkości wiatru w Polsce na wysokości 10 i 25 metrów nad gruntem*. Pr. PIHM., 63–66.