

10.2478/bfpz-2013-0008

WYSTĘPOWANIE WIATRÓW FENOWYCH W KARPATACH I SUDETACH NA PRZYKŁADZIE DWÓCH STACJI METEOROLOGICZNYCH – KASPROWEGO WIERCHU I ŚNIEŻKI

MARTA ŁAPIŃSKA, EWA BEDNORZ

Zakład Klimatologii, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. Dziegielowa 27, 61-680 Poznań

Abstract: Occurrence of foehn winds at Kasprowy Wierch (Tatra range in the Carpathian Mountains) and at Śnieżka (Karkonosze range in the Sudetes) in years 1971–2009 was analysed. Foehns were selected, using the criterion of wind speed ($\geq 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$) and direction (azimuthal angle from 140° to 220° , i.e. SE-SW), and then were classified according to their persistence. In the analyzed meteorological stations there are on average 32 cases (Kasprowy Wierch) and 35 cases (Śnieżka) recorded annually. Most foehn winds are observed in the colder half of the year, with a peak in October. On Kasprowy Wierch the greatest number of foehns is observed up till January (more than 3,5 monthly on the average), while on Śnieżka more than 3 foehns monthly can appear until May. Only 1–2 foehn winds occur in the summer months. A decreasing trend of frequency of foehns was recorded in the 39 years analysed. This trend is statistically significant in every season for Kasprowy Wierch, and for Śnieżka it is statistically significant only in winter.

Keywords: Carpathian and Sudetes mountains, foehn winds

WSTĘP

Zagadnieniem zjawisk fenowych interesowano się już we wczesnych latach XX w., jednak mało jest prac, których uwaga skupiona jest *stricte* na wiatrach fenowych, w tym halnych. Najwcześniej o halnych pisali m.in.: Wigilew (1912), Bartnicki (1924) oraz Milata (1936, 1951), a w późniejszych latach także Orlicz (1954, 1962), który szczegółowo opisał te lokalne wiatry występujące w Tatrach. Z kolei Morawska-Horawska (1992) zwróciła uwagę na warunki powstania wiatru halnego i dokonała oceny jego zasięgu. Jak zauważyła, uzyskane wyniki wykazały znaczną zbieżność z wynikami związanymi z zasięgiem alpejskiego *föhnu*. Lamert (1920) twierdzi, że wpływ tego wiatru sięga aż za środkowe Niemcy. Szczegółowa charakterystyka wiatru halnego pojawiła się także w *Rozmyślaniach klimatycznych* Romera (1962). W publikacji przedstawione zostały między innymi warunki synoptyczne niezbędne do powstania halnego, termodynamika i cechy typowe dla tego wiatru. Zwrócono też uwagę na

występowanie halnych w górach na całym świecie, a także na znaczny zasięg oddziaływania tych wiatrów w Polsce.

Badania Stachlewskiego (1974a) zależności fenów od typów cyrkulacji oraz wpływu prędkości fenów potencjalnych na ich zasięg objęły profil od Kasprowego Wierchu po Kraków. Ten sam autor analizował zależność wystąpienia wiatru halnego od typu cyrkulacji barycznej. Również Bąkowski (2003), który pisał o cyrkulacji dolnotroposferycznej na obszarze polskich Karpat, zbadał wpływ poszczególnych typów sytuacji synoptycznych kalendarza Niedźwiedzia zarówno na kierunki, jak i prędkość wiatru. Autor określił też zmiany kierunku i prędkości wiatru spowodowane orografią terenu, zależną od przepływu powietrza w skali całej troposfery na terenie polskich Karpat.

Pierwszą anemologiczną monografią obejmującą całe polskie Karpaty jest praca Niedźwiedzia, Orlicza i Orliczowej (1985). W literaturze istnieją również prace dotyczące analizy stosunków anemometrycznych w samych Tatrach. Midowicz (1930) dokonał przeglądu dotychczasowego rozwoju badań nad stosunkami anemologicznymi podanego obszaru. Autor przedstawił strukturę dynamiczną wiatru halnego wraz z informacjami na temat prędkości, jakie może osiągać.

Zdecydowanie mniej publikacji poświęcono tematyce wiatrów fenowych występujących w Sudetach, a dokładniej w Karkonoszach. Na uwagę zasługują prace Kwiatkowskiego (1971, 1975, 1979). Autor szczegółowo opisał zasięg fenów sudeckich, badał ich częstość, a także wielkość ich wpływu ogólnego oraz danych odmian genetycznych zjawisk fenowych na mezoklimat Polski (dokładniej środkowej i południowo-zachodniej). Przedstawił także 20-letnią statystykę występowania zjawisk fenowych i fenopochodnych dla Sudetów i ich przedpola. Kwiatkowski wziął pod uwagę jedynie dwa podstawowe elementy meteorologiczne – temperaturę i niedosyt wilgotności, na które fen wywiera najsilniejszy wpływ. O fenach antycyklonalnych w Karkonoszach pisała Zipser-Urbańska (1969), która ukazała, że zjawisko to obserwuje się też w tym paśmie górskim z roczną częstością wynoszącą 16%. Podała również, jaka sytuacja synoptyczna panująca nad obszarem Europy wywołuje intensywne występowania tego rodzaju wiatrów fenowych. Taki rodzaj fenów został zaobserwowany również w Alpach (Ficker 1948; Flohn 1954; Undt 1956). Określa się go jako: fen antycyklonalny (*Anti zinklalföhn*), fen górny (*Höhenföhn*), fen swobodnej atmosfery (*frezer Föhn*). Kwiatkowski (1979) zaproponował uniwersalną klasyfikację zjawisk fenowych, w której pod uwagę brane są przyczyny procesu fenowego wraz z sytuacjami synoptycznymi i barycznymi, w jakich się tworzą.

Ustrnul (1992) określił potencjalne warunki występowania klasycznych wiatrów fenowych na obszarze polskich Karpat. Największą uwagę zwrócił na stosunki anemologiczne obserwowane na Kasprowym Wierchu.

W literaturze opisywano także ekstremalne przypadki wiatrów fenowych i ich następstwa. Jako przykład może posłużyć praca Trepińskiej i Bąkowskiego

(2000), w której ukazano widoczne zmiany pogody w dniach 6–9 listopada w roku 1997 na północnym przedpolu Tatr. Przypadek halnego spowodował, w tamtym czasie, na obszarze Tatrzańskiego Parku Narodowego znaczne zniszczenia drzewostanu. Ustrnul (1996) opisał przypadki ekstremalne wiatrów halnych na terenie Tatr i Podhala zaobserwowane podczas ostatnich 30 lat.

Ogólną analizę ekstremalnych prędkości wiatru na terenie całej Polski (w tym fenów w Karpatach i Sudetach) w latach 1966–1990 przedstawili Żurański i Jaśpińska (1996). W pracy zaznaczyli, że na obszarach górskich najwyższe prędkości wiatrów występują właśnie z kierunków południowych.

Ogólne informacje o wiatrach fenowych można dodatkowo znaleźć w publikacjach dotyczących charakterystyk klimatycznych polskich obszarów górskich. W monografii Walczaka pt. *Sudety* (1968), w obszernym rozdziale o klimacie tych gór, autor wyjaśnił, na czym polega kompleks fenu, tak charakterystyczny dla tego regionu. W publikacji Schmucka (1959) wspomniano o roli fenów na obszarze Sudetów oraz ich odpowiedników – wiatrów halnych w Karpatach.

W publikacjach traktujących osobno zjawiska fenowe odnaleźć można dokładne charakterystyki tych wiatrów, warunki synoptyczne i terenowe przyczyniające się do wywołania tych zjawisk oraz skutki, jakie powodują feny. Jednak, w większości, są to starsze opracowania, gdyż w ciągu ostatnich lat powstało niewiele nowych prac na ten temat. Należy też podkreślić, że w literaturze koncentrowano się głównie na jednym obszarze badań – więcej napisano o zjawiskach fenowych w Karpatach aniżeli w Sudetach.

Celem niniejszego opracowania jest porównanie występowania wiatrów fenowych w dwóch polskich obszarach górskich, jakimi są Karpaty, a dokładniej Tatry oraz Sudety, a ściślej Karkonosze. Przedmiotem analizy jest struktura sezonowa występowania wiatrów fenowych oraz wieloletnia zmienność ich występowania. Realizacja postawionego celu jest oparta na analizie warunków anemologicznych dwóch stacji meteorologicznych – Kasprowego Wierchu i Śnieżki.

MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE I METODY BADAŃ

W pracy wykorzystano dane meteorologiczne z okresu obejmującego 39 lat (1971–2009). Pochodzą one z dwóch stacji synoptycznych: Kasprowy Wierch (1988 m n.p.m.) i Śnieżka (1602 m n.p.m.). Dane, potrzebne do realizacji przedstawionego celu pracy, pozyskano z Centralnej Bazy Danych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Dotyczyły one prędkości oraz kierunku wiatru z przyjętym krokiem czasowym co 3 godz. (00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC), z dokładnością do jedności. Prędkość wiatru została zmierzona w m/s. Jednostka zastosowana do określenia kierunku wiatru to kąt azymutalny z dokładnością do 10°.

W literaturze polskiej można znaleźć również alternatywne kryteria wyróżniania wiatrów fenowych. Wigilew (1912), jako jeden z pierwszych w Polsce, proponuje dla wiatru halnego w Zakopanem kryterium kierunku S i SW oraz prędkość 3–4 siły według 11-stopniowej skali wiedeńskiej (0 – cisza, 10 – orkan), a następnie (1917) SE-S-SW od prędkości 4 siły. Stachlewski (1974a, b) za podstawowy warunek przy wydzieleniu wiatrów halnych na Kasprowym Wierchu przyjął kierunek z kwadratu S oraz prędkość od 10 m/s. W późniejszych latach Lewińska (1959), w publikacji dotyczącej wiatrów ryterskich i rymanowskich, za prędkość tych wiatrów przyjęła 5 m/s i powyżej z kierunkami SE-S-SW. Później Orlicz (1962), uznający Kasprowy Wierch za stację wskaźnikową, za dolną granicę wiatru halnego podał prędkość 8–9 m/s. Analizując zasięg fenów sudeckich, Kwiatkowski (1975) przyjął wszystkie dni z tym wiatrem z kierunków od SE do W (bez względu na jego prędkość), który utrzymywał się co najmniej 12 godz., czyli przez dwie kolejne obserwacje terminowe. Morawska-Horawska (1992) jako kryterium wiatru halnego podała prędkość równą lub większą od 10 m/s oraz kierunek w granicach 140° – 220° .

W niniejszym opracowaniu przyjęto kryterium wydzielenia przypadków wiatru fenowego za Ustrnulem (1992): prędkość wiatru nie mniejsza niż 10 m/s ($v \geq 10$ m/s), kierunek od 140° do 220° (tj. od SE do SW). Przyjęto również, że wiatr ten musi trwać przynajmniej 6 godz., co pozwoliło wyeliminować przypadki krótkotrwałych wzrostów prędkości wiatru, które mogą być spowodowane lokalnymi czynnikami, na przykład bryzą dolinną czy przejściem frontu (Ustrnul 1992).

Przeanalizowano liczbę przypadków fenów, które wystąpiły w 39-letnim ciągu obserwacyjnym. W formie tabelarycznej zestawiono miesięczną i roczną liczbę przypadków, także w poszczególnych klasach trwałości fenów (dla Kasprowego Wierchu zakres od 6 do 105 godz., dla Śnieżki od 6 do 153 godz. z pojedynczym przypadkiem 177-godzinnym). Zakres pór roku obejmował: zimę (grudzień, styczeń, luty), wiosnę (marzec, kwiecień, maj), lato (czerwiec, lipiec, sierpień) oraz jesień (wrzesień, październik, listopad). Dla pierwszej stacji wydzielono 6 klas trwałości fenów – od 6 godz. do 120 godz. (i powyżej), dla drugiej 8 klas – od 6 godz. do 192 godz. (i powyżej).

Drugim etapem postępowania badawczego była analiza długookresowych zmian występowania wiatrów fenowych za pomocą metody regresji liniowej. Przypadki występowania wiatrów fenowych pogrupowano w pory roku. Dla każdej stacji wykonano 5 wykresów słupkowych (dla zimy, wiosny, lata, jesieni i całego roku), na których dodano linię trendu wraz z równaniami regresji i współczynnikami determinacji (r^2).

WYNIKI

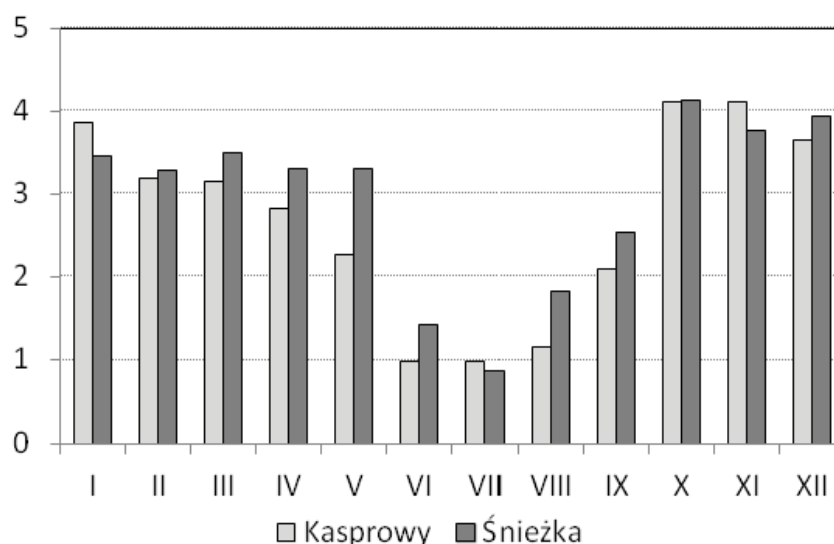
Występowanie wiatrów fenowych w przebiegu rocznym

W tabeli 1 przedstawiono uśrednioną dla 39 lat liczbę przypadków fenów w miesiącach i roku analizowanego wielolecia w przyjętych za Ustrnulem (1992) przedziałach czasowych. Największą liczbę zjawisk fenowych na Kasprowym Wierchu zanotowano w dwóch miesiącach jesiennych – październiku i listopadzie (średnio 4,1 przypadku) oraz zimowych (styczeń 3,8, grudzień 3,6). Minimum wystąpiło w miesiącach letnich – od czerwca do lipca średnio około 1 przypadek rocznie (ryc. 1).

Tabela 1. Średnia miesięczna i roczna liczba przypadków wiatru fenowego według czasu jego trwania dla Kasprowego Wierchu w latach 1971–2009

Table 1. Monthly and annual mean number of foehn winds according to their persistence for Kasprowy Wierch in years 1971–2009

| Godziny Hours | Dni Days | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Rok Year |
|------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| 6 | – | 1,33 | 0,92 | 0,87 | 0,90 | 0,90 | 0,33 | 0,44 | 0,49 | 0,74 | 1,21 | 1,05 | 1,26 | 10,44 |
| 6–12 > | – | 1,15 | 0,87 | 1,08 | 1,00 | 0,82 | 0,44 | 0,38 | 0,46 | 0,90 | 1,44 | 1,41 | 0,85 | 10,79 |
| 12–24 > | 0,5–1 > | 0,92 | 1,00 | 0,69 | 0,62 | 0,38 | 0,21 | 0,10 | 0,18 | 0,33 | 0,92 | 0,97 | 0,95 | 7,28 |
| 24–48 > | 1–2 > | 0,38 | 0,33 | 0,51 | 0,26 | 0,15 | 0,00 | 0,05 | 0,03 | 0,10 | 0,41 | 0,49 | 0,54 | 3,26 |
| 48–72 > | 2–3 > | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,08 | 0,18 | 0,03 | 0,36 |
| 72–120 > | 3–5 > | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,03 | 0,15 |
| Σ | – | 3,85 | 3,18 | 3,15 | 2,82 | 2,26 | 0,97 | 0,97 | 1,15 | 2,08 | 4,10 | 4,10 | 3,64 | 32,28 |



Ryc. Średnia miesięczna liczba przypadków wiatru fenowego dla Kasprowego Wierchu i Śnieżki w latach 1971–2009

Fig. Mean monthly number of foehn winds on Kasprowy Wierch and Śnieżka in the years 1971–2009

Dla Śnieżki uśrednioną liczbę przypadków fenów w miesiącach i roku przedstawiono w tabeli 2. Wyniki zaprezentowane w tym zestawieniu dotyczą większej liczby, niż w przypadku Kasprowego Wierchu, przedziałów czasowych – od 6 do 192 godz.

Tabela 2. Średnia miesięczna i roczna liczba przypadków wiatru fenowego według czasu jego trwania dla Śnieżki w latach 1971–2009

Table 2. Monthly and annual mean number of foehn winds according to their persistence for Śnieżka in years 1971–2009

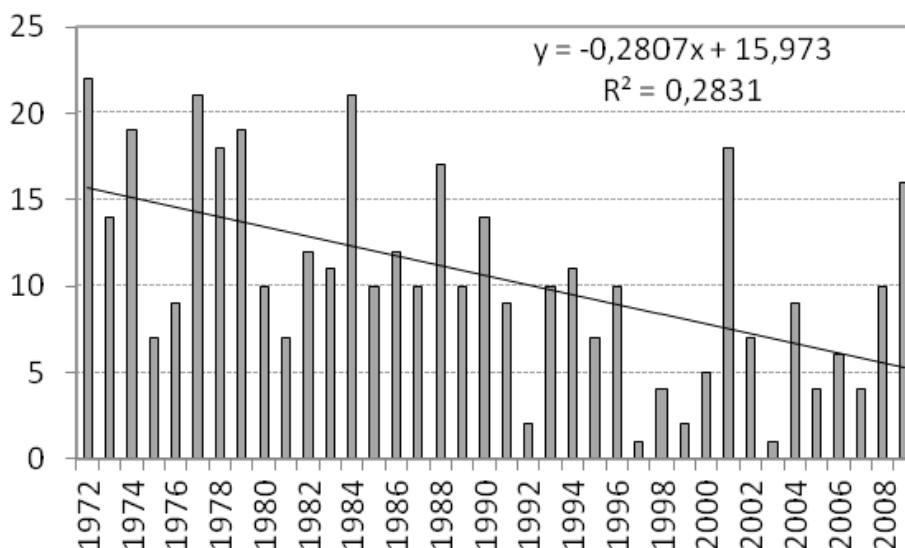
| Godziny Hours | Dni Days | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | IX | X | XI | XII | Rok Year |
|------------------|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|
| 6 | – | 0,67 | 0,74 | 1,15 | 0,79 | 0,97 | 0,56 | 0,38 | 0,54 | 1,03 | 0,92 | 0,85 | 0,69 | 9,31 |
| 6–12 > | – | 0,87 | 0,74 | 0,82 | 1,10 | 1,28 | 0,41 | 0,31 | 0,72 | 0,72 | 1,41 | 0,92 | 1,36 | 10,67 |
| 12–24 > | 0,5–1 > | 1,00 | 0,87 | 0,59 | 0,85 | 0,59 | 0,28 | 0,10 | 0,38 | 0,49 | 0,79 | 1,26 | 0,92 | 8,13 |
| 24–48 > | 1–2 > | 0,62 | 0,69 | 0,69 | 0,41 | 0,41 | 0,13 | 0,05 | 0,18 | 0,28 | 0,74 | 0,54 | 0,72 | 5,46 |
| 48–72 > | 2–3 > | 0,13 | 0,18 | 0,21 | 0,13 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,13 | 0,13 | 0,05 | 1,00 |
| 72–120 > | 3–5 > | 0,18 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,13 | 0,08 | 0,10 | 0,62 |
| 120–150 > | 5–7 > | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,05 | 0,05 |
| 150–192 > | 7–8 > | 0,00 | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,03 | 0,06 |
| Σ | – | 3,46 | 3,28 | 3,49 | 3,31 | 3,31 | 1,41 | 0,85 | 1,82 | 2,54 | 4,13 | 3,77 | 3,93 | 35,29 |

Na Śnieżce, podobnie jak na Kasprowym Wierchu, najczęściej przypadków fenów zanotowano w dwóch najkrótszych przedziałach czasowych, tzn. do 6 godz. oraz między 6–12 godz. Tak jak w przypadku Kasprowego Wierchu także na Śnieżce zaobserwowano zmniejszającą się liczbę analizowanych wiatrów fenowych w miarę wzrostu długości przedziałów czasowych. Najwięcej tego rodzaju wiatrów zanotowano w miesiącach jesienno-zimowych – od listopada do grudnia (ryc. 1). Dużą liczbę fenów na Śnieżce notowano w miesiącach wiosennych (średnio powyżej 3 przypadki). Najmniej wiatrów fenowych – podobnie jak na Kasprowym – notowano od czerwca do sierpnia. Średnia roczna liczba przypadków tych wiatrów na Śnieżce podczas analizowanych 39 lat była nieznacznie wyższa (ok. 35) w porównaniu do Kasprowego Wierchu (ok. 32).

Analiza długookresowych zmian występowania wiatrów fenowych

Kasprowy Wierch

Na rycinie 2 przedstawiono występowanie wiatrów fenowych w okresie zimy w poszczególnych latach. Liczba przypadków zmienia się znacznie z roku na rok. Największą liczbę wiatrów fenowych zanotowano w zimie 1971/1972 i były to 22 przypadki. Nieznacznie powyżej 20 przypadków zaobserwowano w dwóch sezonach – 1976/1977 oraz 1983/1984. Natomiast najmniej zimowych



Ryc. 2. Liczba przypadków wiatru fenowego dla Kasprowego Wierchu zimą w latach 1971–2009

W opisie osi poziomej „1972” oznacza zimą 1971/1972

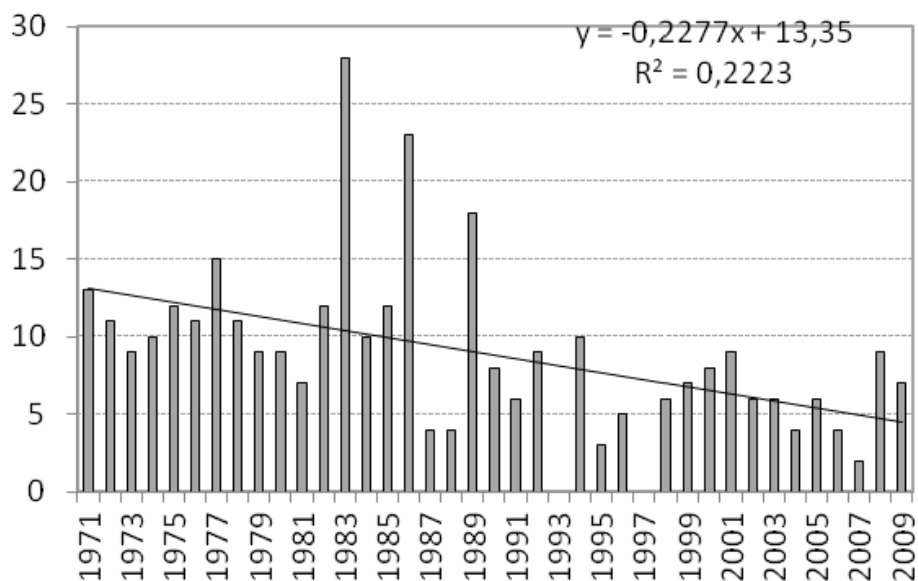
Fig. 2. Number of cases of foehn winds on Kasprowy Wierch in winter seasons in the years 1971–2009

On the graph “1972” means winter season 1971/1972

fenów pojawiło się w sezonie 1976/1997, a także 2002/2003 roku – zaledwie 1 przypadek. Jeden przypadek więcej wystąpił w sezonie 1991/1992 oraz 1998/1999. Malejący trend liczby zimowych fenów w badanym wieloleciu jest istotny statystycznie na poziomie istotności $\alpha = 0,001$.

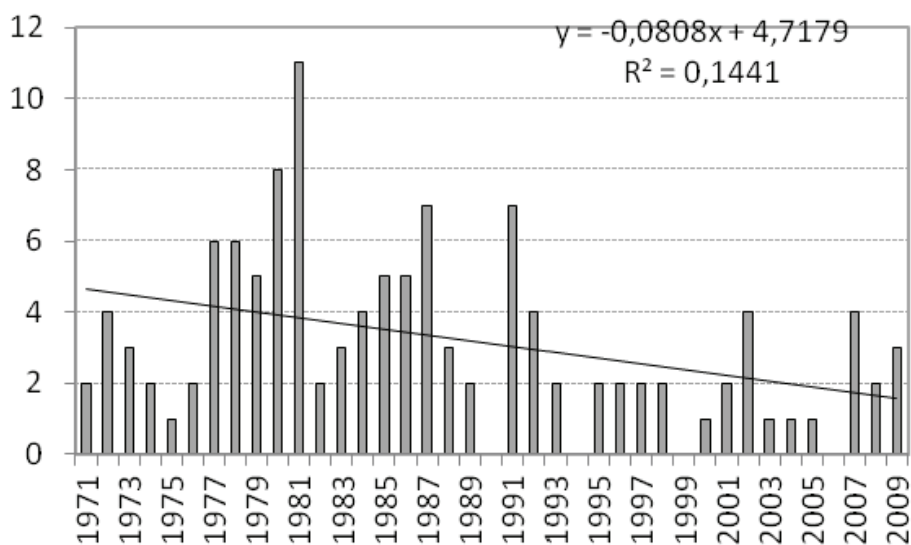
Na rycinie 3 przedstawiono występowanie fenów podczas wiosny. Otrzymane wyniki pokazują, podobnie jak na poprzednim wykresie (ryc. 2), dużą zmienność liczby przypadków. Najwięcej tego rodzaju wiatrów wystąpiło w 1983 r. (28 przypadków – o jeden więcej niż w zimie), sześć lat później zanotowano o 10 przypadków mniej. Wiosną, dwa razy w ciągu 39 obserwowanych lat, nie odnotowano tego wiatru. Sytuacja taka miała miejsce odpowiednio w latach 1993 i 1997, natomiast niewielka liczba fenów (2 przypadki) wystąpiła w roku 2007. Tak jak na rycinie 29, zaobserwowano zmniejszającą się wraz ze wzrostem lat liczbę przypadków tych wiatrów. Trend ten jest również istotny statystycznie na poziomie istotności $\alpha = 0,01$.

Rycina 4 dotyczy występowania omawianych wiatrów w lecie, kiedy wiatry fenowe występują najrzadziej. Najwięcej, bo 11 ich przypadków zanotowano w 1981 r., o 3 mniej rok wcześniej. W badanym wieloleciu aż czterokrotnie – w latach 1990, 1994, 1999 oraz 2006 – nie zauważono przypadku fenu. Z kolei jeden przypadek pojawił się w następujących latach: 1975, 2000, 2003, 2004 oraz 2005. Wykres ilustruje, tak zimą, jak i wiosną, malejącą tendencję liczby tych wiatrów, która także jest istotna statystycznie na poziomie istotności $\alpha = 0,05$.



Ryc. 3. Liczba przypadków wiatru fenowego dla Kasprowego Wierchu wiosną w latach 1971–2009

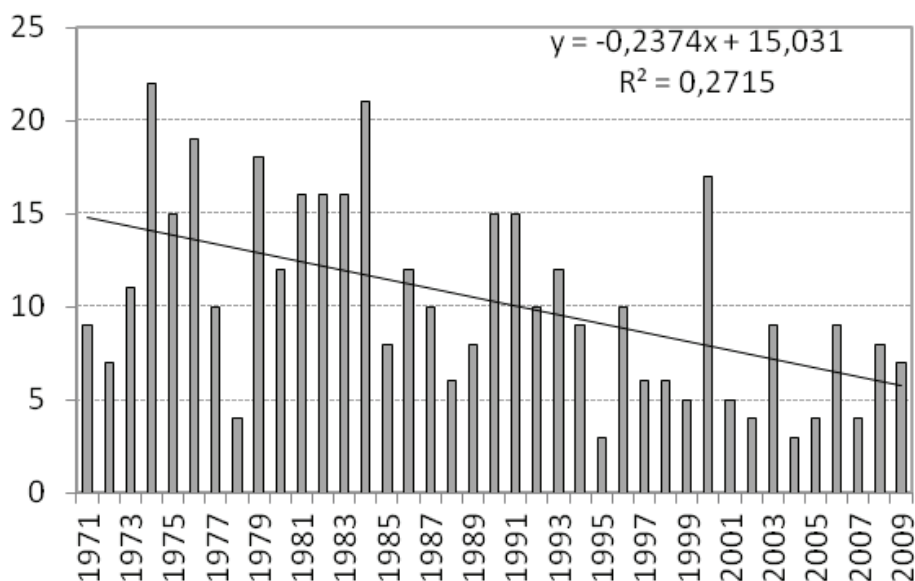
Fig. 3. Number of cases of foehn winds on Kasprowy Wierch in spring in the years 1971–2009



Ryc. 4. Liczba przypadków wiatru fenowego dla Kasprowego Wierchu latem w latach 1971–2009

Fig. 4. Number of cases of foehn winds on Kasprowy Wierch in summer in the years 1971–2009

Na rycinie 5 zobrazowano występowanie tego rodzaju wiatrów w porze jesiennej. Liczba przypadków pojawienia się fenów w tej porze roku zawiera się w podobnych przedziałach jak zimą i wiosną. Najwięcej (22) przypadków odnotowano w 1974 r., nieznacznie mniej (21) 10 lat później. Najmniej ich pojawiło się w roku 1995 i 2004 – tylko 3. W latach: 1978, 2002, 2005 i 2007 odnotowano



Ryc. 5. Liczba przypadków wiatru fenowego dla Kasprowego Wierchu jesienią w latach 1971–2009

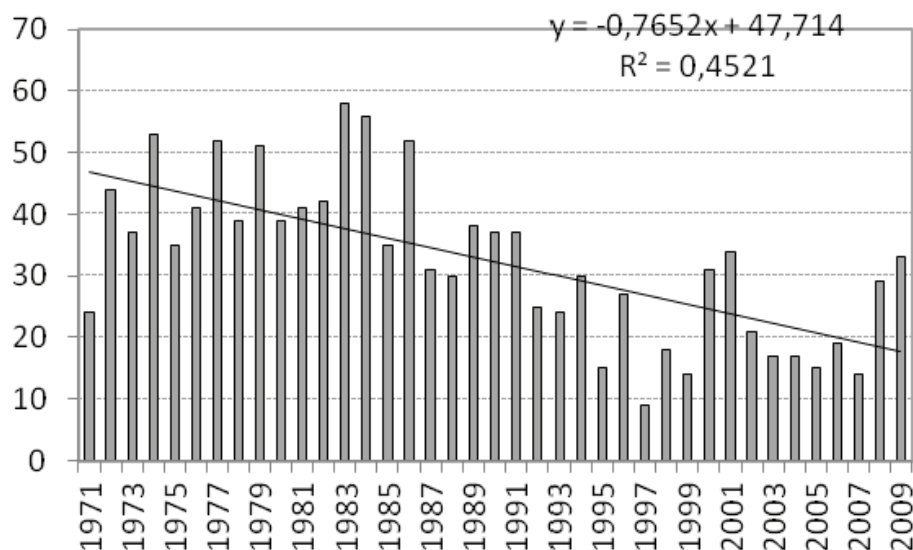
Fig. 5. Number of cases of foehn winds on Kasprowy Wierch in autumn in the years 1971–2009

4 przypadki. Podobnie jak we wszystkich wcześniejszych porach roku, liczba przypadków wiatrów fenowych maleje w kolejnych latach. Trend ten jest wysoce istotny statystycznie ($\alpha = 0,001$).

Za pomocą ryciny 6 przedstawiono sumy roczne liczby przypadków występowania fenów w badanym wieloleciu. Do początku lat 90. XX w. roczna liczba wiatrów fenowych oscylowała w przedziale od 25 do 60 przypadków, z maksimum przypadającym na rok 1983, w którym wystąpiło 60 przypadków. Rok później odnotowano 54 przypadki, a cztery lata wcześniej 53. Od 1990 r. przedziały wartości zmniejszają się i osiągają od 10 do prawie 40 przypadków. Minimum – 10 przypadków – zaobserwowano w 1997 r., 2 przypadki więcej odnotowano w 2004 r. Identyfikacja jak w zaprezentowanych powyżej czterech porach roku widoczna jest tendencja malejąca liczby fenów wraz ze wzrostem lat. Trend roczny, tak jak trendy zimowy i jesienny, jest wysoce istotny statystycznie ($\alpha = 0,001$) i oznacza spadek liczby fenów o około 8 przypadków na 10 lat.

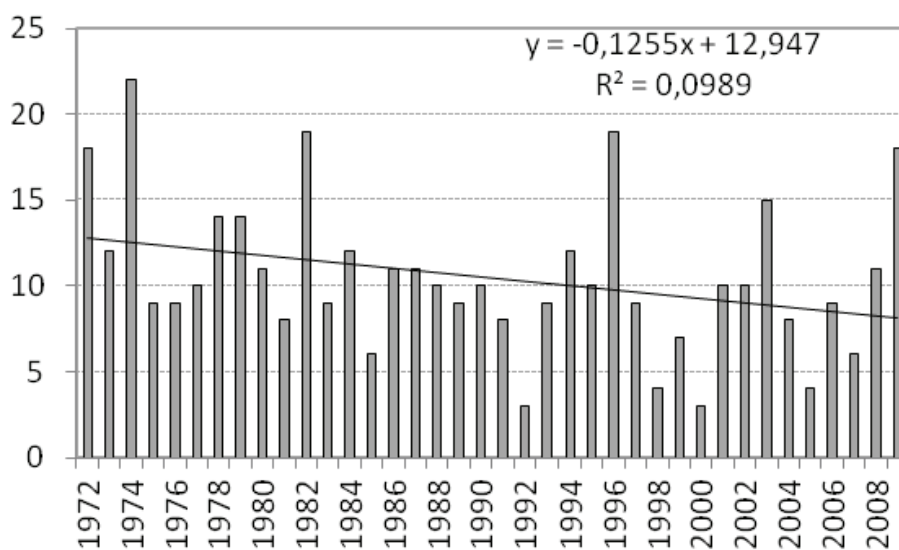
Śnieżka

Na rycinie 7 przedstawiono występowanie zimowych fenów na Śnieżce. W analizowanym wieloleciu odnotowano okresy, w których liczba przypadków tych wiatrów na przemian wzrastała i malała. W 1974 r. odnotowano największą liczbę tych wiatrów na Śnieżce – jak na Kasprowym – 22 przypadki. W roku 1982 i 1996 było ich 19. Najmniejszą liczbę zimowych fenów (3 przypadki) zaobserwowano na Śnieżce dwa razy – w 1992 oraz w 2000 r. Tak jak na



Ryc. 6. Roczna liczba przypadków wiatru fenowego dla Kasprowego Wierchu w latach 1971–2009

Fig. 6. Annual number of cases of foehn winds on Kasprowy Wierch in the years 1971–2009



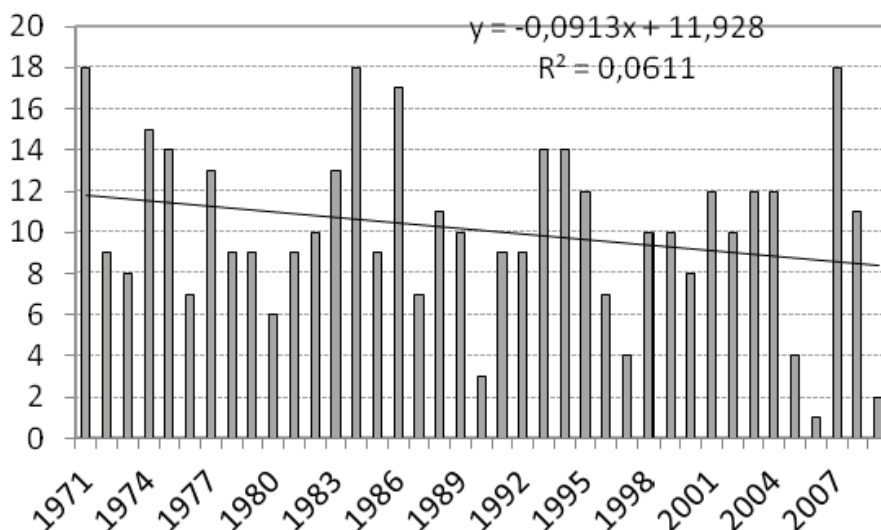
Ryc. 7. Liczba przypadków wiatru fenowego dla Śnieżki zimą w latach 1971–2009.
W opisie osi poziomej „1972” oznacza zimę 1971/1972

Fig. 7. Number of cases of foehn winds on Śnieżka in winter seasons in the years 1971–2009

On the graph “1972” means winter season 1971/1972

Kasprowym Wierchu, w miarę wzrostu lat zauważono malejący istotny statystycznie trend zmian rocznej liczby tego rodzaju wiatrów ($\alpha = 0,05$).

Na rycinie 8 przedstawiono występowanie fenów w czasie wiosny. Z wykresu wynika duża zmienność liczby przypadków z roku na rok. Największa liczba tych wiatrów (18 przypadków, tzn. 10 mniej niż na Kasprowym) pojawiła się



Ryc. 8. Liczba przypadków wiatru fenowego dla Śnieżki wiosną w latach 1971–2009

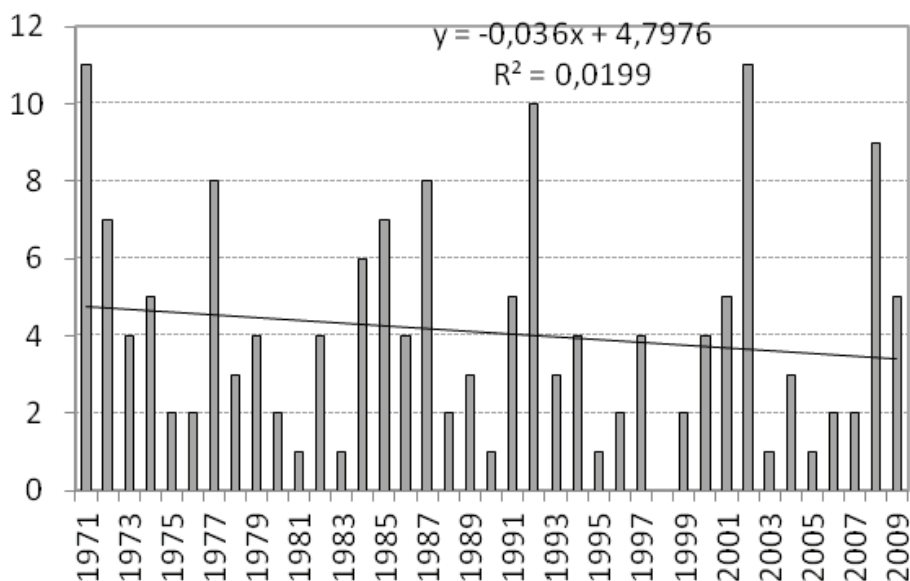
Fig. 8. Number of cases of foehn winds on Śnieżka in spring in the years 1971–2009

trzykrotnie – w 1971, 1984 i w 2007 r. Niewiele mniej – 17 przypadków wystąpiło w 1986 r. Na Śnieżce najmniej wiosennych wiatrów fenowych odnotowano w 2006 r. (1 przypadek). Zaledwie 2 przypadki pojawiły się w ostatnim roku badanego wielolecia (2009). Zaobserwowano, podobnie jak na Kasprowym Wierchu, zmniejszającą się wraz ze wzrostem lat liczbę przypadków tego rodzaju wiatrów. Tendencja ta jest jednak nieistotna statystycznie.

Rycina 9 dotyczy występowania omawianych wiatrów podczas lata. Największą liczbę fenów (11 przypadków) odnotowano dwukrotnie – w 1971 i 2002 r. Trochę mniej – 10 przypadków zaobserwowano w roku 1992. Lato bez fenów zdarzyło się tylko jeden raz w 1998 r. Natomiast 1 przypadek pojawił się aż sześć razy w wieloleciu – kolejno w latach: 1981, 1983, 1990, 1995 oraz, podobnie jak na Kasprowym Wierchu, jeszcze w roku 2003 i 2005. Po raz kolejny można zauważyć malejącą, chociaż nieistotną statystycznie, tendencję pojawiania się tych wiatrów.

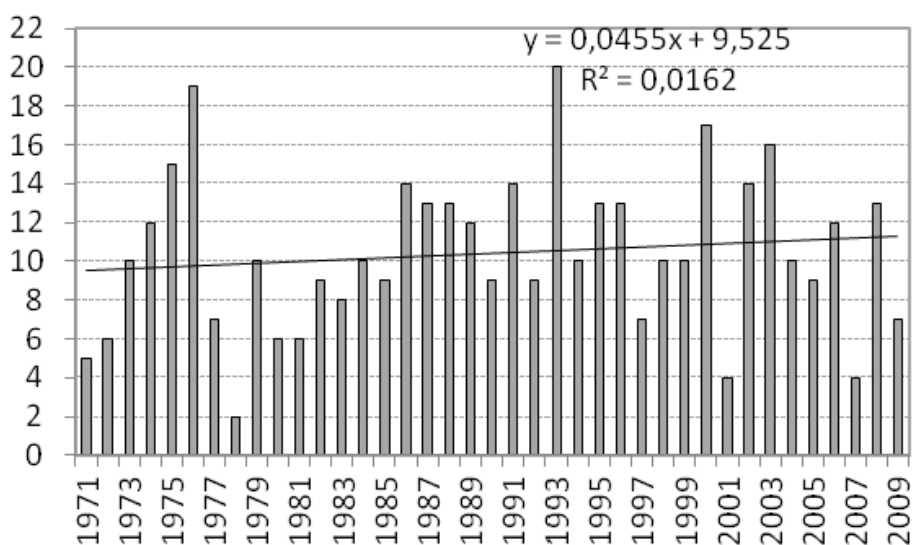
Za pomocą ryciny 10 przedstawiono występowanie tego rodzaju wiatrów dla okresu jesieni. Na Śnieżce zarówno udział największej, jak i najmniejszej liczby wiatrów fenowych jest niewiele mniejszy niż na Kasprowym Wierchu. Najwięcej jesiennych fenów – 20 przypadków, czyli o 2 mniej niż na pierwszej stacji, zanotowano w 1993 r., a 19 w 1976, najmniej zaś, bo zaledwie 2 przypadki, w roku 1978 (o 1 mniej niż na Kasprowym Wierchu), 4 zaobserwowano zarówno w 2001, jak i w 2007 r. W ostatnim wymienionym roku taka sama liczba fenów wystąpiła na Kasprowym Wierchu. Liczba jesiennych fenów na Śnieżce wzrastała w badanym wieloleciu (trend nieistotny statystycznie).

Na rycinie 11 przedstawiono sumy roczne fenów w badanym wieloleciu. Na Śnieżce maksimum przypadków odnotowane w roku 1974 jest mniejsze od zanotowanego dla Kasprowego Wierchu (60) i wynosi 51. W 2002 i 2008 r. odno-



Ryc. 9. Liczba przypadków wiatru fenowego dla Śnieżki latem w latach 1971–2009

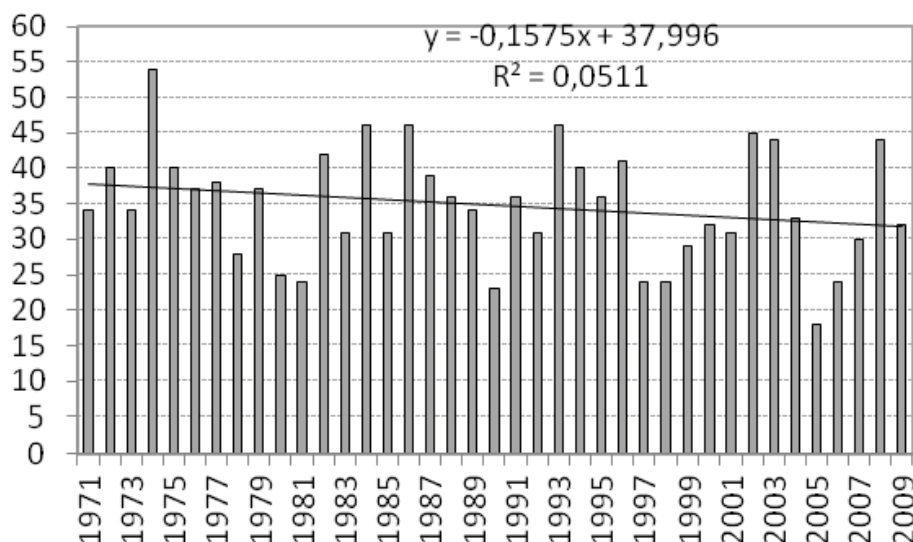
Fig. 9. Number of cases of foehn winds on Śnieżka in summer in the years 1971–2009



Ryc. 10. Liczba przypadków wiatru fenowego dla Śnieżki jesienią w latach 1971–2009

Fig. 10. Number of cases of foehn winds on Śnieżka in autumn in the years 1971–2009

towano 2 przypadki mniej, a następnę o 3 mniej w 1986 r. Z kolei najmniejszą liczbę tych wiatrów zaobserwowano w 2005 r. (17 przypadków), podczas gdy na Kasprowym minimum to 10 przypadków (w 1997). Warto podkreślić fakt, iż wiatry fenowe występują nieznacznie częściej na Śnieżce niż na Kasprowym Wierchu. W obu stacjach można zauważyć malejący trend rocznej liczby przypadków wiatrów fenowych na Śnieżce (nieistotny statystycznie).



Ryc. 11. Roczna liczba przypadków wiatru fenowego dla Śnieżki w latach 1971–2009

Fig. 11. Annual number of cases of foehn winds on Śnieżka in the years 1971–2009

PODSUMOWANIE

W analizowanych stacjach notuje się około 32 (Kasprowy Wierch) i 35 przypadków (Śnieżka) wiatru halnego rocznie. Nieznacznie większa liczba fenów w Sudetach wiąże się z ich położeniem (widoczne wysunięcie górotworu ku zachodowi) i ich uwarunkowaniami klimatycznymi (większy oceanizm). W górach tych przeważają wiatry południowo-zachodnie, co sprzyja powstawaniu wiatrów fenowych.

Na obu stacjach najczęściej (56–66%) odnotowano fenów krótkotrwałych (6–12 godz.), co oznacza około 20 przypadków rocznie. Wiatry fenowe trwające 1–2 dni pojawiają się znacznie rzadziej (średnio 3 razy w roku na Kasprowym, 5,5 na Śnieżce). Sporadycznie zdarzają się przypadki 2–3-dniowe lub dłuższe. Rekordowo długo trwający fen (ponad 7 dni) zanotowano w grudniu 1972 r. na Śnieżce.

W obu stacjach najczęściej wiatrów fenowych notuje się w chłodnej połowie roku, a najczęściej w październiku. Na Kasprowym Wierchu duża liczba wiatrów halnych utrzymuje się do stycznia (średnio powyżej 3,5 miesięcznie), a na Śnieżce po jesienno-zimowym maksimum. Dużej liczby fenów, powyżej 3 miesięcznie, można spodziewać się do końca maja. Stachlewski (1974) analizując częstości występowania wiatrów halnych na Kasprowym Wierchu i w Zakopanem w latach 1951–1970, stwierdził ich największą liczbę w listopadzie i grudniu. Podobną hierarchię pór roku, liczby przypadków wiatrów fenowych na Kasprowym Wierchu (zima, jesień, wiosna, lato), przedstawiło Orlicz (1954).

Jak zauważa Niedźwiedź i współpracownicy (Niedźwiedź 1968; Niedźwiedź i in. 1985), od października do grudnia wyraźnie zaznacza się aktywność południowych oraz południowo-zachodnich spływów powietrza, natomiast zarówno podczas marca, jak i kwietnia południowo-wschodnich, co warunkuje pojawianie się wiatrów fenowych. Od maja do września uaktywnia się północno-zachodni kierunek spływu. Napływ mas powietrza z kierunku północnego osiąga swoje maksimum podczas lata, a dokładniej w lipcu, co nie sprzyja obecności wiatrów fenowych. Zatem, jak stwierdzono w niniejszym opracowaniu, feny występują najrzadziej właśnie podczas letnich miesięcy. Stachlewski (1974) za przyczynę większej liczby fenów w chłodnym półroczu uważa zaznaczający się wtedy wzrost aktywności cyrkulacji atmosfery i związaną z tym większą prędkość wiatru. Natomiast zwiększająca się radiacja i osłabienie cyrkulacji podczas półroczia ciepłego sprawiają, że wiatry fenowe występują rzadziej i są zazwyczaj słabsze.

W obu stacjach, podczas analizowanych 39 lat, zaobserwowano malejącą frekwencję tego rodzaju wiatrów. Jednak tylko w przypadku Kasprowego Wierchu wszystkie trendy są istotne statystycznie, dla Śnieżki zaś jedynie trend zimowy. Pozostałe wyniki dotyczące trendów występowania fenów na Śnieżce nie zostały potwierdzone statystycznie.

LITERATURA

- Bartnicki L., 1924: *O wietrze halnym w Tatrach*. Czas. Geogr., 2.
- Bąkowski R., 2003: *Cyrkulacja dolnotroposferyczna na obszarze Karpat polskich*. Wiad. IMiGP, XXVI(XLVII), 3, 3–38.
- Ficker H., de Rudder B., 1948: *Föhn und Föhnwirkungen*. Leipzig.
- Flohn H., 1954: *Witterung und Klima in Mitteleuropa*. Stuttgart.
- Kwiatkowski J., 1971: *Wiatry fenowe w Kotlinie Jeleniogórskiej*. Wierchy, 40.
- Kwiatkowski J., 1975: *Zasięg fenów sudeckich i ich wpływ na mezoklimat regionów południowo-zachodniej i środkowej Polski*. Przegl. Geofiz., XX(XXVIII), 1.
- Kwiatkowski J., 1979: *Zjawiska fenowe w Sudetach i na Przedpolu Sudetów*. Probl. Zagosp. Ziemi Górskich, 20, 243–280.
- Lamert L., 1920: *Der Mittlere Zustand der Atmosphäre bei Südföhn*. Veröf. Geoph. Inst., H. 7, Leipzig.
- Lewińska J., 1959: *Rozkład i częstotliwość kierunków dolnych prądów powietrza w polskich Tatrach*. Wiad. Służby Hydrol.-Meteor., 6, 5, 37–50.
- Midowicz W., 1930: *Z rozważań nad problemami anemologicznymi w Tatrach*. Przegl. Geogr., X.
- Milata W., 1936: *Wiatry halne w Karpatach*. Wiad. Geogr., 5–7.
- Milata W., 1951: *Wiatr halny*. Wierchy, 20.
- Morawska-Horawska M., 1992: *Warunki powstawania wiatru halnego i problem oceny jego zasięgu*. Fol. Geogr. Ser. Geogr.-Phys., 23, 73–79.
- Niedźwiedź T., 1968: *Częstotliwość występowania układów barycznych, mas powietrza i frontów atmosferycznych nad polskimi Karpatami Zachodnimi*. Przegl. Geogr., 40, 2, 473–478.
- Niedźwiedź T., Orlicz M., Orliczowa J., 1985: *Wiatr w Karpatach Polskich*. Dokum. Geogr. IG i PZ PAN, 6.

- Orlicz M., 1954: *O stosunkach anemometrycznych na szczytach tatrzańskich*. Wiad. Służby Hydrol.-Meteor., 3, 4, 38–59.
- Orlicz M., 1962: *Klimat Tatr*. [W:] W. Szafec (red.), *Tatrzański Park Narodowy*, Zakł. Ochrony Przyrody PAN, Kraków.
- Romer E., 1962: *Rozmyślenia klimatyczne*. [W:] *Wybór prac. III*. PWN, Warszawa.
- Schmuck A., 1959: *Zarys klimatologii Polski*. PWN, Warszawa.
- Stachlewski W., 1974a: *Wiatry fenowe w wybranych miejscowościach wzdłuż profilu Kasprowy Wierch–Kraków*. Przegl. Geofiz., XIX(XXVII), 1, 81–94.
- Stachlewski W., 1974b: *Wiatry halne na Kasprowym Wierchu i w Zakopanem*. Czas. Geogr., XLV, 1.
- Trepińska J., Bąkowski R., 2000: *The case of the foehn wind in Zakopane and Cracow from November 6–9 1997*. Pr. Geogr., 105.
- Undt W., 1956: *Der Höhenföhn und seine bioklimatische Bedeutung*. Wetter und Leben, 8–11.
- Ustrnul Z., 1992: *Potencjalne warunki występowania wiatrów fenowych w Karpatach polskich*. Zesz. Nauk. UJ, Pr. Geogr., 90.
- Ustrnul Z., 1996: *Ekstremalne przypadki wiatrów halnych na obszarze Tatr i Podhala w ostatnim 30-leciu*. I Ogólnopol. Konf. „Przyroda TPN a człowiek”, Zakopane 6–9 X 1995, 164–167.
- Walczak W., 1968: *Sudety*. PWN, Warszawa.
- Wigilew B., 1912: *Kilka słów o wietrze halnym*. Pam. Tow. Tatr., 33.
- Zipser-Urbańska A., 1969: *Feny antycyklonalne w Karkonoszach*. Przegl. Geofiz., XIX(XXII), 2.
- Żurański J.A., Jaśpińska B., 1996: *Directional analysis of extreme wind speeds in Poland*. Journ. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 65, 13–20.