

Bogdan KOTOWSKI

**Zjawiska fenowe i fenopochodne we wschodniej części Pogórza
Karpackiego i Kotliny Sandomierskiej**

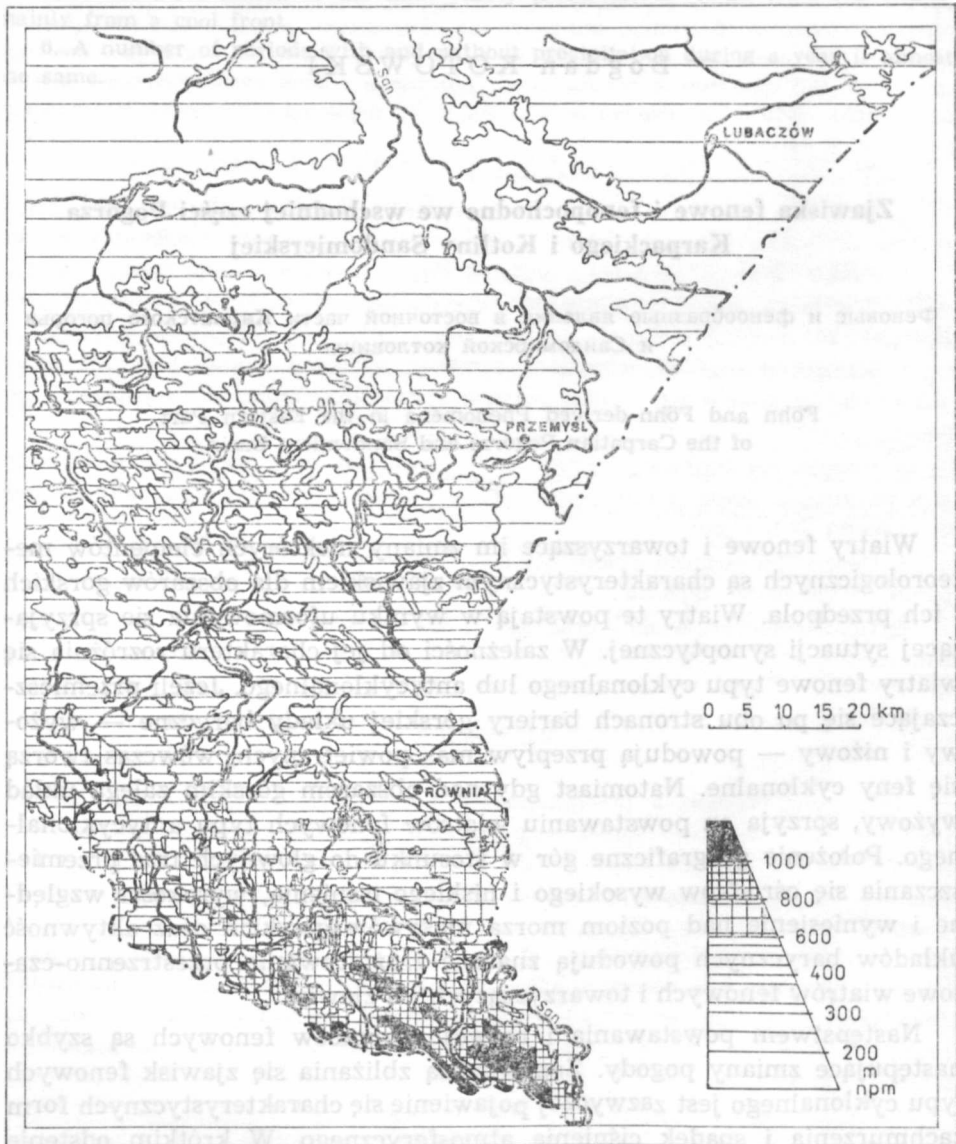
Феновые и фенобразные явления в восточной части Карпатского погорья
и Сandomирской котловины

Föhn and Föhn-derived Phenomena in the Eastern Part
of the Carpatian Pogórze and Sandomierz Basin

Wiatry fenowe i towarzyszące im zmiany niektórych elementów meteorologicznych są charakterystycznym zjawiskiem dla obszarów górskich i ich przedpola. Wiatry te powstają w wyniku uformowania się sprzyjającej sytuacji synoptycznej. W zależności od jej charakteru rozróżnia się wiatry fenowe typu cyklonalnego lub antycyklonalnego. Jeżeli przemieszczające się po obu stronach bariery górskiej układy baryczne — wyżowy i niżowy — powodują przepływ mas powietrznych, wówczas tworzą się feny cyklonalne. Natomiast gdy nad obszarem górskim zalega układ wyżowy, sprzyja on powstawaniu wiatrów fenowych typu antycyklonalnego. Położenie geograficzne gór w stosunku do głównych tras przemieszczania się ośrodków wysokiego i niskiego ciśnienia, wysokości względne i wyniesienie nad poziom morza masywów górskich oraz aktywność układów barycznych powodują znaczne zróżnicowanie przestrzenno-czasowe wiatrów fenowych i towarzyszących im zjawisk.

Następstwem powstawania i rozwoju procesów fenowych są szybko następujące zmiany pogody. Zapowiedzią zbliżania się zjawisk fenowych typu cyklonalnego jest zazwyczaj pojawienie się charakterystycznych form zachmurzenia i spadek ciśnienia atmosferycznego. W krótkim odstępie czasu następuje znaczny wzrost prędkości wiatru, połączony ze zmianą jego kierunku, gwałtowny wzrost temperatury i wyraźny spadek wilgotności powietrza. Zjawiska fenowe typu antycyklonalnego poprzedza

wzrost ciśnienia atmosferycznego, a wiatr nie osiąga najczęściej znacznych prędkości. W czasie trwania procesu fenowego obserwuje się często doskonałą widzialność, czystość atmosfery i charakterystyczny koloryt powietrza.



Ryc. 1. Zarys ukształtowania terenu z zaznaczonymi położeniami stacji meteorologicznych
Morphologic sketch of the area with marked location of meteorologic stations

Typowymi masywami górskimi w Polsce, w których tworzą się zjawiska fenowe, są Karpaty i Sudety. Góry te różnią się nie tylko wyniesieniem nad poziom morza i wysokościami względnymi, ale także położeniem w stosunku do głównych tras przemieszczania się ośrodków wysokiego i niskiego ciśnienia. Konsekwencją tego jest zapewne zróżnicowanie intensywności, zasięgu i czasu trwania zjawisk fenowych oraz ich oddziaływania na mezoklimat obu łańcuchów górskich.

Częstość występowania zjawisk fenowych w Sudetach i związane z tym następstwa klimatyczne stały się przedmiotem kilku opracowań Kwiatkowskiego (1972, 1975, 1979), który określił wpływ zjawisk fenowych na mezoklimat Sudetów w różnych strefach hipsometrycznych, zarówno w partiach szczytowych, jak i na przedpolu tych gór. Wprowadzona przez Kwiatkowskiego (1979) uniwersalna definicja zjawisk fenowych pozwala na zastosowanie kryterium porównywalności ich oddziaływania na mezoklimat różnych obszarów górskich. Zjawiska fenowe w Karpatach nie zostały dotychczas opracowane w sposób kompleksowy. Częstością ich występowania zajmowali się m.in. Lewińska (1958), Malicki i Michna (1966, 1967/68), Obrębska-Starkłowa (1973), Orlicz (1962) i Stachlewski (1974a, b). Prace te dotyczą tylko niektórych mezoregionów Karpat. Dla wybranej części Karpat i bardziej oddalonego przedpola próbę analizy następstw klimatycznych wiatrów fenowych podjął Stachlewski (1974a).

Celem niniejszej pracy jest rozpatrzenie problemu wiatrów fenowych i towarzyszących im zjawisk klimatycznych we wschodniej części Pogórza Karpackiego i Kotliny Sandomierskiej.

METODA OPRAWOWANIA

W niniejszym opracowaniu wykorzystano materiały obserwacyjne z lat 1961—1970, ze stacji naukowej UMCS w Równi oraz stacji meteorologicznych IMGW w Przemyśle i Lubaczowie. Materiał wyjściowy stanowiły terminowe wartości dobowe i średnie dobowe następujących elementów meteorologicznych: ciśnienia atmosferycznego, temperatury i wilgotności względnej powietrza, prędkości i kierunku wiatru oraz stopnia zachmurzenia.

Kryteria występowania zjawisk fenowych określono następująco: 1) charakterystyczne zmiany przebiegu elementów meteorologicznych — spadkowa lub wzrostowa tendencja ciśnienia atmosferycznego, zmiana kierunku wiatru i wzrost jego prędkości, raptowny wzrost temperatury i wyraźny spadek wilgotności względnej, 2) wyrównany przebieg dobowy

temperatury i wilgotności względnej, 3) stwierdzenie przepływu (transfluencji) mas powietrznych, 4) gradient temperatury $dt/dh \geq 0,6^{\circ}\text{C}$.

Przepływ mas powietrznych stwierdzono na podstawie utrzymujących się w Równi wiatrów z sektora W—ESE przez co najmniej 12 godzin, bez względu na ich prędkość, przy braku notowań ciszy w tych samych terminach obserwacyjnych w Przemyślu i Lubaczowie. Ostatecznym kryterium występowania zjawisk fenowych był gradient temperatury. Z uwagi na oddalenie Równi i Przemyśla od partii szczytowych Bieszczadów gradient temperatury określono $dt/dh \geq 0,6^{\circ}\text{C}$. Jest to wartość ustalona empirycznie przez Kwiatkowskiego (1979) dla przedpoła Sudetów. Wymienione kryteria fenowe stosuje się w regionie górskim lub na jego bliskim przedpołu. Na dalekie przedpole gór efekty fenowe docierają znacznie osłabione i nie dają się zidentyfikować według wyżej wymienionych kryteriów. Zjawiska te, według definicji uniwersalnej, noszą nazwę zjawisk fenopochodnych (Kwiatkowski 1979). Powszechnie przyjętym dla nich kryterium „fenowości” jest znaczny wzrost temperatury i wyraźny spadek wilgotności względnej, przy stwierdzonej transfluencji mas powietrznych. Kryteria te stosowano podczas analizy materiału podstawowego ze stacji meteorologicznej IMGW w Lubaczowie.

W pracy nie uwzględniono typów i podtypów zjawisk fenowych proponowanych w uniwersalnej definicji tych zjawisk, wprowadzonej przez Kwiatkowskiego (1979). Wszystkie typy i podtypy (grawitacyjno-dynamiczne, grawitacyjne, swobodno-dynamiczne i dynamiczne) potraktowano łącznie. We wschodniej części Pogórza Karpackiego nie stwierdzono natomiast występowania typowych fenów swobodnych. Jest to potwierdzeniem poglądu Fickera (1943), że nie docierają one do wklęsłych form obszarów położonych poniżej 800 m n.p.m.

CZĘSTOŚĆ WYSTĘPOWANIA ZJAWISK FENOWYCH I FENOPOCHODNYCH

Wiatry fenowe i towarzyszące im zjawiska pojawiają się we wschodniej części Pogórza Karpackiego i Kotliny Sandomierskiej średnio 14,3—14,7 dni w ciągu roku. Jest to liczba kilkakrotnie mniejsza od wartości podawanej dla Beskidu Niskiego (Obrębska-Starkłowa 1973) i Kotliny Sądeckiej (Lewińska 1958), natomiast zbliżona do wyników uzyskanych przez Orlicza (1962) i Stachlewskiego (1974a, b) dla Zakopanego oraz Malickiego i Michnę (1966, 1967/68) dla Bieszczadów Zachodnich. Wyniki te nie mogą być jednak w pełni porównywalne. Większość autorów za dzień z wiatrem fenowym (halnym) przyjmuje taki dzień, w czasie którego stwierdzono występowanie efektów fenowych przynajmniej w 1 terminie obserwacyjnym. Natomiast autor niniejszej pracy przyjął za Kwiatkowskim (1972), że

dzień z wiatrem fenowym jest to taki dzień, podczas którego stwierdzono występowanie efektów fenowych przynajmniej w 2 terminach obserwacyjnych. Określenie wiatru fenowego nie jest równoznaczne z określeniem wiatru halnego, na co zwrócił uwagę Stachlewski (1974b). Jest ono pojęciem szerszym, nie wprowadzającym określonej granicy prędkości wiatru, poniżej której nie jest on uznawany za wiatr halny.

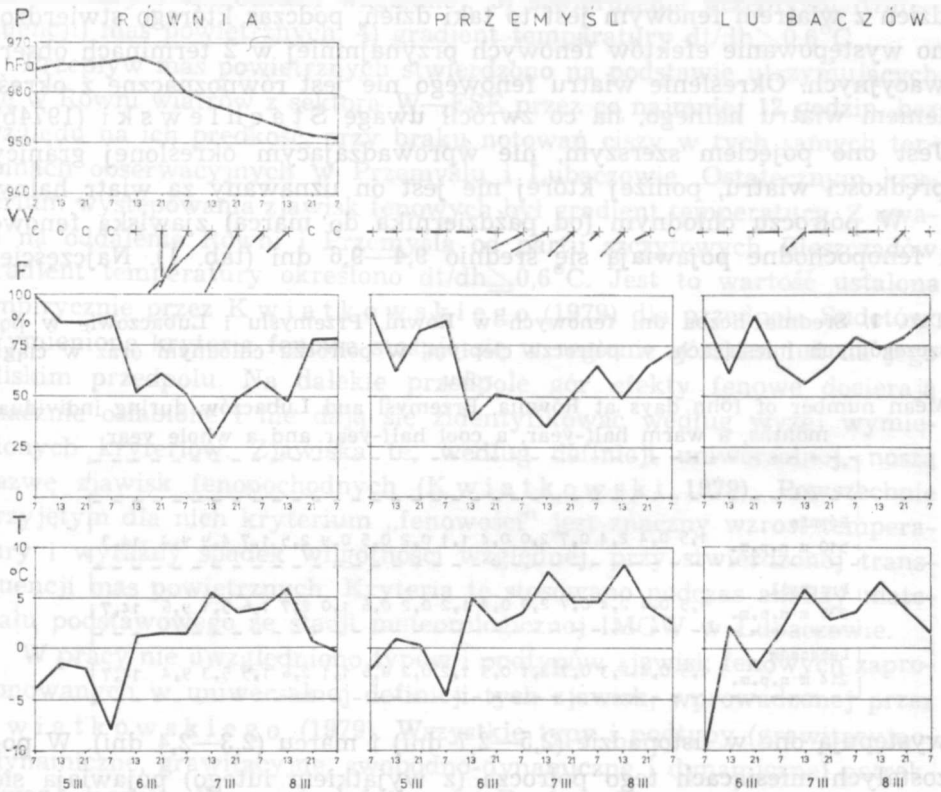
W półroczu chłodnym (od października do marca) zjawiska fenowe i fenopochodne pojawiają się średnio 9,4—9,6 dni (tab. 1). Najczęściej

Tabl. 1. Średnia liczba dni fenowych w Równi, Przemyślu i Lubaczowie w poszczególnych miesiącach, w półroczu ciepłym, w półroczu chłodnym oraz w ciągu roku

Mean number of föhn days at Równia, Przemyśl and Lubaczów during individual months, a warm half-year, a cool half-year and a whole year

Równia																			
>10 m n.p.m.	1,5	0,4	2,4	0,7	2,0	0,4	1,1	0,2	0,5	0,9	2,5	1,7	4,9	9,4	14,3				
Przemyśl																			
237 m n.p.m.	1,5	0,4	2,4	0,7	2,0	0,4	1,2	0,2	0,6	1,0	2,7	1,6	5,1	9,5	14,7				
Lubaczów																			
214 m n.p.m.	1,5	0,4	2,3	0,7	2,1	0,5	1,2	0,2	0,6	1,1	2,6	1,5	5,3	9,4	14,7				

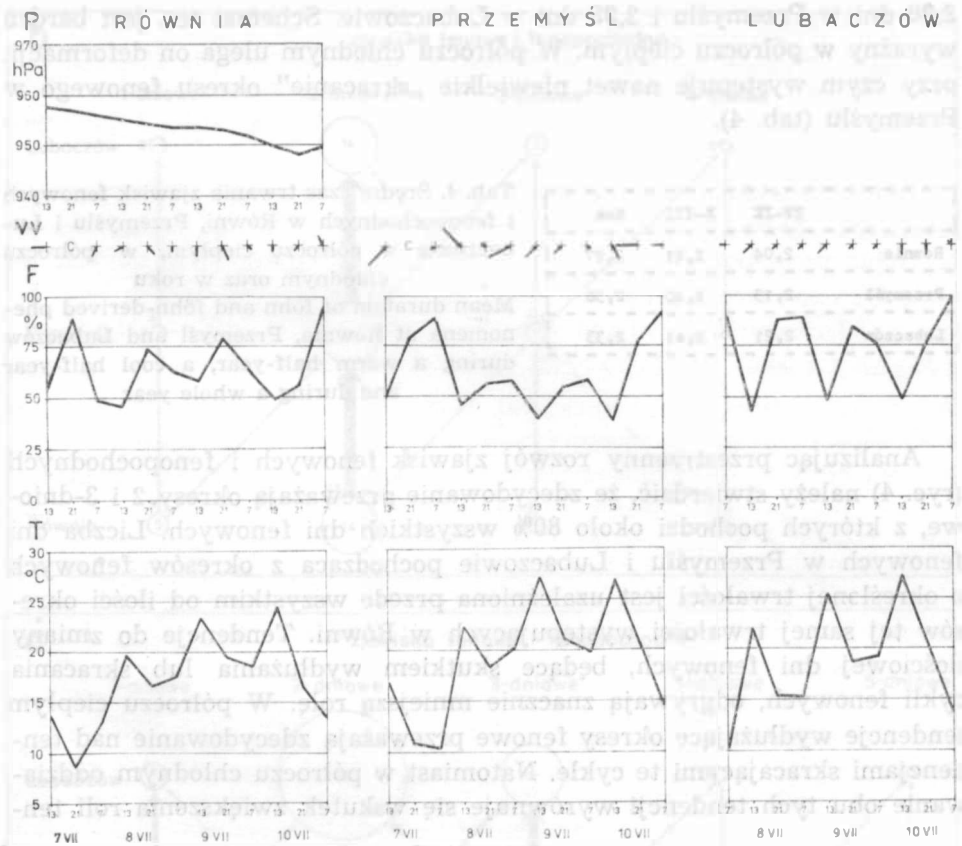
występują one w listopadzie (2,5—2,7 dni) i marcu (2,3—2,4 dni). W pozostałych miesiącach tego półroczu (z wyjątkiem lutego) pojawiają się one znacznie rzadziej (0,9—1,7 dni). W sezonie chłodnym najmniej dni fenowych w omawianym okresie ma luty (0,4). W półroczu ciepłym (od kwietnia do października) wiatry typu fenowego pojawiają się przeciętnie 4,9—5,3 dni, a więc dwukrotnie mniej niż w sezonie chłodnym. Występują one najczęściej w maju (2,0—2,1 dni) i lipcu (1,1—1,2 dni). Pozostałe miesiące tego półroczu mają zdecydowanie mniej dni fenowych (0,2—0,7 dni). Malicki i Michna (1966) podają, że „...[w Bieszczadach Zachodnich] miesiące: lipiec i sierpień były wolne od wiatrów halnych w uwzględnionym okresie czasu, tj. r. 1961—1966”. Jednakże analiza przeprowadzona w oparciu o rozszerzone pojęcie wiatru fenowego wykazuje, że w okresie tym na omawianym obszarze wystąpiły wiatry tego typu (ryc. 3). Jak pisze Obrębska-Starkłowa (1973) „...[w okolicach Szymbarku] w lecie duże natężenie zmian higrotermicznych, związanych z halnym może doprowadzić do wystąpienia nocy tropikalnych o temperaturze minimalnej ponad 20°C”. Natomiast w Równi, położonej w dolinie między pasmami Żukowa i Równi (Królka) — a więc narażonej na tworzenie się zastoisk chłodnego powietrza — temperatury minimalne podczas występowania wiatrów fenowych w lipcu przybierały następujące wartości: 12,6°C, 16,6°C, 13,1°C, 14,3°C, 18,1°C.



Ryc. 2. Zmiany przebiegu niektórych elementów meteorologicznych w Równi, Przemyślu i Lubaczowie w czasie wiatru fenowego w dniach 6—8 marca 1963 r.
Changes of some meteorologic elements at Równia, Przemyśl and Lubaczów during the föhn on 6th—8th March 1964

Częstość występowania wiatrów fenowych i towarzyszących im zjawisk wyrażona w wartościach uśrednionych nie uwidacznia znacznej zmienności w poszczególnych latach. Zmienność tę przedstawiono (tab. 2 i 3), na przykładzie liczby dni fenowych w ciągu roku i w trzech najbardziej reprezentatywnych miesiącach. W 1961 r. zanotowano w Równi 25 dni fenowych, natomiast w 1968 r. zaobserwowano zaledwie 4 takie dni. W marcu, maju i listopadzie obok stwierdzenia przypadków 8—9 dni fenowych w innych latach zjawisk fenowych nie zanotowano. Na zmienność tę zwrócili uwagę Malicki i Michna (1966), a Stachlewski (1974a) stwierdza, że jest ona konsekwencją znacznej zmienności typów cyrkulacji sprzyjającej tworzeniu się wiatru o cechach fenu.

Długość trwania cyklu fenowego we wschodniej części Pogórza Karpackiego i Kotliny Sandomierskiej zwiększa się w miarę oddalania się od partii szczytowych Bieszczadów. Wynosi ona średnio 2,27 dni w Równi,



Ryc. 3. Zmiany przebiegu niektórych elementów meteorologicznych w Równi, Przemyślu i Lubaczowie w czasie wiatru fenowego w dniach 8—10 lipca 1964 r.
 Changes of some meteorologic elements at Równia, Przemyśl and Lubaczów during the föhn on 8th—10th July 1964

Tab. 2. Liczba dni fenowych w Równi w wybranych miesiącach
 Number of föhn days at Równia during some months

Marzec	9	0	5	0	0	5	3	0	0	1	2,4
Maj	0	0	0	0	3	2	8	1	6	0	2,0
Listopad	0	0	9	2	1	0	2	0	9	2	2,5

Tab. 3. Liczba dni fenowych w Równi, Przemyślu i Lubaczowie (w ciągu roku)
 Number of föhn days at Równia, Przemyśl and Lubaczów (during a year)

Równia	25	11	22	5	13	19	17	4	16	11	14,3
Przemyśl	25	10	21	5	13	21	16	5	18	13	14,7
Lubaczów	25	10	19	6	12	21	17	5	18	14	14,7

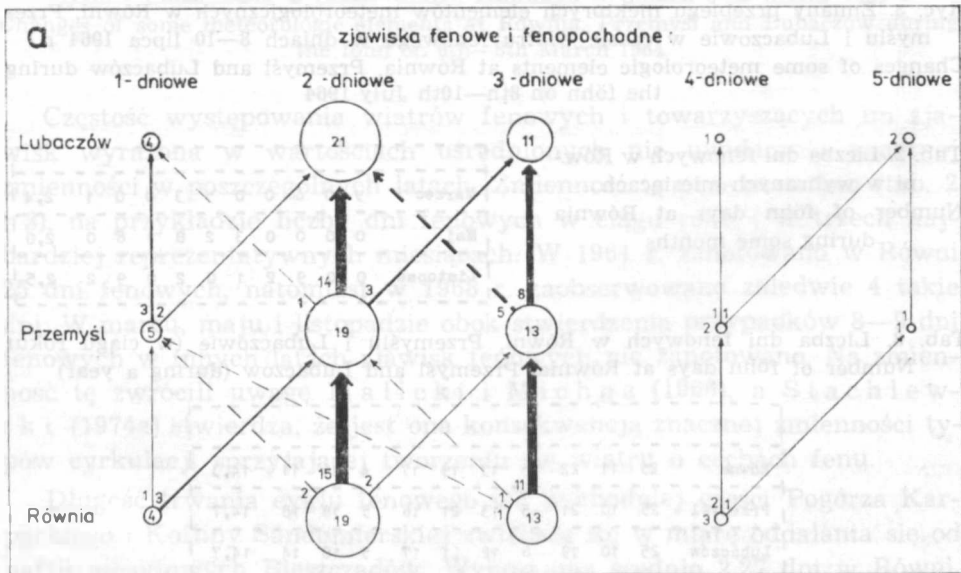
2,30 dni w Przemyślu i 2,33 dni w Lubaczowie. Schemat ten jest bardzo wyraźny w półroczu ciepłym. W półroczu chłodnym ulega on deformacji, przy czym występuje nawet niewielkie „skracanie” okresu fenowego w Przemyślu (tab. 4).

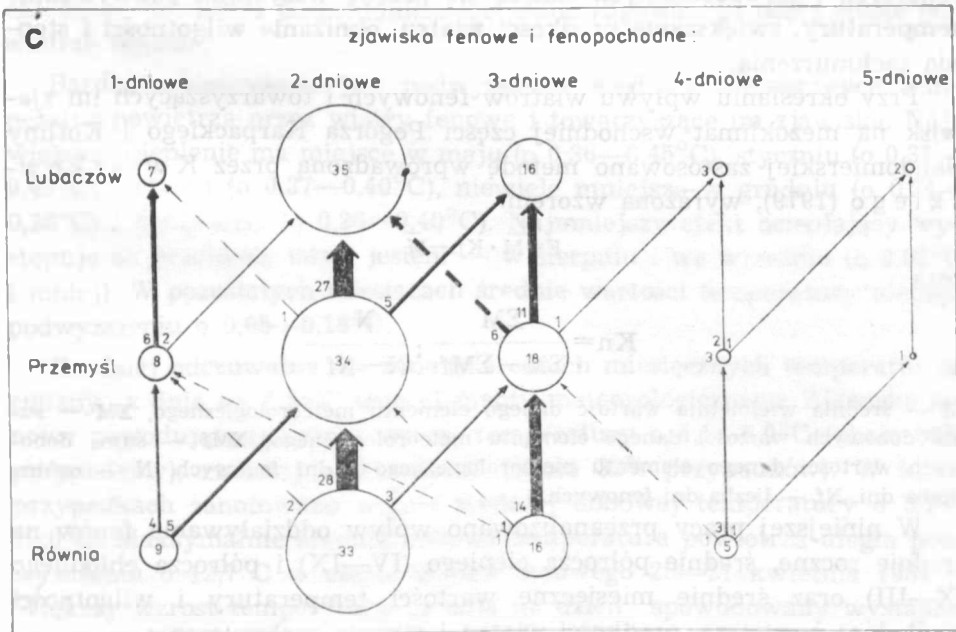
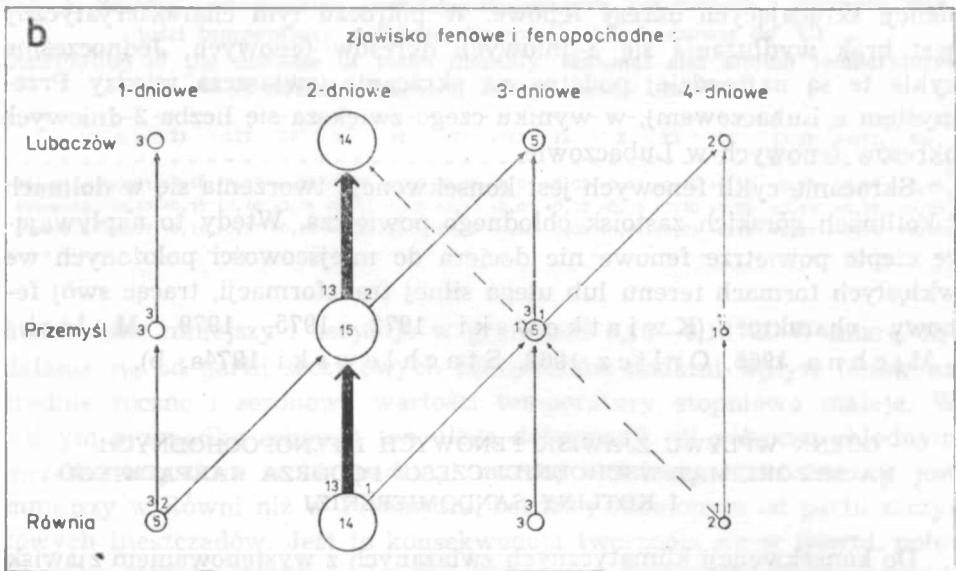
	IV-IX	X-III	Rok
Równia	2,04	2,41	2,27
Przemysl	2,13	2,40	2,30
Lubaczów	2,21	2,41	2,33

Tab. 4. Średni czas trwania zjawisk fenowych i fenopochodnych w Równi, Przemyślu i Lubaczowie w półroczu ciepłym, w półroczu chłodnym oraz w roku

Mean duration of föhn and föhn-derived phenomena at Równia, Przemyśl and Lubaczów during a warm half-year, a cool half-year and during a whole year

Analizując przestrzenny rozwój zjawisk fenowych i fenopochodnych (ryc. 4) należy stwierdzić, że zdecydowanie przeważają okresy 2 i 3-dniowe, z których pochodzi około 80% wszystkich dni fenowych. Liczba dni fenowych w Przemyślu i Lubaczowie pochodząca z okresów fenowych o określonej trwałości jest uzależniona przede wszystkim od ilości okresów tej samej trwałości występujących w Równi. Tendencje do zmiany ilościowej dni fenowych, będące skutkiem wydłużania lub skracania cykli fenowych, odgrywają znacznie mniejszą rolę. W półroczu ciepłym tendencje wydłużające okresy fenowe przeważają zdecydowanie nad tendencjami skracającymi te cykle. Natomiast w półroczu chłodnym oddziaływanie obu tych tendencji wyrównuje się wskutek zwiększenia roli ten-





Ryc. 4. Przestrzenny rozwój zjawisk fenowych i fenopochodnych: a — w półroczu chłodnym, b — w półroczu ciepłym, c — w ciągu roku
 Spatial development of föhn and föhn-derived phenomena: a — during a cool half-year, b — during a warm half-year, c — during a year

dencji skracających okresy fenowe. W półroczu tym charakterystyczny jest brak wydłużania się 3-dniowych okresów fenowych. Jednocześnie cykle te są najbardziej podatne na skracanie (zwłaszcza między Przemysłem a Lubaczowem), w wyniku czego zwiększa się liczba 2-dniowych okresów fenowych w Lubaczowie.

Skracanie cykli fenowych jest konsekwencją tworzenia się w dolinach i kotlinach górskich zastoisk chłodnego powietrza. Wtedy to napływające ciepłe powietrze fenowe nie dociera do miejscowości położonych we wklęsłych formach terenu lub ulega silnej transformacji, tracąc swój fenowy charakter (Kwiatkowski 1972, 1975, 1979, Malicki i Michna 1966, Orlicz 1962, Stachlewski 1974a, b).

OCENA WPŁYWU ZJAWISK FENOWYCH I FENOPOCHODNYCH NA MEZOKLIMAT WSCHODNIEJ CZĘŚCI POGÓRZA KARPACKIEGO I KOTLINY SANDOMIERSKIEJ

Do konsekwencji klimatycznych związanych z występowaniem zjawisk fenowych i fenopochodnych zalicza się przede wszystkim podwyższenie temperatury, zwiększanie prędkości wiatru, obniżanie wilgotności i stopnia zachmurzenia.

Przy określaniu wpływu wiatrów fenowych i towarzyszących im zjawisk na mezoklimat wschodniej części Pogórza Karpackiego i Kotliny Sandomierskiej zastosowano metodę wprowadzoną przez Kwiatkowskiego (1979), wyrażoną wzorem:

$$F = \bar{M} \cdot K_n - \bar{M}$$

gdzie

$$K_n = \frac{\sum M}{\sum M - \sum M_f} : \frac{N}{N - N_f}$$

\bar{M} — średnia wieloletnia wartość danego elementu meteorologicznego, $\sum M$ — suma dobowych wartości danego elementu meteorologicznego, $\sum M_f$ — suma dobowych wartości danego elementu meteorologicznego z dni fenowych, N — ogólna liczba dni, N_f — liczba dni fenowych.

W niniejszej pracy przeanalizowano wpływ oddziaływania fenów na średnie roczne, średnie półrocza ciepłego (IV—IX) i półrocza chłodnego (X—III) oraz średnie miesięczne wartości temperatury i wilgotności względnej powietrza, prędkości wiatru i stopnia zachmurzenia.

TEMPERATURA POWIETRZA

Zjawiska fenowe i fenopochodne podwyższają średnią roczną temperaturę powietrza o 0,18—0,20°C (tab. 5). W sezonie chłodnym przyrost temperatury osiąga wartości 0,26—0,29°C. W sezonie ciepłym jest on

Tab. 5. Rozkład podwyższania średnich miesięcznych, sezonowych i rocznych wartości temperatury w Równi, Przemyślu i Lubaczowie (w °C)
 Distribution of the increase of mean monthly, seasonal and annual temperatures at Równia, Przemyśl and Lubaczów (in °C)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IV-IX	X-III	Rok
Równia	+0,41	+0,16	+0,37	+0,08	+0,45	+0,06	+0,16	+0,01	+0,02	+0,05	+0,26	+0,38	+0,13	+0,27	+0,20
Przemyśl	+0,40	+0,15	+0,40	+0,36	+0,41	+0,05	+0,11	+0,00	+0,02	+0,05	+0,40	+0,36	+0,11	+0,29	+0,20
Lubaczów	+0,37	+0,14	+0,37	+0,07	+0,36	+0,06	+0,08	0,00	0,00	+0,06	+0,29	+0,34	+0,10	+0,26	+0,19

dwukrotnie mniejszy i oscyluje w granicach 0,10—0,13°C. W miarę oddalania się od partii szczytowych Bieszczadów dodatni wpływ fenów na średnie roczne i sezonowe wartości temperatury stopniowo maleje. W jednym przypadku schemat ten ulega deformacji. W półroczu chłodnym (przede wszystkim w listopadzie i marcu) termiczny efekt fenowy jest mniejszy w Równi niż w Przemyślu, bardziej oddalonym od partii szczytowych Bieszczadów. Jest to konsekwencją tworzenia się w Równi, położonej w dolinie między pasmami Żukowa i Równi (Królika), zastoisk chłodnego powietrza autochtonicznego, słabo rugowanego przez ciepłe powietrze fenowe.

Bardzo zróżnicowane jest podwyższanie średnich miesięcznych temperatur powietrza przez wiatry fenowe i towarzyszące im zjawiska. Największe ocieplenie ma miejsce w maju (o 0,36—0,45°C), styczniu (o 0,37—0,41°C) i marcu (o 0,37—0,40°C), niewiele mniejsze w grudniu (o 0,34—0,38°C) i listopadzie (o 0,26—0,40°C). Najmniejszy efekt ocieplający występuje na przełomie lata i jesieni — w sierpniu i we wrześniu (o 0,02°C i mniej). W pozostałych miesiącach średnie wartości temperatury ulegają podwyższeniu o 0,05—0,16°C.

Bardziej odczuwalne niż zmiany średnich miesięcznych temperatur są zmiany „z dnia na dzień” tego elementu meteorologicznego. Zjawiska fenowe powodują najczęściej wzrost temperatury o 4,1—8,0°C (około 50% przypadków), rzadziej o 0,1—4,0°C (około 33% przypadków). W kilku przypadkach zanotowano wzrost średniej dobowej temperatury o 8,1—12,0°C. Maksymalnie średnia dobowa temperatura powietrza uległa podwyższeniu o 12,7°C w czasie wiatru fenowego 20—21 kwietnia 1967 r. Większy wzrost temperatury „z dnia na dzień” spowodowany wystąpieniem zjawisk fenowych ma miejsce w sezonie ciepłym (średnio o 5,3—6,1°C) niż chłodnym (średnio o 4,0—4,3°C).

W okresie 1961—1970 zanotowano także przypadki obniżania średniej dobowej temperatury powietrza. Wystąpiły one wyłącznie w sezonie chłodnym, z reguły przy dwóch okresach fenowych następujących bezpośrednio po sobie.

WILGOTNOŚĆ WZGLĘDNA

Wiatry typu fenowego, występujące we wschodniej części Pogórza Karpackiego i Kotliny Sandomierskiej, powodują obniżanie średniej rocznej wilgotności względnej o 0,31—0,60%. W półroczu chłodnym obniżają one wilgotność względną o 0,38—0,70%, natomiast w półroczu ciepłym o 0,23—0,51% (tab. 6). W sezonie ciepłym, w miarę oddalania się od partii

Tab. 6. Rozkład obniżania średnich miesięcznych, sezonowych i rocznych wartości wilgotności względnej w Równi, Przemyślu i Lubaczowie (w %) Distribution of the decrease of mean monthly, seasonal and annual relative moisture at Równia, Przemyśl and Lubaczów (in %)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IV-IX	X-III	Rok
Równia	-0,71	-0,29	-1,18	-0,33	-1,48	-0,26	-0,71	-0,13	-0,12	-0,39	-0,94	-0,62	-0,51	-0,69	-0,60
Przemyśl	-0,48	-0,21	-1,05	-0,22	-0,86	-0,13	-0,49	-0,08	-0,15	-0,34	-1,36	-0,75	-0,32	-0,70	-0,51
Lubaczów	-0,07	-0,18	-0,70	-0,16	-0,71	-0,18	-0,24	-0,06	-0,05	-0,25	-0,87	-0,23	-0,23	-0,38	-0,31

szczytowych Bieszczadów, obniżanie wilgotności względnej jest coraz słabsze. Natomiast w sezonie chłodnym prawidłowość ta ulega załamaniu. W Równi wilgotność względna obniżana jest średnio o 0,69%, podczas gdy w Przemyślu o 0,70%. W listopadzie wartości te wynoszą odpowiednio 0,94% i 1,36%, w grudniu 0,62% i 0,75%. Jest to związane z możliwością tworzenia się w Równi zastoisk chłodnego powietrza. Mniejsze zróżnicowanie tych wartości niż przy rozkładzie fenowego efektu termicznego spowodowane jest możliwością absorpcji pary wodnej przez suche powietrze fenowe, przepływające nad szeroką doliną Sanu w okolicach Przemyśla.

Średnie miesięczne wartości wilgotności względnej najbardziej ulegają obniżeniu w listopadzie (o 0,87—1,36%), maju (o 0,71—1,48%) i marcu (o 0,70—1,18%). Najmniejsze oddziaływanie zjawisk fenowych i fenopochodnych ma miejsce na przełomie lata i jesieni — w sierpniu i we wrześniu (o 0,05—0,15%). W pozostałych miesiącach średnie wartości wilgotności względnej ulegają obniżeniu o 0,13—0,71%.

Bardzo wyraźne są zmiany „z dnia na dzień” średnich wartości dobowych tego elementu meteorologicznego. Zjawiska fenowe obniżają najczęściej wilgotność względną o 11—30% w Równi i 1—20% w Przemyślu. Tylko sporadycznie notowano spadek wilgotności o ponad 30%. Obniżanie wilgotności względnej „z dnia na dzień” jest większe w sezonie ciepłym (przeciętnie o 15,1—18,3%) niż chłodnym (o 11,9—15,4%).

W czasie procesów fenowych zanotowano też kilkakrotnie przypadki niewielkiego podwyższania wilgotności względnej. Wystąpiły one w sezonie chłodnym, najczęściej przy dwóch okresach fenowych następujących

bezpośrednio po sobie. Największe obniżenie średniej dobowej wartości wilgotności względnej (o 47%) zanotowano w Równi, podczas wiatrów fenowych w dniach 17—18—19 maja 1965 roku i 20—21 kwietnia 1967 roku.

WIATR

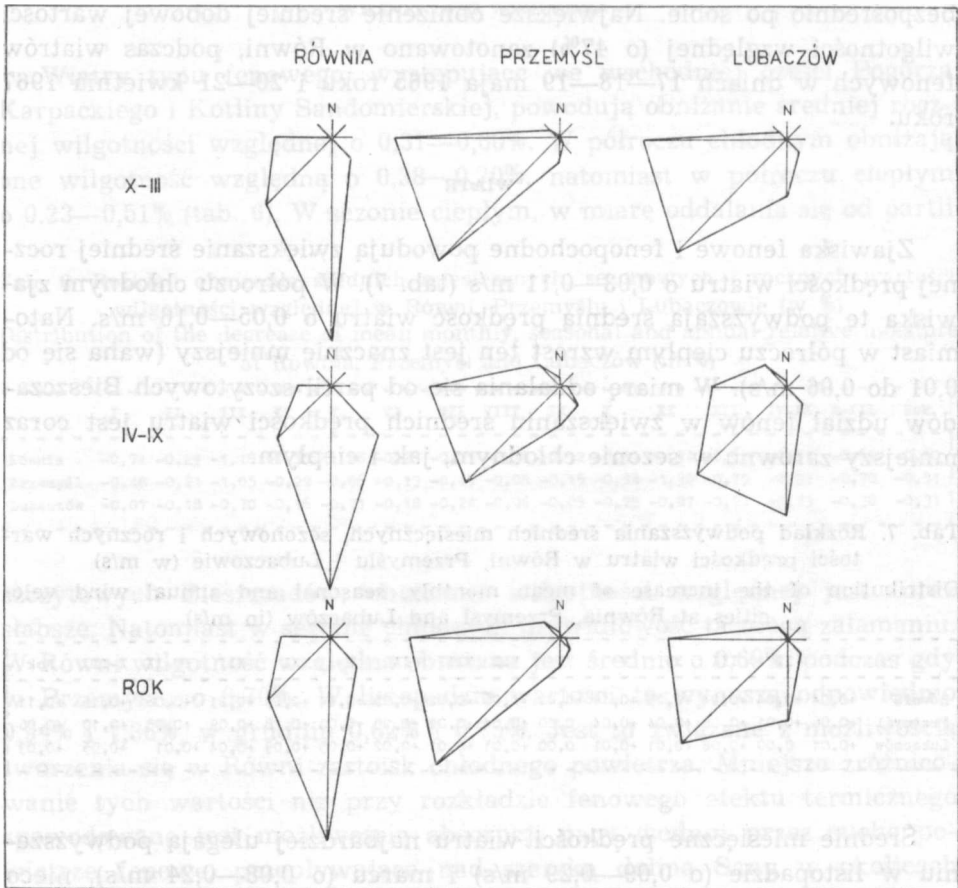
Zjawiska fenowe i fenopochodne powodują zwiększanie średniej rocznej prędkości wiatru o 0,03—0,11 m/s (tab. 7). W półroczu chłodnym zjawiska te podwyższają średnią prędkość wiatru o 0,05—0,16 m/s. Natomiast w półroczu ciepłym wzrost ten jest znacznie mniejszy (waha się od 0,01 do 0,06 m/s). W miarę oddalania się od partii szczytowych Bieszczadów udział fenów w zwiększaniu średnich prędkości wiatru jest coraz mniejszy zarówno w sezonie chłodnym, jak i ciepłym.

Tab. 7. Rozkład podwyższania średnich miesięcznych, sezonowych i rocznych wartości prędkości wiatru w Równi, Przemyślu i Lubaczowie (w m/s)
Distribution of the increase of mean monthly, seasonal and annual wind velocities at Równia, Przemyśl and Lubaczów (in m/s)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IV-IX	X-III	Rok
Równia	+0,04	+0,04	+0,24	+0,09	+0,11	+0,02	+0,05	+0,02	+0,05	+0,14	+0,29	+0,21	+0,06	+0,16	+0,11
Przemyśl	+0,06	+0,01	+0,08	+0,04	+0,04	0,00	+0,04	+0,01	+0,03	+0,08	+0,28	+0,09	+0,03	+0,10	+0,06
Lubaczów	+0,01	0,00	+0,08	+0,01	+0,01	0,00	+0,01	+0,01	+0,02	+0,05	+0,09	+0,04	+0,01	+0,05	+0,03

Średnie miesięczne prędkości wiatru najbardziej ulegają podwyższeniu w listopadzie (o 0,09—0,29 m/s) i marcu (o 0,08—0,24 m/s), nieco mniej w grudniu (o 0,04—0,21 m/s) i październiku (o 0,05—0,14 m/s). Najmniejszy wpływ zjawisk fenowych i fenopochodnych notuje się w czerwcu i sierpniu (o 0,02 m/s i mniej) oraz w lutym (o 0,04 m/s i mniej). W miesiącach półroczu ciepłego zjawiska fenowe i fenopochodne nie zwiększają średniej prędkości wiatru więcej niż o 0,11 m/s, najczęściej zaś o 0,01—0,09 m/s. Największą prędkość wiatru fenowego zanotowano w Równi w dniu 7 marca 1963 r.; w terminie południowym przekraczała ona 20 m/s, a średnia wartość dobową wyniosła ponad 17 m/s.

Kierunkowe róże wiatrów fenowych (ryc. 5) pozwalają na sformułowanie następujących wniosków. W Równi ponad połowa wszystkich wiatrów fenowych ma kierunek południowy. Wiatry południowo-zachodnie i zachodnie są najprawdopodobniej wymuszane orografią terenu — spadając z Żukowa przybierają w dolinie te właśnie kierunki. Zwraca uwagę wzrost w półroczu ciepłym wiatrów południowo-wschodnich, nawiązujących do kierunku doliny, w której jest położona Równia. Jest to związane z większą możliwością wnikania ich w niższe partie doliny w sezonie



Ryc. 5. Kierunkowe róże wiatrów fenowych w Równi, Przemyślu i Lubaczowie w półroczu chłodnym, w półroczu ciepłym i w ciągu roku
 Wind roses of föhns at Równia, Przemyśl and Lubaczów during a cool half-year, a warm half-year and during a year

ciepłym niż w sezonie chłodnym, kiedy to tworzą się we wklęsłych formach terenu zastoiska zimnego powietrza. W Przemyślu zdecydowanie dominują wiatry fenowe z kierunków: południowo-zachodniego i zachodniego, zgodnie z równoleżnikowym przebiegiem doliny Sanu. Wiatry z kierunków: północnego i północno-zachodniego są typowymi zawirowaniami fenowymi, często obserwowanymi na stacjach położonych w dolinach i kotlinach (Kwiatkowski 1972, 1975, 1979, Stachlewski 1974a, b). Zwraca uwagę brak zawirowań z kierunku północno-wschodniego, otwartego doliną Sanu. W Lubaczowie znacznie wzrasta udział wiatrów południowych, częściowo wymuszanych południkowym przebiegiem doliny Lubaczówki. Przeważają jednak, podobnie jak i w Przemyślu,

wiatry południowo-zachodnie i zachodnie. Obok zawirowań z kierunków: północnego i północno-zachodniego charakterystyczny jest ich brak z północnego wschodu, otwartego dolinami Lubaczówki i Sołotwy. W Równi, Przemyślu i Lubaczowie zwraca uwagę wzrost udziału w półroczu ciepłym wiatrów fenowych z kierunku południowo-wschodniego.

Przy określaniu aktywności wiatrów fenowych przyjęto za Stachle w skim (1974a) następujący podział: feny słabe (o prędkości 1—4 m/s), feny umiarkowane (o prędkości 5—9 m/s), feny silne (o prędkości 10—14 m/s) i feny bardzo silne (o prędkości powyżej 15 m/s). Do Równi, Przemyśla i Lubaczowa wiatry fenowe docierają przeważnie jako słabe i umiarkowane (tab. 8). W Równi ulegają one znacznemu wyciszeniu, o czym świadczy większa liczba fenów umiarkowanych w Przemyślu niż w Równi. Udział fenów silnych zmniejsza się w miarę oddalania się

Tab. 8. Podział wiatrów fenowych (według kryterium prędkości) w Równi, Przemyślu i Lubaczowie — w półroczu ciepłym, w półroczu chłodnym i w ciągu roku (w %)

Subdivision of föhns (according to the velocity criterion) at Równia, Przemyśl and Lubaczów during a warm half-year, a cool half-year and during a year (in %)

	IV—IX			X—III			Rok		
	R	P	L	R	P	L	R	P	L
Feny słabe	67,5	55,8	94,7	49,6	44,1	84,5	55,4	47,8	88,1
Feny umiarkowane	26,0	40,0	5,3	39,8	51,7	14,7	34,6	48,0	11,4
Feny silne	5,7	4,2	-	9,3	4,2	0,8	8,1	4,2	0,5
Feny bardzo silne	0,8	-	-	2,3	-	-	1,9	-	-

od partii szczytowych Bieszczadów, a feny bardzo silne notowano tylko w Równi. W półroczu ciepłym feny słabe przeważają na wszystkich stacjach, przy czym w Lubaczowie stanowią one 94,7% wszystkich wiatrów tego typu. Na tej stacji feny umiarkowane występują bardzo rzadko w sezonie ciepłym, a fenów bardzo silnych nie zaobserwowano w omawianym okresie. W półroczu chłodnym znacznie zwiększa się udział fenów umiarkowanych, przy czym w Przemyślu stanowią one ponad połowę wszystkich wiatrów tego typu. W Równi zwiększa się także ilość wiatrów fenowych silnych i bardzo silnych. Natomiast w Przemyślu feny silne pojawiają się tak samo często jak w półroczu ciepłym. W latach 1961—1970 nie zanotowano na tej stacji fenów bardzo silnych. W Lubaczowie w sezonie chłodnym feny silne występują tylko sporadycznie.

ZACHMURZENIE

Wpływ zjawisk fenowych i fenopochodnych na obniżanie średniego rocznego zachmurzenia jest bardzo niewielki i wynosi 0,01—0,02 stopnia (tab. 9). W półroczu chłodnym nie przekracza on przeciętnie 0,02 stopnia, a w Równi wartość ta wynosi 0,00. W półroczu ciepłym obniżanie zachmurzenia jest nieco większe (0,02—0,03 stopnia). Średnie miesięczne wartości zachmurzenia najbardziej ulegają obniżaniu w maju (o 0,06—0,08 stopnia), znacznie mniej w lipcu (o 0,01—0,06 stopnia) i grudniu (o 0,02—0,05 stopnia). W styczniu i listopadzie wartości te ulegają zarówno

Tab. 9. Rozkład zmian średnich miesięcznych, sezonowych i rocznych wartości stopnia zachmurzenia w Równi, Przemyślu i Lubaczowie

Distribution of changes of mean monthly, seasonal and annual cloudiness degree at Równia, Przemyśl and Lubaczów

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	IV-IX	X-III	Rok
Równia	+0,02	-0,02	-0,06	0,00	-0,06	-0,03	-0,06	-0,02	0,00	+0,05	+0,03	-0,02	-0,03	0,00	-0,01
Przemyśl	+0,03	-0,02	-0,01	-0,02	-0,08	-0,03	-0,01	-0,02	0,00	+0,02	-0,04	-0,05	-0,03	-0,01	-0,02
Lubaczów	-0,02	-0,02	0,00	-0,01	-0,01	-0,06	-0,02	0,00	+0,01	+0,05	-0,11	-0,03	-0,02	-0,02	-0,02

obniżeniu, jak i podwyższeniu. Natomiast w październiku w wyniku zachodzenia procesów fenowych stopień zachmurzenia zostaje podwyższony o 0,02—0,05. W pozostałych miesiącach obniżanie średnich wartości zachmurzenia jest znikome.

WNIOSKI KOŃCOWE

Przeprowadzona analiza częstości występowania zjawisk fenowych i fenopochodnych (w latach 1961—1970) oraz ich wpływu na mezoklimat wschodniej części Pogórza Karpackiego i Kotliny Sandomierskiej, na podstawie materiałów obserwacyjnych ze stacji naukowej UMCS w Równi oraz stacji meteorologicznej IMGW w Przemyślu i Lubaczowie, pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

1. Wpływ wiatrów fenowych i towarzyszących im zjawisk na mezoklimat omawianego obszaru jest stosunkowo niewielki i w miarę oddalania się od partii szczytowych Bieszczadów stopniowo maleje.
2. Efekty fenowe najwyraźniej zaznaczają się w stosunkach termicznych. Są one częściowo zniekształcane przez lokalizację stacji w Równi.
3. Ulegające podobnym deformacjom fenowe efekty wilgotnościowe oddziałują w mniejszym stopniu na stosunki klimatyczne tego obszaru.
4. Konsekwencją usytuowania stacji w Równi jest prawdopodobne

wyciszanie wiatrów fenowych. Przepuszczalność jest ono zwiększone przez niekorzystną lokalizację wiatromierza.

5. W Przemyślu i Lubaczowie rozkład kierunków wiatrów fenowych w przeważającym stopniu jest uwarunkowany orografią terenu.

6. Obniżanie stopnia zachmurzenia nie zostało stwierdzone w sposób jednoznaczny.

7. Średnia liczba dni fenowych nie odzwierciedla znacznej zmienności pojawiania się zjawisk fenowych i fenopochodnych zarówno w ciągu roku, jak i w przekroju wieloletnim.

Wnioski te zostały sformułowane na podstawie analizy materiałów obserwacyjnych stacji położonych we wklęsłych formach terenu. Brak stacji szczytowej, położonej w wyższych partiach Bieszczadów, uniemożliwia przedstawienie pełnej charakterystyki wiatrów fenowych na omawianym obszarze.

LITERATURA

- Ficker von H., Rudder de B. 1943, Föhn und Föhnwirkungen. Leipzig.
- Flohn H. 1954, Witterung und Klima in Mitteleuropa. Stuttgart.
- Kwiatkowski J. 1972, Feny w Kotlinie Jeleniogórskiej. Acta Universitatis Wratislaviensis, Prace Geograficzne 173.
- Kwiatkowski J. 1975, Zasięg fenów sudeckich i ich wpływ na mezoklimat regionów południowo-zachodniej i środkowej Polski. Przegląd Geofizyczny, R. XX (XXVIII), z. 1.
- Kwiatkowski J. 1979, Zjawiska fenowe w Sudetach i na przedpolu Sudetów. Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich, z. 20.
- Lewińska J. 1958, Wiatry ryterskie i rymanowskie. Przegląd Geofizyczny, R. III (XI), z. 1.
- Malicki A., Michna E. 1967/68, Issledowanija nad fienom w s. Ruwnia. Biuletny LTN, sec. D, vol. 7/8.
- Malicki A., Michna E. 1966, O występowaniu wiatrów halnych w Bieszczadach Zachodnich. Ann. Univ. Mariae Curie-Skłod., sectio B, vol. XXI, 6.
- Obrębska-Starkłowa B. 1973, Stosunki mezo- i mikroklimatyczne Szymbaruku. Dokumentacja Geograficzna IG PAN, z. 5.
- Orlicz M. 1962, Klimat Tatr. Tatrzański Park Narodowy. Kraków.
- Stachlewski W. 1974a, Wiatry fenowe w wybranych miejscowościach wzdłuż profilu Kasprowy Wierch — Kraków. Przegląd Geofizyczny, R. XIX (XXVII), z. 1.
- Stachlewski W. 1974b, Wiatry halne na Kasprowym Wierchu i w Zakopanem. Czasopismo Geograficzne, XLV, z. 1.

РЕЗЮМЕ

Цель предлагаемой работы — это рассмотрение проблемы фенowych явлений и их климатических последствий в восточной части Карпатского погорья и Сандомирской котловины. В работе использованы измерительные материалы с 1961—

70 гг. происходящие из научной станции Университета им. М. Склодовской-Кюри в Рувни, а также метеостанции Института метеорологии и водного хозяйства в Пшемьсьлю и в Любачове.

Анализируя частоту появления феновых ветров и сопутствующих им климатических явлений, принято понятие „день с феном”. Под этим термином разумеется такой день, в течение которого отмечались феновые эффекты по меньшей мере в двух наблюдательных сроках.

Проведенный анализ показал, что в рассматриваемом периоде феновые явления имели место в среднем 14,3—14,7 дней в течение года. В холодном полугодии (X—III) они появлялись обычно два раза, чаще в теплом полугодии (IV—XI). Чаще всего феновые ветры появлялись в поябре (в среднем 2,5—2,7 дней в год) в марге (2,3—2,4 дней) и в мае (2,0—2,1 дней), реже всего — в августе (0,2 дня). Частота выступления феновых явлений характеризуется значительной изменчивостью, как в течение года так и в многолетнем разрезе.

В работе попытались определить влияние феновых ветров на климатические условия восточной части Карпатского погорья и Сандомирской котловины (на примере Рувни, Пшемьсля и Любачова). С этой целью проанализированы изменения средних месячных, сезонных и годовичных величин основных метеорологических элементов. Применялся метод (Квятковски 1979) выраженный формулой: $F = \bar{M} \cdot K_n - M$

где

$$K_n = \frac{\Sigma M}{\Sigma M - \Sigma M_f} \cdot \frac{N}{N - N_f}$$

- M — средняя многолетняя величина данного метеорологического элемента;
- ΣM — сумма суточных величин данного метеорологического элемента;
- ΣM_f — сумма суточных величин данного метеорологического элемента из феновых дней;
- N — общее число дней;
- N_f — число феновых дней.

Влияние феновых явлений очень резко намечается в термических условиях. Они вызывают повышение средней годовой температуры воздуха на 0,18—0,20°C, а средних месячных даже на 0,36—0,45°C (в мае, январе и марте).

Условия влажности подвергаются модификации. Средняя годовая величина относительной влажности понижается на 0,31—0,60%, а средние месячные понижаются на 0,70—1,48% (в ноябре, марте и мае).

Средняя годовая скорость ветра увеличивается на 0,03—0,11 м/сек, а средние месячные величины повышаются максимально на 0,08—0,29 м/сек (в январе и марте). Распределение направлений феновых ветров в значительной степени обусловлено орографией района.

Проведенный анализ не позволяет однако заключить, что одним из климатических последствий связанных с наличием феновых явлений в рассматриваемом районе является понижение степени облачности.

Влияние феновых ветров на климатические условия восточной части Карпатского погорья и Сандомирской котловины уменьшается по мере отдаления от горного хребта и модифицируется орографией района.

SUMMARY

The paper discusses a frequency of occurrence of föhn phenomena and their climatic consequences in the eastern part of the Carpathian Pogórze and the Sandomierz Basin. The observation data of 1961—1970 were used; they came from the research station of the M. Curie-Skłodowska University at Równia and from meteorologic stations of the Institute of Meteorology and Water Administration at Przemyśl and Lubaczów.

The term of "a day with föhn" was used for the analysis of frequency of occurring föhns and accompanying climatic phenomena. Such a term means a day with föhn effects noted at least at two observation times.

The carried analysis proved that during the studied time, the föhn phenomena occurred on the average per 14.3—14.7 days a year. During a cool half-year (October—March) they occurred usually twice more frequently than during the warm half-year (April—September). The föhns were most common during November (usually 2.5—2.7 days a year), March (2.3—2.4 days) and May (2.0—2.1 days) but they were most rare in August (0.2 days). A frequency of occurrence of the föhn phenomena shows a considerable changeability during a year as well as during a many years' period.

An attempt was undertaken in this paper to define the influence of föhns on climatic relations in the eastern part of the Carpathian Pogórze and the Sandomierz Basin (taking Równia, Przemyśl and Lubaczów as examples). For this purpose the changes of mean monthly, seasonal and annual values of principal meteorologic elements were analyzed. The method applied by Kwiatkowski (1979) was used; it is expressed by the formula:

$$F = \bar{M} \cdot K_n - \bar{M}$$

in which

$$K_n = \frac{\Sigma M}{\Sigma M - \Sigma M_f} : \frac{N}{N - N_f}$$

\bar{M} — mean many years' value of a selected meteorologic element,

ΣM_f — total daily values of a selected meteorologic element from the föhn days,

ΣM — total daily values of a selected meteorologic element,

N — total number of days,

N_f — number of föhn days.

The influence of the föhn phenomena is most distinct in thermic relations. They result in an increase of the mean yearly air temperature for 0.18—0.20°C and of the mean monthly ones even for 0.36—0.45°C (in May, January and March).

The moisture conditions are modified in a considerably smaller degree. A mean yearly relative moisture gets lower about 0.31—0.60% whereas mean monthly values are more decreased, about 0.70—1.48% (in November, March and May).

A mean yearly wind velocity gets increased about 0.03—0.11 m/s whereas mean monthly values are increased maximum about 0.08—0.29 m/s (in November and March). A distribution of föhn directions depends considerably on the orography of the area.

The carried analysis does not allow to draw a conclusion that a lower cloudiness in this area is the climatic effect resulting from föhn phenomena.

The influence of föhns on climatic conditions in the eastern part of the Carpathian Pogórze and the Sandomierz Basin keeps decreasing with a further distance from the mountain barrier and is modified by the orography of this area.

