

WYSTĘPOWANIE ZJAWISK ATMOSFERYCZNYCH NIEKORZYSTNYCH DLA ROLNICTWA NA POGÓRZU WIELICKIM

Anita BOKWA, Krzysztof MATUSZYK

Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej

Słowa kluczowe: opady, Pogórze Wielickie, rolnictwo, temperatura, warunki niekorzystne

Streszczenie

Na podstawie danych ze Stacji Naukowej IGiGP UJ w Gaiku-Brzezowej k. Dobczyc zanalizowano występowanie niekorzystnych dla rolnictwa zjawisk termicznych i opadowych na Pogórze Wielickim w latach 1988–2003. Zmiany liczby dni z temperaturą minimalną $\leq 0^{\circ}\text{C}$ na wysokości 2 m n.p.g., z temperaturą minimalną $\leq 0^{\circ}\text{C}$ na wysokości 5 cm n.p.g. i z temperaturą maksymalną $\geq 25^{\circ}\text{C}$ na wysokości 2 m n.p.g. w okresie wegetacyjnym dowodzą kontynuacji ciepłej fluktuacji klimatycznej na tym obszarze. Liczba dni z opadem $\geq 10 \text{ mm} \cdot \text{doba}^{-1}$ (20,2 dni w sezonie wegetacyjnym) oraz liczba dni z burzami (26,2 dni) najmniej zmieniały się w ciągu wielolecia spośród wszystkich badanych cech (współczynnik zmienności odpowiednio 28 i 17,3%). Średnia liczba dni z gradem w sezonie wegetacyjnym wynosiła jedynie 1,4 dnia. Na podstawie porównania z danymi z wcześniejszych okresów można stwierdzić, że w badanym okresie na Pogórze Wielickim zwiększyła się głównie liczba dni z ekstremalnymi dobowymi sumami opadu.

WSTĘP

Pogórze Wielickie należy do makroregionu Pogórze Zachodniobeskidzkie. Zajmuje obszar o powierzchni 530 km^2 , między dolinami Skawy i Raby, a w jego rzeźbie dominują równoleżnikowo ułożone, szerokie garby wysokości 350–500 m n.p.m. Jest to region gęsto zaludniony, o charakterze rolniczym. W Karpatach Zachodnich piętrów roślinnym odpowiadają „piętra gospodarcze”. Pogórze Wielickie

Adres do korespondencji: Uniwersytet Jagielloński, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, 30-387 Kraków, ul. Gronostajowa 7; tel. +48 (12) 664-53-27, e-mail: a.bokwa@iphils.uj.edu.pl

należy do piętra uprawy żyta i pszenicy, które sięga do wysokości 600–700 m n.p.m. [KONDRACKI, 1988]. Zmiany i zmienność warunków agroklimatycznych mają zatem duże znaczenie dla gospodarki tego regionu. W prognozach zmian klimatycznych wywołanych globalnym ociepleniem stwierdza się, że zmiana średniej rocznej temperatury powietrza o 1°C spowoduje przesunięcie pięter klimatycznych w polskich Karpatach o około 200 m ku górze. Okres wegetacyjny wydłuży się o 66–80 dni. Sumy roczne opadów wzrosną o około 100 mm, przy czym latem ilość opadów zmniejszy się, a w pozostałych porach roku zwiększy się, zwłaszcza wiosną (o 20–40%). Może nastąpić zagrożenie suszą na wielu obszarach górskich i pogórskich [OBRĘBSKA-STARKŁOWA i in., 1994]. Ponadto badania zmian klimatu w XX w. dowiodły, że największa intensywność zmian temperatury powietrza, opadów i usłonecznienia występuje w niższych piętrach klimatycznych, a powyżej górnej granicy lasu – mniejsza [OBRĘBSKA-STARKŁOWA i in., 2003]. Trzeci raport IPCC [IPCC ..., 2001] zawiera stwierdzenia, że przyszłe zmiany klimatu spowodują zmniejszenie częstości występowania dni z mrozem, natomiast zwiększy się liczba dni gorących. Można też spodziewać się częstszego występowania innych zjawisk ekstremalnych, ale zwłaszcza te występujące w skali lokalnej są nadal niedostatecznie zbadane i trudne do prognozowania. Jak podkreślają KOŻUCHOWSKI i ŻMUDZKA [2002], średnia temperatura roczna w Polsce znacząco wzrosła, zwłaszcza w ciągu dwu ostatnich dekad XX w. Towarzyszyły temu większe usłonecznienie i sumy promieniowania słonecznego, a także duże wartości wskaźnika NAO.

W niniejszym opracowaniu zaprezentowano częstość i zmienność występowania niekorzystnych zjawisk termicznych i opadowych w latach 1988–2003 na Stacji Naukowej IGiGP UJ w Gaiku-Brzezowej, która jest punktem pomiarowym reprezentatywnym dla Pogórza Wielickiego. Przedstawione wyniki z jednej strony stanowią przyczynek do poznania mezoklimatu Pogórzy Karpackich, z drugiej zaś mogą być punktem wyjścia do dyskusji nad możliwymi przyszłymi kierunkami zmian klimatu lokalnego Pogórza Wielickiego i konsekwencjami z tego wynikającymi dla rolnictwa.

METODY BADAŃ

Sieć stacji meteorologicznych na Pogórzu Wielickim i w polskich Karpatach w ostatnich latach, niestety, znacznie się zmniejszyła. Tym cenniejsze są więc serie pomiarowe ze Stacji Naukowej IGiGP UJ w Gaiku-Brzezowej k. Dobczyc ($\varphi = 49^{\circ}52'N$, $\lambda = 20^{\circ}04'E$), pochodzące ze stacji głównej (Kopiec, $h = 302$ m n.p.m.) i z pobliskiego profilu topoklimatycznego. Stacja rozpoczęła działalność w końcu 1963 r. w dolinie Raby (stacja Terasa, $h = 259$ m n.p.m.), ale budowa Zbiornika Dobczyckiego wymusiła w 1983 r. przeniesienie stacji głównej na pobliską wierzchowinę (stacja Kopiec). Spowodowało to zerwanie homogeniczności serii obser-

wacyjnej. W związku z tym niniejsze opracowanie oparto na danych z lat 1988–2003 (w 1987 r. ukończono napełnianie Zbiornika) ze stacji Kopiec, ponieważ dane z tego punktu są reprezentatywne dla rozległych wierzchołków, czyli form terenu zajmujących największy odsetek powierzchni Pogórza Wielickiego. Średnia roczna temperatura powietrza w latach 1988–2003 wynosiła $8,7^{\circ}\text{C}$. Oznacza to, że klimat Pogórza Wielickiego uległ znacznemu ociepleniu pod koniec XX w. w porównaniu z latami 50. i 60. HESS [1965] zaliczył Pogórze Wielickie do obszarów, na których średnia roczna temperatura na wysokości 280–750 m n.p.m. wynosi $6\text{--}8^{\circ}\text{C}$ – jest to piętro umiarkowanie ciepłe. Obecnie należałoby zaklasyfikować omawiany teren do piętra ciepłego, niewyróżnionego przez Hessa. Średnia roczna suma opadów to 767 mm (dane z lat 1971–2000) [TWARDOSZ, 2003].

Analizie poddano liczbę dni w okresie wegetacyjnym (kwiecień–październik) o następujących cechach termicznych i opadowych:

- 1) temperatura minimalna powietrza $\leq 0^{\circ}\text{C}$ na wysokości 2 m n.p.g. (dni z przymrozkiem lub mrozem zagrażającym nie tylko uprawom gruntowym, ale także np. drzewom owocowym);
- 2) temperatura minimalna powietrza $\leq 0^{\circ}\text{C}$ na wysokości 5 cm n.p.g. (dni z mrozem lub przymrozkiem przygruntowym);
- 3) temperatura maksymalna powietrza $\geq 25^{\circ}\text{C}$ na wysokości 2 m (dni gorące, stwarzające stres termiczny dla roślin i nadmiernie wzmagające ewapotranspirację);
- 4) opady $\geq 10\text{ mm}\cdot\text{doba}^{-1}$, $\geq 20\text{ mm}\cdot\text{doba}^{-1}$ (zagrażające podtopieniem upraw, zwiększoną erozją gleby i mechanicznym zniszczeniem upraw);
- 5) ciągi bezopadowe trwające ≥ 9 dni;
- 6) występowanie gradu;
- 7) występowanie burzy;
- 8) wilgotność względna powietrza $\leq 40\%$ o godz. 12 GMT (powodująca nadmierną ewapotranspirację).

Dla każdej z cech termicznych i opadowych (z wyjątkiem ciągów bezopadowych) obliczono średnią liczbę dni w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego oraz sumę dni w okresach wegetacyjnych poszczególnych lat. Dla każdej z tych serii obliczono współczynnik zmienności (iloraz odchylenia standardowego i wartości średniej) (tab. 1). Zaniechano wyznaczania równań trendu z uwagi na zbyt krótki okres pomiarowy oraz dużą zmienność czasową badanych zjawisk.

Tabela 1. Średnia miesięczna liczba dni o wybranych cechach termicznych lub opadowych w Gaik-
-Brzezowej w okresie wegetacyjnym (IV–X) w latach 1988–2003**Table 1.** Monthly mean number of days of selected thermal and precipitation features in Gaik-
-Brzezowa during the vegetation periods of the years 1988–2003

Cechy termiczne i opadowe Thermal and precipi- -tation features	Liczba dni w miesiącu The number of days in a month							Σ IV–X	V_{IV-X}	$V_{1988-2003}$
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X			
$T_{\min 2m} \leq 0^{\circ}\text{C}$	6,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	3,1	9,5	190,3	63,0
$T_{\min 5cm} \leq 0^{\circ}\text{C}$	11,5	1,7	0,1	0,0	0,0	0,5	6,9	20,7	155,7	47,0
$T_{\max 2m} \geq 25^{\circ}\text{C}$	0,3	2,8	6,9	12,0	12,9	1,9	0,3	37,1	101,2	33,2
$P \geq 10 \text{ mm}$	1,8	2,8	3,6	4,3	2,9	3,1	1,7	20,2	31,7	28,0
$P \geq 20 \text{ mm}$	1,0	1,3	1,8	1,6	1,2	0,4	0,4	7,7	46,3	53,9
Burza	1,8	5,7	5,6	6,1	5,4	1,3	0,3	26,2	67,6	17,3
Thunderstorm										
Grad Hail	0,1	0,4	0,2	0,3	0,2	0,2	0,0	1,4	69,9	82,1
$f_{\text{godz.12}} \leq 40\%$	6,9	4,8	1,3	2,2	2,3	0,9	1,6	20,0	77,7	47,2

Objaśnienia: Σ IV–X – średnia suma dni w okresie wegetacyjnym w latach 1988–2003, V_{IV-X} – współczynnik zmienności w okresie wegetacyjnym, $V_{1988-2003}$ – współczynnik zmienności sum z okresu IV–X w wieloletniu 1988–2003, $T_{\min 2m} \leq 0^{\circ}\text{C}$ – temperatura minimalna $\leq 0^{\circ}\text{C}$ na wysokości 2 m n.p.g., $T_{\min 5cm} \leq 0^{\circ}\text{C}$ – temperatura minimalna $\leq 0^{\circ}\text{C}$ na wysokości 5 cm n.p.g., $T_{\max 2m} \geq 25^{\circ}\text{C}$ – temperatura maksymalna $\geq 25^{\circ}\text{C}$ na wysokości 2 m n.p.g., $f_{\text{godz.12}} \leq 40\%$ – wilgotność względna $\leq 40\%$ o godz. 12 GMT.

Pogrubiono największe wartości.

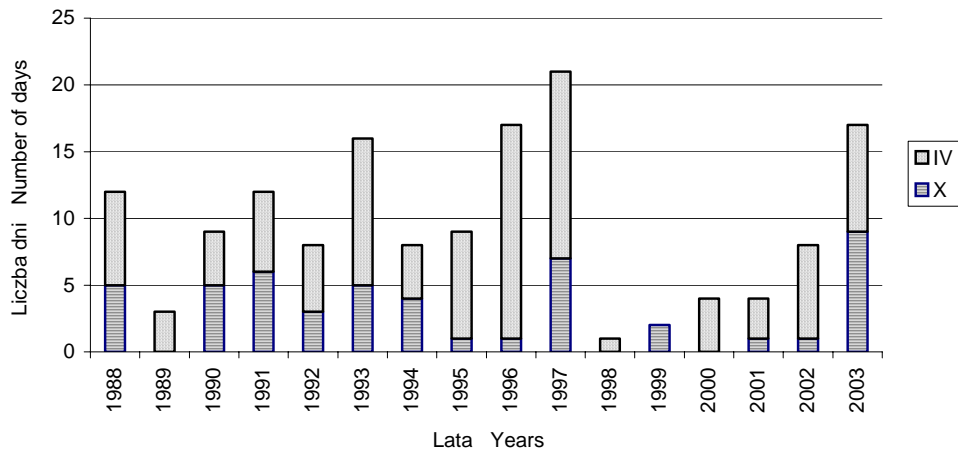
Explanations: Σ IV–X – mean number of days in the vegetation periods of the years 1988–2003, V_{IV-X} – variability coefficient during the vegetative period, $V_{1988-2003}$ – variability coefficient of sums from the period April–October in the years 1988–2003, $T_{\min 2m} \leq 0^{\circ}\text{C}$ – minimum temperature $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 2 m above ground level, $T_{\min 5cm} \leq 0^{\circ}\text{C}$ – minimum temperature $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 5 cm above ground level, $T_{\max 2m} \geq 25^{\circ}\text{C}$ – maximum temperature $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 2 m above ground level, $f_{\text{godz.12}} \leq 40\%$ – relative air humidity $\leq 40\%$ at 12:00 GMT.

The highest values are bold.

WYNIKI BADAŃ

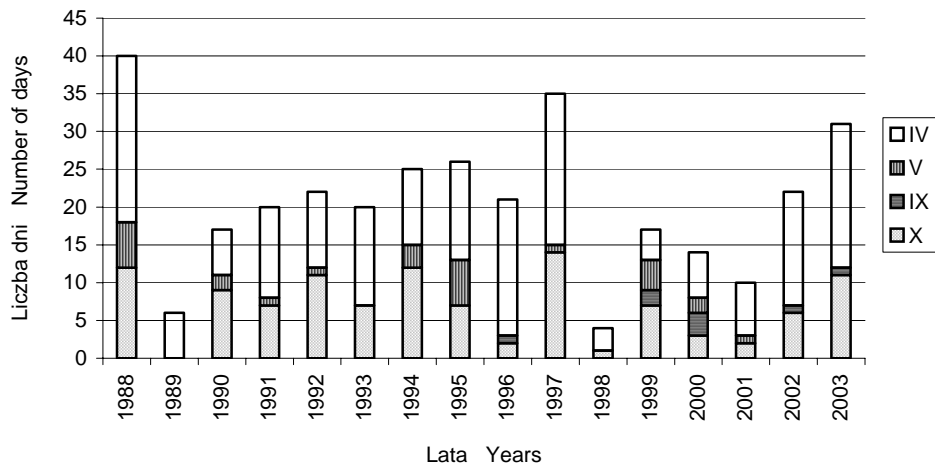
CECHY TERMICZNE

W latach 1988–1996 na Pogórzu Wielickim wystąpiła ciepła fluktuacja klimatyczna [OBREBSKA-STARKŁOWA i in., 2003]. Liczba dni z temperaturą minimalną $\leq 0^{\circ}\text{C}$ mierzona na wysokości 2 m n.p.g. $T_{\min 2m} \leq 0^{\circ}\text{C}$ i z temperaturą minimalną $\leq 0^{\circ}\text{C}$ mierzona na wysokości 5 cm n.p.g. $T_{\min 5cm} \leq 0^{\circ}\text{C}$ (rys. 1, 2) w 1997 r. była znacząco większa w porównaniu z latami 1988–1996, ale w okresie 1998–2002 osiągnęła wartości znacznie mniejsze, co dowodzi, że okres ciepły trwa nadal, choć zdarzają się lata nieco chłodniejsze (np. 2003). Potwierdza to także zwiększenie liczby dni gorących w latach 1998–2003 (rys. 3). Takie dni występują głównie w lipcu i sierpniu (ok. 12 dni w miesiącu). Sezony letnie w latach 1992, 1994



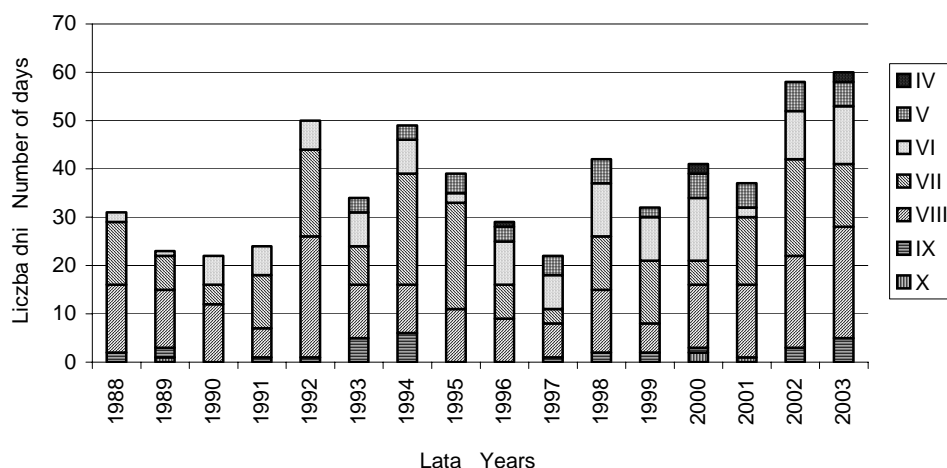
Rys. 1. Liczba dni z temperaturą minimalną $\leq 0^{\circ}\text{C}$ mierzona na wysokości 2 m n.p.g. w Gaiku-Brzezowej w kwietniu i październiku (lata 1988–2003)

Fig. 1. The number of days with minimum air temperature $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 2 m above ground level in Gaik-Brzezowa, in April (IV) and October (X) (1988–2003)



Rys. 2. Liczba dni z temperaturą minimalną $\leq 0^{\circ}\text{C}$ mierzona na wysokości 5 cm n.p.g. w Gaiku-Brzezowej w wybranych miesiącach okresu wegetacyjnego (lata 1988–2003)

Fig. 2. The number of days with minimum air temperature $\leq 0^{\circ}\text{C}$ 5 cm above ground level in Gaik-Brzezowa, in selected months of the vegetation period (1988–2003) (IV – Apr., V – May, IX – Sept., X – Oct.)



Rys. 3. Liczba dni z temperaturą maksymalną $\geq 25^{\circ}\text{C}$ mierzona na wysokości 2 m w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego w Gaiku-Brzezowej (lata 1988–2003)

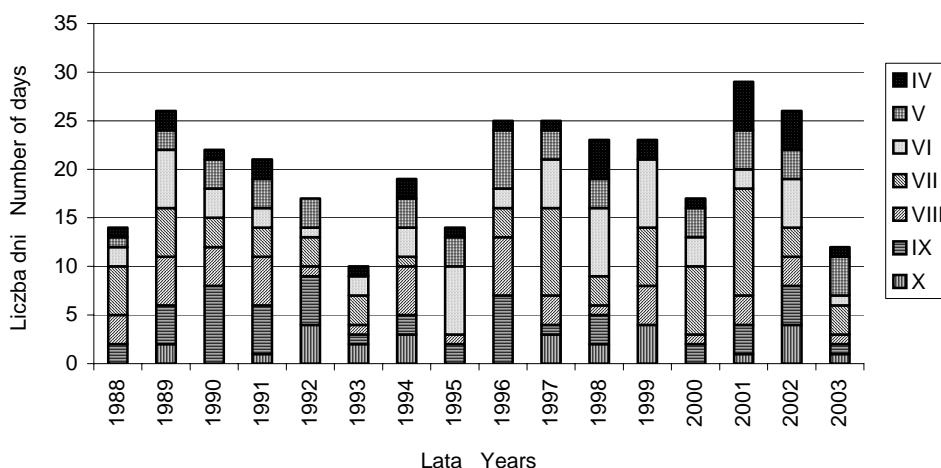
Fig. 3. The number of days with maximum air temperature $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 2 m above ground level in Gaik-Brzezowa, in particular months of the vegetation period (1988–2003) (IV – Apr., V – May, VI – Jun., VII – Jul., VIII – Aug., IX – Sept., X – Oct.)

i 2000 należały do najgorętszych w XX w. [TREPIŃSKA, 2003]. Dni z $T_{\min 2\text{m}} \leq 0^{\circ}\text{C}$ w badanym okresie wystąpiły tylko w kwietniu i październiku (oraz wyjątkowo jeden taki dzień w maju 1995 r.), przy czym w kwietniu bywa ich dwa razy więcej (6,3) niż w październiku. Dni z $T_{\min 5\text{cm}} \leq 0^{\circ}\text{C}$ występowały głównie w kwietniu (11,5), a ponadto w maju, wrześniu i październiku (oraz wyjątkowo jeden taki dzień w czerwcu 1991 r.). Mają one dużą wartość współczynnika zmienności $V_{1988-2003}$ (odpowiednio 63 i 47%), natomiast liczba dni z temperaturą maksymalną $\geq 25^{\circ}\text{C}$ mierzona na wysokości 2 m n.p.g. $T_{\max 2\text{m}} \geq 25^{\circ}\text{C}$ jest mniej zmienna (33,2%). Wynika to prawdopodobnie ze znacznie większej zmienności cyrkulacji atmosferycznej i napływu mas powietrza z różnych kierunków w przejściowych porach roku w porównaniu z latem.

CECHY WILGOTNOŚCIOWE

Ciągi bezopadowe trwające ≥ 9 dni wyłączono z dalszej analizy, gdyż występują zaledwie raz lub dwa w czasie okresu wegetacyjnego i trwają najczęściej jedynie 9–11 dni. Najdłuższe ciągi bezopadowe wystąpiły na przełomie września i października 1992 r. oraz w lipcu 1994 r. i trwały po 13 dni, zatem długie susze o dużym zasięgu przestrzennym, jak te z lat 1992 i 2003, nie objęły swym zasięgiem terenu Pogórza Wielickiego. Ponadto dopiero ciągi bezopadowe o długości ponad 20 dni uznaje się za potencjalnie szkodliwe dla rolnictwa [Atlas ..., 2001].

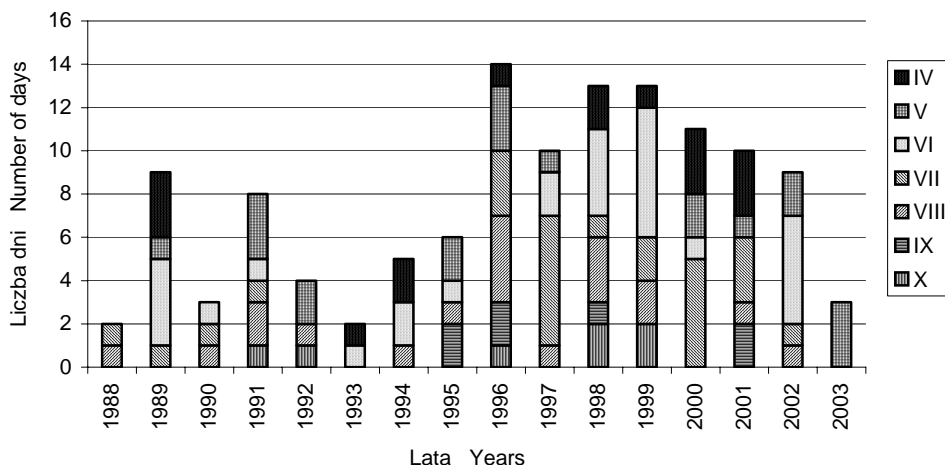
Liczba dni z dobową sumą opadu ≥ 10 mm wynosiła w badanym okresie od 10 (1993 r.) do 29 (2001 r.). Według TWARDOSZA [2003], w latach 1988–1995 w Gaiku-Brzezowej występował niedobór opadów, z minimum właśnie w 1993 r., natomiast w latach 1996–1999 – ich nadmiar. W powyższym opracowaniu wykorzystano dane z wielolecia 1971–2000 i na tej podstawie stwierdzono, że dni z takim opadem w Gaiku-Brzezowej stanowią 13% wszystkich dni z opadem i mają aż 52% udziału w średniej rocznej sumie opadu. W 2001 r., podobnie jak w 1997 r., w południowej Polsce wystąpiły powodzie, a liczba dni z sumą dobową opadu ≥ 10 mm osiągnęła wartość 29 – największą w badanym okresie. Nie jest to jednak największa wartość zanotowana na stacji – w 1974 r. takich dni było aż 40. Współczynnik zmienności $V_{1988-2003}$ wynosi 28% i jest zbliżony do wartości z lat 1971–2000 (25%). Jest to zatem element meteorologiczny najmniej zmienny (tab. 1). Średnio najwięcej takich dni występuje w lipcu (4,3), ale zdarza się, że najwięcej ich notuje się we wrześniu (np. 1990 r.), w czerwcu (2002 r.) czy sierpniu (1994 r.) – rysunek 4.



Rys. 4. Liczba dni z sumą dobową opadu ≥ 10 mm w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego w Gaiku-Brzezowej (lata 1988–2003)

Fig. 4. The number of days with daily sum of precipitation ≥ 10 mm in particular months of the vegetation period in Gaik-Brzezowa (1988–2003) (IV – Apr., V – May, VI – Jun., VII – Jul., VIII – Aug., IX – Sept., X – Oct.)

Liczba dni z sumą dobową opadu ≥ 20 mm zmieniała się w zakresie od 2 do 14 (rys. 5). Współczynnik zmienności $V_{1988-2003}$ tego elementu meteorologicznego wynosi 53,9%, czyli jest znacznie większy niż liczby dni z opadem ≥ 10 mm. Według Atlasu ... [1990], dla Pogórza Wielickiego typowe jest występowanie 6 takich dni w okresie wegetacyjnym (dane z lat 1951–1980). W okresie 1988–2003 war-



Rys. 5. Liczba dni z sumą dobową opadu ≥ 20 mm w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego w Gaiku-Brzezowej (lata 1988–2003)

Fig. 5. The number of days with daily sum of precipitation ≥ 20 mm in particular months of the vegetation period in Gaik-Brzezowa (1988–2003) (IV – Apr., V – May, VI – Jun., VII – Jul., VIII – Aug., IX – Sept., X – Oct.)

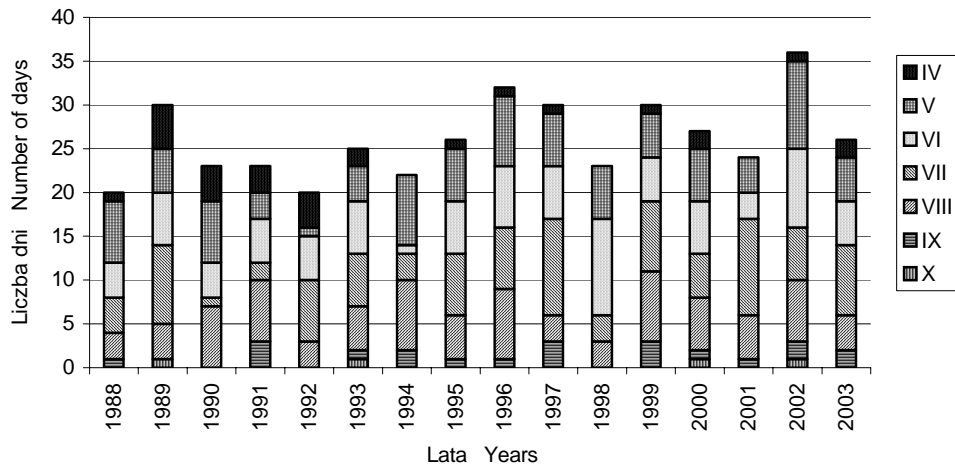
tość ta zwiększyła się do 7,7 (tab. 1). Zmiana ta jest najbardziej widoczna w kwietniu i maju (zwiększenie odpowiednio o 0,8 i 0,5 dnia).

Liczba dni z burzą w latach 1988–2003 zmieniała się najmniej spośród wszystkich badanych wskaźników ($V_{1988-2003} = 17,3\%$; tab. 1, rys. 6). Brak wyraźnej tendencji zmian w czasie to cecha charakterystyczna nie tylko dla Pogórza Wielickiego, ale także innych obszarów Polski [BIELEC-BAKOWSKA, 2002]. Od 1994 r. liczba dni z burzą na Pogórzu Wielickim w okresie wegetacyjnym jest nieco większa niż średnio w Polsce. Wyniki uzyskane dla Gaika-Brzezowej są generalnie zgodne z danymi zamieszczonymi w Atlasie ... [1990], z wyjątkiem czerwca, kiedy średnio występuje 5,6 dni z burzą (wg Atlasu ... [1990] 7 dni, dane z okresu 1951–1980).

Opad gradu na Pogórzu Wielickim zdarza się bardzo rzadko, średnio w okresie wegetacyjnym 1,4 razy (tab. 1, rys. 7). Podobne dane podaje się w Atlasie ... [1990]. Jest to także zjawisko o największej zmienności ($V_{1988-2003} = 82,1\%$).

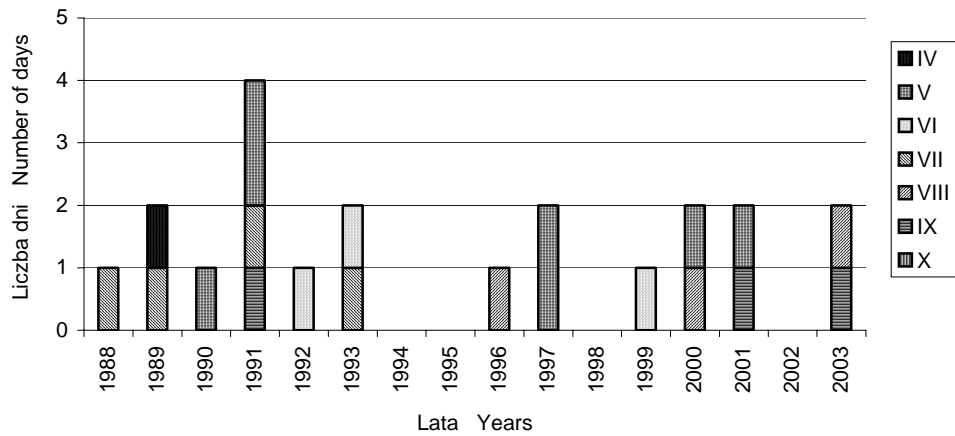
Liczba dni z wilgotnością względną powietrza $\leq 40\%$ o godz. 12 GMT zmieniała się w latach 1988–2003 dość znacznie – od 7 do 37 ($V_{1988-2003} = 47,2\%$) – tabela 1, rysunek 8. Na uwagę zasługują duże wartości w latach 1993, 2000 i 2003. W pierwszych dwóch przypadkach wytłumaczeniem może być większy w tych latach napływ zwrotnikowych mas powietrza nad południową Polskę [NIEDŹWIEDŹ, 2003].

Współczynnik zmienności w sezonie wegetacyjnym V_{IV-X} przyjmuje znacznie większe wartości w odniesieniu do cech termicznych niż opadowych (ponad



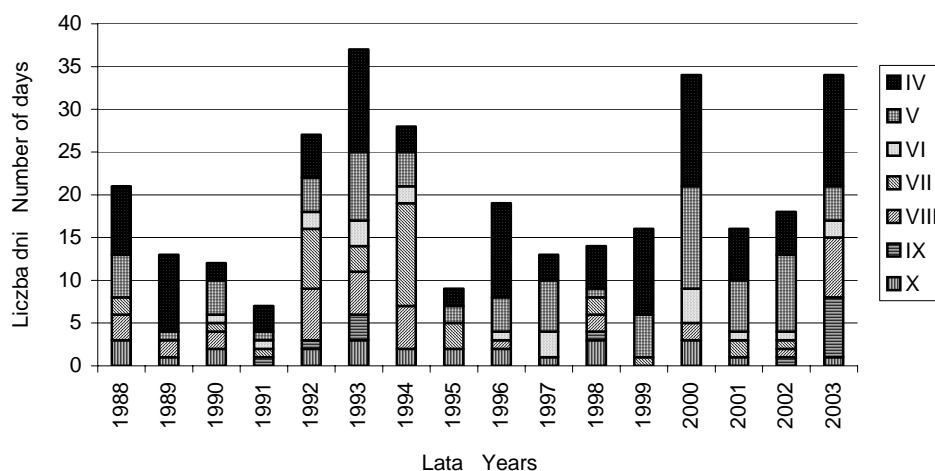
Rys. 6. Liczba dni z burzą w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego w Gaiku-Brzezowej (lata 1988–2003)

Fig. 6. The number of days with thunderstorms in particular months of the vegetation period in Gaik-Brzezowa (1988–2003) (IV – Apr., V – May, VI – Jun., VII – Jul., VIII – Aug., IX – Sept., X – Oct.)



Rys. 7. Liczba dni z gradem w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego w Gaiku-Brzezowej (lata 1988–2003)

Fig. 7. The number of days with hail in particular months of the vegetation period in Gaik-Brzezowa (1988–2003) (IV – Apr., V – May, VI – Jun., VII – Jul., VIII – Aug., IX – Sept., X – Oct.)



Rys. 8. Liczba dni z wilgotnością względną powietrza $\leq 40\%$ o godz. 12 GMT w poszczególnych miesiącach okresu wegetacyjnego w Gaiku-Brzezowej (lata 1988–2003)

Fig. 8. The number of days with relative air humidity $\leq 40\%$ at 12 GMT in particular months of the vegetation period in Gaik-Brzezowa (1988–2003) (IV – Apr., V – May, VI – Jun., VII – Jul., VIII – Aug., IX – Sept., X – Oct.)

100%), ale jest to skutkiem specyfiki występowania dni z rozpatrywanymi progami temperatury. Skupiają się one bowiem w 1–2 miesiącach, dlatego też nie należy wyciągać wniosku, że wysoki współczynnik zmienności oznacza dużą przypadkowość występowania dni z rozpatrywanymi wartościami temperatury minimalnej lub maksymalnej. Przeciwnie, niezwykle rzadko zdarza się, by występowały one w innych miesiącach niż te, w których się skupiają. W przypadku cech opadowych wartości V_{IV-X} , nieprzekraczające 70%, można poddać dokładniejszej analizie. Gdy wartość współczynnika przekracza 20%, oznacza to, że dana zbiorowość jest znacznie zróżnicowana pod względem badanej cechy [SOBCZYK, 2000]. Wartości współczynnika zmienności liczby dni z opadem dobowym ≥ 10 lub ≥ 20 mm są znacznie mniejsze (31,7 i 46,3%) niż liczby dni z burzą lub gradem (67,6 i 69,9%). Dobowe opady ekstremalne są zatem bardziej równomiernie rozłożone w czasie trwania okresu wegetacyjnego (i częściej stanowią zagrożenie) niż burze (głównie w okresie od maja do sierpnia) i opady gradu (głównie w maju).

PODSUMOWANIE

Klimat Pogórza Wielickiego znajduje się obecnie w fazie fluktuacji cieplej, ale możliwe, że to już nowy stan równowagi dynamicznej warunków klimatycznych tego mezoregionu. Przedstawione wyniki, w porównaniu z wcześniejszymi danymi, potwierdzają tezę o tendencji do zmniejszania się liczby dni z mrozem i przy-

mrozkami oraz zwiększania liczby dni gorących, a także dni z ekstremalnymi sumami opadów dobowych. W badanym okresie liczba dni z $T_{\min 2m} \leq 0^{\circ}\text{C}$, z $T_{\min 5cm} \leq 0^{\circ}\text{C}$ i z $T_{\max 2m} \geq 25^{\circ}\text{C}$ znacznie się zmieniła (współczynniki zmienności odpowiednio 63, 47 i 33,2%), poza tym lata 1998–2002 były niezwykle ciepłe. W latach 1988–1995 tak sumy roczne opadów, jak i liczba dni z sumą dobową opadów ≥ 10 mm, a tym bardziej z sumą ≥ 20 mm, w okresie wegetacyjnym, były wyraźnie mniejsze niż w latach 1996–2003. W odniesieniu do liczby dni z burzą i z gradem nie można określić żadnej wyraźnej tendencji zmian w tym mezoregionie. Nie można także stwierdzić większego zagrożenia suszą, gdyż wzrostowi temperatury towarzyszy zwiększenie ilości opadów i liczby dni z ekstremalnymi opadami dobowymi.

W przyszłości prawdopodobnie możemy spodziewać się raczej problemów wynikających z dużej zmienności zjawisk niekorzystnych dla rolnictwa niż zwiększenia ich częstości. Są to zjawiska trudno przewidywalne. Dla rolnictwa może to oznaczać np. konieczność płacenia wyższych stawek ubezpieczenia za uprawy. W związku z tym dużego znaczenia nabiera konieczność dalszego rozwoju i doskonalenia systemów prognozowania i wczesnego ostrzegania przed zjawiskami niekorzystnymi. Dotyczy to także systemów przekazu informacji do osób zainteresowanych.

LITERATURA

- Atlas klimatycznego ryzyka upraw roślin w Polsce, 2001. Pr. zbior. Red. Cz. Koźmiński, B. Michalska. Szczecin: AR, USzczec. ss. 101.
- Atlas klimatyczny elementów i zjawisk szkodliwych dla rolnictwa w Polsce, 1990. Szczecin: AR, Puławy: IUNG ss. 102.
- BIELEC-BAKOWSKA Z., 2002. Zróżnicowanie przestrzenne i zmienność wieloletnia występowania burz w Polsce (1949-1998). Pr. Nauk. UŚl. Katowice nr 2059.
- HESS M., 1965. Piętra klimatyczne w polskich Karpatach Zachodnich. Zesz. Nauk. UJ Pr. Geogr. z. 11 ss. 267.
- IPCC third assessment report – climate change 2001: The scientific basis. <http://www.ipcc.ch/>, data pobrania: styczeń 2005 r.
- KONDRACKI J., 1988. Geografia fizyczna Polski. Warszawa: PWN ss. 463.
- KOZUCHOWSKI K., ŻMUDZKA E., 2002. The warming in Poland: The range and the seasonality of changes in air temperature during the second half of the 20th century. Misc. Geogr. 10 s. 103–111.
- NIEDŹWIEDŹ T., 2003. Częstość występowania mas powietrznych w Polsce Południowej w drugiej połowie XX wieku. Pr. Geogr. IGiPZ PAN nr 188 s. 65–74.
- OBREBSKA-STARKŁOWA B., BEDNARZ Z., NIEDŹWIEDŹ T., TREPIŃSKA J., 1994. Klimat Karpat w okresie globalnego ocieplenia i prognozowane zmiany gospodarcze. Probl. Zagosp. Ziem Gór. z. 37 s. 13–38.
- OBREBSKA-STARKŁOWA B., OLECKI Z., GRZYBOROWSKA A., RAUCZYŃSKA-OLECKA D., 2003. Z badań topoklimatu na Pogórzu Wielickim w rejonie Dobczyckiego zbiornika wodnego. Pr. Geogr. IGiPZ PAN nr 188 s. 199–214.

- SOBCZYK M., 2000. Statystyka. Podstawy teoretyczne, przykłady – zadania. Lublin: Wydaw. UMCS ss. 425.
- TREPIŃSKA J., 2003. Hot summer seasons in Cracow during the 20th century. St. Geogr. UWroc. 75 s. 151–157.
- TWARDOSZ R., 2003. Wpływ sytuacji synoptycznych na występowanie dobowych opadów na Pogórzu Wielickim. Pr. Geogr. IGiPZ PAN nr 188 s. 89–102.

Anita BOKWA, Krzysztof MATUSZYK

**THE OCCURRENCE OF ATMOSPHERIC PHENOMENA UNFAVOURABLE
FOR AGRICULTURE IN THE WIELICZKA FOOTHILLS**

Key words: agriculture, precipitation, temperature, unfavourable conditions, Wieliczka Foothills

S u m m a r y

Meteorological data from the research station in Gaik-Brzezowa near Dobczyce, which belongs to the Institute of Geography and Spatial Management, Jagiellonian University, Cracow, Poland, were used in the analysis. The occurrence of weather conditions unfavourable for agriculture in the Wieliczka Foothills, in the years 1988-2003 were examined. Changes in the number of days with minimum air temperature 2 m above ground level $\leq 0^{\circ}\text{C}$, 5 cm a.g.l. $\leq 0^{\circ}\text{C}$ and with maximum air temperature 2 m a.g.l. $\geq 25^{\circ}\text{C}$ in the vegetation periods proved the continuation of warm climate fluctuations in this area. The number of days with daily precipitation ≥ 10 mm (20.2 on average) and with thunderstorms (26.2) varied least in the analysed period (variability index 28 and 17.3 %, respectively). Mean number of days with hail in the vegetation period was only 1.4. The number of days with extreme daily precipitation was the factor that mainly increased in the study period as compared with earlier data.

Recenzenci:

prof. dr hab. Czesław Koźmiński

prof. dr hab. Zbigniew Szwejkowski

Praca wpłynęła do Redakcji 14.03.2005 r.