

## Współczesne zmiany wielkości i charakteru opadów w Tatrach

Elwira Żmudzka

*Zakład Klimatologii Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytet Warszawski  
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa, e-mail: elwiraz@uw.edu.pl*

**Słowa kluczowe:** opady atmosferyczne, trend, Tatry  
**Keywords:** precipitation, trend, Tatra Mountains

**Materiały źródłowe  
i metody opracowania**

### Streszczenie

Głównym celem opracowania jest odpowiedź na pytanie czy współczesnemu wzrostowi temperatury powietrza w Tatrach towarzyszą istotne zmiany wielkości i charakteru opadów atmosferycznych. W analizie wykorzystano dane codzienne ze stacji IMGW w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu z lat 1966–2006. Określono tendencje zmian miesięcznych, sezonowych i rocznych sum opadów, a także liczby dni z opadami oraz średniej obfitości (gęstości) opadów. Szczególną uwagę zwrócono na zmiany liczby dni z opadami bardzo silnymi (suma dobową  $\geq 30,0$  mm i  $\geq 50,0$  mm) i ich udziału w ogólnej sumie opadów. Wykazano, że w przeważającej części roku ilość opadów nieznacznie zmniejszyła się. Tylko jesienią (u podnóża Tatr także na wiosnę) wystąpił, podobnie jak w całej Polsce, nieistotny wzrost sum opadów. Ponadto w przeważającej części roku nie stwierdzono trendu zmian w przebiegu pozostałych charakterystyk opadowych (trendy liniowe wyjaśniają jedynie do kilku procent ich zmienności). Tylko w sezonie zimowym na Kasprowym Wierchu zmniejszyła się znacząco liczba dni z opadami bardzo silnymi i ich udział w ogólnej sumie opadów. Tendencje zmian charakterystyk opadowych były zróżnicowane tak w profilu pionowym Tatr, jak i w ciągu roku. W części wysokogórskiej Tatr wystąpił wzrost kontynentalizmu pluwiального.

### Wstęp

Głównym celem opracowania jest odpowiedź na pytanie czy współczesnemu wzrostowi temperatury powietrza w Tatrach, szacowanemu na  $0,02^{\circ}\text{C}$  na rok (Żmudzka, 2009, 2010) towarzyszą istotne zmiany wielkości i charakteru opadów atmosferycznych. Ilość oraz częstość i natężenie opadów oraz warunki termiczne to dwa główne czynniki klimatyczne decydujące o funkcjonowaniu ekosystemów, a także wyznaczające warunki i możliwości rozwoju różnych form gospodarowania.

W analizie wykorzystano codzienne sumy opadów ze stacji IMGW w Zakopanem ( $h = 857$  m n.p.m.) i na Kasprowym Wierchu ( $h = 1991$  m n.p.m.) z lat 1966–2006. Określono tendencje zmian miesięcznych, sezonowych i rocznych sum opadów, liczby dni z opadami oraz średniej obfitości (gęstości) opadów. Szczególną uwagę zwrócono na zmiany liczby dni z opadami bardzo silnymi (suma dobową  $\geq 30,0$  mm i  $\geq 50$  mm) i ich udziału w ogólnej sumie opadów. Określono, jaki procent zmienności poszczególnych charakterystyk opadowych wyjaśniają trendy liniowe. Opisano także przebieg roczny analizowanych charakterystyk opadowych oraz określono tendencje zmian głównych cech tego przebiegu w badanym wieloleciu. Wskazano także wartości skrajne.

### Przebieg roczny i skrajne wartości charakterystyk opadowych

W latach 1966–2006 średnia roczna suma opadów wyniosła w Zakopanem 1117,6 mm, a na Kasprowym Wierchu 1797,7 mm. Najwięcej opadów spadło w 2001 r. – odpowiednio 1462,2 i 2600,3 mm, najmniej w 1993 r. – 810,9 i 1292,3 mm (tab. 1). Lata te wyróżniły się także ze względu na skrajne wartości amplitudy rocznej ilości opadów. W przypadku roku 2001 skrajnie duża amplituda roczna opadów była związana z wyjątkowo dużą sumą opadów w miesiącach letnich, która była konsekwencją skrajnie dużej liczby dni z opadami bardzo silnymi.

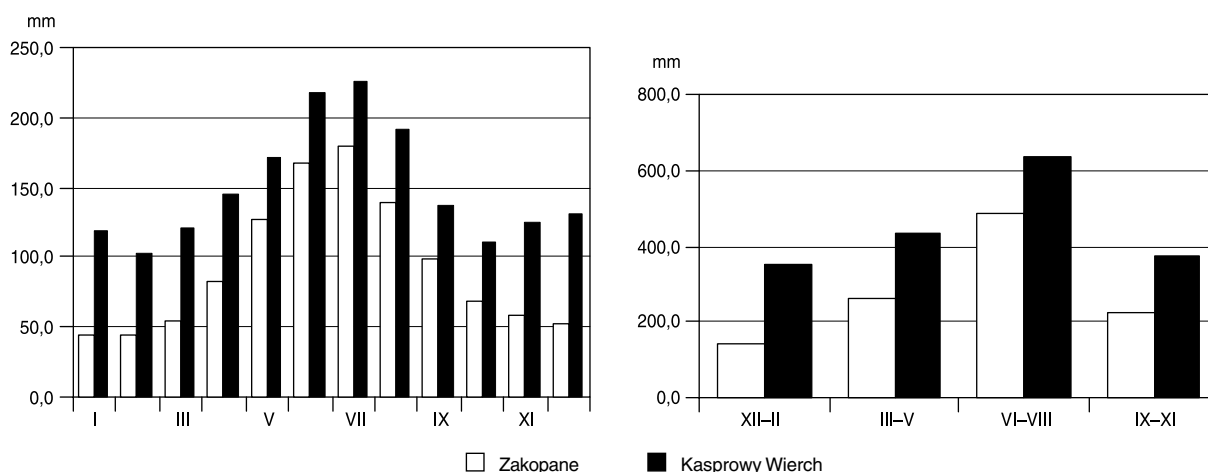
W ciągu roku najwięcej opadów występuje latem: w Zakopanem 486,7 mm, na Kasprowym 635,3 mm (w ujęciu miesięcznym w lipcu i czerwcu), najmniej zaś zimą – odpowiednio 139,9 i 353,4 mm (w lutym) (ryc. 1). Na Kasprowym Wierchu w przebiegu rocznym opadów zaznacza się także drugorzędne minimum w październiku. Stosunek ilości opadów letnich do zimowych zmienia się w profilu pionowym Tatr od 3,8 w Zakopanem do 2,0 na Kasprowym Wierchu. Wiosną opady są 1,3 razy większe niż jesienią.

**Tabela 1.** Najmniejsze i największe sumy opadów atmosferycznych oraz wartości rocznej amplitudy opadów w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu (1966–2006)

**Table 1.** The least and the greatest precipitaton sums and its annual amplitude in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006)

Stacja	Liczba dni	Pory roku				Rok	Amplituda roczna*
		XII–II	III–V	VI–VIII	IX–XI	I–XII	
Zakopane	najmniejsza	70,0	116,1	264,4	91,8	810,9	86,9
	(rok)	(1991)	(1969)	(1990)	(1986)	(1993)	(1993)
	największa	221,0	407,7	768,5	422,2	1462,2	413,1
	(rok)	(1983)	(1989)	(2001)	(1980)	(2001)	(2001)
Kasprowy Wierch	najmniejsza	140,3	213,8	299,4	150,1	1292,3	95,5
	(rok)	(1996)	(1969)	(1990)	(1986)	(1993)	(1993)
	największa	626,0	721,4	1254,4	589,1	2600,3	612,9
	(rok)	(1976)	(1978)	(2001)	(1996)	(2001)	(2001)

\* – różnica między największą i najmniejszą sumą miesięczną w roku



**Ryc. 1.** Przebieg roczny średnich sum opadów w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu (1966–2006)

**Fig. 1.** The annual course of the average of precipitation sums in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006)

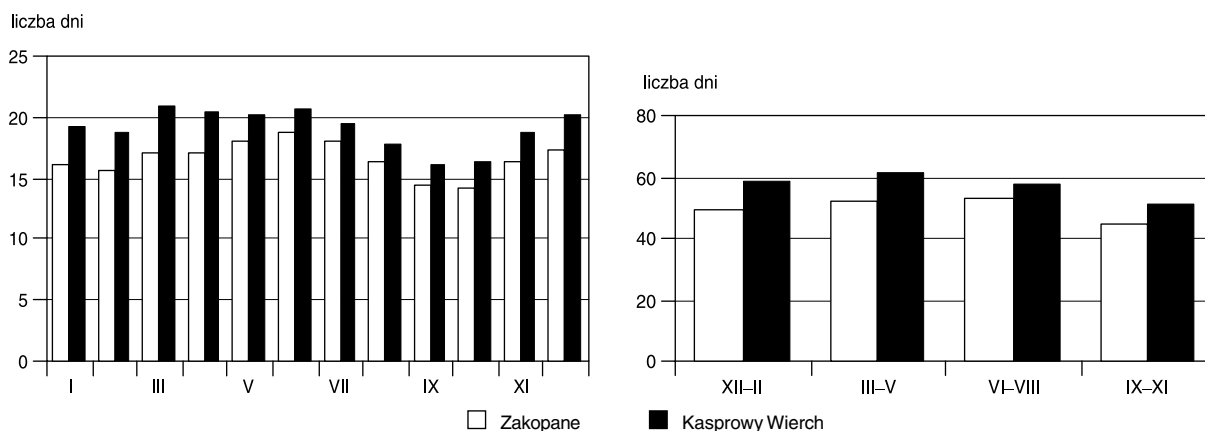
Średnia roczna liczba dni z opadem wynosi w Zakopanem 200, na Kasprowym Wierchu 229. W poszczególnych latach liczba ta waha się od 174 do 236 w Zakopanem i od 194 do 267 na Kasprowym Wierchu

(tab. 2). Cechą charakterystyczną przebiegu rocznego liczby dni z opadem jest przesunięcie maksimum głównego na Kasprowym Wierchu na miesiące wiosenne (III–V – 20–21 dni w miesiącu), podczas gdy w Zakopanem

**Tabela 2.** Najmniejsze i największe liczby dni z opadem w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu (1966–2006)

**Table 2.** The least and the greatest numbers of days with precipitation in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006)

Stacja	Liczba dni	Pory roku				Rok
		XII–II	III–V	VI–VIII	IX–XI	I–XII
Zakopane	najmniejsza	34	40	31	30	174
	(rok)	(1969, 1973)	(1969, 1986)	(1992)	(1982)	(1986)
	największa	66	63	64	61	236
	(rok)	(1983)	(1970, 1994)	(1969, 1996)	(1996)	(1970)
Kasprowy Wierch	najmniejsza	39	46	45	33	194
	(rok)	(1997)	(1986)	(1983)	(1986)	(1986)
	największa	74	77	70	68	267
	(rok)	(1983)	(1978)	(1970, 1980)	(1996)	(1970)



Ryc. 2. Przebieg roczny średniej liczby dni z opadem w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu (1966–2006)

Fig. 2. The annual course of the average number of days with precipitation in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006)

przypada ono na lato (V–VII – 18–19 dni w miesiącu) (ryc. 2).

Średnia obfitość opadów w Tatrach jest największa latem (w lipcu), najmniejsza zaś zimą (w lutym). Zimą występuje szczególnie silny przyrost obfitości opadów wraz z wysokością – od 2,8 w Zakopanem do 5,9 mm na dzień z opadem na Kasprowym Wierchu. Latem przyrost ten jest najmniejszy – średnia obfitość opadów zmienia się w profilu pionowym Tatr od 9,0 do 10,9 mm na dzień (ryc. 3).

Średnia roczna liczba dni z opadem bardzo silnym (suma dobową  $\geq 30$  mm) wynosi w Zakopanem 5, na Kasprowym Wierchu 10. Średnio w ciągu roku w Zakopanem występuje jeden dzień z sumą opadów co najmniej 50 mm. W partii szczytowej gór występują średnio 3 takie dni (ryc. 4). Na Kasprowym Wierchu mogą się one pojawiać w ciągu całego roku, w Zakopanem występują od kwietnia do października. Koncentrują się one głównie w sezonie letnim.

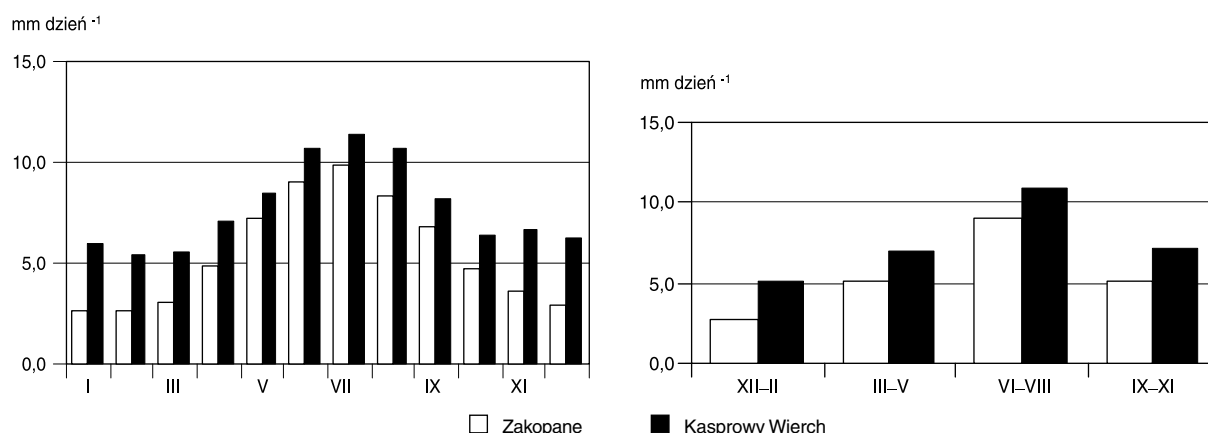
W przypadku Kasprowego Wierchu największa liczba dni z opadem zarówno  $\geq 30$  mm, jak i  $\geq 50$  mm wystąpiła w roku o największej sumie opadów, tj. w 2001; było ich odpowiednio 20 i 12, z czego 14 i 11 wystąpiło

w sezonie letnim (tab. 3 i 4). Zimą w Zakopanem dni z opadem  $\geq 30$  mm wystąpiły w analizowanym wieloleciu tylko dwa razy: w 1967 i 1974 roku. W sezonie letnim dni takie nie wystąpiły tylko w roku 1993 i 1998.

### Tendencje zmian wielkości i charakteru opadów

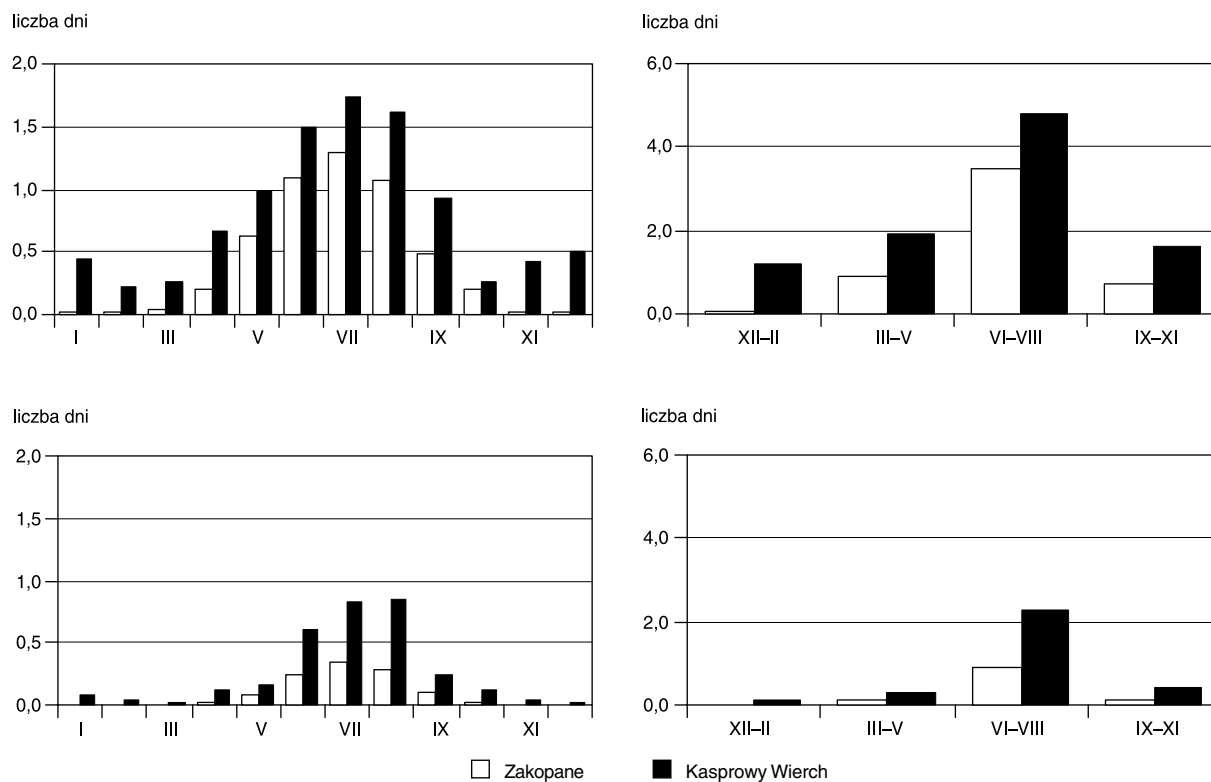
Analiza zmienności czasowej charakterystyk opadowych wykazała, że cechą charakterystyczną ich przebiegu wieloletniego są kilkunastoletnie fluktuacje (ryc. 5). Trendy liniowe, wskazujące na pewne zmiany wielkości i obfitości opadów, wyjaśniają jedynie do kilku procent ich zmienności.

Tendencje sezonowe charakterystyk opadowych są zróżnicowane tak w profilu pionowym Tatr, jak i w ciągu roku. I tak, np. zmniejszenie wielkości opadów na Kasprowym Wierchu wystąpiło głównie zimą –  $-2,0$  mm·rok<sup>-1</sup>, w Zakopanem latem –  $-1,9$  mm·rok<sup>-1</sup> (tab. 5). Jesienią sumy opadów zwiększyły się. U podnóża Tatr wzrost ilości opadów wystąpił jednak głównie wiosną –  $1,4$  mm·rok<sup>-1</sup>, co spowodowało wzrost obfitości opadów, mimo zwiększenia w tym sezonie liczby dni z opadami, a także wzrost



Ryc. 3. Przebieg roczny średniej obfitości opadów w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu (1966–2006)

Fig. 3. The annual course of the average precipitation abundance in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006)



**Ryc. 4.** Przebiegi roczne średniej liczby dni z opadem  $\geq 30$  mm (wykres górny) i  $\geq 50$  mm (wykres dolny) w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu (1966–2006)

**Fig. 4.** The annual courses of the average number of days with precipitation greater than 30 mm (higher graph) and greater than 50 mm (lower graph) in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006)

**Tabela 3.** Największe i najmniejsze liczby dni z opadem  $\geq 30$  mm w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu (1966–2006)

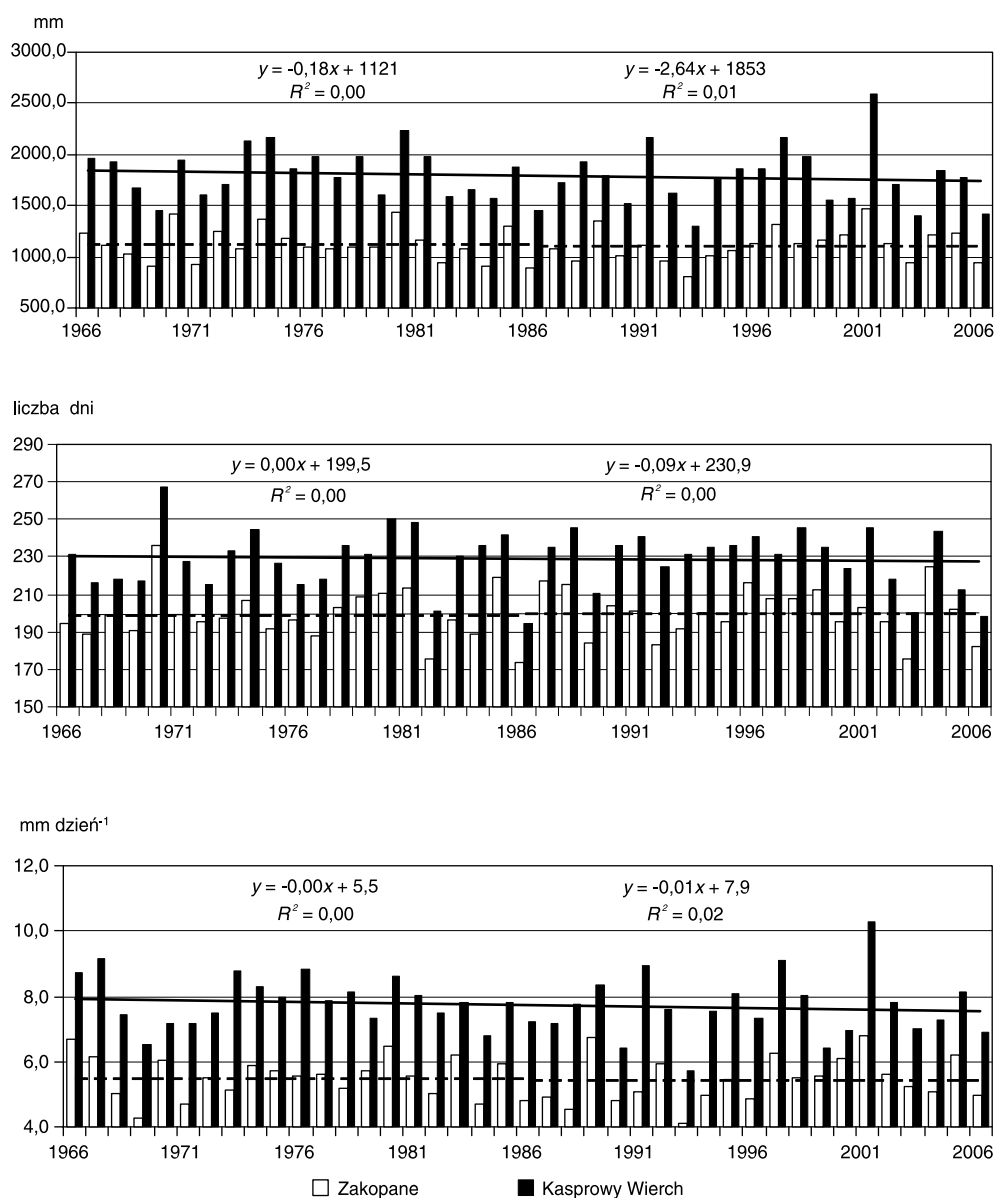
**Table 3.** The greatest and the least numbers of days with precipitation greater than 30 mm in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006)

Stacja	Liczba dni	XII–II	III–V	VI–VIII	IX–XI	I–XII
Zakopane	największa (rok)	1 (1967, 1974)	4 (1989)	10 (2001)	2 (1974, 1980, 1981, 1982, 1992, 1996)	11 (1989)
	najmniejsza	–	–	–	–	–
Kasprowy Wierch	największa (rok)	7 (1976)	8 (1998)	14 (2001)	5 (1995, 1996)	20 (2001)
	najmniejsza	–	–	–	–	2

**Tabela 4.** Największe i najmniejsze liczby dni z opadem  $\geq 50$  mm w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu (1966–2006)

**Table 4.** The greatest and the least numbers of days with precipitation greater than 50 mm in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006)

Stacja	Liczba dni	XII–II	III–V	VI–VIII	IX–XI	I–XII
Zakopane	największa (rok)	–	1 (1966, 1981, 1987, 1989)	3 (1970, 1983)	1 (1974, 1980, 1983, 1987, 1996)	4 (1983)
	najmniejsza	–	–	–	–	–
Kasprowy Wierch	największa (rok)	1 (1973, 1974, 1981, 1982, 1986)	2 (1967)	11 (2001)	3 (1996)	12 (2001)
	najmniejsza	–	–	–	–	–



**Ryc. 5.** Przebieg wieloletni rocznych sum opadów, rocznej liczby dni z opadami i średniej obfitości opadów w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu (1966–2006). Zaznaczono linie trendu

**Fig. 5.** The long-term courses of the annual precipitation sums, annual number of days with precipitation and average precipitation abundance in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006). The trend lines are marked

stosunku opadów wiosennych do jesiennych (ryc. 6). Tendencja zmian stosunku opadów letnich do zimowych natomiast była w Zakopanem ujemna. Na stacji szczytowej tendencje zmian głównych cech przebiegu rocznego opadów były odmienne. Świadczy to o silnym zróżnicowaniu nie tylko przestrzennym, ale także czasowym opadów w górach.

Średnia roczna liczba dni z opadami w Zakopanem nie uległa zmianie, na Kasprowym Wierchu nieistotnie zmniejszyła się. Brak trendu zmian średniej rocznej liczby dni z opadami w Zakopanem wynikał z różnokierunkowych trendów w poszczególnych porach roku: zimą i wiosną dodatniego, a w pozostałej części roku, głównie latem, ujemnego. W części szczytowej Tatr, reprezentowanej przez Kasprowy Wierch wystąpiły podobne jak u podnóża gór

trendy zmian sezonowych liczb dni z opadami, z wyjątkiem zimy, kiedy to wystąpiło zmniejszenie liczby tych dni.

Średnia obfitość opadów na Kasprowym Wierchu zmniejszyła się w ciągu całego roku z wyjątkiem jesieni. W Zakopanem ujemna tendencja zmian obfitości opadów wystąpiła tylko latem. Zmniejszenie obfitości opadów latem zadecydowało o znaczącym ujemnym trendzie zmian średniej rocznej obfitości.

Na obu stacjach w badanym wieloletniu zmniejszeniu uległa średnia roczna liczba dni z opadem  $\geq 30,0$  mm i ich udział w ogólnej sumie opadów. Trendy ujemne stwierdzono zimą na Kasprowym Wierchu (trend istotny na poziomie  $\alpha = 0,05$ ) oraz latem na obu stacjach (tab. 6). W przypadku rocznej liczby dni z opadem wynoszącym co najmniej 50 mm ujemną tendencję zmian

**Tabela 5.** Współczynniki kierunkowe trendu zmian sum opadów (A, mm-rok<sup>-1</sup>), liczby dni z opadami (B, liczba dni-rok<sup>-1</sup>) oraz średniej obfitości opadów (C, mm-dzień<sup>-1</sup>-rok<sup>-1</sup>) w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu w latach 1966–2006. Pogrubiono współczynniki istotne statystycznie

**Table 5.** Directional coefficients of the trend in changes of the precipitation sums (A, mm-year<sup>-1</sup>), of the number of days with precipitation (B, number of days-year<sup>-1</sup>) and of the average precipitation abundance (C, mm-day<sup>-1</sup>-year<sup>-1</sup>) in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006). Statistically significant coefficients are distinguished by bold letters

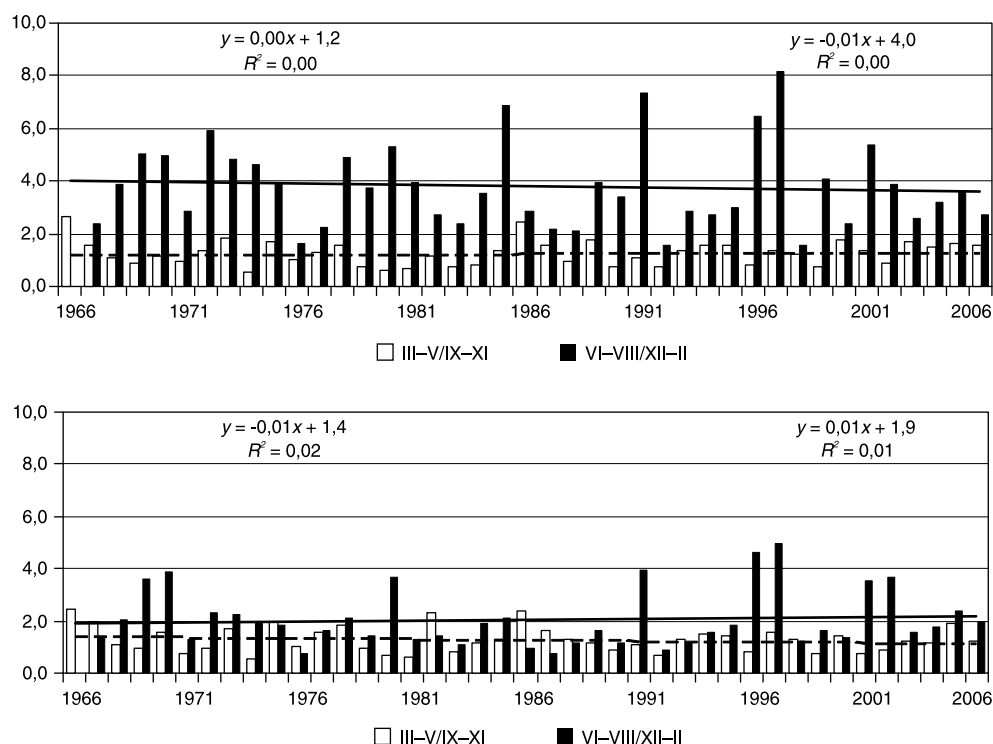
Stacja		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Zakopane	A	-0,04	0,33	0,62	0,34	0,45	-0,93	0,66	-1,62	0,27	0,14	0,22	-0,62
	B	-0,01	0,10	0,07	0,02	-0,01	-0,05	-0,01	-0,06	-0,04	0,04	-0,01	-0,04
	C	0,00	0,01	0,03	0,02	0,02	-0,03	0,01	-0,07	0,04	0,00	0,01	<b>-0,03</b>
Kasprowy Wierch	A	-0,88	-0,21	0,17	-0,44	0,00	-0,38	0,55	-1,41	0,74	-0,31	0,91	-1,36
	B	-0,05	0,04	0,02	-0,01	0,01	-0,02	-0,01	-0,02	-0,06	-0,04	0,01	-0,05
	C	-0,03	-0,02	0,01	-0,02	0,00	-0,01	0,02	-0,08	0,06	-0,04	0,04	-0,05

Stacja		XII–II	III–V	VI–VIII	IX–XI	I–XII
Zakopane	A	-0,06	1,42	-1,89	0,63	-0,18
	B	0,08	0,08	-0,12	-0,01	0,00
	C	0,00	0,02	-0,03	0,01	0,00
Kasprowy Wierch	A	-2,04	-0,27	-1,25	1,33	-2,64
	B	-0,03	0,02	-0,05	-0,01	-0,09
	C	-0,03	-0,01	-0,02	0,02	-0,01

stwierdzono w Zakopanem (tab. 7). Na Kasprowym Wierchu liczba tych dni latem i w roku nieznacznie wzrosła.

Spośród ośmiu dni z sumą opadów  $\geq 100,0$  mm na Kasprowym Wierchu w badanym wieloleciu sześć z nich wystąpiło w okresie najcieplejszym, tzn. po roku 1980

(ryc. 7). Najwyższa suma dobowa opadów wynosząca 232,0 mm z 30 czerwca 1973 r. nie została jednak przekroczona. W Zakopanem z czterech przypadków wystąpienia sum dobowych opadów  $\geq 100,0$  mm dwa z nich wystąpiły w latach 70. XX w.



**Ryc. 6.** Przebieg wieloletni stosunku ilości opadów wiosną i jesienią oraz latem i zimą w Zakopanem (wykres górny) i na Kasprowym Wierchu (wykres dolny) (1966–2006). Zaznaczono linie trendu

**Fig. 6.** The long-term courses of the precipitation ratio in spring and autumn and in summer and winter in Zakopane (higher graph) and on Kasprowy Wierch Mt. (lower graph) (1966–2006). The trend lines are marked

**Tabela 6.** Współczynniki kierunkowe trendu zmian liczby dni z opadami  $\geq 30$  mm (A) i ich udziału w ogólnej sumie opadów (B) w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu (1966–2006). Pogrubiono współczynniki istotne statystycznie

**Table 6.** Directional coefficients of the trend in changes of the number of days with precipitation greater than 30 mm (A) and of their participation in the total precipitation sum (B) in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006). Statistically significant coefficients are distinguished by bold letters

Stacja		XII–II	III–V	VI–VIII	IX–XI	I–XII
Zakopane	A	–	0,00	-0,00	0,00	-0,00
	B	–	0,02	0,00	0,09	-0,04
Kasprowy Wierch	A	<b>-0,04</b>	0,00	-0,04	0,03	-0,05
	B	<b>-0,36</b>	-0,01	-0,20	0,29	-0,10

**Tabela 7.** Współczynniki kierunkowe trendu zmian liczby dni z opadami  $\geq 50$  mm (A) i ich udziału w ogólnej sumie opadów (B) w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu (1966–2006)

**Table 7.** Directional coefficients of the trend in changes of the number of days with precipitation greater than 50 mm (A) and of their participation in the total precipitation sum (B) in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006)

Stacja		XII–II	III–V	VI–VIII	IX–XI	I–XII
Zakopane	A	–	–	0,00	–	-0,01
	B	–	–	-0,58	–	-0,94
Kasprowy Wierch	A	–	–	0,02	–	0,01
	B	–	–	0,07	–	0,00

Ze względu na nieciągłość i dużą zmienność opadów tak w czasie jak i przestrzeni, szczególnie silnie wyrażoną w obszarach górskich (np. Chomicz, 1959; Cebulak, 1991, Niedźwiedź 2000) uzyskane wyniki badań należy interpretować z dużą ostrożnością. Z pewnością odpowiedź na pytanie czy wzrostowi temperatury w Tatrach towarzyszą istotne zmiany wielkości i charakteru opadów byłaby pełniejsza gdyby w analizie zostały wykorzystane dane powierzchniowe (ewentualnie z większej liczby stacji). O takiej potrzebie świadczą przykłady wystąpienia krótkotrwałych, bardzo intensywnych i obejmujących niewielkie powierzchnie opadów, np.

opad z 5 czerwca 2007 u wylotu doliny Kościeliskiej, kiedy to spadło 104,2 mm (posterunek opadowy IMGW Kościelisko Kiry). Wystąpił on po kilku dniach opadów o charakterze rozlewnym.

## Podsumowanie

Przeprowadzona analiza pozwala na sformułowanie kilku wniosków:

– wzrostowi temperatury powietrza w Tatrach w latach 1966–2006 nie towarzyszyły istotne zmiany w wielkości i charakterze opadów, zarówno średnich jak i skrajnych,

– cechą charakterystyczną przebiegu wieloletniego charakterystyk opadowych są kilkunastoletnie fluktuacje. Trendy liniowe wyjaśniają jedynie do kilku procent zmienności opadów,

– tendencje zmian charakterystyk opadowych są zróżnicowane tak w profilu pionowym Tatr, jak i w ciągu roku,

– w przeważającej części roku ilość opadów w badanym wieloleciu zmniejszyła się. Tylko jesienią (u podnóża Tatr także na wiosnę) wystąpił, podobnie jak średnio w całej Polsce, nieistotny wzrost sum opadów,

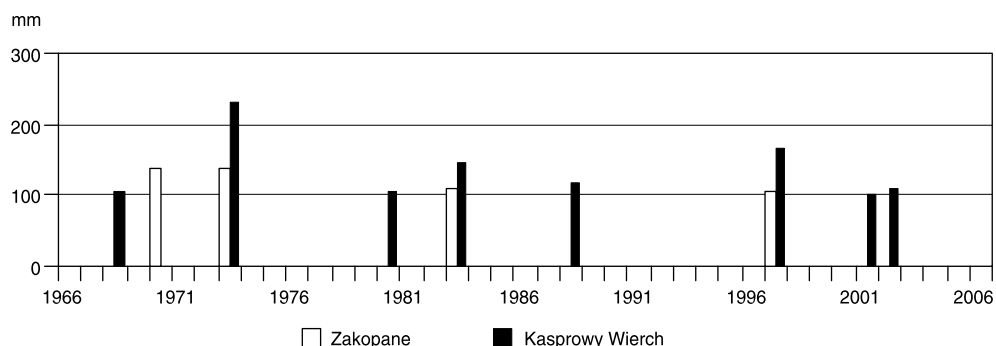
– w badanym wieloleciu nie stwierdzono trendu zmian w liczbie dni z opadami bardzo silnymi oraz w ich udziale w ogólnej sumie opadów. Tylko w sezonie zimowym na Kasprowym Wierchu liczba tych dni zmniejszyła się,

– w części wysokogórskiej Tatr stwierdzono wzrost kontynentalizmu pluwialnego,

– ze względu na nieciągłość i dużą zmienność opadów zarówno w czasie jak i przestrzeni uzyskane wyniki można rozpatrywać jedynie jako reprezentatywne w odniesieniu do analizowanych stacji (Zakopanego i Kasprowego Wierchu).

## Contemporary changes of the volume and the nature of precipitation in the Tatra Mountains

The main objective of the investigation was to establish whether the contemporary air temperature increase



**Ryc. 7.** Lata wystąpienia dni z opadem  $\geq 100,0$  mm w Zakopanem i na Kasprowym Wierchu (1966–2006)

**Fig. 7.** The years with occurrence of the precipitation greater than 100 mm in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. (1966–2006)

in the Tatra Mountains is followed by significant changes of the precipitation amount and nature. The analysis was based on daily data from the weather stations in Zakopane and on Kasprowy Wierch Mt. from the years 1966–2006. Trends of monthly, seasonal and annual changes of precipitation sums were defined, as well as the number of days with precipitation and the precipitation abundance. Particular attention was paid to the changes of the number of days with very high precipitation (daily sums greater than 30 and 50 mm) and its participation in the total precipitation amount. The results indicate the precipitation volume slightly decreased in the prevalent part of the year. Insignificant increase of precipitation occurred only during autumn (at the foot of Tatra mountains also in spring), which is also observed in the whole Poland's territory. Furthermore, the trend of changes in case of other precipitation characteristics was not observed during the prevalent part of the year (linear trends describe only a few percent of their variability). Significant decrease in the number of days with very high precipitation and their participation in the total volume was observed only in the winter season on Kasprowy Wierch Mt. Trends of precipitation characteristics changes were differentiated in vertical profile of the Tatra mountains and in their annual course.

In the high mountain part of the Tatras, the increase of pluvial continentality occurred.

### Literatura

- Cebulak E., 1991. Najwyższe zanotowane maksymalne opady dobowe w dorzeczu górnej Wisły i ich geneza, *Acta Universitatis Wratislaviensis, Prace Instytutu Geograficznego*, 1213, s. 167–171.
- Chomicz K., 1959. Opady w Zakopanem, *Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej*, t. 6, nr 5, 207–215.
- Niedźwiedź T., 2000. Zmienność temperatury powietrza i opadów w Tatrach w ostatnich 50 latach, „II Ogólnopolska Konferencja Przyroda Tatrzańskiego Parku Narodowego a człowiek. Współczesne przemiany środowiska przyrodniczego Tatr”, TPN, PTPNoZ Oddział Krakowski, Zakopane, 12–14 październik 2000, s. 37–38.
- Żmudzka E., 2009. Changes of thermal conditions in the Polish Tatra Mountains, *Landform Analysis*, t. 10, s. 140–146.
- Żmudzka E., 2010. Sygnał globalnego ocieplenia w Tatrach, *Tatry TPN*, t. 31, nr 1, s. 44–47.