

Prądnik. Prace Muz. Szafera	19	41–52	2009
-----------------------------	----	-------	------

JAKUB WOJKOWSKI<sup>1</sup>, JÓZEF PARTYKA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Uniwersytet Rolniczy w Krakowie, Katedra Ekologii, Klimatologii i Ochrony Powietrza  
Al. Mickiewicza 24/28, 30–059 Kraków

<sup>2</sup>Ojcowski Park Narodowy, 32–047 Ojców 9

## WIELKOŚĆ I RODZAJ ZACHMURZENIA NAD OJCOWEM

### The amount and genera of cloudiness over Ojców

**ABSTRACT.** The paper presents the results of observations of cloudiness over Ojców in the years 1987–1992 (“Pod Berłem” – Sąspowska Valley) and 1990–2009 (Park Zamkowy – Prądnik Valley) estimated on a scale of 0 to 10. In the qualitative analysis of cloudiness 10 cloud genera (types) adopted in the international classification were discussed. The cloudiness was observed at three standard for meteorological stations fixed times; 6.00, 12.00, and 18.00 UTC universal time.

**KEY WORDS:** cloudiness, nephological conditions, cloud amount, cloud genus, topoclimate, ONP

## WSTĘP

Zachmurzenie nieba jest elementem meteorologicznym, który odgrywa bardzo ważną rolę w kształtowaniu pogody i klimatu. Ze stopniem pokrycia nieba przez chmury związana jest bowiem ilość i czas trwania promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi w ciągu dnia oraz wypromieniowanie w zakresie długofalowym. Pośrednio natomiast zachmurzenie wpływa na większość pozostałych elementów klimatu i to zarówno w skali globalnej jak i regionalnej czy lokalnej.

Badania nefologiczne w Ojcowskim Parku Narodowym (OPN) zapoczątkował J. Klein, który prowadził je w Ojcowie w latach 1964–1967; dotyczyły one obserwacji stopnia zachmurzenia (Klein 1974). Ich kontynuacją były obserwacje zachmurzenia przeprowadzone w latach 1987–1989 w Dolinie Sąspowskiej przy okazji pomiarów aktynometrycznych (Klein 1992). Stałe, trwające do dnia dzisiejszego, obserwacje stopnia zachmurzenia oraz rodzajów występujących nad Ojcowem chmur, rozpoczęto w 1990 roku na stacji meteorologicznej „Park Zamkowy” OPN. Charakterystykę stopnia zachmurzenia na podstawie tych obserwacji zawierają prace J. Wojkowskiego (2001), K. Jaros (2003), E. Nalepy (2007), Brzeźniaka i Partyki (2008) oraz Partyki i Caputy (2009, w tym tomie).

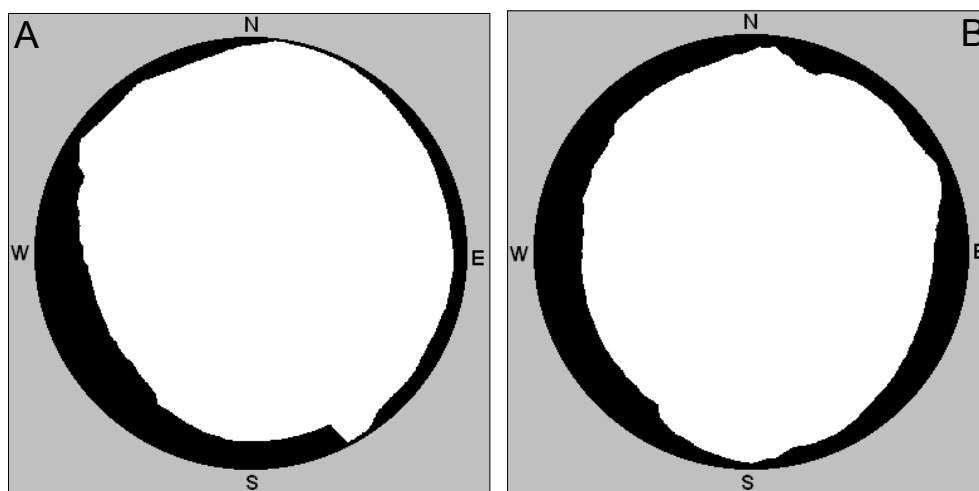
Dotychczasowe prace ograniczały się przede wszystkim do badania zmienności stopnia zachmurzenia, dlatego celem niniejszych badań jest scharakteryzowanie warunków nefologicznych nad OPN w oparciu o wielkość zachmurzenia oraz rodzaj obserwowanych chmur.

## METODA BADAŃ

Do charakterystyki warunków nefologicznych wykorzystano wyniki codziennych obserwacji zachmurzenia wykonanych w Ojcówie na dwóch stacjach meteorologicznych: „Pod Berłem” (PB) i „Park Zamkowy” (PZ). Dane o zachmurzeniu z pierwszej i nieistniejącej już dziś stacji pochodziły z lat 1987–1992. Stacja ta zlokalizowana była w pobliżu willi „Pod Berłem” na stoku o ekspozycji północno-wschodniej, 40 m nad dnem Doliny Sąspowskiej na wysokości 360 m n.p.m. ( $19^{\circ}49'34''\text{E}$ ,  $50^{\circ}12'07''\text{N}$ ). Miejsce to osłonięte jest od północy Złotą Górą (458 m n.p.m.) od zachodu i południa Chełmową Górą (472 m n.p.m.) a od wschodu Górą Smardzewską (435 m n.p.m.).

Wyniki obserwacji ze stacji PZ dotyczyły okresu 1990–2009. Stacja ta położona jest na wysokości 322 m n.p.m. na dnie Doliny Prądnika w Parku Zamkowym ( $19^{\circ}49'44''\text{E}$ ,  $50^{\circ}12'35''\text{N}$ ). Dolina Prądnika w tym miejscu charakteryzuje się płaskim dnem i stromymi zboczami o przebiegu zbliżonym do północno-południowego, osłonięta jest od północy Górą Zamkową (377 m n.p.m.) od zachodu Złotą Górą (458 m n.p.m.) i Chełmową Górą (472 m n.p.m.) a od wschodu Górą Smardzewską (435 m n.p.m.).

Obie wyżej wymienione lokalizacje cechuje duże zasłonięcie horyzontu. Dla stacji meteorologicznej PB stosunek widocznej części nieba do całej hemisfery niebieskiej wynosił 0,80 co oznacza, że 20% nieboskłonu zasłania horyzont topograficzny. Jeszcze większym stosunkiem widocznej części nieba do całej hemisfery niebieskiej cechuje się stacja PZ dla której wynosił on 0,76, gdzie horyzont topograficzny zasłania 24% nieboskłonu (ryc. 1). Duże zasłonięcie horyzontu na obu stacjach sprawia że reprezentatywność wyników pomiarów i obserwacji meteorologicznych ogranicza się raczej do wklęsłych form terenu i nie odzwierciedla w pełni warunków meteorologicznych panujących na obszarze całego OPN. Na uwagę zasługuje jednak fakt, że prawie wszystkie obserwacje stopnia zachmurzenia oraz rodzajów chmur były przeprowadzone przez tego samego obserwatora –



Ryc. 1. Zasłonięcie horyzontu dla stacji meteorologicznej Ojców – „Pod Berłem” (A) i „Park Zamkowy” (B)

Fig. 1. Horizon obstruction at the meteorological station in Ojców – “Pod Berłem” (A) and “Park Zamkowy” (B)

J. Partykę (sporadycznie B. Wiśniowskiego), w analizowanym 23-letnim okresie. Jest to w przypadku meteorologicznych obserwacji wizualnych bardzo ważne i wpływa na dobrą jakość wyników obserwacji i jednorodność ciągu pomiarowego.

Codziennie obserwacje zachmurzenia obejmowały jego wielkość i rodzaj występujących chmur. Zachmurzenie oceniane było w trzech standardowych dla stacji klimatologicznych terminach; o godzinie 6.00, 12.00 i 18.00 czasu uniwersalnego UTC. Wielkość zachmurzenia oceniano w skali od 0 do 10. W celu uzyskania porównywalnych danych z wynikami innych prac, wartości zachmurzenia ogólnego przeliczono na procenty, przyjmując za 0% niebo całkowicie bezchmurne, a za 100% niebo całkowicie zachmurzone. Obliczono średnie wartości zachmurzenia, liczbę dni bezchmurnych, pogodnych, chmurnych, pochmurnych i całkowicie zachmurzonych w poszczególnych miesiącach oraz średnie dobowe i roczne. Do analizy trendu wymienionych powyżej charakterystyk zachmurzenia wykorzystano metodę regresji liniowej, której istotność określano przy pomocy współczynnika korelacji Pearsona.

Dokonano również analizy jakościowej zachmurzenia, rozpatrując 10 rodzajów chmur przyjętych w klasyfikacji międzynarodowej. Częstość występowania rodzajów chmur wyrażono w liczbach przypadków w miesiącu, z uwzględnieniem poszczególnych terminów klimatologicznych.

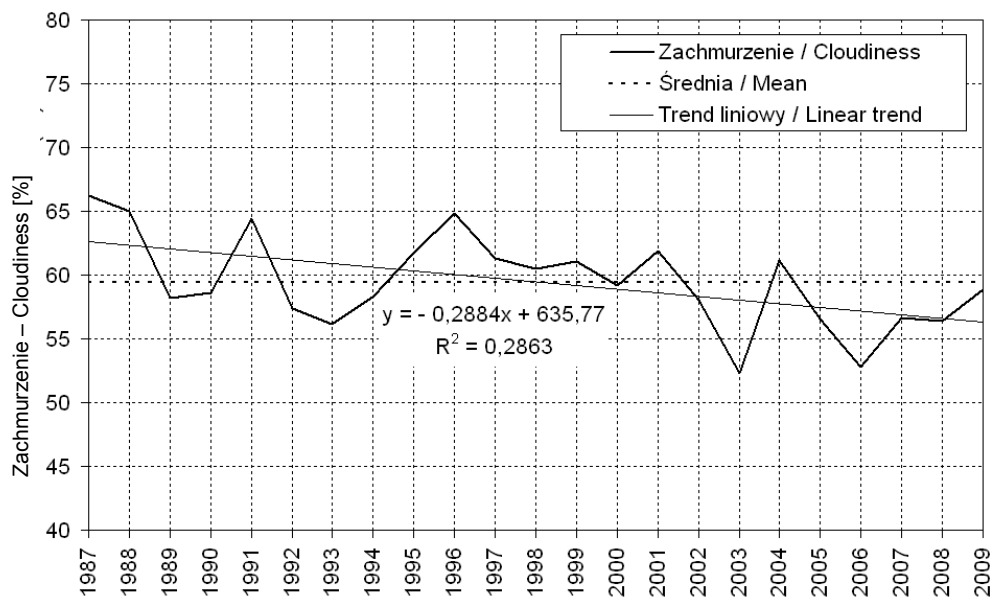
## WYNIKI BADAŃ

### Wielkość zachmurzenia ogólnego

Zachmurzenie nieba jest podstawową charakterystyką dotyczącą chmur i określa jaką część sklepienia niebieskiego zasłaniają one w momencie obserwacji. Średnie roczne zachmurzenie dla Ojcowca na podstawie danych z lat 1987–2009 wynosiło 59%. W badanym wieloleciu wartość ta ulegała zmianom w poszczególnych latach (ryc. 2). Najbardziej pochmurnymi były lata 1987 (66%), 1991 (64%) i 1996 (65%), a najbardziej pogodnymi 2003 (52%) i 2006 (53%). Analizowany okres odznaczał się niewielkim spadkiem zachmurzenia o około  $0,3\% \cdot \text{rok}^{-1}$ , istotnym statystycznie na poziomie ufności 0,05. Podobne tendencje zaobserwowane zostały również w Krakowie (Matuszko 2007), Łodzi (Wibig 2004) i Warszawie (Żmudzka 2007, 2008).

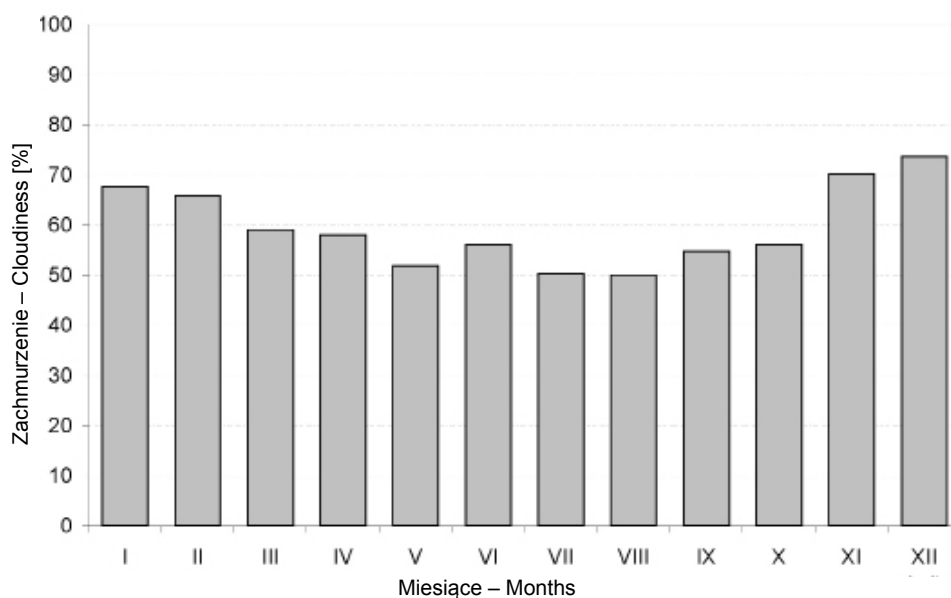
W przebiegu rocznym (ryc. 3) największe zachmurzenie notowano od listopada do lutego. W grudniu zachmurzenie było największe i wynosiło 74%. Duże zachmurzenie w zimie związane było z przewagą o tej porze roku sytuacji cyklonalnych z frontami atmosferycznymi i napływającym nad Polskę powietrzem polarnym morskim. W przypadku Ojcowca duże znaczenie w tym okresie miała obecność zjawiska inwersji temperatury (szerzej omówionego w artykułach T. Niedźwiedzia i Z. Caputy w tym tomie) powodującego powstawanie mgieł i niskich chmur warstwowych. W miesiącach wiosennych obserwowano stopniowy spadek zachmurzenia z minimum w maju 52%. Najpogodniejszym okresem było lato, a zwłaszcza lipiec i sierpień, kiedy zachmurzenie malało do 50%. W tym czasie najczęściej nad Ojcowem występowały chmury *Cumulus* i *Stratocumulus*.

W analizowanym okresie najwyższą wartość średniego miesięcznego zachmurzenia notowano w listopadzie 1987 (90%) oraz w lutym 2009 roku (91%). Absolutne minimum średniego miesięcznego zachmurzenia wystąpiło w lipcu 2006 roku (20%) ale równie pogodnym miesiącem był kwiecień 2009 (25%).



Ryc. 2. Wieloletni przebieg średniego rocznego zachmurzenia [%] w Ojcowie w latach 1987–2009

Fig. 2. Multi-annual course of average yearly cloudiness [%] in Ojców in the years 1987–2009



Ryc. 3. Roczny przebieg średniego miesięcznego zachmurzenia [%] w Ojcowie w latach 1987–2009

Fig. 3. Annual course of average monthly cloudiness [%] in Ojców in the years 1987–2009

### Dni bezchmurne, pogodne, pochmurne i całkowicie zachmurzone

W niniejszej pracy za „dzień bezchmurny” przyjmowano taki dzień, w którym niebo było bez chmur (0%) w czasie trzech terminowych obserwacji klimatycznych. „Dniem pogodnym” określano dzień, którego średnie zachmurzenie było mniejsze lub równe od 20%. Jeśli średnie dobowe zachmurzenie kształtowało się w przedziale od 20% do 80% dzień taki nazywano „dniem chmurnym”. Jeżeli natomiast średnie dobowe zachmurzenie było większe lub równe od 80% to nazywano taki dzień „dniem pochmurnym”. W przypadku, kiedy średnie dobowe zachmurzenie było maksymalne (100%), dni takie nazywano „dniami całkowicie zachmurzonymi”. Średnią liczbę dni bezchmurnych, pogodnych, chmurnych, pochmurnych i całkowicie zachmurzonych przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Średnia liczba dni bezchmurnych, pogodnych, chmurnych, pochmurnych i całkowicie zachmurzonych w Dolinie Prądnika w Ojcowie w latach 1989–2009.

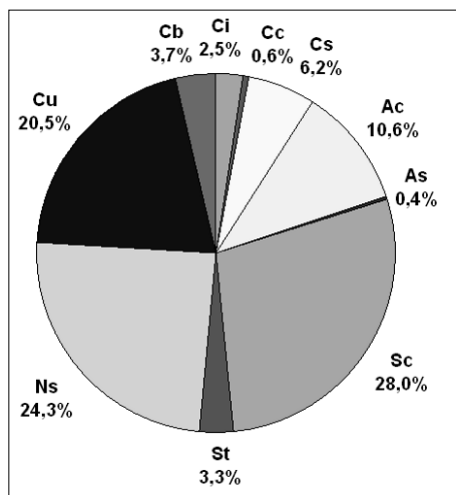
Table 1. Mean number of cloudless, clear, overcast and totally clouded days in the Prądnik Valley in Ojcow in the years 1989–2009

Dzień – Day	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok Year
Bezchmurny – Cloudless	3	3	3	3	3	2	3	3	4	4	1	3	35
Pogodny – Clear	5	5	6	7	8	6	8	8	8	7	4	4	74
Chmurny – Overcast	11	11	15	13	16	17	16	16	13	14	12	10	162
Pochmurny – Cloudy	15	13	10	11	8	8	8	7	9	10	14	17	129
Całkowicie zachmurzony Total cloudiness	12	9	7	8	5	4	4	4	6	7	11	14	92

Okresy bezchmurne występowały w Ojcowie stosunkowo rzadko, średnio 35 dni w roku. W przebiegu rocznym najwięcej dni bezchmurnych było we wrześniu i październiku (po 5 dni), a najmniej w grudniu (1 dzień). Dni pogodnych notowano średnio 74 w roku. W poszczególnych miesiącach liczba ta zmieniała się średnio od 4 dni pogodnych w listopadzie i grudniu do 8 dni w maju, lipcu, sierpniu i wrześniu. Dni chmurnych obserwowano w Ojcowie najwięcej, średnio 162 dni w ciągu roku. Na okres od maja do sierpnia przypadało ich najwięcej, średnio po 16 dni w miesiącu, a w okresie zimy najmniej, średnio po 11 dni w miesiącu. Dni pochmurnych było prawie dwukrotnie więcej niż pogodnych, średnio 129 w roku. W przebiegu rocznym najwięcej dni pochmurnych było w miesiącu najbardziej zachmurzonym, grudniu (17 dni), a najmniej w miesiącach letnich, średnio po 8 dni. W ciągu roku, średnio obserwowano 92 dni z całkowitym zachmurzeniem. Najwięcej dni całkowicie zachmurzonych notowano w grudniu (14 dni), a najmniej w miesiącach letnich, średnio po 4 dni.

### Częstość obserwowanych rodzajów chmur

W badanym wieloleciu 1989–2009 największy udział w zachmurzeniu Ojcowia miały chmury *Stratocumulus* (28,0%), a następnie *Nimbostratus* (24,3%), *Cumulus* (20,5%), *Altostratus* (10,6%). Nieco mniejszy udział miały chmury *Cirrostratus* (6,2%), *Cumulonimbus* (3,7%), *Stratus* (3,3%) i *Cirrus* (2,5%). Najrzadziej pojawiały się chmury *Cirrocumulus* (0,6%) i *Altostratus* (0,4%). Częstość występowania poszczególnych rodzajów chmur nad Ojcowem przedstawiono na ryc. 4. Należy jednak podkreślić, że stwierdzona



Ryc. 4. Częstość poszczególnych rodzajów chmur w Dolinie Prądnika w Ojcowie w latach 1989–2009

Fig. 4. Frequency of particular cloud genera in cloudiness in the Prądnik Valley in Ojców in the years 1989–2009

wyłącznie na podstawie naziemnych obserwacji częstość występowania chmur (dotyczy to chmur piętra średniego i wysokiego) była obciążona błędem, który wynika z przysłonięcia chmur wysokich i średnich, przez chmury piętra niskiego.

Zaobserwowano istotne zmiany w strukturze zachmurzenia w ciągu dnia (tab. 2). Rano najczęściej pojawiały się chmury *Stratocumulus* (28,4%) i *Nimbostratus* (27,2%), najrzadziej *Altostratus* (0,3%). W południe zwłaszcza w okresie letnim dominowały chmury *Cumulus* (27,7%) i *Stratocumulus* (25,4%), a najrzadziej obserwowano *Altostratus* (0,4%) i *Cirrocumulus* (0,5%). Wieczorem najczęściej rejestrowano chmury typu *Stratocumulus* (30,1%) i *Nimbostratus* (27,5%). Do najrzadziej występujących w tym terminie chmur należał *Altostratus* (0,3%) i *Cirrocumulus* (0,5%). Na podstawie prowadzonych obserwacji stwierdzono, że największą zmiennością częstości w ciągu doby odznaczały się chmury *Cumulus* (ryc. 5) i *Nimbostratus*, natomiast najmniejszą chmury *Altostratus*, *Cirrocumulus* i *Altostratus*.

Tabela 2. Procentowy udział poszczególnych chmur w trzech terminach obserwacyjnych w Dolinie Prądnika w Ojcowie w latach 1989–2009

Table 2. Percentage share of particular cloud genera at three fixed observational times in the Prądnik Valley Ojców in the years 1989–2009

Rodzaj chmur Cloud genus	Symbol	Termin obserwacji – Observational term		
		7.00 / 8.00	13.00 / 14.00	19.00 / 20.00
<i>Cirrus</i>	Ci	3,0	2,5	1,8
<i>Cirrocumulus</i>	Cc	0,9	0,5	0,5
<i>Cirrostratus</i>	Cs	7,5	6,4	4,5
<i>Altostratus</i>	As	0,3	0,4	0,3
<i>Stratocumulus</i>	Sc	28,4	25,4	30,1
<i>Stratus</i>	St	3,9	2,1	3,6
<i>Nimbostratus</i>	Ns	27,2	17,4	27,5
<i>Cumulus</i>	Cu	16,6	27,7	18,1
<i>Cumulonimbus</i>	Cb	1,6	6,5	3,5



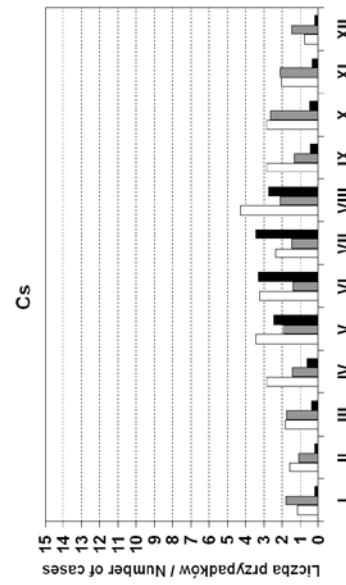
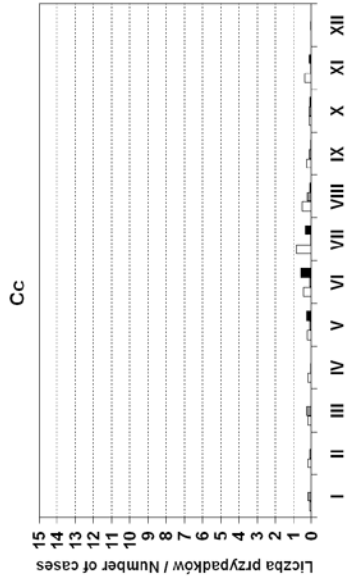
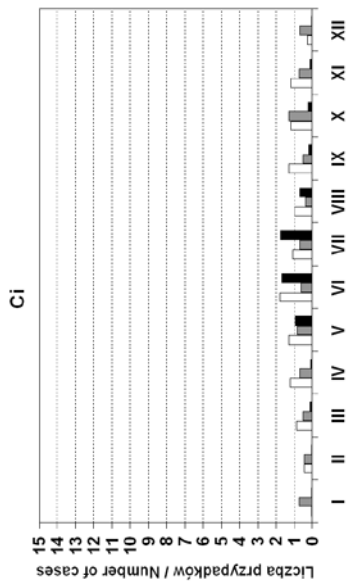
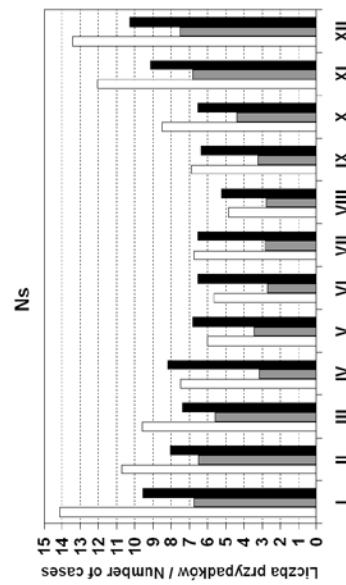
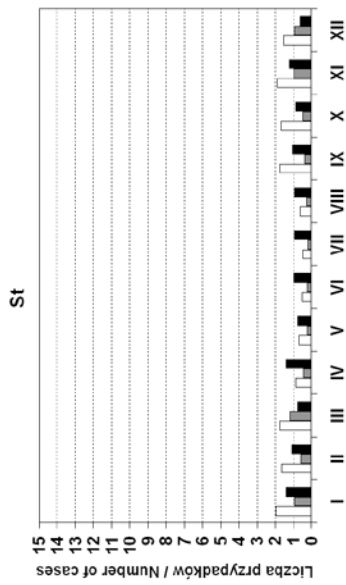
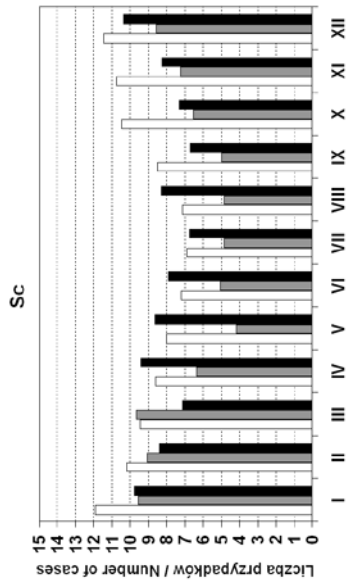
Ryc. 5. Chmury *Cumulus* nad Panieńskimi Skałami w Ojcowie. Fot. J. Partyka

Fig. 5. *Cumulus* clouds over the crags of Panieńskie Skały in Ojców. Photo by J. Partyka

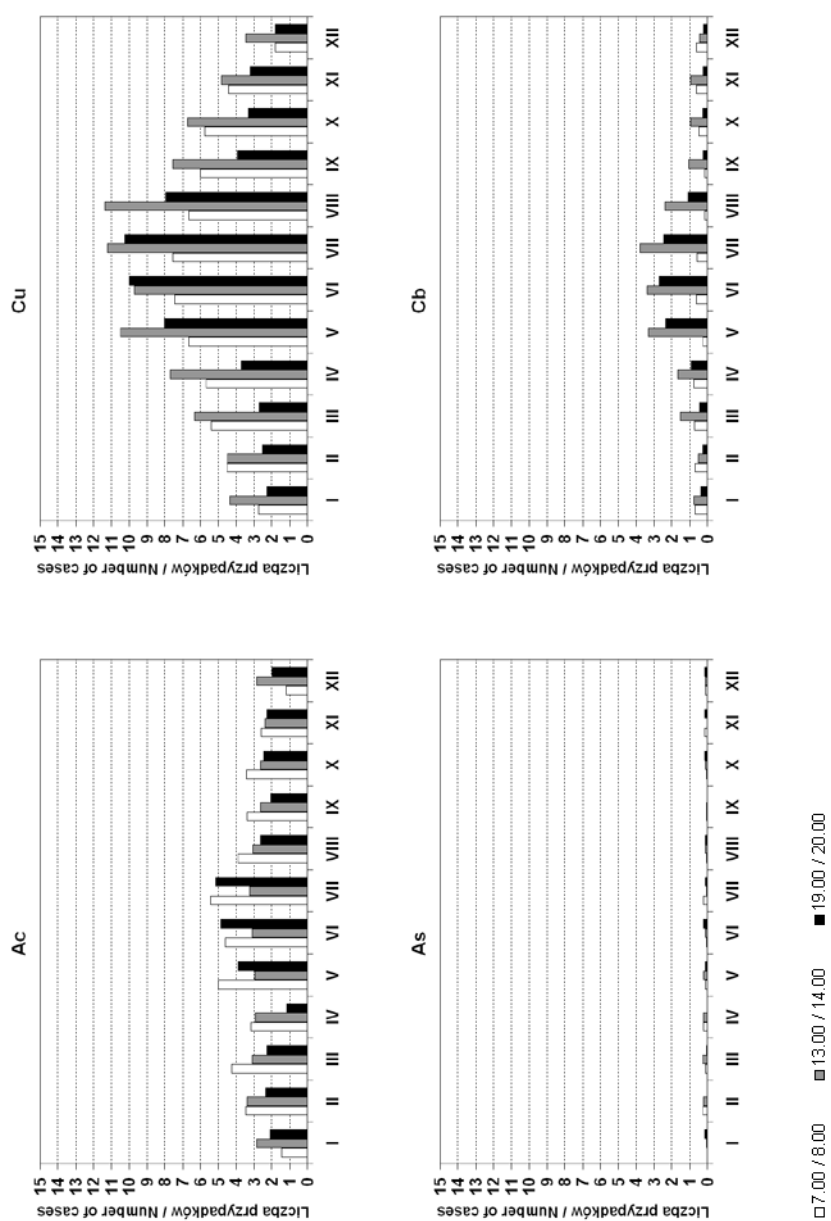
W przebiegu rocznym stwierdzono sezonowość występowania poszczególnych rodzajów chmur (ryc. 6). Chmurami o wyraźnym maksimum w lecie i minimum w zimie były *Cumulus* i *Cumulonimbus*. Odwrotny przebieg roczny, z maksimum w zimie i minimum w lecie, wykazywały chmury *Stratocumulus*, *Stratus* i *Nimbostratus*. Podobne wyniki uzyskano również dla Krakowa (Matuszko 2007).

Jak wynika z ryciny 6, w ciągu roku z rodziny chmur wysokich najczęściej pojawiały się chmury *Cirrostratus*. Chmury wysokie najczęściej obserwowano w cieplej porze roku, najrzadziej zaś w miesiącach zimowych. Należy zauważyć, że chmur *Cirrocumulus* w niektórych miesiącach zimowych praktycznie w ogóle nie obserwowano. Wynikało to z trudności ich zaobserwowania z uwagi na zasłonięcie ich przez chmury piętra niskiego oraz duże zasłonięcie horyzontu w wąskim wąwozie krasowym (ryc. 1).

Z rodziny chmur średnich największą częstość wykazywały chmury *Alto cumulus*. Maksimum notowań przypadało na maj, czerwiec i lipiec. W chłodnej porze roku *Alto cumulus* wykazywał mniejszą częstość pojawiania się. Inna chmura piętra średniego – *Altostratus* w ciągu całego roku występowała bardzo rzadko.







Ryc. 6. Przebieg roczny częstości występowania rodzajów chmur w Ojcowie w latach 1989–2009. Oznaczenie symboli chmur zob. tab. 2  
 Fig. 6. Annual course of the frequency of cloud genera occurrence in Ojców in the years 1989–2009. Symbols of clouds, see Tab. 2

Chmury *Stratocumulus* i *Nimbostratus* z rodziny chmur niskich notowano najczęściej. Maksymalną częstość wykazywały one w grudniu i styczniu, minimum zaś w okresie lata. Podobnie przedstawiał się przebieg roczny chmur warstwowych *Stratus* ale ich częstość była stosunkowo mała. Maksymalna ich częstość przypadała na listopad, szczególnie w godzinach rannych, zaś minimum w okresie lata w godzinach wieczornych. Sprzyjającym czynnikiem tworzenia się niskich chmur warstwowych i mgieł była lokalna inwersja, której występowanie wiązało się z pogodą wyżową w chłodnej porze roku (Niedźwiedź 2009).

Bardzo charakterystyczny przebieg roczny wykazywały chmury o budowie pionowej *Cumulus* i *Cumulonimbus*. Ich występowanie było mocno związane z porami roku. W okresie letnim osiągały one największą częstość, szczególnie w godzinach południowych i popołudniowych, ze względu na tworzenie się wtedy silnych prądów konwekcyjnych. Minimum pojawiania się tych chmur przypadało na okres zimy.

## PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Przeprowadzone badania warunków nefologicznych, na podstawie 23-letnich (1987–2009) obserwacji zachmurzenia w Ojcowie wykazały, że średnie roczne zachmurzenie wynosiło 59%. W ciągu badanego wielolecia wartość ta ulegała zmianom w poszczególnych latach. Wykazano że w tym okresie nastąpiło istotnie statystycznie zmniejszenie wielkości zachmurzenia o około  $0,3\% \cdot \text{rok}^{-1}$ .

W przebiegu rocznym największym stopniem zachmurzenia charakteryzowała się zima, z maksimum w grudniu (74%), natomiast mniejsze zachmurzenie występowało na wiosnę, w lecie i wczesną jesienią. Minimum zachmurzenia przypadało w lipcu i sierpniu (50%).

Podobnie jak w całej Polsce, największy udział w zachmurzeniu Ojcowia miały chmury *Stratocumulus* (28,0%), *Nimbostratus* (24,3%), *Cumulus* (20,5%). W dalszej kolejności występowały, *Altostratus* (10,6%), *Cirrostratus* (6,2%), *Cumulonimbus* (3,7%), *Stratus* (3,3%), *Cirrus* (2,5%), a najrzadziej *Cirrocumulus* oraz *Altostratus* (mniej niż 1%).

Bezchmurne niebo nad Ojcowem notowano średnio podczas 35 dni, w ciągu roku, a całkowicie zachmurzone podczas 92 dni. Obserwowano również średnio 74 dni pogodnych i 129 pochmurnych.

Zaobserwowano zmiany w strukturze zachmurzenia w ciągu dnia. Rano najczęściej pojawiały się chmury *Stratocumulus* (28,4%) i *Nimbostratus* (27,2%), w południe zwłaszcza w okresie letnim dominowały chmury kłębiaste *Cumulus* (27,7%) i *Stratocumulus* (25,4%), a wieczorem najczęściej rejestrowano chmury typu *Stratocumulus* (30,1%) i *Nimbostratus* (27,5%).

W przebiegu rocznym stwierdzono sezonowość występowania poszczególnych rodzajów chmur. Do chmur o wyraźnym maksimum występowania w lecie i minimum w zimie należały *Cumulus* i *Cumulonimbus*. Odwrotny przebieg roczny, z maksimum w zimie i minimum w lecie, wykazywały chmury *Stratocumulus*, *Stratus* i *Nimbostratus*.

Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2007–2010 jako projekt badawczy Ministerstwa Nauki i Szkolnictwa Wyższego Nr N306 044 32/3178.

## PIŚMIENNICTWO

- Brzeźniak E., Partyka J. 2008. *Warunki klimatyczne Ojcowskiego Parku Narodowego*, [w:] A. Klasa, J. Partyka (red.), *Monografia Ojcowskiego Parku Narodowego. Przyroda*. Wyd. OPN. Ojców, s. 121–136.
- Jaros K. 2003. *Warunki klimatyczne i bioklimatyczne Ojcowskiego Parku Narodowego*. Praca magisterska, IGiGP UJ, maszynopis.
- Klein J. 1974. *Mezo- i mikroklimat Ojcowskiego Parku Narodowego*. „*Studia Naturae*”, ser. A, **8**: 1–105.
- Klein J. 1992. *Radiacyjne czynniki klimatu i parowanie w Ojcowskim Parku Narodowym (na przykładzie Doliny Sąpowskiej)*. „*Prądnik. Prace Muz. Szafera*”, **5**: 29–34.
- Matuszko D. 2007. *Zachmurzenie*, [w:] D. Matuszko (red.), *Klimat Krakowa w XX wieku*. Wyd. IGiGP UJ. Kraków, s. 75–86.
- Nalepa E. 2007. *Charakterystyka warunków i wybranych zjawisk meteorologicznych w Ojcowskim Parku Narodowym*. Praca magisterska, Wydział Inżynierii Środowiska i Geodezji Uniwersytetu Rolniczego w Krakowie, maszynopis.
- Niedźwiedz T. 2009. *Wpływ cyrkulacji atmosfery na klimat lokalny Ojcowskiego Parku Narodowego*. „*Prądnik. Prace. Muz. Szafera*”, **19**: 181–194.
- Partyka J., Caputa Z. 2009. *Charakterystyka klimatu lokalnego Ojcowskiego Parku Narodowego na podstawie danych archiwalnych oraz badań wykonanych w latach 2008–2009*. „*Prądnik. Prace. Muz. Szafera*”, **19**: 19–40.
- Wibig J. 2004. *Zachmurzenie w Łodzi w latach 1951–2000, 100 lat obserwacji meteorologicznych w Łodzi*. „*Acta Geographica Lodziensia*”, **89**: 115–129.
- Wojkowski J. 2001. *Zachmurzenie nad Ojcowem*, [w:] J. Partyka (red.), *Badania naukowe w południowej części Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej*. Ojców, s. 136–137.
- Żmudzka E. 2007. *Zmienność zachmurzenia nad Polską i jej uwarunkowania cyrkulacyjne (1951–2000)*. Wydawnictwo Uniwersytetu Warszawskiego. Warszawa.
- Żmudzka E. 2008. *Zmiany zachmurzenia w Warszawie w drugiej połowie XX wieku*, [w:] K. Kłysik, J. Wibig, K. Fortuniak (red.), *Klimat i bioklimat miast*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego. Łódź, s. 165–178.

## SUMMARY

The paper presents the results of observations of cloudiness over Ojców in the years 1987–1992 (“Pod Berłem” – Sąpowska Valley) and 1990–2009 (Park Zamkowy – Prądnik Valley). Daily examinations of the cloud cover included the amount of cloudiness and cloud genera. The cloudiness was estimated at three standard for meteorological stations fixed times; 6.00, 12.00 and 18.00 UTC universal time. The amount of cloudiness was assessed on a scale of 0 to 10. In order to obtain data comparable with findings of other works, the values of total cloudiness were converted into per cent, with the complete cloudless skies as 0% and the totally clouded skies as 100%. The following values were calculated: average values of cloudiness, numbers of cloudless, clear, overcast and totally clouded days within particular months, and daily and yearly averages. The analysis of the tendency was performed using the method of linear regression which significance was examined with the coefficient of correlation.

The qualitative analysis of cloudiness was also performed. For that purpose, 10 genera of clouds adopted in the international classification were examined. The frequency of cloud genera occurrence was expressed in numbers of occurrences within a month, taking into account separate fixed climatological times.

Based on the data from the years 1987–2009 it can be said that the average yearly cloudiness in Ojców totals 59%. During the multi-annual period this value varied in individual years. The most clouded years were 1987 (66%), 1991 (64%) and 1996 (65%), and the sunniest weather was in the years 2003 (52%) and 2006 (53%). The analysed period was marked by a slight decrease in cloudiness of about  $0.3\% \cdot \text{year}^{-1}$ , statistically significant at a confidence level of 0.05. Within the annual course (Fig. 4) the largest cloudiness was recorded from November to February. The heaviest cloudiness occurred in December and it was 74%. Large cloudiness in winter was connected with dominant in this season cyclonic situations with atmospheric fronts and the inflow of polar-marine air masses over Poland. In the case of Ojców, the occurrence of the temperature inversion generating foginess and low-level stratiform clouds was of the great importance during that period. In spring months, a gradual decrease in cloudiness with a minimum of 52% in May was observed. Summer was the clearest period, especially in July and August when the cloudiness decreased to 50%. During that time, clouds of the genera *Cumulus* and *Stratocumulus* occurred over Ojców most frequently.

In the analysed period, the highest values of average monthly cloudiness were recorded in November 1987 (90%) and February 2009 (91%). The absolute minimum of average monthly cloudiness occurred in July 2006 (20%), but April 2009 with its cloudiness of 25% was similarly clear.

Cloudless periods are relatively rare in Ojców and average out at 35 days a year. Within the annual course, the largest number of cloudless days was observed in September and October (5 days for each month), and the smallest number in December (1 day). On average, 74 clear days occur during a year. Within the annual course, the largest number of overcast days was recorded in the most clouded month, December (17 days), and the smallest number of them occurred in summer months, 8 days a month on average. The mean annual number of totally clouded days was 92. The largest number of totally clouded days was observed in December (14 days), and the smallest number in summer months, 4 days a month on average.

In the analysed period of 1989–2009, the largest share of cloudiness in Ojców fell to the clouds of the genera *Stratocumulus* (28.0%), *Nimbostratus* (24.3%), *Cumulus* (20.5%), and *Altostratus* (10.6%). The frequency of *Cirrostratus* (6.2%), *Cumulonimbus* (3.7%), *Stratus* (3.3%) and *Cirrus* (2.5%) occurrence was slightly less. Clouds of the genera *Cirrocumulus* (0.6%) and *Altostratus* (0.4%) were the least frequent.