

**Porównanie wpływu zachmurzenia
na warunki lotów dla lotnictwa treningowego
i ratunkowego w zachodniej i wschodniej
części Karpat Polskich
(na przykładzie Bielska-Białej i Leska)**

**Comparison of influence of cloudiness on flight
atmospheric conditions for training and
life-saving aviation in western and eastern part
of the Polish Carpathian Mts. – example
of Bielsko-Biała and Lesko synoptic stations**

Grażyna Pluta

Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński w Krakowie
e-mail: grazyna.pluta@uj.edu.pl

Zarys treści: Celem pracy było porównanie elementów zachmurzenia wpływających na warunki lotów w zachodniej i wschodniej części Karpat Polskich. Na opisywanym terenie szczególną rolę odgrywa lotnictwo treningowe i ratunkowe. Należą tu ograniczające widzialność chmury o niskiej podstawie oraz te związane ze zjawiskami burzowymi. Na uwzględnionym terenie Wykorzystano w tym celu dane z obserwacji zachmurzenia z lat 1971–2000 w trzech głównych terminach, ze stacji synoptycznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej–PIB w Bielsku-Białej i Lesku. Rozpatrywano roczne oraz średnie wieloletnie zachmurzenie przez chmury niskie i średnie oraz częstości występowania rodzajów chmur z podstawą w piętrze niskim. Stwierdzono w Bielsku-Białej wahania zachmurzenia

w granicach 50–55%, a w Lesku 55–65% (wyjątkowo ponad 70%). W pierwszym przypadku zaobserwowano tendencję spadkową. Spośród rodzajów chmur w Bielsku-Białej nieznacznie przeważał *Stratus*, a w Lesku wyraźnie *Cumulonimbus*. W obydwu częściach Karpat częstość pierwszego rodzaju w badanym okresie spadała, a drugiego rosła. Lepsze warunki lotów, z endencją do poprawy, występowały zatem w Bielsku-Białej. Gorsze natomiast i pogarszające się stwierdzono w Lesku. Niniejsza analiza stanowi jednak dopiero wstęp do wyjaśnienia przyczyn tych różnic.

Słowa kluczowe: zachmurzenie, rodzaje chmur, warunki lotów, widzialność, zjawisko burzowe

Abstract: The author's aim was to compare of cloudiness elements influencing on flight atmospheric conditions in western and eastern part of the Polish Carpathian Mts. On described area training and life-saving aviation has special role. There are clouds with low base and the stormy ones. The observational data (1971–2000), from three main terms, collected by synoptic stations of the Institute of Meteorology and Water Management National Research Institute in Bielsko-Biała and at Lesko were used. Annual and multiannual values of low- and midlevel cloudiness, as well as frequency of cloud genera with low base were considered. Fluctuations of cloudiness value in the range of 50–55% was observed in Bielsko-Biała and that of 55–65% (exceptionally over 70%) at Lesko. In the first case decreasing trend of cloudiness was found (fig. 1). In Bielsko-Biała *Stratus* (about 10%) prevailed a little and at Lesko *Cumulonimbus* (about 20%) distinctly dominated (fig. 2). In both discussed parts of the Polish Carpathian Mts. frequency of the first cloud type in analysed period has decreased (fig. 3) while the second one has increased (fig. 4). Better conditions of flights with tendency to improvement, were stated in Bielsko-Biała while worse and worsening ones at Lesko. However, this study is only an introduction to explaining the stated difference causes.

Keywords: cloudiness, cloud genera, flight atmospheric conditions, visibility, storm phenomenon

Wprowadzenie

Zachmurzenie jest ważnym elementem klimatu wpływającym na warunki lotów. Ma to szczególne znaczenie na południu Polski, zwłaszcza na terenie Karpat, gdzie zlokalizowane są liczne aerokluby i więcej jest lotów ratunkowych. Nie wszystkie parametry zachmurzenia oraz rodzaje chmur jednakowo pogarszają warunki lotów: niebezpieczne są zwłaszcza chmury o niskiej podstawie ograniczające widzialność oraz te związane ze zjawiskami takimi jak np. burze, natomiast chmury pięter wysokiego i średniego w niektórych depeuszach lotniczych w ogóle nie są umieszczane. Mimo że omawiana kwestia ma ważny aspekt praktyczny i dotyczy bezpieczeństwa ludzi, poza informacjami w podręcznikach meteorologii lotniczej

(Parczewski 1950, 1953; Ostrowski 2004) brakuje opracowań zachmurzenia pod tym kątem dotyczących Polski (Wilczek 1986, 1994, 1995, 2000). Odnoszą się one również do zagadnień synoptycznych i skali mezosynoptrycznej lub większej oraz głównie nizinnej części Polski. Opracowania dotyczące zachmurzenia na porównywalnym terenie poza Polską (Orliczowa i Peterka 1974) nie wyszczególniają wpływu tego elementu meteorologicznego na bezpieczeństwo lotów. Warto zatem podjąć nieopracowany dotychczas szczegółowo temat wpływu zachmurzenia na warunki lotów na zróżnicowanym pod względem rzeźby terenie Karpat Polskich.

Przedmiotem niniejszej pracy było porównanie elementów zachmurzenia mających wpływ na warunki lotów w zachodniej i wschodniej części Karpat Polskich. W obydwu przypadkach zaobserwować można modyfikacje ogólnych prawidłowości przez lokalne ukształtowanie terenu. W różny sposób zaznacza się w nich wpływ działalności człowieka.

Materiały i metoda pracy

W opracowaniu użyto danych z codziennych obserwacji zachmurzenia z 3 głównych terminów (06 UTC, 12 UTC i 18 UTC) z okresu 1971–2000, dokonywanych na stacjach synoptycznych IMGW–PIB w Bielsku-Białej (399 m n.p.m., 49°48'N, 19°00'E) i Lesku (422 m n.p.m., 49°28'N, 22°20'E). Pierwsza stacja jest zlokalizowana w zewnętrznych Karpatach Zachodnich, a druga reprezentuje już Karpaty Wschodnie. Stacja w Bielsku-Białej jest bardziej wyeksponowana na napływ i spiętrzanie wilgotnych mas powietrza, natomiast w Lesku zlokalizowana w miejscu bardziej osłoniętym i charakteryzuje się też większym kontynentalizmem klimatu. W niewielkiej odległości od Leska, około 10 km w górę Sanu, tuż przed uwzględnionym w niniejszej analizie okresem (w 1968 r.) ukończono budowę Zbiornika Solińskiego. Jest to zbiornik zaporowy, który nie pozostaje bez wpływu na zachmurzenie w Lesku.

Wielkość zachmurzenia przez chmury niskie i średnie (%) przeliczono na średnie dobowe, a na tej podstawie – na średnie roczne oraz wieloletnie. Obliczono też średnią roczną oraz wieloletnią częstość (%) rodzajów chmur z podstawą w piętrze niskim, osobno w każdym z terminów obserwacyjnych. W opracowaniu uwzględniono rodzaje *Nimbostratus*, *Stratocumulus*, *Stratus*, *Cumulus* i *Cumulonimbus*.

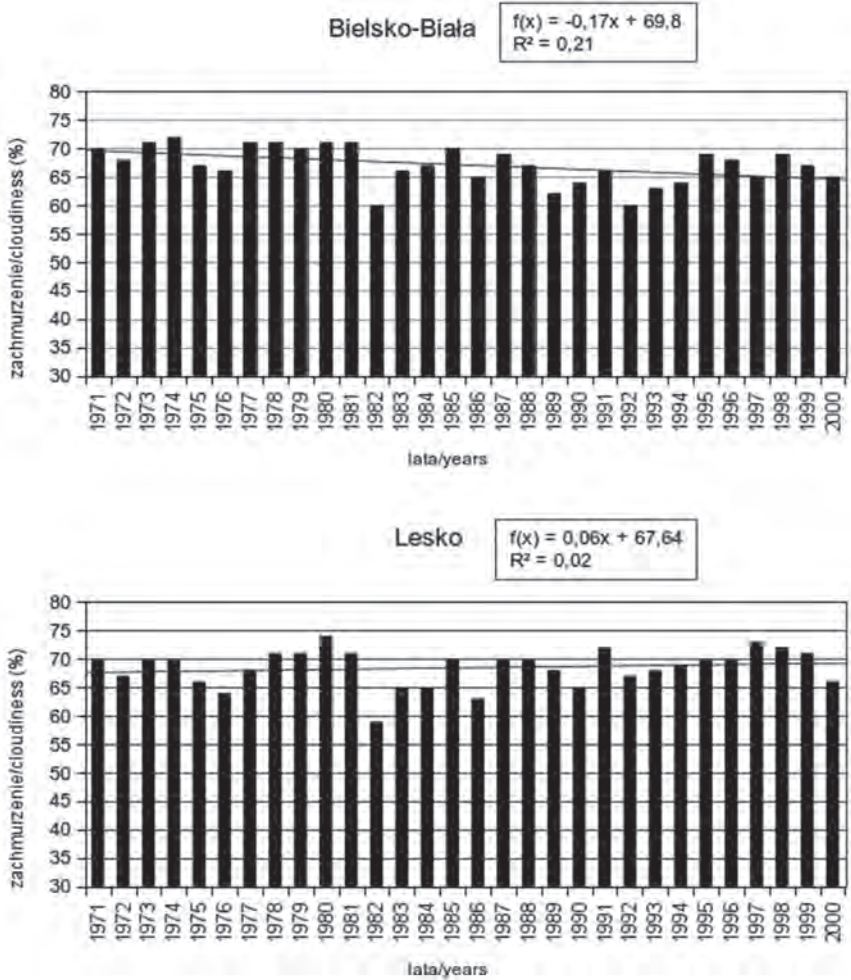
Szczegółowo analizowano jednak tylko częstość występowania chmur *Stratus* będących przyczyną ponad 65% wypadków lotniczych (*Typy zachmurzenia...* 2011), znacznie pogarszających widzialność i występujących bardzo nisko, oraz chmur rodzaju *Cumulonimbus* związanych z ulewnym deszczem i gwałtownymi zjawiskami burzowymi, a także dużą zmiennością kierunku i prędkości prądów powietrznych. Rozpatrywano średnie wieloletnie wartości oraz tendencje zmienności analizowanych parametrów zachmurzenia w uwzględnionym trzydziestoleciu.

Wieloletnia zmienność wielkości zachmurzenia przez chmury niskiego i średniego piętra

Wielkość zachmurzenia na obu stacjach nie wykazywała istotnych różnic w poszczególnych terminach obserwacyjnych, dlatego analizowano ją na podstawie wartości średniej dobowej. Wyznaczona w ten sposób średnia dla Bielska-Białej wyniosła w badanym okresie 53% z wahaniami wartości średnich rocznych w przedziale 50–55%. Zauważalna była tutaj tendencja spadkowa wielkości zachmurzenia, istotna na poziomie $\alpha = 0,05$. Większym zachmurzeniem, wynoszącym średnio 60%, wyróżniało się Lesko, gdzie średnia roczna mieściła się generalnie w granicach 55–65%, z wyjątkiem 1980 r., kiedy zachmurzenie w piętrze niskim i średnim dochodziło do 71%. Tu jednak w badanym okresie nie zaobserwowano istotnej tendencji spadkowej ani wzrostowej. W obydwu częściach Karpat najmniejsze zachmurzenie wystąpiło w 1982 r., natomiast w odróżnieniu od Leska największe zachmurzenie w Bielsku-Białej zanotowano w 1987 r. (ryc. 1). Wskazuje to na odrębność procesów w głównej mierze kształtujących szczególnie duże zachmurzenie, stwarzającego niebezpieczeństwo dla lotnictwa w omawianych częściach Karpat.

Struktura i wieloletnia zmienność zachmurzenia przez rodzaje chmur z podstawą w piętrze niskim

Rodzaje chmur występujące na analizowanym terenie wykazywały zarówno różnice pomiędzy jego częścią zachodnią i wschodnią, jak i pewne zróżnicowanie w ciągu dnia. Stacja w Bielsku-Białej charakteryzowała się ogólnie większą częstością chmur warstwowych, zwłaszcza *Stratocumulus* i *Stratus*, których częstość sumarycznie



Ryc. 1. Wieloletnia zmienność wielkości zachmurzenia w piętrze niskim i średnim w Bielsku-Białej oraz Lesku wraz z trendem liniowym

Źródło: dane z codziennych obserwacji stacji synoptycznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej-PIB w Bielsku-Białej i Lesku.

Fig. 1. Multiannual variability of cloudiness in low and middle levels in Bielsko-Biała and at Lesko with the linear trend

Source: daily observational data accomplished on synoptic stations of Institute of Meteorology and Water Management-NRI.

nawet o 12 UTC osiągała 45%. W Lesku wyróżniał się natomiast udział chmur konwekcyjnych, rodzajów *Cumulonimbus* i *Cumulus*, które o tej samej porze stanowiły blisko 70% przypadków chmur z podstawą w piętrze niskim. Jednocześnie trzeba podkreślić, że spośród rodzajów chmur szczególnie niebezpiecznych dla lotnictwa w Bielsku-Białej generalnie przeważał *Stratus* (ponad 10%), dorównując częstością występowania chmurom *Cumulonimbus* tylko o 12 UTC. W Lesku natomiast w ciągu całego dnia przeważał *Cumulonimbus*, osiągając około 20% i ponad trzykrotnie przekraczając w południe częstość rodzaju *Stratus* (ryc. 2).

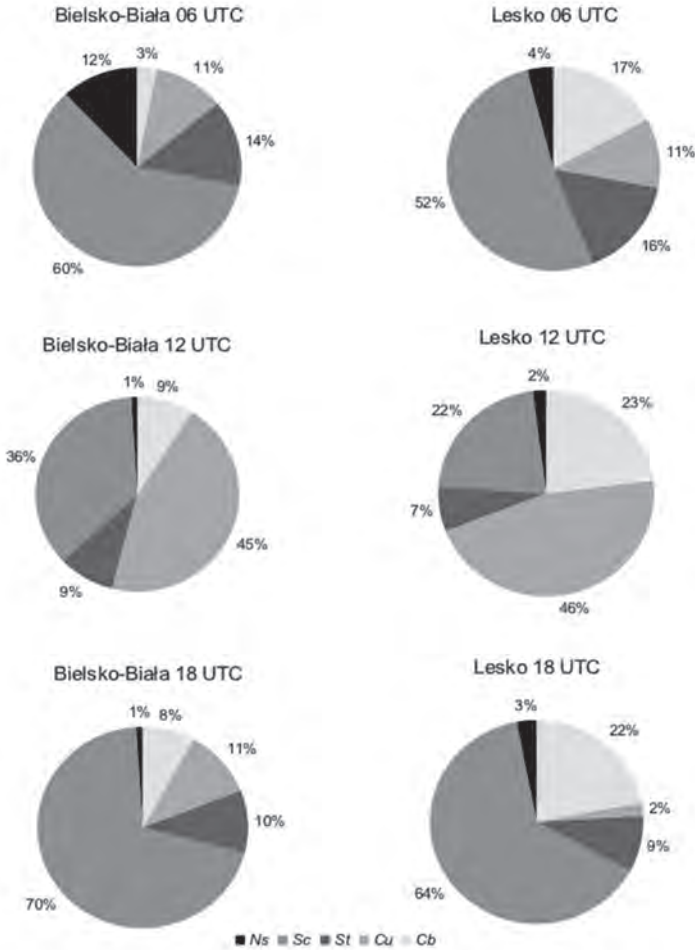
W przebiegu wieloletnim w omawianych częściach Karpat Polskich, we wszystkich terminach częstość rodzaju *Stratus* malała (ryc. 3), natomiast chmur *Cumulonimbus* rosła (ryc. 4), w stopniu istotnym statystycznie na poziomie $\alpha = 0,05$. Rok z maksimum częstości żadnego z tych rodzajów chmur nie pokrywał się jednak z maksimum rozważanej tutaj wielkości zachmurzenia, a zatem większy udział w pokryciu nieba miały wówczas ich stadia wcześniejsze lub późniejsze (np. *Cumulus* lub *Stratocumulus*) osiągające ogólnie większą częstość. Warto również podkreślić, że w Lesku, gdzie ogólnie większy udział miały chmury konwekcyjne, rano i w południe wzrósł on również istotnie na podanym wcześniej poziomie α w przypadku rodzaju *Cumulus* (ryc. 5), będącego wczesną fazą rozwoju chmur *Cumulonimbus*. Wskazuje to zatem na istotny wzrost znaczenia konwekcji jako procesu wpływającego na pogorszenie warunków lotów, zwłaszcza we wschodniej części Karpat Polskich reprezentowanej przez stację w Lesku.

Wnioski

Pomimo ograniczonego do 30 lat okresu analizy i uwzględnienia danych zaledwie z dwóch stacji na silnie zróżnicowanym górskim terenie, przeprowadzona analiza pozwoliła autorce na stwierdzenie następujących zależności:

Ogólnie gorsze warunki lotów występowały we wschodniej części Karpat Polskich, zwłaszcza pod względem częstości występowania rodzajów chmur szczególnie niebezpiecznych dla lotnictwa, zwłaszcza *Cumulonimbus*;

Wzrastająca częstość występowania chmur *Cumulonimbus* oraz *Cumulus* w reprezentującym wschodnią część Karpat Polskich Lesku wskazuje na istotny wzrost znaczenia konwekcji jako procesu wpływającego na pogorszenie tam



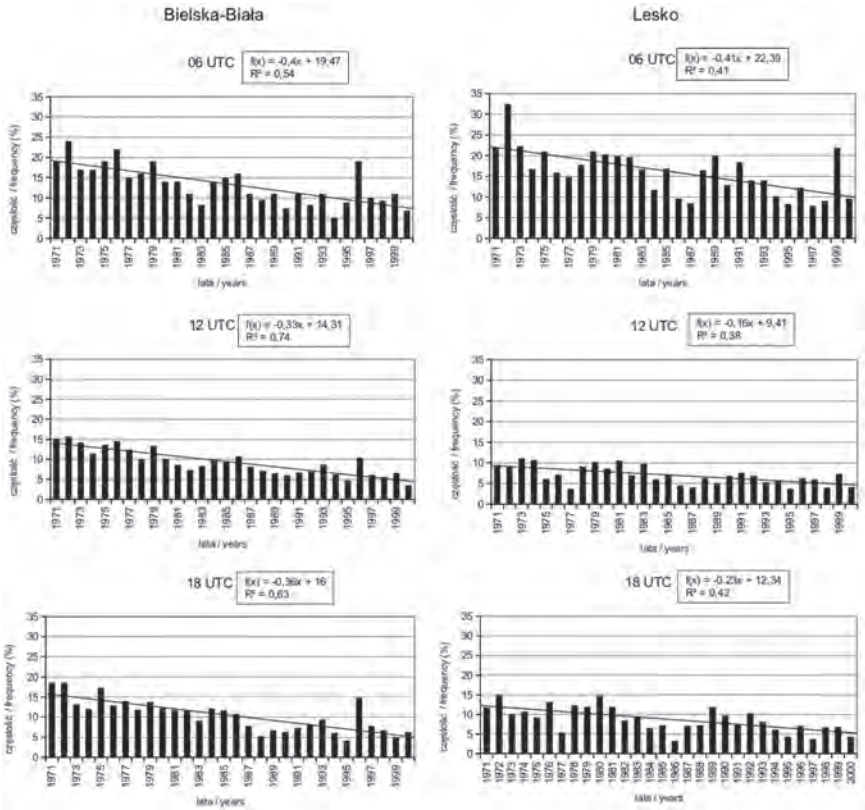
Ryc. 2. Udział rodzajów chmur z podstawą w piętrze niskim w Bielsku-Białej i Lesku w poszczególnych terminach obserwacyjnych (1971–2000)

Źródło: dane z codziennych obserwacji dokonywanych na stacjach synoptycznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej-PIB w Bielsku-Białej i Lesku.

Fig. 2. Share of cloud genera with base in low level in Bielsko-Biała and at Lesko in particular observation terms (1971–2000)

Source: daily observational data accomplished on synoptic stations of Institute of Meteorology and Water Management–NRI.

Objaśnienia/Explanations: Ns – Nimbostratus, Sc – stratocumulus, St – Stratus, Cu – Cumulus, Cb – Cumulonimbus.

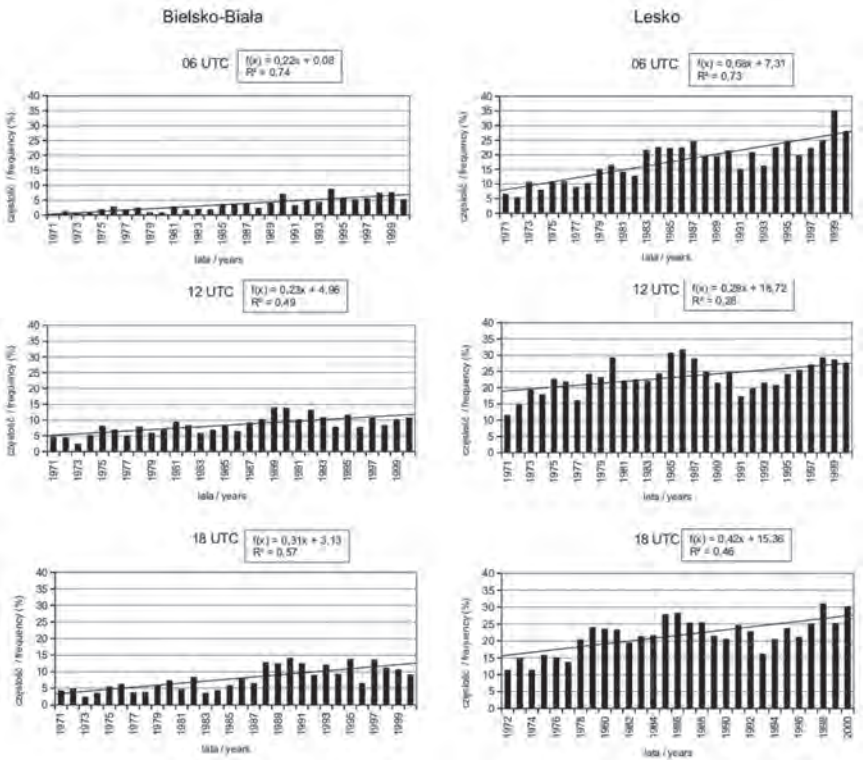


Ryc. 3. Wieloletnia zmienność częstości chmur *Stratus* w Bielsku-Białej i Lesku w poszczególnych terminach obserwacyjnych wraz z trendem liniowym

Źródło: dane z codziennych obserwacji stacji synoptycznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej-PIB w Bielsku-Białej i Lesku.

Fig. 3. Multiannual variability of frequency of *Stratus* clouds in Bielsko-Biala and at Lesko in particular observation terms with the linear trend

Source: daily observational data accomplished on synoptic stations of Institute of Meteorology and Water Management-NRI.

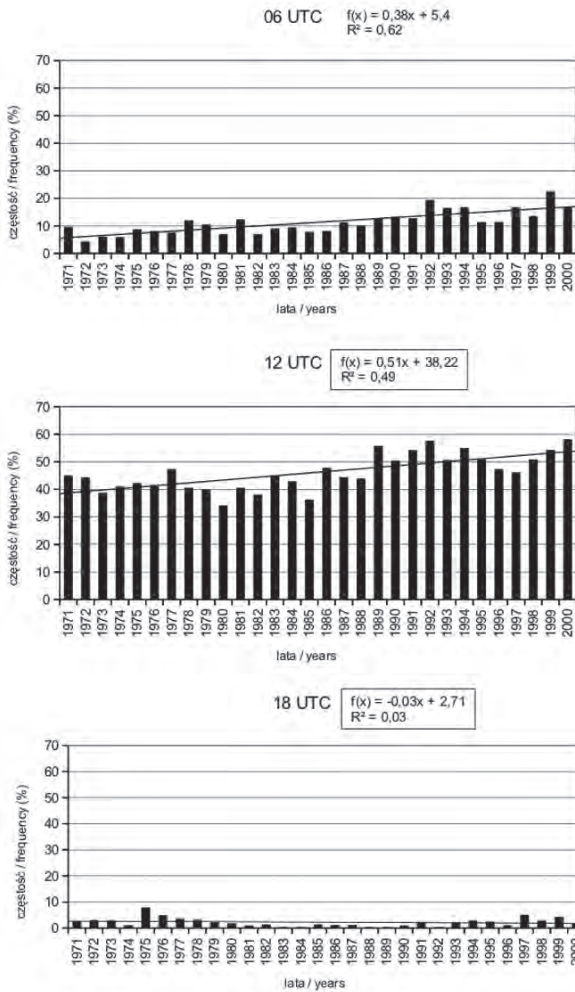


Ryc. 4. Wieloletnia zmienność częstości chmur *Cumulonimbus* w Bielsku-Białej i Lesku w poszczególnych terminach obserwacyjnych wraz z trendem liniowym

Źródło: dane z codziennych obserwacji dokonywanych na stacjach synoptycznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej-PIB w Bielsku-Białej i Lesku.

Fig. 4. Multiannual variability of frequency of *Cumulonimbus* clouds in Bielsko-Biala and at Lesko in particular observation terms with the linear trend

Source: daily observational data accomplished on synoptic stations of Institute of Meteorology and Water Management-NRI.



Ryc. 5. Wieloletnia zmienność częstości chmur *Cumulus* w Lesku w poszczególnych terminach obserwacyjnych wraz z trendem liniowym

Źródło: dane z codziennych obserwacji stacji synoptycznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej-PIB w Bielsku-Białej i Lesku.

Fig. 5. Multiannual variability of frequency of *Cumulus* clouds at Lesko in particular observation terms with the linear trend

Source: daily observational data accomplished on synoptic stations of Institute of Meteorology and Water Management-NRI.

warunków lotów. Może to wynikać ze współdziałania zmian w cyrkulacji atmosferycznej oraz lokalizacji warunkującej większy kontynentalizm klimatu. Kształtowanie zachmurzenia przez te zależności jest także modyfikowane przez wpływ pobliskiego Zbiornika Solińskiego.

Spadek wielkości zachmurzenia przez chmury pięter niskiego i średniego oraz częstości rodzaju *Stratus* i ogólnie mniejsze zachmurzenie nie stanowiły jednoznacznie o poprawie warunków lotów w reprezentowanej przez Bielsko-Białą zachodniej części Karpat Polskich z powodu istotnego zwiększenia udziału chmur *Cumulonimbus*. W tym przypadku, ze względu na lokalizację, większą rolę w kształtowaniu zaistniałych zmian należy przypisać cyrkulacji atmosferycznej.

Stwierdzono istotne różnice pomiędzy parametrami zachmurzenia wpływającymi na warunki lotów, zarówno na poziomie uogólnionych wartości średnich, jak też ich zmienności wieloletniej uwarunkowanej lokalizacją: między obydwooma częściami Karpat. Daje to podstawy do prowadzenia dalszych, bardziej szczegółowych analiz dotyczących omawianego terenu.

Lokalizacja na terenie o zróżnicowanej rzeźbie, wpływającej na możliwość napływu wilgotnych mas powietrza lub ich blokowanie, w znacznym stopniu modyfikuje zachmurzenie, w tym jego parametry silnie wpływające na warunki lotów, a zwłaszcza występowanie chmur oraz kształtowanie mechanizmów ich powstawania i występowanie określonych ich rodzajów w bliższych podłoża warstwach atmosfery.

Przedstawiona powyżej analiza może stanowić jedynie wstęp do pełnego wyjaśnienia zaistniałych różnic. Dokonanie tego w sposób szczegółowy i wyczerpujący wymagałoby wykorzystania znacznie większej ilości zróżnicowanych danych. Nie mogłyby też być to wyłącznie dane meteorologiczne.

Literatura

- Orliczowa J., Peterka W., 1974, *Oblacnost a slonecny svit* [w:] *Klimat Tatr*, Wydav. Slov. Akad. Vied. Bratislava., 379–441.
- Ostrowski M., 2004, *Meteorologia dla lotnictwa sportowego*, Aeroklub Polski, Warszawa.
- Parczewski W., 1950, *Meteorologia lotnicza*, Czytelnik, Łódź.

- Parczewski W., 1953, *Meteorologia szybowcowa*, Wydawnictwo Ligi Lotniczej, Warszawa.
- Typy zachmurzenia a lotnictwo*, 2011, Materiały szkoleniowe: Szkoła Meteorologii Lotniczej, VIII edycja, Międzybrodzie Żywieckie.
- Wilczek Z., 1986, *Występowanie zachmurzenia frontowego nad Polską w latach 1961–1975*, Przegląd Geofizyczny, 31 (3), 163–176.
- Wilczek Z., 1994, *Meteorologiczne aspekty lotów w strefach chmur frontowych*, Przegląd Wojsk Lotniczych i Obrony Powietrznej, 4, 58–65.
- Wilczek Z., 1995, *Występowanie i warunki lotów w rozległych strefach zachmurzenia frontowego nad Polską*, Biuletyn Wyższej Szkoły Oficerskiej Sił Powietrznych, 2 (67) 95, 127–144.
- Wilczek Z., 2000, *Comparison of Cloudiness Types Neighbouring Airports*, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Jagiellońskiego, Prace Geograficzne, 107, 297–303.