

DOROTA MATUSZKO

PRÓBA OKREŚLENIA WPŁYWU ZBIORNIKA WODNEGO NA ZACHMURZENIE I USŁONECZNIENIE (NA PRZYKŁADZIE ZBIORNIKA DOBCZYCKIEGO)

Abstrakt: W opracowaniu dokonano próby określenia wpływu zbiornika wodnego na zachmurzenie i usłonecznienie przez porównanie serii pomiarowych z dwóch okresów badawczych: przed powstaniem Zbiornika Dobczyckiego (lata 1971–1980) i po jego utworzeniu (1991–2000). W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono, iż obecność zbiornika wodnego prawdopodobnie spowodowała wzrost zachmurzenia i jego zmiany jakościowe oraz niewielkie zwiększenie usłonecznienia.

Słowa kluczowe: zbiornik wodny, zachmurzenie, usłonecznienie.

1. Wprowadzenie

Zbiornik wodny wpływa na właściwości fizyczne otaczającego go powietrza w dwojaki sposób: po pierwsze jako źródło pary wodnej, a po drugie jako środowisko pobierające lub oddające energię. Wyższa temperatura wody niż otaczającej atmosfery będzie powodowała ocieplenie się powietrza, wzbogacała je w wilgoć i przyczyniała się do zwiększania chwiejności jego równowagi. Zbiornik z wodami o niższej od otoczenia temperaturze będzie oddziaływał ochładzająco na powietrze co doprowadzi do kondensacji pary wodnej zawartej w powietrzu. Tak więc w obu przypadkach może dojść do rozwoju i wzrostu zachmurzenia, ale także w pewnych sytuacjach obecność zbiornika wodnego może powodować zanik chmur w jego okolicy. Zmiany zachmurzenia wywołane wprowadzeniem do środowiska dużej masy wody mogą przyczynić się do modyfikacji usłonecznienia.

Celem niniejszej pracy jest próba określenia wpływu Zbiornika Dobczyckiego na zachmurzenie i usłonecznienie.

W literaturze klimatologicznej istnieje wiele publikacji (m.in. Geiger 1961; Yoshino 1975) zmierzających do oceny oddziaływania zbiorników wodnych na stosunki mezoklimatyczne w ich otoczeniu. Polskie opracowania traktujące o wpływie naturalnych zbiorników wodnych skupione były głównie na niżu

(Kaczorowska 1967; Okołowicz 1967), natomiast dotyczące oddziaływania zbiorników zaporowych na mezoklimat – wykonywane były w warunkach górskich (Marzec 1971; Lewińska 1969; Morawska 1969; Wierczek 1969; Hess i in. 1981) i pogórskich (Olecki, Rauczyńska-Olecka 1999; Obrębska-Starkel i in. 2001; Jezioro 2003). Autorzy powyższych opracowań koncentrowali się głównie nad stratyfikacją temperatury i wilgotności powietrza nad różnej wielkości zbiornikami wodnymi oraz nad strukturą pionową strumieni powietrza w obrębie dziennej i nocnej bryzy jeziornej. Brak jest natomiast prac omawiających kształtowanie się stosunków nefologicznych i solarnych w otoczeniu zbiorników wodnych. Związane jest to być może z trudnościami w jednoznacznej ocenie wpływu dużej masy wody na zachmurzenie i usłonecznienie ze względu na istnienie skomplikowanych sprzężeń zwrotnych w atmosferze, którym szczególnie te dwa elementy podlegają.

Istnieją poglądy (Hess i in. 1981), że wpływ zbiorników wodnych na stosunki klimatyczne ich otoczenia zależy od rozmiarów skupionej w nich masy wody, kształtu masy jeziornej oraz stopnia rozczłonkowania rzeźby w bliższym i dalszym sąsiedztwie badanego obiektu. Zbiornik Dobczycki ma średnią powierzchnię 970 ha, pojemność 99,5 mln m³ wody, głębokość około 29 m. Do eksploatacji został oddany w 1986 r.; pełni funkcję retencyjną i stanowi źródło wody pitnej dla Krakowa. Położony jest na obszarze Pogórza Zachodniobeskidzkiego (Kondracki 2001). Zajmuje fragment doliny Raby między Myślenicami i Dobczycami w umiarkowanie ciepłym piętrze klimatycznym, w obrębie Regionu Kotlin Podkarpackich (Hess 1965).

2. Materiały źródłowe i metoda

W opracowaniu wykorzystano wyniki terminowych obserwacji zachmurzenia i pomiarów usłonecznienia wykonywanych na Stacji Naukowej Instytutu Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego w Gaiuku-Brzezowej. W latach 1965–1982 stacja zlokalizowana była na terasie Raby na wysokości 259 m n.p.m., a następnie 1 stycznia 1983 roku, ze względu na budowę i napełnienie zbiornika wodnego została przeniesiona na wysokość 302 m n.p.m., na wierzchoinę garbu Pogórza.

W niniejszym opracowaniu wpływ zbiornika wodnego na zachmurzenie i usłonecznienie próbowano określić przez porównanie serii pomiarowych z dwóch okresów badawczych: przed powstaniem Zbiornika Dobczyckiego (lata 1971–1980) i po jego utworzeniu (1991–2000). Posługując się standardowymi metodami statystycznymi obliczono średnie wartości wielkości zachmurzenia oraz częstość rodzajów chmur wyrażoną w liczbach przypadków wystąpienia w miesiącu z uwzględnieniem poszczególnych terminów klimatologicznych. Analizowano zmiany zachmurzenia w przebiegu rocznym i sezonowym. Zmienność usłonecznienia scharakteryzowano na podstawie dziennych, miesięcznych i rocznych sum usłonecznienia, rejestrowanego heliografem Campbella-Stokesa.

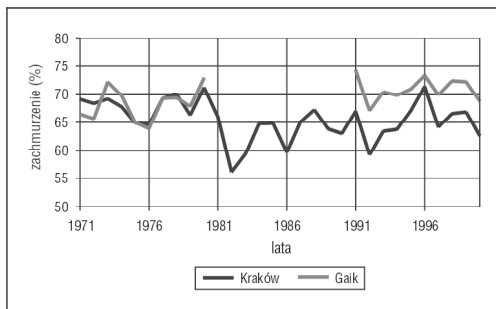
3. Wieloletnie zmiany zachmurzenia i usłonecznienia przed i po utworzeniu Zbiornika Dobczyckiego

Zachmurzenie i usłonecznienie odznaczają się dużą zmiennością zarówno w przebiegu dziennym i rocznym, jak również podlegają wahaniam w okresie wieloletnim. W celu scharakteryzowania zmian tych elementów przed i po powstaniu zbiornika wodnego przedstawiono ich przebieg na tle dłuższego okresu w odniesieniu do stacji w Krakowie.

Porównanie zachmurzenia w Gaiku i Krakowie (ryc. 1) wykazuje duże podobieństwo w tendencji na obu stacjach, oraz bardzo podobne wartości zachmurzenia w okresie przed powstaniem zbiornika (lata 1971-1980). Natomiast zachmurzenie w dziesięcioleciu 1991-2000 odznacza się większymi wartościami w Gaiku (średnio o 6%), co może wskazywać na wpływ zbiornika wodnego.

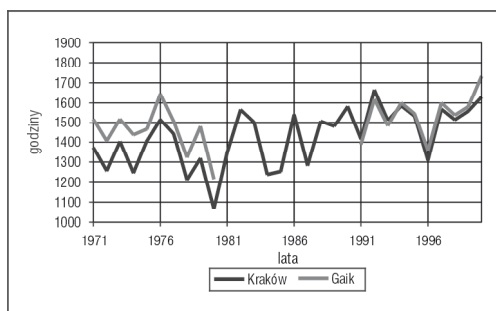
Usłonecznienie na obydwu stacjach ma również bardzo podobny przebieg w dwóch okresach badań (ryc. 2) i zbliżone wartości w latach 1991-2000, podczas gdy przed powstaniem zbiornika usłonecznienie w Gaiku było wyższe (średnio o 127 godzin) niż w Krakowie. Warto jednak zaznaczyć, że sumarycznie usłonecznienie w Gaiku wyższe jest (średnio o 93 godziny) po powstaniu zbiornika.

Reasumując można stwierdzić, że na przebieg wielkości zachmurzenia i usłonecznienia w rejonie Zbiornika Dobczyckiego mają wpływ czynniki cyrkulacyjne, o czym świadczy podobna tendencja na obydwu stacjach, oraz czynniki lokalne – w tym oddziaływanie dużej powierzchni wodnej powodujące wzrost zachmurzenia i wzrost usłonecznienia w okresie po powstaniu zbiornika.



Ryc. 1. Zachmurzenie w Gaiku-Brzezowej w latach 1971-1980 i 1991-2000 na tle serii krakowskiej (1971-2000)

Fig. 1. Cloudiness in Gaik-Brzezowa in the years 1971-1980 and 1991-2000 compared to the measurement series from Cracow (1971-2000)



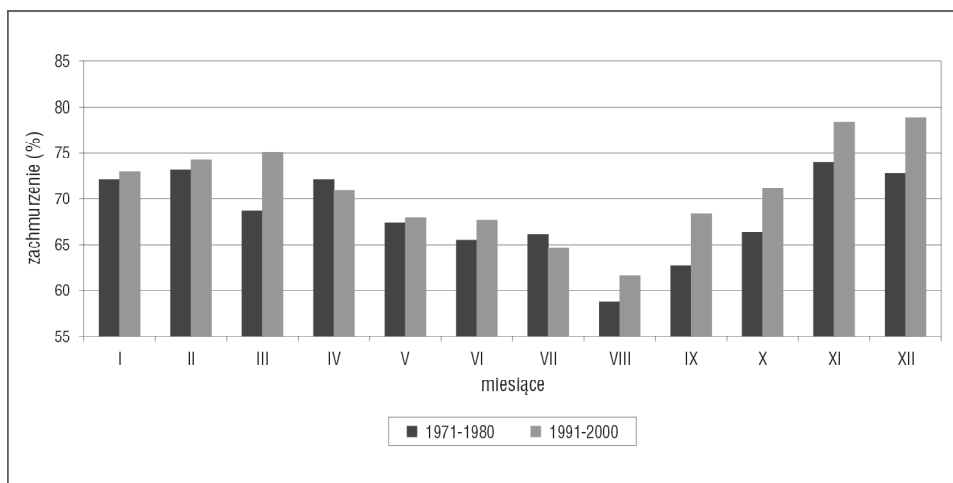
Ryc. 2. Usłonecznienie w Gaiku-Brzezowej w latach 1971-1980 i 1991-2000 na tle serii krakowskiej (1971-2000)

Fig. 2. Sunshine duration in Gaik-Brzezowa in the years 1971-1980 and 1991-2000 compared to the measurement series from Cracow (1971-2000)

Podobne wartości zachmurzenia w Gaiku i Krakowie w pierwszym okresie badań, a znacznie wyższe w tym czasie usłonecznienie w Gaiku może być związane z różnicą przezroczystości atmosfery spowodowaną zanieczyszczeniem powietrza w mieście lub zmianami jakościowymi zachmurzenia zarówno w Krakowie jak i Gaiku.

3.1. Wielkość zachmurzenia

Średnie roczne zachmurzenie w Gaiku-Brzezowej w okresie przed utworzeniem zbiornika wynosiło 68%. Po powstaniu zbiornika nieznacznie wzrosło i wynosiło 71%. Największy przyrost zachmurzenia (o 5-6%) nastąpił w jesieni i na początku zimy oraz w marcu (o 7%), natomiast niewielki spadek zachmurzenia (o 2%) zaznaczył się w kwietniu i lipcu (ryc. 3). Jesiennie-zimowe zwiększenie zachmurzenia związane jest z termicznym oddziaływaniem cieplejszej masy wody oraz wzbogaceniem powietrza w parę wodną. Ocieplający wpływ zbiornika wodnego przejawia się wzrostem średniej rocznej temperatury powietrza o około 0,7–0,8°C i średniej miesięcznej temperatury, szczególnie w miesiącach zimowych, o prawie 2°C (Jezioro 2003). Podniesienie się temperatury powietrza w otoczeniu zbiornika nasiliło procesy fizyczne związane z wymianą ciepła pomiędzy zbiornikiem wodnym a otaczającym obszarem i zwiększoną dostawą promieniowania słonecznego odbitego od powierzchni wody. Mniejsze zachmurzenie po powstaniu zbiornika w ciepłej połowie roku spowodowane jest osłabieniem procesów konwekcyjnych na skutek niższej temperatury wody o tej porze roku w stosunku do temperatury powietrza.



Ryc. 3. Przebieg roczny zachmurzenia w Gaiku-Brzezowej w latach 1971-1980 i 1991-2000
 Fig. 3. Annual course of cloudiness in Gaik-Brzezowa in the years 1971-1980 and 1991-2000

3.2. Struktura zachmurzenia

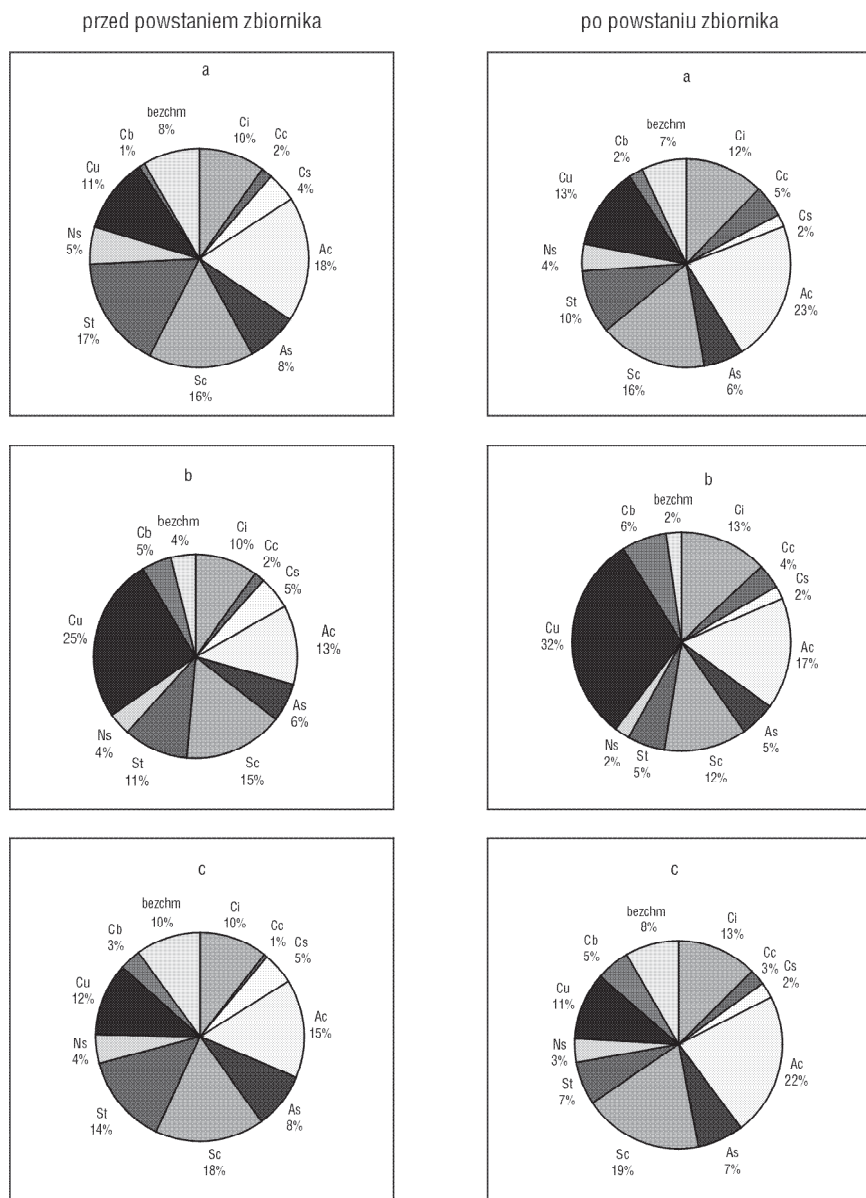
Ze względu na dużą zmienność jakościową zachmurzenia w ciągu dnia udział procentowy poszczególnych rodzajów chmur analizowany jest w poszczególnych terminach klimatologicznych (ryc. 4).

Rano przed powstaniem zbiornika najczęściej występowały chmury Ac (18%), St (17%) i Sc (16%). Po utworzeniu zbiornika wzrósł udział chmur Ac (23%), Sc utrzymał się na tym samym poziomie, a udział St obniżył się o 7%. W południe, zarówno przed, jak i po powstaniu zbiornika najwięcej było chmur Cu (odpowiednio 25% i 32%), a w dalszej kolejności Sc i Ac, przy czym po utworzeniu zbiornika wzrósł udział Ac, a zmniejszył się Sc. Wieczorem po powstaniu zbiornika częściej pojawiały się chmury Ac (o 7%), natomiast o połowę zmniejszył się udział chmur St.

Bardziej wyraźne zmiany jakościowe zachmurzenia można zauważyć analizując strukturę zachmurzenia osobno w lecie (czerwiec, lipiec, sierpień) i zimie (grudzień, styczeń, luty). W lecie (ryc. 5) rano najbardziej istotne zmiany nastąpiły w częstości występowania chmur St i Ns, ich udział zmniejszył się o ponad połowę. W południe, zarówno przed, jak i po utworzeniu zbiornika dominowały chmury Cu i później było ich o 3% więcej. Wieczorem po powstaniu zbiornika najwięcej było chmur Ac (27%, wcześniej o 10 % mniej), a następnie Sc i Cu (po 17%).

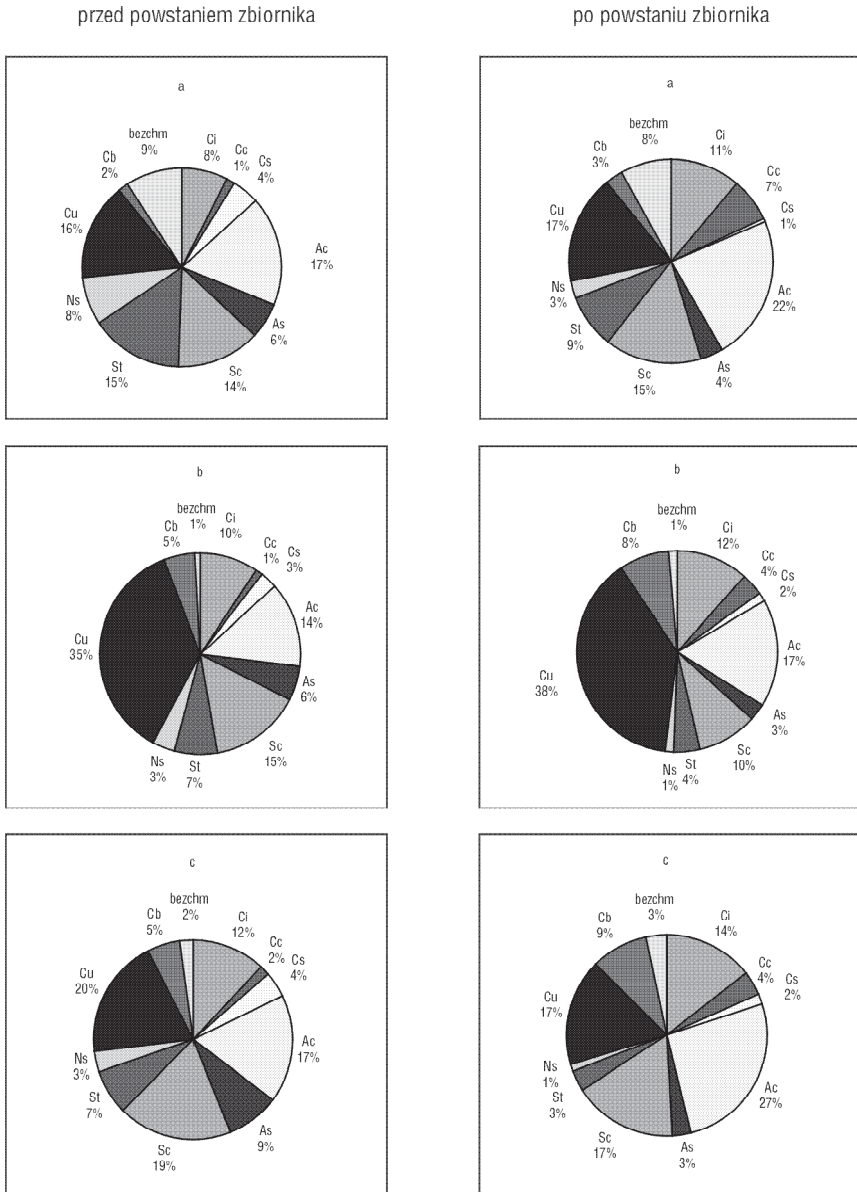
W zimie rano (ryc. 6) można także zauważyć wyraźny (o 9%) spadek częstości występowania chmur St, a także rzadsze występowanie nieba bezchmurnego (o 7%). Wzrósł natomiast udział chmur Ac, Sc i Cu. W południe po powstaniu zbiornika dwukrotnie zwiększyła się częstość występowania chmur Cu i o prawie tyle samo zmalała częstość pojawiania się St. Także wieczorem o ponad połowę zmniejszyła się częstość występowania chmur St oraz nieba bezchmurnego, natomiast częściej pojawiały się chmury Ac i Sc.

Reasumując można stwierdzić, że wpływ zbiornika wodnego prawdopodobnie przejawia się bezpośrednim oddziaływaniem na chmury występujące najniżej, a tylko pośrednio na chmury wyższych pięter na skutek zasłaniania bądź odsłaniania ich przez chmury niskie. Powstanie zbiornika wodnego niewątpliwie przyczyniło się do wyeliminowania zastoiska chłodu w dolinie Raby, czego skutkiem jest bardzo wyraźny spadek częstości występowania chmur St, szczególnie zimą, gdy cieplejsza od otoczenia masa wody powoduje ograniczenie inwersji i nie sprzyja tworzeniu się mgły i niskich chmur warstwowych. W południe nad wodą o wyższej temperaturze powietrze przechodzi w chwiejny stan równowagi i rozwija się zachmurzenie konwekcyjne, co tłumaczy dwukrotny wzrost częstości występowania Cu w zimie. Rzadsze występowanie niskich chmur warstwowych odsłania chmury znajdujące się wyżej, dlatego częściej obserwowane są chmury Sc i Ac. W lecie rano i wieczorem obecność zbiornika ogranicza występowanie chmur St, natomiast w południe chłodniejsze masy wody osłabiają konwekcję i hamują rozwój niskich chmur, przez co bardziej widoczne są chmury średnie i wysokie.



Ryc. 4. Średni roczny udział procentowy poszczególnych rodzajów chmur w Gaiku-Brzezowej przed i po powstaniu zbiornika wodnego w terminach klimatologicznych: a) rano, b) południe, c) wieczór.

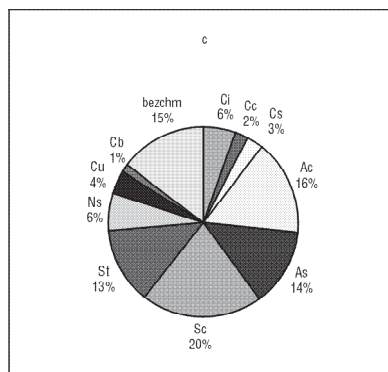
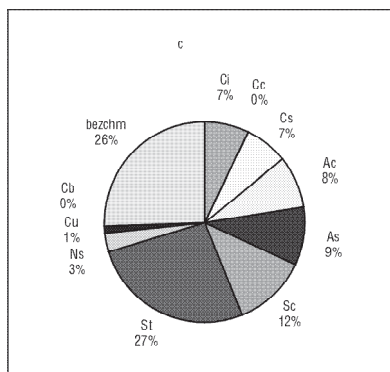
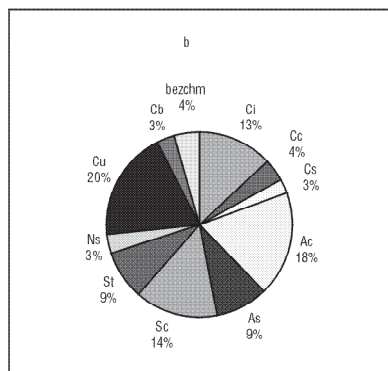
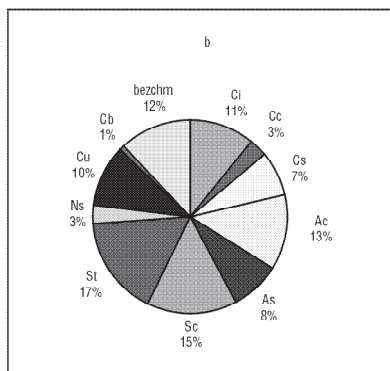
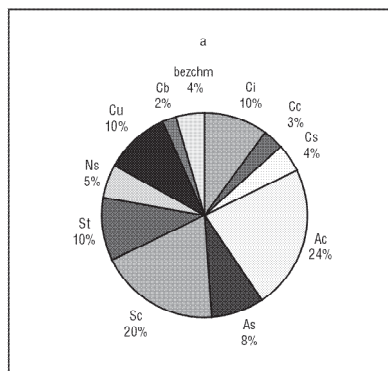
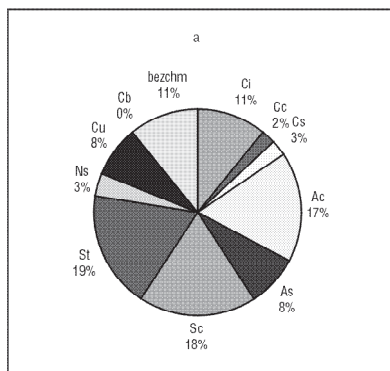
Fig. 4. Mean annual percentage share of particular cloud genera in Gaik-Brzezowa before and after the water reservoir construction at the measurement times: a) morning, b) noon, c) evening.



Ryc. 5. Udział procentowy poszczególnych rodzajów chmur w Gaiku-Brzezowej przed i po powstaniu zbiornika wodnego w lecie, w terminach klimatologicznych: a) rano, b) południe, c) wieczór
 Fig. 5. Percentage share of particular cloud genera in Gaik-Brzezowa before and after the water reservoir construction, in summer, at the measurement times: a) morning, b) noon, c) evening

przed powstaniem zbiornika

po powstaniu zbiornika

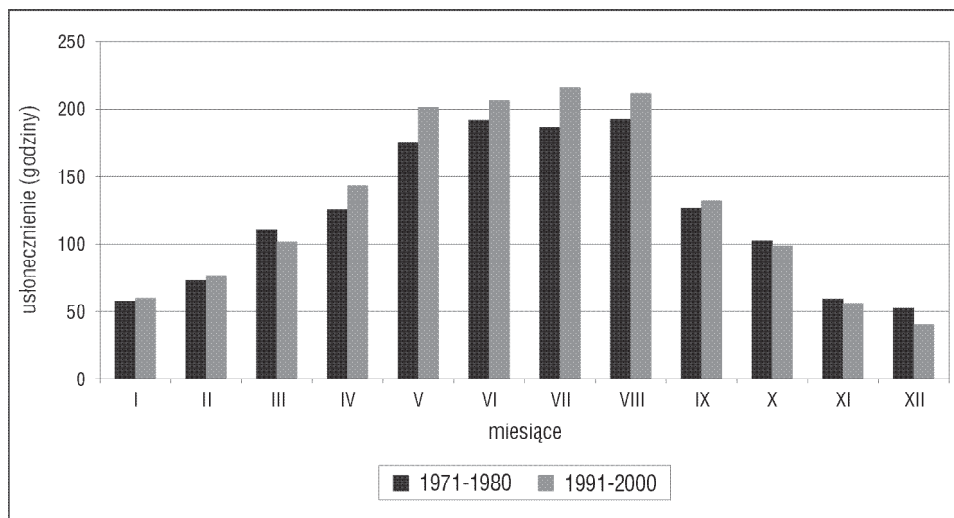


Ryc. 6. Udział procentowy poszczególnych rodzajów chmur w Gaiku-Brzezowej przed i po powstaniu zbiornika wodnego w zimie, w terminach klimatologicznych: a) rano, b) południe, c) wieczór

Fig. 6. Percentage share of particular cloud genera in Gaik-Brzezowa before and after the water reservoir construction in winter, at the measurement times: a) morning, b) noon, c) evening

3.3. Usłonecznienie

Średnie roczne usłonecznienie przed powstaniem zbiornika (1971-1980) wynosiło 1451 godzin, a po jego utworzeniu (1991-2000) wzrosło i wynosiło 1544 godziny. Warto zauważyć (ryc. 7), że zwiększenie usłonecznienia nastąpiło głównie w lecie. W warunkach naturalnych wzrost zachmurzenia powoduje spadek usłonecznienia, lecz w przypadku istnienia zbiornika wodnego ta zależność jest bardziej skomplikowana. Prawdopodobnie na sumę roczną zachmurzenia w dużej mierze wpływają miesiące zimowe o większym zachmurzeniu, natomiast o wielkości usłonecznienia decydują miesiące letnie o długim dniu, czyli dużym usłonecznieniu potencjalnym. Oddziaływanie zbiornika wodnego poprzez zmniejszenie zachmurzenia w cieplej połowie roku, a także przewaga w lecie chmur konwekcyjnych nie tworzących zwartej pokrywy spowodowały większe usłonecznienie po powstaniu zbiornika, mimo większego średniego rocznego zachmurzenia w latach 1991-2000.



Ryc. 7. Przebieg roczny usłonecznienia w Gaiku-Brzezowej w latach 1971-1980 i 1991-2000.
Fig. 7. Annual course of sunshine duration in Gaik-Brzezowa in the years 1971-1980 and 1991-2000.

4. Wnioski

Wielkość i rodzaj zachmurzenia poza czynnikami cyrkulacyjnymi uwarunkowana jest oddziaływaniem podłoża – jego charakteru, pokrycia, rzeźby. Masa wody jest zatem jednym z czynników modyfikujących rozwój zachmurzenia, a w konsekwencji usłonecznienia. Wpływ Zbiornika Dobczyckiego na powyższe elementy mezoklimatu prawdopodobnie przejawia się w następujący sposób:

- wzrosła średnia roczna wielkość zachmurzenia,
- zmieniła się struktura zachmurzenia; w ciągu całego roku spadła częstość występowania chmur St, odsłaniając chmury wyższe Sc, Ac, Ci, Cc; w zimie wzrosła częstość pojawiania się chmur Cu,
- zwiększenie zachmurzenia nastąpiło głównie w chłodnej połowie roku z powodu nasilenia rozwoju chmur konwekcyjnych nad cieplejszą w tym czasie powierzchnią wodną,
- spadła częstość występowania chmur St na skutek ocieplającego wpływu zbiornika wodnego i ograniczenia inwersji temperatury,
- mimo wzrostu wielkości zachmurzenia, usłonecznienie nie zmniejszyło się, prawdopodobnie z powodu zmiany struktury zachmurzenia, szczególnie w lecie gdy usłonecznienie potencjalne jest większe.

LITERATURA:

- Geiger R., 1961, *Das Klima der bodennahen Luftschicht*, 4 Aufl. Friedr. Vieweg, Braunschweig, ss. 646.
- Hess M., 1965, *Piętra klimatyczne w Polskich Karpatach Zachodnich*, Zesz. Nauk. UJ, Prace Geogr., 11.
- Hess M., Niedźwiedz T., Obrębska-Starkłowa B., Olecki Z., Rauczyńska-Olecka D., 1981, *Wpływ rożnowskiego zbiornika wodnego na mezoklimat*, Probl. Zagosp. Ziem Górsk., 21, 6-35.
- Jezioro P., 2003, *Wpływ zbiornika wodnego w Dobczycach na stosunki termiczne powietrza w latach 1976-1996*, [w:] J. Lach (red.), *Dynamika zmian środowiska geograficznego pod wpływem antropopresji*, Nar. Fund. Ochr. Środ. i Gosp. Wodn., Akad. Pedagog. w Krakowie, 42-51.
- Kaczorowska Z., 1967, *Wyniki badań klimatologicznych na Pojezierzu Mazurskim ze szczególnym uwzględnieniem okolicy Wielkich Jezior*, Prace i Studia IG UW, 2, 15-31.
- Kondracki J., 2001, *Geografia regionalna Polski*, PWN, Warszawa.
- Lewińska J., 1969, *Ocena wpływu sztucznych zbiorników wodnych na reżim termiczny*, Folia Geogr., S. Geogr.-Phys., III, 67-86.
- Marzec Z., 1971, *Wpływ zbiornika rożnowskiego na klimat lokalny*, Prace PIHM, 102, 67-82.
- Morawska M., 1969, *Przewidywany wpływ zbiorników wodnych w Pieninach na klimat lokalny*, Folia Geogr., S. Geogr.-Phys., III, 87-99.
- Obrębska-Starkel B., Olecki Z., Trepińska J., Skiba S., Trzczińska-Tacik H., Stachurska-Swakoń A., 2001, *O lokalnych zmianach środowiska geograficznego w otoczeniu Dobczyckiego Zbiornika Wodnego*, [w:] K. German, J. Balon (red.), *Przemiany środowiska przyrodniczego Polski a jego funkcjonowanie*, Problemy ekologii krajobrazu, 10, Inst. Geogr. i Gosp. Przestrz. UJ, Kraków, 607-614.
- Okołowicz W., 1967, *Zachmurzenie i opad wybranych miesięcy letnich 1962-1963 w okolicy Wielkich Jezior Mazurskich*, Prace i Studia IG UW, 2, 113-137.
- Olecki Z., Rauczyńska-Olecka D., 1999, *Wieloletnie zmiany usłonecznienia w rejonie Dobczyckiego Zbiornika Wodnego*, Mat. Konf. „Klimatyczne uwarunkowania życia lasu”, Zakopane 21-22 maja 1999, 169-173.

Wierczek E. *Problem stosunków wiatrowych i ich zmian w świetle wpływu zbiorników wodnych*, Folia Geogr., S. Geogr.-Phys., III, 139-150.

Yoshino M.M, 1975, *Climate in a small area. An introduction to local meteorology*, University of Tokyo Press, Tokyo, ss. 549.

INFLUENCE OF WATER RESERVOIR ON CLOUDINESS AND SUNSHINE DURATION (WITH DOBCZYCE RESERVOIR AS AN EXAMPLE)

SUMMARY

Two measurement series were used in the comparative analysis: from the years 1971-1980 (before the construction of the water reservoir) and 1991-2000 (after the construction of the reservoir). The presence of the reservoir most probably caused the increase in cloudiness, mainly in cold half-year, and its qualitative changes, together with a slight increase in sunshine duration. The frequency of Stratus clouds decreased and in winter the frequency of Cumulus clouds increased.

Dorota Matuszko
Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Jagielloński
Kraków

