

Chociaż z natury usłonecznienie w wieloleciu nie jest elementem silnie zróżnicowanym w przestrzeni, a do jego poznania wystarczy stosunkowo niewielka liczba podstawowych stacji, to wpływ przemysłu (3, 6, 7) oraz spotykane coraz częściej w literaturze wyniki wskazujące na wieloletnie zmiany klimatyczne (1, 4, 5) uzasadniają potrzebę badań nad przebiegiem usłonecznienia. Celem pracy jest opisanie zmienności usłonecznienia w roku i jego przebiegu wieloletniego w Osinach oraz próba interpretacji w powiązaniu z danymi empirycznymi z pobliskich stacji i z okresem wzmożonej emisji z Zakładów Azotowych w Puławach.

MATERIAŁ I METODYKA

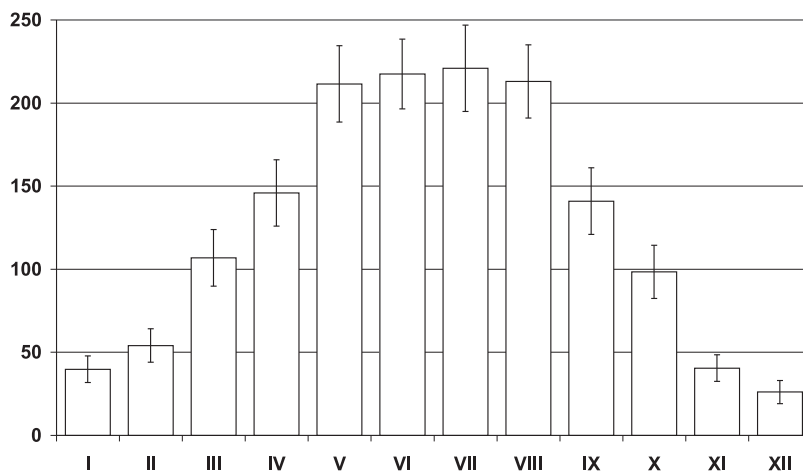
Dane o usłonecznieniu pochodzą ze stacji meteorologicznej IUNG położonej na terenie odkrytym w Osinach, odległych 9 km na północo-wschód od Puław. Wykorzystano sumy miesięczne usłonecznienia z wielolecia 1958–2004 i sumy w przedziałach godzinnych z lat 1982–2004. Nieliczne luki w materiale empirycznym uzupełniono posługując się stosowanymi powszechnie metodami klimatologicznymi przez porównanie z wieloletnim ciągiem pomiarów w Puławach. Przebieg roczny średnich miesięcznych sum i ich zmienność w Osinach opracowano na podstawie wartości rzeczywistych usłonecznienia.

Przebieg wieloletni usłonecznienia w Osinach dla wymienionych okresów porównano z homogenizowanymi danymi w Puławach (2) i w Grabowie, odległym o 29 km na południo-zachód, gdzie stacja ulokowana jest w terenie odkrytym i posiada kompletny ciąg pomiarowy z lat 1974–2004. Porównań dokonano na wartościach usłonecznienia względnego, wyrażonego w procentach długości dnia z uwzględnieniem refrakcji. Usłonecznienie na wymienionych stacjach było zapisywane przez heliografy Campbella-Stokesa. Wskaźniki statystyczne wieloletnich trendów usłonecznienia określono przy użyciu pakietu Statgraphics plus 2.1.

WYNIKI

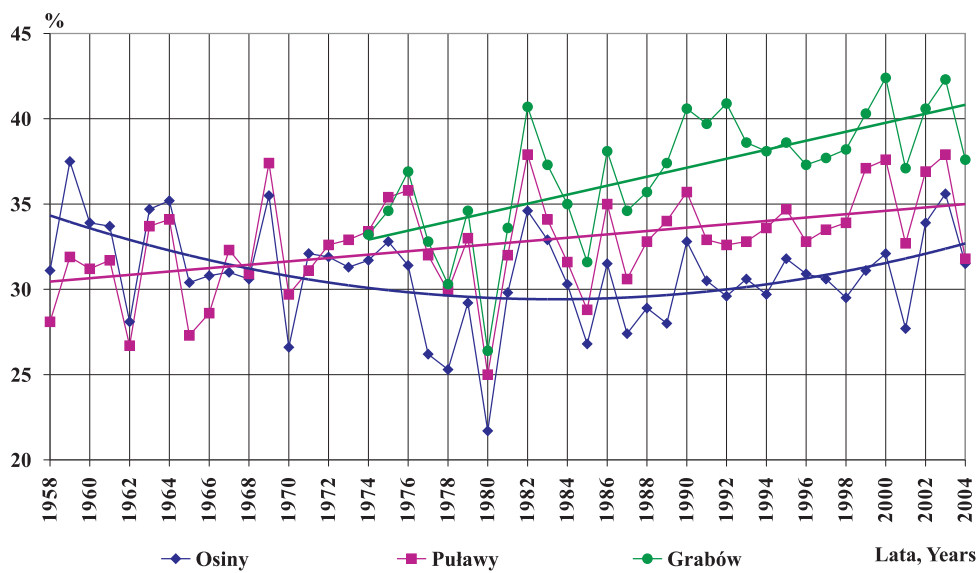
Średnie usłonecznienie miesięczne (rys. 1) wykazuje typowy dla naszego klimatu przebieg roczny z najwyższym współczynnikiem zmienności w grudniu wynoszącym 50% oraz w styczniu, lutym i listopadzie powyżej 35%. Najmniejsza zmienność w wieloleciu, około 20%, charakteryzuje czerwiec i sierpień. Przedziały zmienności, wyrażone stosunkiem odchylenia standardowego do średniego usłonecznienia, zaznaczono na histogramach miesięcznych.

Usłonecznienie względne w Osinach obniżało się w pierwszej połowie badanego wielolecia, a następnie zaczęło wzrastać w latach 80. Tendencja taka na poziomie istotności 0,01–0,05 ujawnia się na wiosnę, wygasa w lipcu i sierpniu, a następnie występuje tylko we wrześniu i odnosi się również do wartości rocznych (rys. 2). Jest to zbieżne z badaniami Kuczmarzkiego (6), który stwierdził w wieloleciu

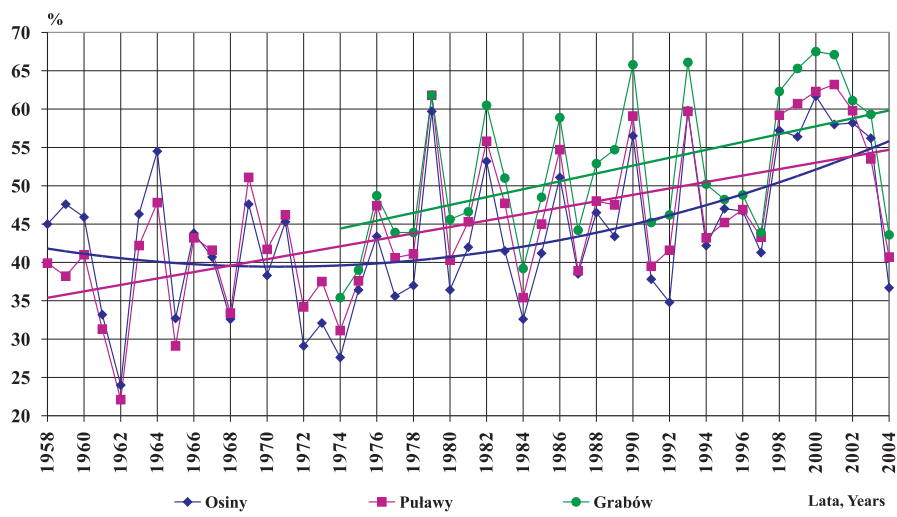


Rys. 1. Średnie usłonecznienie rzeczywiste i jego zmienność (%) w Osinach (1958–2004)
Average real sunshine and its variability (%) in Osiny (1958–2004)

1951–1975 jedną z najsilniejszych w Polsce tendencji wzrostowych zachmurzenia rocznego w pobliskich stacjach: Puławach i Sobieszynie. Największy wzrost miesięcznego usłonecznienia przypada na maj (rys. 3), co znajduje potwierdzenie w literaturze dla różnych stacji w kraju (4, 5).



Rys. 2. Usłonecznienie względne roku (%) w latach 1958–2004
Relative sunshine of year (%) in 1958–2004

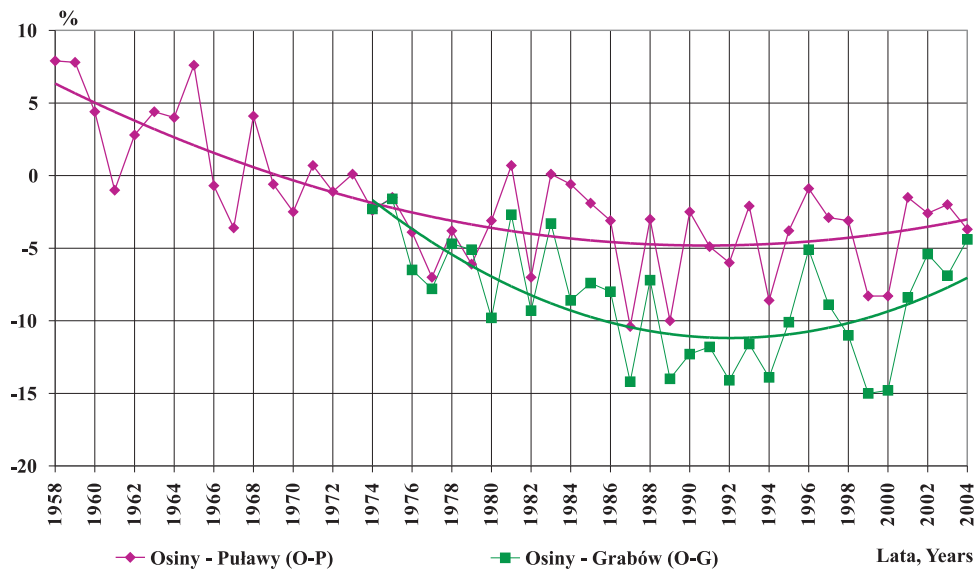


Rys. 3. Usłonecznienie względne maja (%) w latach 1958–2004
Relative sunshine of May (%) in years 1958–2004

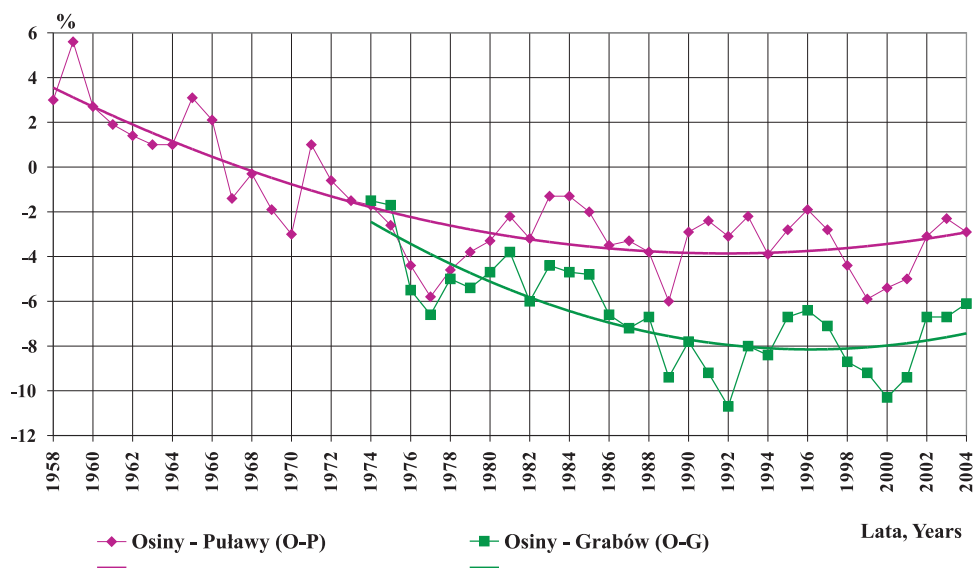
Z porównania usłonecznienia w trzech uwzględnionych stacjach wynika, że wieloletnią zmienność usłonecznienia w Osinach najlepiej opisuje wielomian drugiego stopnia, zaś w Puławach i Grabowie – funkcja liniowa. Powtarzalność podobnego przebiegu wieloletniego w niektórych z pozostałych miesięcy – nawet przy nieistotnej statystycznie zmienności – wydaje się wskazywać na wiarygodność związków usłonecznienia z czasem.

Czy wieloletnia zmienność usłonecznienia w Osinach jest wyłącznie przejawem naturalnych procesów klimatycznych, czy modyfikowana jest przez czynniki antropogeniczne? Już na podstawie przedstawionych wyników nasuwa się podejrzenie o złożoną naturę wykazanych cech wieloletniego przebiegu usłonecznienia względnego w Osinach. Rosnący trend w drugiej połowie badanego wielolecia może być w części powodowany zmianami klimatycznymi, co wydaje się mieć uzasadnienie w wynikach badań z innych stacji, w których stwierdzono wzrost usłonecznienia począwszy od lat 90. (4, 5). Na szczególną uwagę zasługują symptomy pozaklimatycznych wpływów, które uwidaczniają się na rysunkach (4-9). Konsekwencją dostrzeżonych odmienności przebiegów usłonecznienia w Osinach w porównaniu z Puławami i Grabowem są wieloletnie tendencje różnic (rys. 4, 5), zaznaczające się wyraźniej od zmian wartości względnych.

W pierwszych latach usłonecznienie względne od marca do października było wyższe w Osinach w porównaniu z Puławami (rys. 2, 3), świadczą o tym również dodatnie różnice pomiędzy tymi stacjami (O-P); (rys. 4, 5). Do uruchomienia Zakła-



Rys. 4. Różnice w usłonecznieniu względnym sierpnia pomiędzy Osinami i porównywanymi stacjami w latach 1958–2004
 Differences of relative sunshine of August among Osiny and the compared stations in 1958–2004



Rys. 5. Różnice w usłonecznieniu względnym roku pomiędzy Osinami i porównywanymi stacjami w latach 1958–2004
 Differences of relative sunshine of year among Osiny and the compared stations in 1958–2004

dów Azotowych w Puławach w 1966 roku wartości O-P nie wykazywały tendencji zmian z wyjątkiem miesięcy wiosennych, kiedy zaznaczyło się zmniejszanie różnic pomiędzy Osinami i Puławami, co z kolei przełożyło się na obraz zmienności różnic dla wartości rocznych (rys. 5). Można sądzić, że jest to efekt działania bliżej nieokreślonych czynników lokalnych w okresie kilku lat.

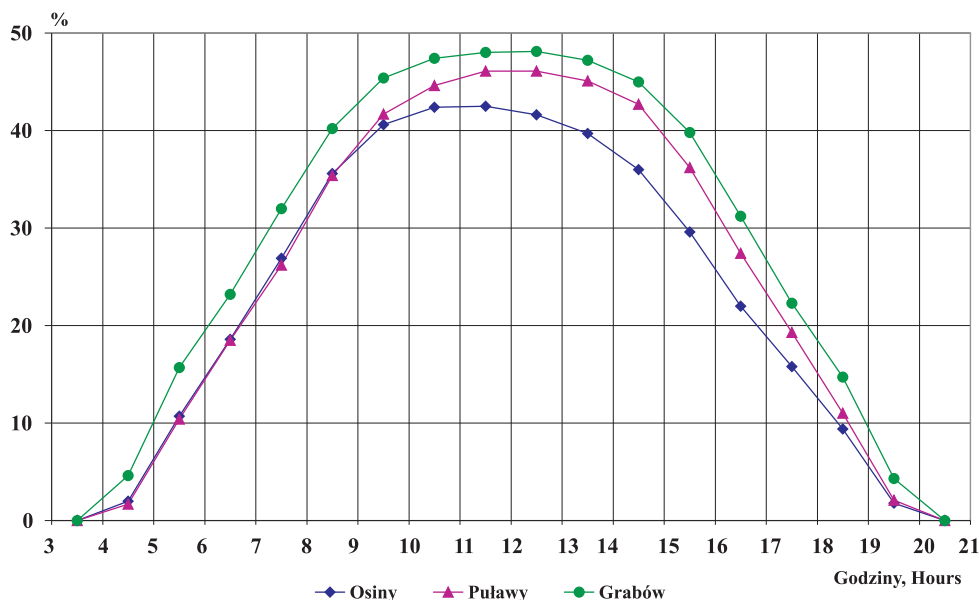
Przejście różnic O-P poniżej progu zerowego dla większości miesięcy przypada na 1967 rok. Tę granicę czasową określono z położenia wartości O-P na wykresach bez sugerowania się trendem, zdając sobie sprawę z tego, że wyrównuje on zmienność wieloletnią. Nie znamy czasu przejścia na wartości ujemne dla różnic pomiędzy Osinami i Grabowem (O-G), bowiem dysponowano krótszym ciągiem danych. Utrwalenie się przewagi usłonecznienia w Puławach nad Osinami przypada na okres uruchamiania instalacji produkcyjnych z chłodniami kominowymi w zakładach azotowych, co odbywało się w latach 1966–1969.

Na rysunkach 4 i 5 widoczna jest generalna prawidłowość w postaci pogłębiających się ujemnych wartości różnic w usłonecznieniu pomiędzy Osinami i Puławami oraz pomiędzy Osinami i Grabowem do przełomu lat 80. i 90. W dalszych latach zarysowała się tendencja zbliżania się usłonecznienia w Osinach do wartości z odnośnych stacji. Można sądzić, że ma to związek ze znacznym ograniczeniem emisji przemysłowych od drugiej połowy lat 80., powodowanym wprowadzaniem skuteczniejszych filtrów w zakładach azotowych i następnie unowocześnianiem technologii produkcji.

Wieloletni przebieg różnic, przeważnie na poziomie istotności 0,01, można dobrze wyrazić wielomianem drugiego stopnia dla wartości O-P w miesiącach: II, V, VII, VIII oraz dla wiosny i roku, zaś dla wartości O-G w miesiącach: I, III, VII, VIII i dla roku. Liniowy związek z latami wykazują różnice O-P w miesiącach: I, VI, IX-XII oraz wartości O-G w miesiącach: IV, X-XII i dla wiosny. Różnice w przebiegu wartości pomiędzy O-P i O-G, jak też niezupełne pokrywanie się miesięcy z istotnymi trendami wynikają głównie z różnej długości uwzględnionych wieloleci, ale mogą sugerować wpływ zakładów azotowych również na usłonecznienie w Puławach.

Na zakłócenie naturalnych warunków solarnych w Osinach może także wskazywać dzienny przebieg usłonecznienia względnego w porównaniu z Puławami i Grabowem (rys. 6) dla krótszego ciągu danych w wieloleciu (1982–2004).

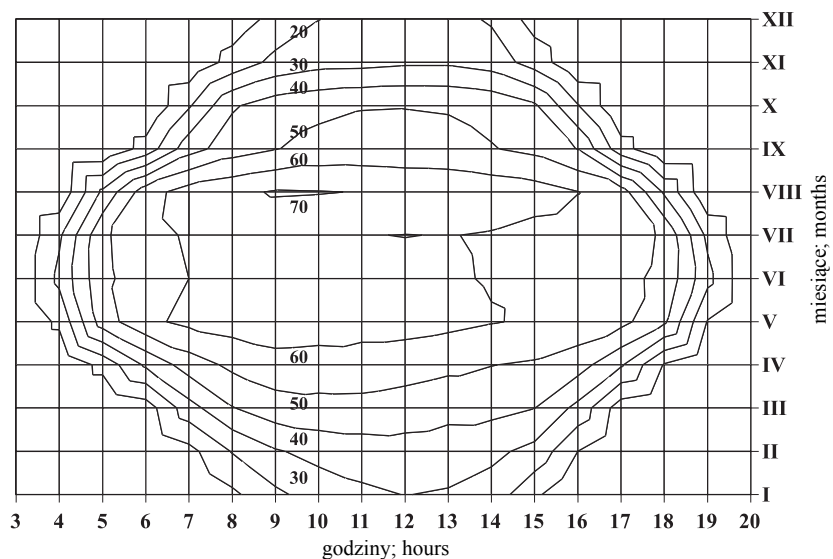
Znamienną cechą przebiegów dziennych usłonecznienia względnego w porównywanych stacjach (rys. 6) jest pokrywanie się wartości z Osin i Puław w godzinach rannych we wszystkich miesiącach i w roku. W dalszej części dnia, a zwłaszcza po południu, zaznacza się wyraźna przewaga usłonecznienia w Puławach nad Osinami. Należałoby się spodziewać, że z uwagi na bliskość przebiegi dzienne w obu stacjach powinny być takie same. Wskazane rozbieżności należy przypisywać wpływowi zakładów azotowych, które silniej zmieniają przebieg usłonecznienia w Osinach aniżeli w Puławach. Wynika to z różnicy w kierunkach usytuowania tych stacji względem głównych emitorów, co wpływa na częstość przysłonięcia tarczy słonecznej



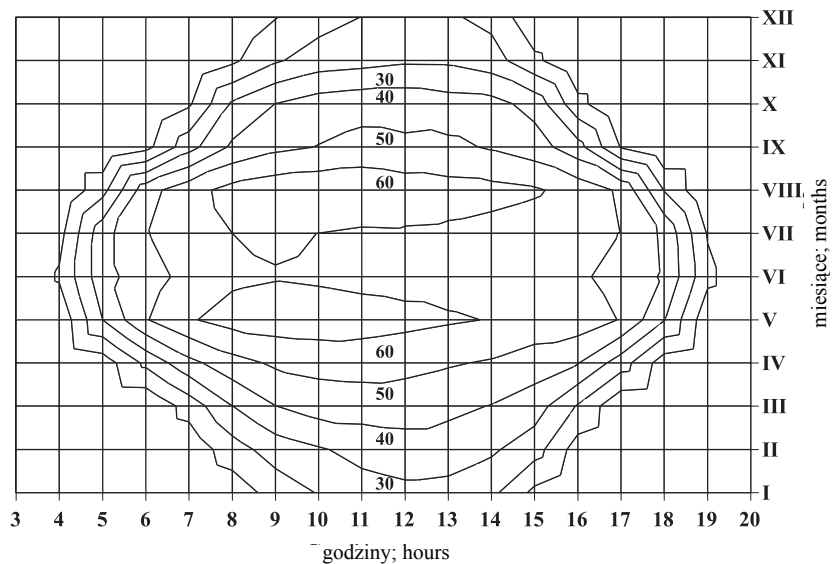
Rys. 6. Przebieg dzienny usłonecznienia względnego (1982–2004)
Daily course of relative sunshine (1982–2004)

zachmurzeniem powodowanym przez przemysł. Usłonecznienie w Puławach w całym zakresie dziennym jest bardziej zbliżone do rejestrowanego w Grabowie aniżeli w bliżej położonych Osinach. Największe różnice względne pomiędzy wartościami w Osinach i w Puławach występują w porze chłodnej (XI–II). W tym okresie najwyższe usłonecznienie w ciągu dnia przypada na godziny południowe i przesuwa się na przedpołudnie w miesiącach ciepłych, osiągając już w maju przedział godzinny 9–10.

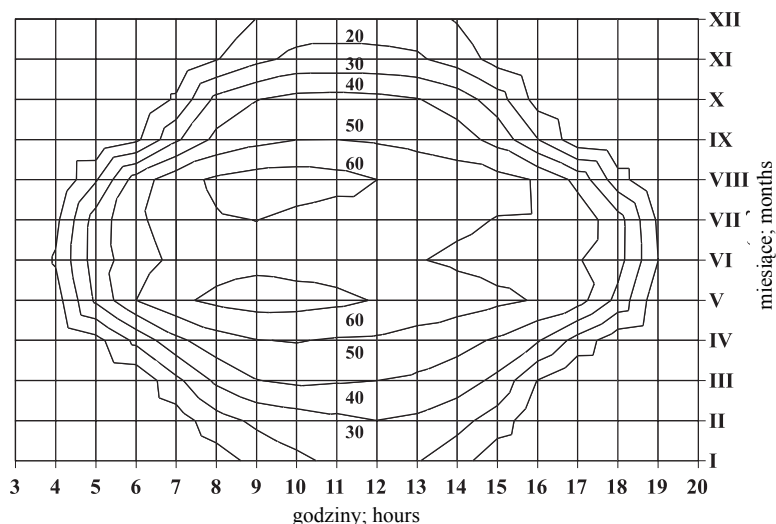
Pełniejszy obraz zmian rocznych przebiegu dziennego usłonecznienia przedstawiono na rysunkach: 7, 8, 9. W Grabowie najbardziej słoneczne są miesiące wiosenno-letnie (V–VIII) z wartościami powyżej 60% w godzinach od 7 do 16 w sierpniu i do 14 we wcześniejszych miesiącach. Zakres czasowy z takimi wartościami w Puławach i Osinach jest krótszy i rozdzielony na dwa maksima: w sierpniu i maju. Zmienność usłonecznienia względnego w Grabowie należałoby traktować jako klimatyczną prawidłowość, zaś różnice w czasowej rozciągłości (godziny, miesiące) pomiędzy stacjami można przypisać wpływowi czynników antropogenicznych, silniejszemu w Osinach aniżeli w Puławach. Wpływ ten w strefie oddziaływania tutejszych zakładów azotowych został potwierdzony wzrostem zachmurzenia (6) i jest sugerowany w pracach naukowych (2, 8), jak również widoczny w terenie w formie zachmurzenia „poprzemysłowego”.



Rys. 7. Helioizoplety (%) w Grabowie (1982–2004)
Helioisopleths (%) in Grabów (1982–2004)



Rys. 8. Helioizoplety (%) w Puławach (1982–2004)
Helioisopleths (%) in Puławy (1982–2004)



Rys. 9. Helioizoplety (%) w Osinach (1982–2004)
Helioisopleths (%) in Osiny (1982–2004)

WNIOSKI

1. Wieloletnie wyniki pomiarów heliograficznych wskazują na zakłócenia usłonecznienia w Osinach przez zakłady azotowe odległe o 5 km w kierunku WSW.
2. Uzyskane wyniki nie zamykają kwestii określenia rzeczywistego wpływu przemysłu na kształtowanie usłonecznienia w Osinach – a wręcz przeciwnie – są „sygnałem” do jej rozwinięcia w bardziej szczegółowych badaniach, np. z uwzględnieniem kierunków wiatru i termodynamiki atmosfery.
3. Z uwagi na obecność w Puławach wieloletniej stacji klimatycznej pomiary usłonecznienia w Osinach mogą stanowić bogaty zasób informacji wzajemnie uzupełniających się w dalszym poznawaniu wpływu czynników antropogenicznych na zmienność usłonecznienia w przebiegu dziennym i wieloletnim.

LITERATURA

1. Degirmendżić J.: Zmiany usłonecznienia w Polsce i ich uwarunkowania cyrkulacyjne. Pr. zbior. pod. red. K. Kozuchowskiego: Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce. Łódź, UŁ, 2004, 9-23.
2. Górski T., Górská K.: Usłonecznienie w Puławach w ciągu lat 1923-1992. Acta Univ. Nicolai Copernici, Geografia XXXI, Nauki Mat.-Przyr., 106, Toruń, 2000, 141-156.
3. Koźmiński Cz., Michalska B.: Usłonecznienie rzeczywiste. Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce. Szczecin, AR, US 2001, 11.
4. Koźmiński Cz., Michalska B.: Zmienność usłonecznienia rzeczywistego w Polsce. Acta Agroph. PAN, 2004, 105, 3(2): 291-305.
5. Koźmiński Cz., Michalska B.: Usłonecznienie w Polsce. Szczecin, AR, US 2005.

6. Kuczmański M.: Usłonecznienie Polski i jego przydatność dla helioterapii. Dok. Geogr. IGiPZ PAN, 1990, 4.
7. Morawska-Horawska M.: Współczesne zmiany w zachmurzeniu i usłonecznieniu Krakowa na tle 120-lecia. Przegl. Geofiz., 1984, **XXIX(3)**: 269-284.
8. Uscka J.: Bezpośrednie promieniowanie słoneczne i jego ekstynkcja w atmosferze w strefie podmiejskiej Torunia i Puław. Maszynopis pracy doktorskiej w Zakł. Klimatologii Inst. Geografii UMK, Toruń, 2003.

THE LONG-TERM COURSE OF SUNSHINE IN OSINY

Summary

Monthly totals of sunshine for the years 1958–2004 and hour-long totals for the years 1982–2004 from the meteorological station in Osiny were used in this paper. The station is located in open terrain, 9 km northeast of Puławy. The objective of the paper is a presentation of the levels of sunshine over many years. The final results of these researches were interpreted and then compared with the results from Puławy and Grabów.

The average monthly sunshine and its variability for many years were calculated. The months have the coefficients for a variation, which is above 35%. The smallest coefficients about 20% occurred in the months, VI, VIII. The real data of sunshine was converted to the relative values (%), and a statistical package was used to test the significance of relationships between sunshine and years. The long-term course of sunshine in Osiny shows a fall of relative values until the middle of the 80s and then its increase. An example of this tendency at the level of significance of 0.05 can be witnessed in spring, May, June, September and the whole year. The largest increase of monthly sunshine was observed in May.

Praca wpłynęła do Redakcji 10 XI 2005 r.