

POLSKA
AKADEMIA
NAUK

PL ISSN 0012-5032

INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

MIECZYŚLAW KUCZMARSKI

USŁONECZNIENIE POLSKI
I JEGO PRZYDATNOŚĆ
DLA HELIOTERAPII



ROK 1990

ZESZYT 4

WROCLAW · WARSZAWA · KRAKÓW
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

**WYKAZ ZESZYTÓW
PRZEGLĄDU ZAGRANICZNEJ LITERATURY GEOGRAFICZNEJ
za ostatnie lata**

1986

- 1-2 **Geografia kultury**, s. 114, zł 240, —
- 3-4 **Geografia behawioralna**, s. 90, zł 240, —

1987

- 1 **Spółczesna geografia medyczna**, s. 156, zł 240, —
- 2 **Teledetekcja w rolnictwie**, s. 203, zł 240, —
- 3-4 **Śródziemnomorska Konferencja Międzynarodowej Unii Geograficznej. Hiszpania 1986**,
s. 116, zł 480, —

1988

- 1 **Współczesna geografia francuska, cz. I**, s. 204, zł. 240, —
- 2-3 **Współczesna geografia francuska, cz. II**, s. 247, zł 480, —
- 4 **Próby ujęć globalnych**, s. 200, zł 240, —

1989

- 1 **Problemy standaryzacji nazw geograficznych**, s. 132, zł 360, —
- 2 **Geografia percepcji**, s. 219, zł 1000, —

USŁONECZNIENIE POLSKI
I JEGO PRZYDATNOŚĆ
DLA HELIOTERAPII

POLISH ACADEMY OF SCIENCES
INSTITUTE OF GEOGRAPHY AND SPATIAL ORGANIZATION

MIECZYŚLAW KUCZMARSKI

THE SUNSHINE – DURATION IN POLAND
AND ITS SIGNIFICANCE
FOR HELIOTHERAPEUTIC PURPOSE



YEAR 1990

FASC. 4

WROCLAW · WARSZAWA · KRAKÓW
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

<http://rcin.org.pl>

POLSKA
AKADEMIA
NAUK

INSTYTUT GEOGRAFII
I PRZESTRZENNEGO ZAGOSPODAROWANIA

DOKUMENTACJA GEOGRAFICZNA

MIECZYŚLAW KUCZMARSKI

USŁONECZNIENIE POLSKI
I JEGO PRZYDATNOŚĆ
DLA HELIOTERAPII



ROK 1990

ZESZYT 4

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK

<http://rcin.org.pl>

KOMITET REDAKCYJNY

Redaktor Naczelny: Jerzy Grzeszczak
Członkowie: Maria Ciechocińska, Tadeusz Gerlach,
Alina Potrykowska, Józef Skoczek, Władysława Stola,
Sekretarz: Maria Mozolewska-Adamczyk

Maszynopis niniejszego numeru przekazano Wydawcy 12 grudnia 1989

Adres Komitetu:

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania
Polskiej Akademii Nauk
ul. Krakowskie Przedmieście 30, 00-927 Warszawa

Redaktor Wydawnictwa Hanna Jurek

Redaktor techniczny Adam Przylibski

Printed in Poland

Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo. Wrocław 1990.
Objętość: ark. wyd. 4,70; ark. druk. 4,50; ark. A1-5.
Wrocławska Drukarnia Naukowa. Zam. 93/90

SPIS TREŚCI

Przedmowa — Teresa Kozłowska-Szczęsna	7
Wstęp	9
Pojęcie usłonecznienia	11
Metoda rejestracji usłonecznienia	11
Charakterystyka danych źródłowych	12
Zależność klimatu solarnego od położenia geograficznego	13
Przegląd piśmiennictwa	13
Cel pracy i metody badań	16
Charakterystyka usłonecznienia i zachmurzenia	17
Rozkład przestrzenny usłonecznienia rzeczywistego	17
Rozkład przestrzenny usłonecznienia względnego i zachmurzenia	22
Występowanie wartości ekstremalnych usłonecznienia i zachmurzenia	23
Rozkład przestrzenny usłonecznienia w ustalonych przedziałach czasowych	27
Analiza usłonecznienia i zachmurzenia	29
Zmienność czasowa usłonecznienia i zachmurzenia	29
Asymetria szeregów czasowych usłonecznienia	31
Kumulowane szeregi rozdzielcze usłonecznienia	31
Normalizacja cech oraz ocena jednorodności usłonecznienia i zachmurzenia	32
Tendencje kształtowania się usłonecznienia i zachmurzenia	34
Tendencje według kryterium korelacyjnego	34
Tendencje według kryterium regresyjnego	36
Kształtowanie się usłonecznienia pod wpływem czynników meteorologicznych i geograficznych	38
Zależność usłonecznienia względnego od zachmurzenia	38
Związek usłonecznienia i zachmurzenia z wysokością nad poziomem morza	40
Związek usłonecznienia i zachmurzenia z długością i szerokością geograficzną	40
Klasyfikacja usłonecznienia i zachmurzenia	42
Klasyfikacja metodą dendrytową i diagraficzną	42
Klasyfikacja i rejonizacja typów (grup) usłonecznienia i zachmurzenia na podstawie wartości średnich krajowych	42
Usłonecznienie regionów fizycznogeograficznych w różnych porach roku	47
Wykorzystanie usłonecznienia dla celów helioterapii	49
Niektóre zagadnienia helioterapii	49
Warunki usłonecznienia dla helioterapii w przedziałach jednogodzinnych	51
Planowanie liczby dawek rumieniowych w celach leczniczych	51
Warunki usłonecznienia dla helioterapii w półroczach	54
Warunki usłonecznienia dla helioterapii w porze letniej	55
Normy usłonecznienia dla klimatoterapii i helioterapii	57
Pojęcie normy usłonecznienia	57
Normy usłonecznienia dla klimatoterapii	58
Normy usłonecznienia dla helioterapii	58

Norma dawek rumieniowych	59
Norma usłonecznienia i normy dawek rumieniowych w porze letniej	59
Zakończenie i wnioski	62
Zakończenie	62
Wnioski	63
Literatura	65
The sunshine – duration in Poland and its significance for heliotherapeutic purpose (summary)	68
Продолжительность освещения солнечным излучением на территории Польши и её значение для гелиотерапии /резюме/	69

PRZEDMOWA

Rozprawa Mieczysława Kuczarskiego jest monograficznym opracowaniem jednego z ważniejszych elementów klimatu, którym jest usłonecznienie.

Podstawą opracowania były dane dla 60 stacji sieci państwowej za 25-lecie 1951–1975.

Autor główne cele badawcze ujął w postaci 5 pytań podstawowych:

- jak kształtuje się zależność usłonecznienia od zachmurzenia ogólnego i od współrzędnych geograficznych?
- jaką tendencję wykazuje usłonecznienie w badanym wieloleciu?
- czy i jak można sklasyfikować usłonecznienie pod względem typologicznym?
- czy jest możliwe ustalenie norm usłonecznienia dla celów helioterapii?
- w jaki sposób wyniki badania usłonecznienia można wykorzystać dla celów praktycznych?

Tak postawiony problem badawczy ma duże znaczenie zarówno naukowe, jak i praktyczne. Należy nadmienić, że jest to pierwsze w Polsce tak obszerne studium usłonecznienia. Najistotniejszym osiągnięciem pracy jest określenie typów usłonecznienia na podstawie odchyleń od średniej krajowej, wyznaczenie wartości progowych co do helioterapii oraz stwierdzenie określonych trendów zmian wieloletnich usłonecznienia w Polsce.

Studium zawiera wiele istotnych wiadomości praktycznych, przydatnych dla klimatologów, rolników, botaników, zoologów i zootechników. Także specjaliści w dziedzinie naturalnych źródeł oświetlenia znajdą tu również wiele interesujących wiadomości. Wyniki zawarte w rozprawie mogą także wykorzystać planiści przy sporządzaniu planów ogólnych i szczegółowych obszarów uzdrowiskowych i wypoczynkowych. Heliotechnicy zajmujący się zastosowaniem promieniowania słonecznego dla celów tzw. małej energetyki, znajdą w tym opracowaniu także dużo danych niezbędnych do projektowania generatorów ciepła.

Rozprawa została wykonana w ramach programu CPBP 03. 13. „Ewolucja środowiska geograficznego Polski”, temat 3 „Współczesne procesy klimatologiczne i ocena klimatu Polski dla gospodarki i życia człowieka”.

Teresa Kozłowska-Szczęśna

1	1
2	2
3	3
4	4
5	5
6	6
7	7
8	8
9	9
10	10
11	11
12	12
13	13
14	14
15	15
16	16
17	17
18	18
19	19
20	20
21	21
22	22
23	23
24	24
25	25
26	26
27	27
28	28
29	29
30	30
31	31
32	32
33	33
34	34
35	35
36	36
37	37
38	38
39	39
40	40
41	41
42	42
43	43
44	44
45	45
46	46
47	47
48	48
49	49
50	50
51	51
52	52
53	53
54	54
55	55
56	56
57	57
58	58
59	59
60	60
61	61
62	62
63	63
64	64
65	65
66	66
67	67
68	68
69	69
70	70
71	71
72	72
73	73
74	74
75	75
76	76
77	77
78	78
79	79
80	80
81	81
82	82
83	83
84	84
85	85
86	86
87	87
88	88
89	89
90	90
91	91
92	92
93	93
94	94
95	95
96	96
97	97
98	98
99	99
100	100

PRZEBIÓRA

Badania klimatyczne i hydrologiczne są podstawą dla prac naukowych w dziedzinie klimatologii i hydrologii. Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie wyników badań nad klimatem i hydrologią w Polsce w latach 1951-1975.

W niniejszym opracowaniu podjęto następujące zagadnienia:
- jak wyglądała sytuacja nauki w dziedzinie klimatologii i hydrologii w Polsce w latach 1951-1975;
- jak kształtowała się nauka w tym zakresie i jakie były osiągnięcia;
- jak wyglądała sytuacja kadrowa i jak wyglądała sytuacja organizacyjna;
- jak wyglądała sytuacja finansowa i jak wyglądała sytuacja techniczna;
- jak wyglądała sytuacja wydawnicza i jak wyglądała sytuacja informacyjna;
- jak wyglądała sytuacja dydaktyczna i jak wyglądała sytuacja społeczna;
- jak wyglądała sytuacja międzynarodowa i jak wyglądała sytuacja krajowa.

Ważnym jest również podkreślenie roli nauki w rozwoju naszego państwa i w poprawie warunków życia naszego ludu. Nauka jest podstawą dla wszelkich przedsięwzięć gospodarczych i społecznych. Dlatego też należy w pełni wykorzystać osiągnięcia nauki w dziedzinie klimatologii i hydrologii.

W niniejszym opracowaniu podjęto następujące zagadnienia:
- jak kształtowała się nauka w tym zakresie i jakie były osiągnięcia;
- jak wyglądała sytuacja kadrowa i jak wyglądała sytuacja organizacyjna;
- jak wyglądała sytuacja finansowa i jak wyglądała sytuacja techniczna;
- jak wyglądała sytuacja wydawnicza i jak wyglądała sytuacja informacyjna;
- jak wyglądała sytuacja dydaktyczna i jak wyglądała sytuacja społeczna;
- jak wyglądała sytuacja międzynarodowa i jak wyglądała sytuacja krajowa.

Należy również podkreślić rolę nauki w rozwoju naszego państwa i w poprawie warunków życia naszego ludu. Nauka jest podstawą dla wszelkich przedsięwzięć gospodarczych i społecznych. Dlatego też należy w pełni wykorzystać osiągnięcia nauki w dziedzinie klimatologii i hydrologii.

WSTĘP

Promieniowanie słoneczne było zawsze i jest fascynującym i zarazem intrygującym umysły ludzkie nośnikiem energii świetlnej, cieplnej i fotochemicznej. Dopływa ono do powierzchni Ziemi w niewyczerpalnych ilościach, zasoby więc tych trzech rodzajów energii są nieograniczone w naszym ziemskim wyobrażeniu. Wykorzystanie tej energii na powierzchni Ziemi jest jednak bardzo trudne zarówno z przyczyn naturalnych (nierównomierny i niejednostajny dopływ, mała gęstość strumienia), jak i technicznych oraz fizjologicznych (mała sprawność przetworników energii promieniowania i mała sprawność fotosyntezy).

Człowiek – podobnie do świata zwierzęcego i roślinnego – drogą ewolucji przystosował się do wykorzystywania energii promieniowania słonecznego kształtowanej czynnikami natury ziemskiej czy też kosmicznej. Współczesny człowiek natomiast ze względu na potrzeby cywilizacyjne, uwarunkowane ekonomicznie i nie tylko – chciałby podporządkować to promieniowanie z maksymalną wydajnością swoim szczególnym celom. Wyłoniły się dwa zasadnicze kierunki zamierzeń wykorzystania promieniowania słonecznego: 1) do szeroko pojętych celów energetyki; 2) do szeroko pojętych celów biologii. Cele energetyki są wyraźne i roszą duże nadzieje, cele biologii są natomiast bardziej skomplikowane. Jednym z nich jest wykorzystanie leczniczego i dezynfekującego działania promieniowania słonecznego. Innym zaś celem jest zwiększenie wydajności procesu fotosyntezy przez dostosowanie gatunków roślin do pełniejszego wykorzystania promieniowania słonecznego w produkcji zielonej masy (pokarmowej, materiałowej i paliwowej).

W celu skutecznego realizowania tych zamierzeń niezbędna jest m.in. dokładna znajomość rozkładu w czasie i przestrzeni geograficznej promieniowania słonecznego oraz warunków jego dopływu do powierzchni Ziemi.

Podstawą do poznania skomplikowanych warunków klimatu solarnego jest znajomość usłonecznienia. Usłonecznienie dostarcza informacji o wymiarze czasu (liczba godzin), w którym promienie słoneczne docierają bezpośrednio (przy nie przesłoniętym chmurami Słońcu) do powierzchni Ziemi. Usłonecznienie jest miarą jednostronną (jednofunkcyjną w porównaniu np. z insolacją w polskim znaczeniu tego terminu). Mimo to jest ono bardzo przydatne do określenia klimatu solarnego, aczkolwiek nie informuje ani o energii promieniowania słonecznego, ani o jego składzie widmowym.

Promieniowanie słoneczne dochodzące do powierzchni Ziemi, czyli promieniowanie całkowite, jest sumą promieniowania bezpośredniego i promieniowania rozproszonego w atmosferze. Jest to cała energia dochodząca od Słońca do

powierzchni Ziemi w zakresie widmowym od nadfioletu poprzez promieniowanie widzialne do bliskiej podczerwieni.

Dane o usłonecznieniu są uzyskiwane prostą metodą instrumentalną. Można zatem względnie łatwo otrzymać odpowiednie dane z wielu stacji meteorologicznych reprezentujących różne regiony kraju. Z tego względu dane o usłonecznieniu są cennym materiałem źródłowym (z braku trudnych do uzyskania danych aktynometrycznych) do badań rozkładu w czasie i przestrzeni ilości energii słonecznej dopływającej do powierzchni Ziemi (Black, Bonynhon, Prescott 1954; Kuczmarzka, Paszyński 1964 a, b; Podogrocki 1974). Opierając się na danych geofizycznych i klimatycznych można nawet określać w przybliżeniu skład widmowy tej energii (Góra 1973; Słomka 1973).

Dla fizjologii człowieka duże znaczenie ma promieniowanie nadfioletowe słońca, które jest bardzo aktywne biologicznie. Jednak tylko mała część tego promieniowania dociera do powierzchni Ziemi. Ta znacząca ilość i jakość promieniowania potrzebna np. w helioterapii występuje w niektórych miesiącach roku i w pewnych godzinach dnia.

POJĘCIE USŁONECZNIENIA

Pojęcie usłonecznienia ma podwójne znaczenie, ponieważ oznacza ono albo usłonecznienie rzeczywiste, albo usłonecznienie względne. Pod pojęciem usłonecznienia rzeczywistego rozumie się liczbę godzin, w których promieniowanie Słońca dociera bezpośrednio do powierzchni Ziemi (w przedziale widzialnej części widma). Trzeba tu zaznaczyć, że usłonecznienie rzeczywiste jest rejestrowane przez odpowiedni przyrząd (w naszym wypadku przez heliograf Campbella-Stokes'a) ze wszystkimi konsekwencjami metrologicznymi. Heliograf bowiem ze względu na swoją czułość progową i spektralną oraz bezwładność wskazań daje nieco zniekształcony obraz usłonecznienia faktycznego. Pod pojęciem usłonecznienia względnego natomiast rozumie się stosunek (wyrażony w procentach) usłonecznienia rzeczywistego do usłonecznienia względnego w określonym przedziale czasowym. Standardowe usłonecznienie względne oblicza się w stosunku do usłonecznienia astronomicznie możliwego (tj. dla horyzontu astronomicznego) danej miejscowości czy miejsca.

Usłonecznienie potencjalne, czyli możliwe astronomicznie, jest w założeniu uwarunkowane tylko czynnikami astronomicznymi, a więc jest to usłonecznienie ciągle od wschodu do zachodu Słońca. Usłonecznienie to określa bezwzględne, potencjalne usłonecznienie dla każdej szerokości geograficznej. Usłonecznienie względne natomiast wyraża w pewnym sensie sprawność układu transmisyjnego Słońce — atmosfera — powierzchnia Ziemi.

Dla miejscowości górskich powinno się obliczać usłonecznienie względne ze stosunku usłonecznienia rzeczywistego do usłonecznienia topograficznie możliwego (tj. dla horyzontu fizycznego) danego miejsca. Usłonecznienie możliwe topograficznie, jest to usłonecznienie rzeczywiste zmniejszone o czas, w którym na drodze promieni słonecznych, przy pozornym ruchu Słońca na nieboskłonie, znajduje się przeszkoda (np. góry, drzewa, zabudowania) nie dopuszczająca promieni słonecznych do przyrządu rejestrującego.

Przy analizie usłonecznienia rzeczywistego zarejestrowanego w danej miejscowości, niezbędna jest pewność, że zapis tego usłonecznienia nie został zniekształcony (przez częściowe zakrycie horyzontu). W przeciwnym razie wprowadza się odpowiednie poprawki. W wypadku miejscowości położonych w głębokich dolinach górskich, wpływ topografii jest nieunikniony i wyraźnie kształtuje warunki solarne.

METODA REJESTRACJI USŁONECZNIENIA

Idea rejestracji usłonecznienia zrodziła się ze skomplikowanej i kosztownej metody rejestrowania natężenia promieniowania bezpośredniego Słońca w fun-

kcji czasu. Zmierzano różnymi łatwiejszymi sposobami do rejestrowania przynajmniej samego faktu dochodzenia promieniowania bezpośredniego od Słońca do powierzchni Ziemi. W wyniku takich tendencji skonstruowano między innymi heliograf typu Campbella-Stokes'a. Heliograf tego typu jest stosowany do rejestracji usłonecznienia na polskiej sieci meteorologicznej.

Heliograf składa się z soczewki szklanej w kształcie kuli o średnicy 96 mm (precyzyjnie wykonanej z bezbarwnego szkła optycznego), w której ognisku optycznym umieszcza się specjalny pasek granatowego kartonu z naniesioną podziałką o interwałach półgodzinnych. Pozorny ruch Słońca na nieboskłonie oraz soczewka w kształcie kuli i pasek kartonowy umieszczony w uchwycie wokół kuli sprawiają, że zogniskowana wiązka promieni słonecznych wypala na kartonie ślad. Ślad jest ciągły lub przerywany, zależny przede wszystkim od chmur uniemożliwiających lub utrudniających dopływ bezpośredniego promieniowania słonecznego do heliografu.

Ekstynkcja atmosferyczna, mgły i zamglenia oddziałują na rejestrację usłonecznienia, szczególnie przy niskich położeniach Słońca po wschodzie i przed zachodem, gdy promienie słoneczne przebywają długą drogę przez atmosferę (długa droga optyczna). Te czynniki są przyczyną opóźniania rozpoczęcia rejestracji względem wschodu Słońca i przyspieszają zakończenie rejestracji względem zachodu Słońca. Wartość progową szacuje się kątowno od 3 do 5° wysokości Słońca nad horyzontem lub energetycznie na około 279,2 W/m² natężenia bezpośredniego promieniowania Słońca. Można ją też oszacować czasowo na kilkanaście minut w lecie do kilkudziesięciu minut w zimie, zależnie od przezroczystości atmosfery przy bezchmurnych wschodach i zachodach Słońca (na podstawie obliczeń autora).

Zasadnicze kryteria weryfikujące rzetelność otrzymywanych wyników rejestracji są następujące: heliograf powinien być umieszczony w miejscu „otwartym”, tzn. dostępnym dla promieni słonecznych w ciągu całego roku od wschodu do zachodu Słońca. Zasłonięcie horyzontu od strony północnej nie wpływa na wyniki rejestracji. Od strony południowej kąt wzniesienia obiektów zakrywających horyzont powinien być równy: $A < 66^{\circ}33' - \varphi$, gdzie φ — oznacza szerokość geograficzną miejsca rejestracji usłonecznienia, A — kąt wzniesienia obiektów. Od strony wschodniej i zachodniej zakrycie horyzontu może dochodzić do około 3° wzniesienia, gdyż począwszy od tej wysokości (przy bardzo dobrej przezroczystości atmosfery) może zacząć się rejestracja usłonecznienia. W Polsce w ciągu roku azymuty zmieniają się od około 45° do 135° dla wschodów Słońca i od około 225° do 315° dla zachodów.

CHARAKTERYSTYKA DANYCH ŹRÓDŁOWYCH

Obliczenia, zestawienia tabelaryczne, mapy i wykresy w niniejszym opracowaniu wykonane zostały na podstawie danych o usłonecznieniu rzeczywistym z 60 stacji meteorologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Dane źródłowe wybrano dla tych stacji, dla których istnieją dość długie, nieprzerwane 25-letnie serie rejestracji usłonecznienia, tj. w latach 1951 — 1975. (Rejestrację usłonecznienia na większej liczbie stacji rozpoczęto dopiero w 1951 r.) Z tych samych stacji i dla tego samego okresu wykorzystano także dane

zachmurzenia w celu zbadania wzajemnej zależności od siebie tych dwóch elementów. Nazwy regionów fizycznogeograficznych przyjęto według J. Kondrackiego (1977).

ZALEŻNOŚĆ KLIMATU SOLARNEGO OD POŁOŻENIA GEOGRAFICZNEGO

Położenie geograficzne określa warunki klimatyczne naszego kraju, a przede wszystkim — warunki solarne. Z jednej strony określa je przez czynniki astronomiczne, z drugiej zaś strony — przez ogólną cyrkulację atmosferyczną.

Ciągłość lub nieciągłość usłonecznienia, a więc docieranie bezpośredniego promieniowania słonecznego do obszaru Polski jest uwarunkowane przede wszystkim zachmurzeniem związanym z rodzajami mas powietrza atmosferycznego, zalegającego nad jej obszarem. Właściwości optyczne mas, łącznie z długością drogi optycznej, kształtują ilościowy (natężenie) i jakościowy (skład widmowy) dopływ energii promieniowania słonecznego.

Klimat Polski jest jak wiadomo klimatem przejściowym pomiędzy klimatem oceanicznym a kontynentalnym. Charakteryzuje się dużą zmiennością typów pogody, powodowaną częstym przemieszczaniem się frontów atmosferycznych. Przy przewadze cyrkulacji oceanicznej lata są chłodne, co wiąże się z pogodą o dużym zachmurzeniu, a więc małym usłonecznieniu. Przy przewadze cyrkulacji kontynentalnej występują upalne lata i mroźne zimy z małym zachmurzeniem oraz dużym usłonecznieniem.

PRZEGLĄD PIŚMIENICTWA

Piśmiennictwo o usłonecznieniu Polski jest raczej skromne. Złożyło się na to kilka przyczyn. Główną przyczyną była (do 1951 r.) mała liczba stacji, na których rejestrowano usłonecznienie. Brak odpowiednich danych źródłowych w odniesieniu zarówno do wielolecia, jak i do całego obszaru kraju nie pozwalał opracowywać pogłębionych analiz usłonecznienia dla Polski. Można było jedynie opracowywać usłonecznienie pojedynczych miejscowości i to na podstawie przeważnie tylko kilkuletnich danych, nie dających pełnego obrazu warunków solarnych.

W 1884 r. rozpoczęto rejestrację usłonecznienia w Krakowie, a w Suwałkach i w Kołobrzegu w 1891 r. W 1901 r. zapoczątkowano rejestrację na Śnieżce. 1909 r. przybyła rejestracja w Bydgoszczy i Zakopanem. Po II wojnie światowej od 1946 r. rejestrowało usłonecznienie 17 stacji meteorologicznych. Dopiero od 1951 r. zaczęła działać dość duża liczba heliografów na polskiej sieci meteorologicznej.

Mimo tych niedostatków ukazało się wiele cennych, pionierskich publikacji. Są to przede wszystkim publikacje W. Gorceyńskiego (1903, 1910, 1913, 1914, 1932, 1938, 1939, 1948, 1951, 1955) i E. Stenza (1927, 1928, 1929, 1930, 1934, 1936), zasłużonych badaczy promieniowania słonecznego. W. Gorceyński (1938) na podstawie badań usłonecznienia Gdyni i Warszawy pierwszy stwierdził uprzywilejowany charakter pod względem usłonecznienia wschodniej części polskiego wybrzeża Bałtyku w porównaniu z wybrzeżem zachodnim i pozostałymi obszarami Polski. E. Stenz (1936) badał usłonecznienie Warszawy.

i zwrócił uwagę na jego spadek spowodowany zadymieniem miasta. W. Gorczyński (1914) stwierdził obniżenie usłonecznienia w Polsce nie tylko w Polsce – po wybuchu Krakatau w 1912 r.

J. Michalczewski (1955, 1959) i C. Trybowski (1955) w swych publikacjach przeanalizowali usłonecznienie w zależności od sytuacji atmosferycznej. M. Morawska (1963, 1984) przedstawiła wnikliwą analizę usłonecznienia i zachmurzenia Krakowa. J. Słomka (1957) opracował usłonecznienie we Wrocławiu; praca ta ma interesujące ujęcie metodyczne, albowiem zawiera wszechstronny, analityczny opis usłonecznienia. W. Parczewski (1957, 1963) badał zależność usłonecznienia od zachmurzenia. K. Kłysik (1969) w swej publikacji o usłonecznieniu w Polsce, opartej niestety tylko na kilkuletnich danych dla paru miejscowości, wysunął propozycję dynamicznego (synoptycznego) analizowania usłonecznienia.

Cennymi przyczynkami do poznania klimatu solarnego miejscowości wypoczynkowych i uzdrowiskowych są m.in. prace: K. Kwiecień (1961), S. Tyczki (1963 a, b, 1964, 1973); S. Tyczki, I. Ponikowskiej i T. Marusik (1971, 1972); T. Kozłowskiej-Szczęsnej (1964, 1965, 1984, 1986); B. Krawczyk (1975, 1979); oraz prace zawarte w publikacji: *Bioklimat uzdrowisk polskich* (Jankowiak, Parczewski 1978).

J. Orliczowa (1968) badała zmienność zachmurzenia i usłonecznienia w profilu pionowym Tatr. Stwierdziła, że istnieją trzy zasadnicze różniące się między sobą strefy: do 1100 m, 1100–1500 m i powyżej 1500 m. Z badań J. Orliczowej można wyciągnąć praktyczne wnioski co do możliwości korzystania z usłonecznienia w górach.

W pracach L. Kuczmarskiej i J. Paszyńskiego (1964 a, b, 1966) wykorzystano dane o usłonecznieniu do określania ilości energii słonecznej docierającej do powierzchni obszaru Polski w poszczególnych miesiącach roku. Zagadnienie to zbadał wszechstronnie i rozwinął J. Podogrocki (1974). J. Słomka (1973) i T. Góra (1973) wykorzystali w swych badaniach dane o usłonecznieniu do określenia ilości i jakości promieniowania słonecznego dla celów helioterapii. M. Gregorcuk i M. Kuczmarowski (1979) zbadali trend usłonecznienia w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym. M. Kuczmarowski i J. Paszyński (1981) określili zmienność usłonecznienia w aspekcie wykorzystania do celów tzw. małej energetyki. L. Kuczmarska (1964, 1965, 1970) opracowała usłonecznienie polskiego wybrzeża Bałtyku i całej Polski; K. Chomicz i L. Kuczmarska (1971) zbadali zależność usłonecznienia od zachmurzenia.

E. Michna (1974) opracował usłonecznienie województwa Lubelskiego na tle usłonecznienia Polski; charakterystykę usłonecznienia województwa oparł na wynikach pomiarów z 7 stacji, a zachmurzenia – z 23 stacji. Na podstawie zachmurzenia Michna obliczył szacunkowe wartości usłonecznienia, wykorzystując równania regresji podane przez K. Chomicza i L. Kuczmarską (1971). Równania te opierają się na zależności usłonecznienia od zachmurzenia ogólnego i umożliwiają obliczenie miesięcznych wartości usłonecznienia w godzinach. M. Kuczmarowski (1977 a, b, 1978, 1979, 1982 a, b, 1983, 1984 a) badał usłonecznienie Polski z punktu widzenia jego przydatności do celów helioterapii. W. Zinkiewicz (1962) opracował usłonecznienie względne Polski na podstawie danych o zachmurzeniu z 61 stacji synoptycznych. Zagadnieniem zachmurzenia w Polsce zajmował się szczegółowo W. Warakowski (1962 a, b,

1963) publikując kilka bardzo cennych prac. Zachmurzenie Polski badał także W. Okołowicz (1962).

Inni autorzy analizowali usłonecznienie w Polsce w różnych okresach o różnej długości rejestracji usłonecznienia, najczęściej krótkich, zbieżność zatem ich wyników z wynikami otrzymanymi w niniejszym opracowaniu może być przypadkowa.

Literatura zagraniczna odnosząca się do usłonecznienia nie jest aż tak bogata, jakby to się mogło wydawać ze względu na interesujący i praktyczny temat. Jest natomiast bardzo zróżnicowana co do ujęcia metodycznego zagadnienia, zakresu czasowego i zasięgu terytorialnego. Przeważają publikacje o najprostszym ujęciu statystycznym, krótkim zakresie czasowym i małym zasięgu przestrzennym.

Znikoma jest liczba publikacji dotyczących przewidywania kształtowania się usłonecznienia oraz klasyfikacji i bonitacji przestrzennej usłonecznienia. Tak samo znikoma jest liczba publikacji dotyczących usłonecznienia w aspekcie helioterapii, a o normach usłonecznienia spotyka się tylko lakoniczne, nieuzasadnione wzmianki (Kuczmański 1984 b).

Podstawową literaturą w odniesieniu do helioterapii w aspekcie zarówno medycznym, jak i geofizycznym jest obszerne dwutomowe dzieło pod redakcją C. Brody'ego (1938) wydane w Paryżu. Dzieło to niewiele straciło na aktualności, albowiem powstało u szczytu rozwoju i sukcesów helioterapii wypieranej następnie przez aktynoterapię, wykorzystującą sztuczne źródła promieniowania nadfioletowego. Nigdy więcej, aż do chwili obecnej, nie poświęcono tyle uwagi i badań dziedzinie helioterapii. W publikacji tej zawarte są osiągnięcia nauki europejskiej w dziedzinie helioterapii. Badania zostały przeprowadzone przede wszystkim w Alpach Szwajcarskich oraz we Francji.

Za przykład cennego opracowania usłonecznienia o charakterze regionalnym może posłużyć publikacja F. Lindholma (1955) dotycząca Szwecji. Publikacja ta jest dobrym przyczynkiem do poznania metod badawczych możliwych do zastosowania w badaniach usłonecznienia. Interesującym, modelowym opracowaniem usłonecznienia jest praca M. Kacvinsky'ego (1951), której jedynym mankamentem jest uproszczone potraktowanie zagadnienia prawdopodobieństwa. Publikacja dotyczy usłonecznienia w Hurbanowie (w Słowacji) opracowanego na podstawie 50-letniej serii obserwacyjnej.

Dobrym przykładem metodycznym badania zmienności zachmurzenia i usłonecznienia na dużym obszarze oraz w długim okresie jest publikacja J. K. Angell'a, J. Korshover'a i G. T. Cotton'a (1984). Autorzy oparli swe rozważania na 33-letniej (1950–1982) serii rejestracyjnej z 101 stacji heliograficznych rozmieszczonych na obszarze USA. Mankamentem tej publikacji jest niejednorodność instrumentalna.

Profesor W. Gorczyński (z którym autor współpracował) był zwolennikiem badań porównawczych heliografów nie tylko różnych rodzajów, lecz także heliografów tego samego typu (Gorczyński 1948). Ideą przewodnią W. Gorczyńskiego było ujednoczenie instrumentalne narodowych sieci heliograficznych w ramach ujednoczenia sieci światowej.

Publikacja C. Stanghellini (1980) o usłonecznieniu Włoch jest jednym z wielu przyczynków do praktycznego wykorzystania danych o zachmurzeniu do szacowania usłonecznienia. Pozornie złudna metoda szacowania, z powodu

niejednorodności dwóch rodzajów obserwacji daje ciągle wyniki zachęcające do dalszych, doskonalących ją badań.

Odrębną grupę publikacji niezbędnych do uściślenia w przyszłości przewidywania kształtowania się usłonecznienia i norm usłonecznienia dla celów helioterapii, stanowią prace badaczy radzieckich. Praca W. A. Bielińskiego i L. M. Andrienki (1976) wnosi nowe, ściśle sprecyzowane poglądy na zagadnienie promieniowania nadfioletowego, docierającego do powierzchni Ziemi. Przedstawiona metoda wymaga jednak dostosowania jej do warunków solar-nych Polski, a co za tym idzie — przeprowadzenia badań, które zaproponował J. Słomka (1973), łącznie z cenną metodą obiektywizacji oceny zachmurzenia. Takie postępowanie badawcze rokuje duże nadzieje na uzyskanie precyzyjnych i wiarygodnych informacji ilościowych i jakościowych o promieniowaniu nadfioletowym i jego przydatności do celów helioterapii.

Można jeszcze wspomnieć o pracy wykonanej w Czechosłowacji (Zavodska 1981), która to praca jest dobrym studium metodycznym. Autorka przedstawiła w zwięzłej formie zasadnicze uwarunkowania występowania biologicznie czynnego promieniowania słonecznego w zakresie nadfioletu na powierzchni Ziemi i na tej podstawie dokonała obliczeń ilościowych dla określonego miejsca.

CEL PRACY I METODY BADAŃ

Ogólnym celem badawczym było określenie rozkładu przestrzennego i zmienności w czasie usłonecznienia na obszarze Polski i jego przydatności dla helioterapii. Chodziło także o określenie roli różnych czynników w kształtowaniu się usłonecznienia. Cele szczegółowe miały dać odpowiedź na postawione niżej pytania:

- jak kształtuje się zależność usłonecznienia od zachmurzenia ogólnego i od współrzędnych geograficznych?
- jaką tendencję wykazuje usłonecznienie w badanym ćwierćwieczu 1951 — 1975?
- czy i jak można sklasyfikować usłonecznienie pod względem typologicznym?
- czy jest możliwe ustalenie norm usłonecznienia dla celów helioterapii?
- w jaki sposób wyniki badań usłonecznienia można wykorzystać do celów praktycznych?

Metody zastosowane w tym opracowaniu okazały się efektywne przy założeniu, że 25-letni (1951 — 1975) zbiór danych traktuje się jak próbę losową. Próba taka — wprawdzie mała — ma już wystarczającą moc uogólniającą zbiorowość charakteryzującą warunki solarne w Polsce. Zbiorowość ta w tym wypadku reprezentuje „najbliższą” przeszłość i „najbliższą” przyszłość oraz teraźniejszość usłonecznienia Polski w czasie i przestrzeni, stymulowanego oraz modyfikowanego cyrkulacją atmosferyczną, lokalnymi czynnikami geograficznymi, jak też czynnikami antropogenicznymi.

CHARAKTERYSTYKA USŁONECZNIENIA I ZACHMURZENIA

ROZKŁAD PRZESTRZENNY USŁONECZNIENIA RZECZYWISTEGO

Podstawową, ale zarazem bardzo ogólną miarą usłonecznienia jest usłonecznienie rzeczywiste wyrażone liczbą godzin, podczas których bezpośrednie promieniowanie od tarczy słonecznej dociera do powierzchni Ziemi. Przydatność tej miary usłonecznienia dla celów bioklimatologii człowieka (helioterapii, klimatoterapii) jest pośrednia, albowiem jest ona miarą wyjściową do wszystkich innych obliczeń. Informuje ona wyraźnie o sumie realnej lub średniej sumie usłonecznienia w pewnym okresie, np. dnia, miesiąca, roku, wielolecia. Dzięki niej można wnioskować między innymi:

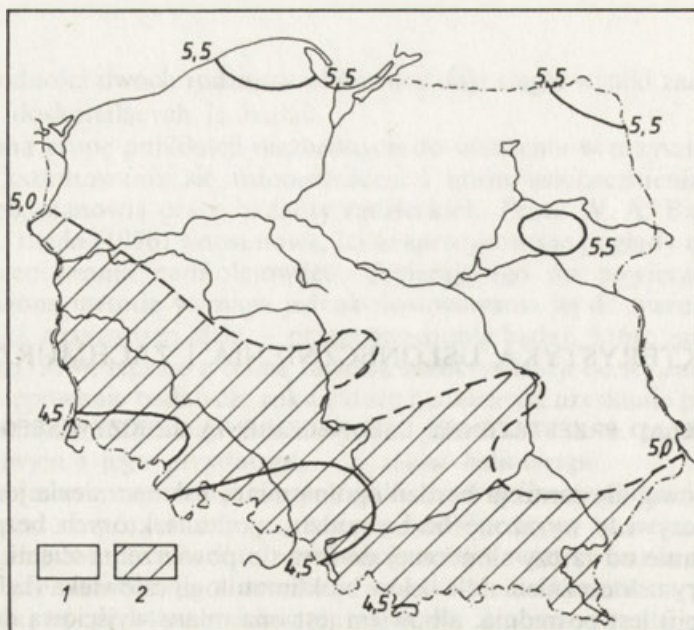
- o zmianach usłonecznienia z roku na rok;
- o tendencji stałej (trendzie) usłonecznienia w okresie wieloletnim;
- o wpływie na usłonecznienie szeroko pojętych czynników lokalnych i regionalnych.

Obraz przestrzenny i czasowy usłonecznienia rzeczywistego ułatwia dostrzeżenie obszarów oraz okresów, w których należy poszukiwać najlepszych warunków dla helioterapii.

Orientacyjną charakterystykę usłonecznienia Polski dają średnie sumy miesięczne i suma roczna usłonecznienia rzeczywistego (w godzinach) obliczone jako średnie arytmetyczne z danych dla sześćdziesięciu miejscowości, tzw. średnie krajowe. Wprawdzie pewna nierównomierność rozkładu stacji meteorologicznych może budzić jakieś wątpliwości co do zastosowania średniej krajowej, mimo to średnia ta stwarza dobrą wartość odniesienia, czy też w przypadku izolinii – miejsce odniesienia. Przebieg roczny usłonecznienia dla kraju przedstawia się następująco:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
44	59	117	148	191	214	213	204	157	102	44	33	1526 godzin

Największa średnia suma roczna usłonecznienia (w badanym okresie 25-letnia, 1951 – 1975) przypada w Polsce na Nizinie Północnopodlaskiej w Szepietowie. Na sumę roczną składają się przede wszystkim sumy miesięczne usłonecznienia w półroczu ciepłym (IV – IX), a szczególnie w ciągu trzech miesięcy letnich, znacznie większe od średnich krajowych sum miesięcznych oraz – sumy miesięczne półroczna chłodnego (X – III) dużo mniejsze od średnich wartości krajowych. Szepietowo bowiem jest położone w północno-wschodniej części Polski, gdzie występują bardzo duże wartości usłonecznienia

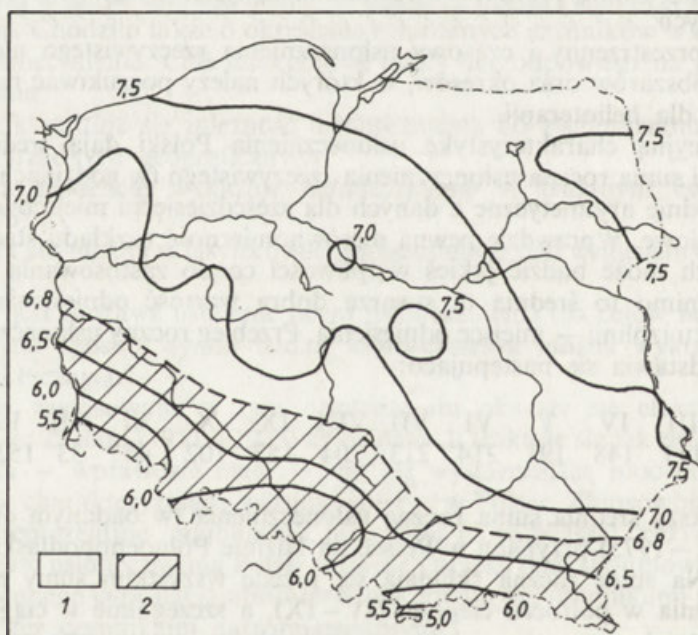


Ryc. 1. Usłonecznienie rzeczywiste wiosną (III–V) w latach 1951–1975

Sumy dzienne w stosunku do średniej krajowej, 5.0 godz.: 1 – powyżej średniej, 2 – poniżej średniej

Real sunshine duration in the spring (III–V) in the years 1951–1975

Daily amount against the mean for the whole country, 5.0 hours: 1 – above country-mean, 2 – below country-mean

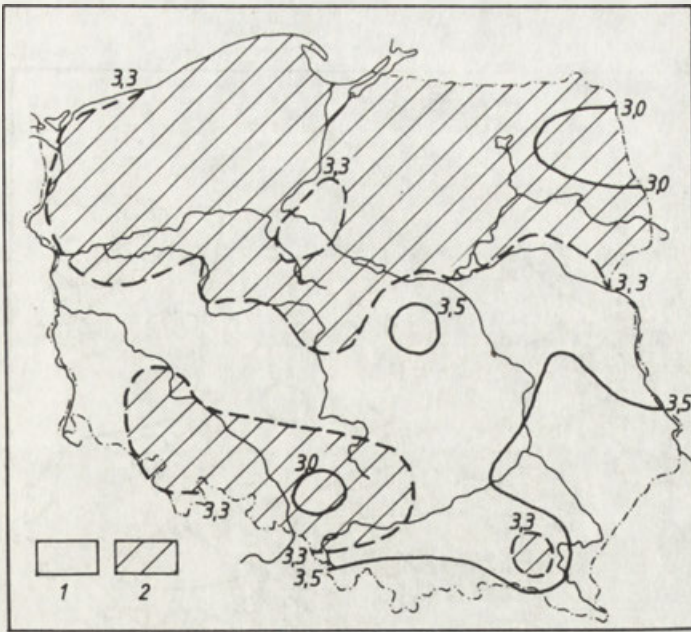


Ryc. 2. Usłonecznienie rzeczywiste latem (VI–VIII) w latach 1951–1975

Sumy dzienne w stosunku do średniej krajowej, 6.8 godz.: 1 – powyżej średniej, 2 – poniżej średniej

Real sunshine duration in the summer (VI–VIII) in the years 1951–1975

Daily amount against the mean for the whole country, 6.8 hours: 1 – above country-mean, 2 – below country-mean

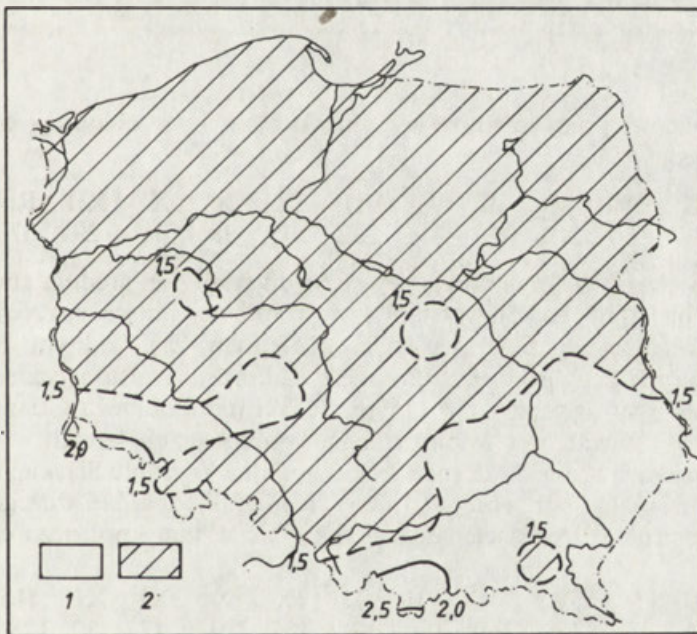


Ryc. 3. Usłonecznienie rzeczywiste jesienią (IX–XI) w latach 1951–1975

Sumy dzienne w stosunku do średniej krajowej, 3.3 godz.: 1 – powyżej średniej, 2 – poniżej średniej

Real sunshine duration in the autumn (IX–XI) in the years 1951–1975

Daily amount against the mean for the whole country, 3.3 hours: 1 – above country-mean, 2 – below country-mean

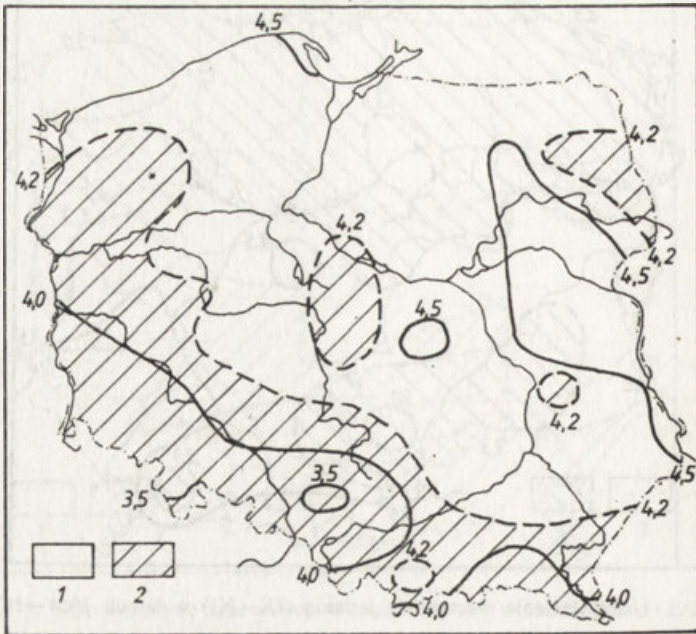


Ryc. 4. Usłonecznienie rzeczywiste zimą (XII–II) w latach 1951–1975

Sumy dzienne w stosunku do średniej krajowej, 1.5 godz.: 1 – powyżej średniej, 2 – poniżej średniej

Real sunshine duration in the winter (XII–II) in the years 1951–1975

Daily amount against the mean for the whole country, 1.5 hours: 1 – above country-mean, 2 – below country-mean



Ryc. 5. Usłonecznienie rzeczywiste w ciągu roku w latach 1951–1975

Sumy dzienne w stosunku do średniej krajowej, 4,2 godz.: 1 – powyżej średniej, 2 – poniżej średniej

Real sunshine duration in the course of year in the years 1951–1975

Daily amount against the mean for the whole country, 4,2 hours: 1 – above country-mean, 2 – below country-mean

właśnie w ciepłej połowie roku, wyjątkowo małe – w chłodnej, co ilustruje poniższe zestawienie:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
42	57	134	164	219	253	246	232	165	98	35	29	1673

Po największej w Szepietowie druga co do wielkości średnia suma roczna usłonecznienia 1668 godzin wystąpiła w środkowej Polsce na Nizinie Środkowomazowieckiej w Skierniewicach. Kolejnym zaś, jednym z bardziej usłonecznionych regionów, jest Pobrzeże Gdańskie z usłonecznieniem 1654 godzin średnio w ciągu roku w Gdyni. Wąski pas Pobrzeża Gdańskiego ma wyjątkowo duże wartości usłonecznienia w miesiącach letnich.

Najmniejsza średnia suma roczna wystąpiła na Wyżynie Śląskiej w Katowicach. Na tak małą sumę roczną usłonecznienia składają się szczególnie małe sumy miesięczne półrocza ciepłego, a także małe sumy półrocza chłodnego:

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
38	52	92	125	158	169	180	174	132	93	42	32	1285

Nieco większa niż w Katowicach średnia suma roczna usłonecznienia 1307 godzin przypadła w Sudetach Środkowych w Szczawnie-Zdroju i następną 1311 godzin na Wyżynie Śląskiej w Świerklańcu. Rozpiętość sum rocznych

Tabela 1

Usłonecznienie rzeczywiste (w godz.) sumy dzienne w latach 1951–1975

Stacja	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Rok
Hel	1,3	5,4	7,7	3,2	4,4
Ustka	1,4	5,5	7,7	3,1	4,4
Gdynia	1,4	5,5	7,8	3,3	4,5
Kołobrzeg	1,4	5,4	7,5	3,3	4,4
Suwałki	1,3	5,5	7,8	3,0	4,4
Stare Pole	1,4	5,4	7,6	3,2	4,4
Świnoujście	1,4	5,4	7,1	3,3	4,3
Mikołajki	1,4	5,5	7,7	3,2	4,5
Resko	1,3	5,1	7,0	3,1	4,1
Prabuty	1,3	5,2	7,3	3,2	4,3
Chojnice	1,3	5,3	7,3	3,2	4,3
Biebrza Pieńczykówek	1,2	5,2	7,2	2,8	4,1
Bydgoszcz	1,3	5,2	7,3	3,2	4,3
Białystok	1,2	5,2	7,5	3,1	4,1
Toruń	1,4	5,4	7,4	3,4	4,4
Ciechocinek	1,3	5,1	6,8	3,2	4,1
Więclawice	1,4	5,4	7,4	3,4	4,4
Szepietowo	1,4	5,6	7,9	3,3	4,6
Gorzów	1,3	5,0	6,9	3,1	4,1
Białowieża	1,3	5,1	7,4	3,2	4,2
Przybroda	1,5	5,3	7,2	3,4	4,4
Legionowo	1,4	5,1	7,2	3,3	4,3
Plewiska	1,4	5,1	6,8	3,2	4,2
Kórnik	1,5	5,2	7,0	3,4	4,3
Warszawa	1,4	5,2	7,6	3,4	4,4
Brwinów	1,5	5,1	7,4	3,4	4,4
Topola Błonie	1,3	4,9	6,9	3,2	4,1
Młochów	1,4	5,1	7,2	3,4	4,3
Skierniewice	1,6	5,4	7,7	3,6	4,6
Belsk	1,4	5,1	7,4	3,4	4,3
Łódź	1,4	5,0	6,9	3,3	4,2
Kalisz	1,5	5,0	7,2	3,4	4,3
Sobieszyn	1,5	5,3	7,5	3,5	4,5
Puławy	1,5	4,9	7,0	3,3	4,2
Oborniki	1,4	4,8	6,7	3,3	4,1
Wieluń	1,5	5,0	6,8	3,4	4,2
Wrocław	1,6	4,8	6,5	3,3	4,1
Chełm	1,5	5,1	7,4	3,4	4,4
Szczawno	1,6	4,1	5,4	3,2	3,6
Werbkowice	1,6	5,2	7,5	3,6	4,5
Śniczka	2,4	4,3	5,0	3,4	3,8
Zdanów	1,6	5,2	7,2	3,6	4,4
Opole	1,3	4,6	6,6	3,2	4,0
Skroniów	1,5	4,8	6,9	3,4	4,2
Kudowa	1,3	4,8	6,4	3,3	3,9
Świerklaniec	1,2	4,3	5,8	3,0	3,6
Polanica	1,6	4,6	6,3	3,4	4,0
Lądek	1,6	4,2	5,7	3,3	3,7
Katowice	1,4	4,1	5,7	2,9	3,5
Rzeszów	1,6	4,6	6,8	3,4	4,1
Kraków	1,4	4,6	6,6	3,3	4,0
Cieszyn	1,5	4,2	6,0	3,3	3,8
Rabka	2,2	4,7	6,3	3,9	4,3

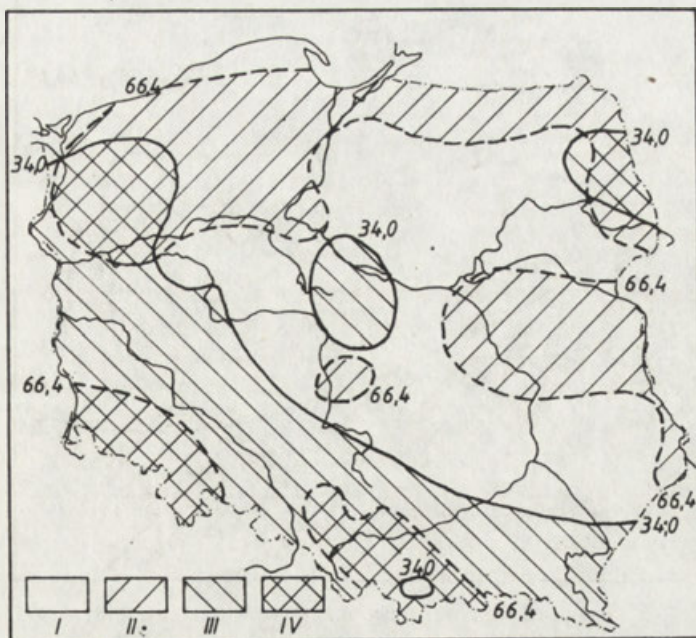
Stacja	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Rok
Kubalonka	1,8	4,6	6,1	3,7	4,1
Iwonicz	1,2	4,6	6,4	3,1	3,8
Lesko	1,8	4,6	6,4	3,5	4,1
Krynica	1,8	4,5	5,9	3,6	4,0
Muszyna	1,7	4,4	5,8	3,4	3,8
Zakopane	2,3	4,6	5,6	3,9	4,1
Kasprowy Wierch	2,8	4,2	4,6	3,9	3,9
Średnio	1,5	5,0	6,8	3,3	4,2

uśłonecznienia Polski wynosi 388 godzin. Rozkład przestrzenny uśłonecznienia rzeczywistego w porach roku i w roku został przedstawiony na rycinach 1 – 5. W tabeli 1 podane zostały sezonowe i roczne wartości uśłonecznienia rzeczywistego.

ROZKŁAD PRZESTRZENNY UŚŁONECZNIENIA WZGLĘDNEGO I ZACHMURZENIA

Obraz, który przedstawia uśłonecznienie staje się wyraźniejszy, gdy do rozważań nad rozkładem przestrzennym wprowadzi się zamiast uśłonecznienia rzeczywistego uśłonecznienie względne w powiązaniu z zachmurzeniem. Uśłonecznienie względne dobrze obrazuje możliwości wykorzystania dla helioterapii promieniowania słonecznego w ciągu dnia, miesiąca lub roku. Jest więc dobrym wskaźnikiem przydatności uśłonecznienia dla określonych celów leczenia promieniami słonecznymi. Ogólny rozkład przestrzenny uśłonecznienia względne jest oczywiście podobny do rozkładu przestrzennego uśłonecznienia rzeczywistego i różni się tylko w szczegółach; a więc średnie miesięczne wartości uśłonecznienia względne od marca do września oraz średnie wartości roczne większe od średniej krajowej przypadają na północy i wschodzie kraju, a mniejsze od średniej krajowej na południowym zachodzie. Średnie miesięczne wartości uśłonecznienia względne od października do lutego większe od średniej krajowej występują na południu i południowym wschodzie, mniejsze zaś na północy kraju.

Podstawą do analizy zachmurzenia były średnie wartości miesięczne (1951 – 1975) dla tych samych 60 miejscowości, dla których są dane źródłowe o uśłonecznieniu. W rozkładzie przestrzennym mniejsze od średniej krajowej wartości rocznego zachmurzenia przypadają w środkowej i w południowo-wschodniej Polsce, a większe na północnych, wschodnich oraz południowych obrzeżach kraju. Mniejsze od średniej krajowej miesięczne wartości zachmurzenia od listopada do lutego występują w środkowej i w południowo-wschodniej Polsce, większe zaś na północy i na północo-wschodzie kraju. W każdym miesiącu mniejsze od średniej krajowej wartości zachmurzenia występują w środkowej części Polski i na południo-wschodzie. Od marca do lipca duże zachmurzenie przypada na południu i zachodzie kraju. Od sierpnia do października duże zachmurzenie występuje na południo-zachodzie i na północy kraju. Małe zachmurzenie w poszczególnych porach roku zaznacza się: na wiosnę i w lecie w środkowej części Polski i na północo-wschodzie; na



Ryc. 6. Grupy usłonecznienia w ciągu roku w latach 1951–1975

Średnie krajowe: usłonecznienia – 34,0%, zachmurzenia – 66,4%; I – usłonecznienie powyżej średniej, zachmurzenie poniżej średniej; II – usłonecznienie i zachmurzenie powyżej średniej; III – usłonecznienie i zachmurzenie poniżej średniej; IV – usłonecznienie poniżej średniej, zachmurzenie powyżej średniej.

Relative sunshine duration grouping according to the selection rules in the course of year in the years 1951–1975

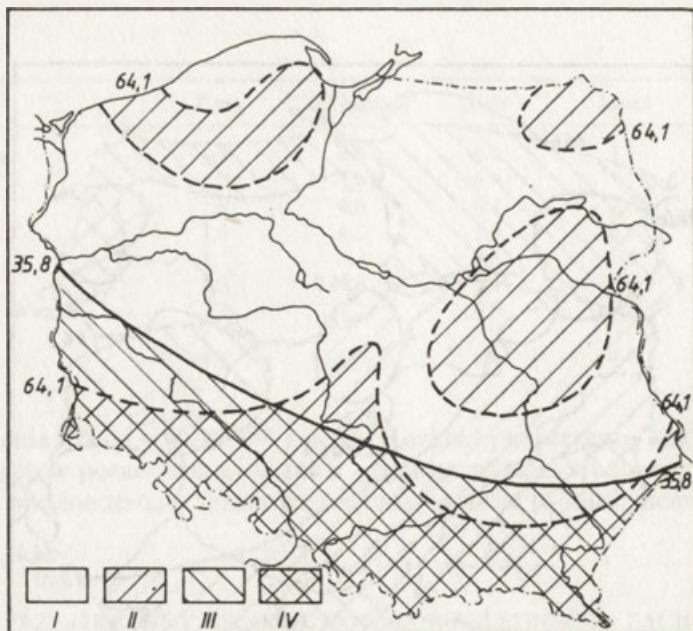
Mean values for the whole country: sunshine duration – 34,0%, cloudiness – 66,4%. I – sunshine duration above country-mean, cloudiness below country-mean; II – sunshine duration and cloudiness above country-mean; III – sunshine duration and cloudiness below country-mean; IV – sunshine duration below country-mean, cloudiness above country-mean

jesieni i w zimie – w środkowej części Polski i na południo-wschodzie. Duże zachmurzenie w porach roku występuje: na wiosnę na południu i na obrzeżach kraju; w lecie na zachodzie i na południu; na jesieni – na północy i na zachodzie kraju; w zimie – na północy-wschodzie (ryc. 6–10, tab. 2).

WYSTĘPOWANIE WARTOŚCI EKSTREMALNYCH USŁONECZNIENIA I ZACHMURZENIA

Wartości ekstremalne usłonecznienia poszczególnych miejscowości (z okresu 25-letniego) reprezentują najszerszy zakres zmienności usłonecznienia w czasie i przestrzeni. Daje to pierwsze przybliżenie prawdopodobieństwa zdarzeń czyli wystąpienia pewnej wartości usłonecznienia w określonym przedziale i miejscu.

Porównując szeregi czasowe usłonecznienia i zachmurzenia w badanym 25-leciu można się dopatrzeć pewnej zależności występowania w czasie i przestrzeni ekstremalnych wartości rocznego usłonecznienia od ekstremalnych wartości rocznego zachmurzenia. Metoda analizy zależności usłonecznie-

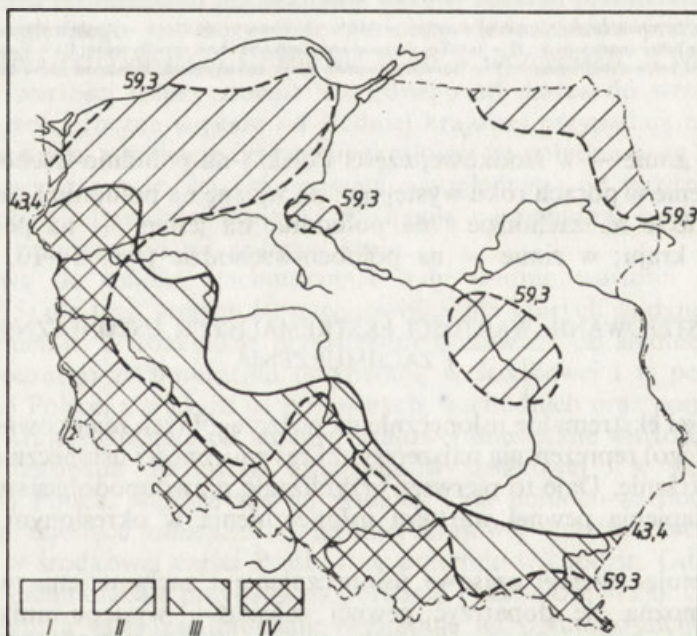


Ryc. 7. Grupy usłonecznienia wiosną (III–V) w latach 1951–1975

Średnie krajowe: usłonecznienia – 35,8%, zachmurzenia – 64,1%; I – usłonecznienie powyżej średniej, zachmurzenie poniżej średniej; II – usłonecznienie i zachmurzenie powyżej średniej; III – usłonecznienie i zachmurzenie poniżej średniej; IV – usłonecznienie poniżej średniej, zachmurzenie powyżej średniej.

Relative sunshine duration grouping according to the selection rules in the spring in the years 1951–1975

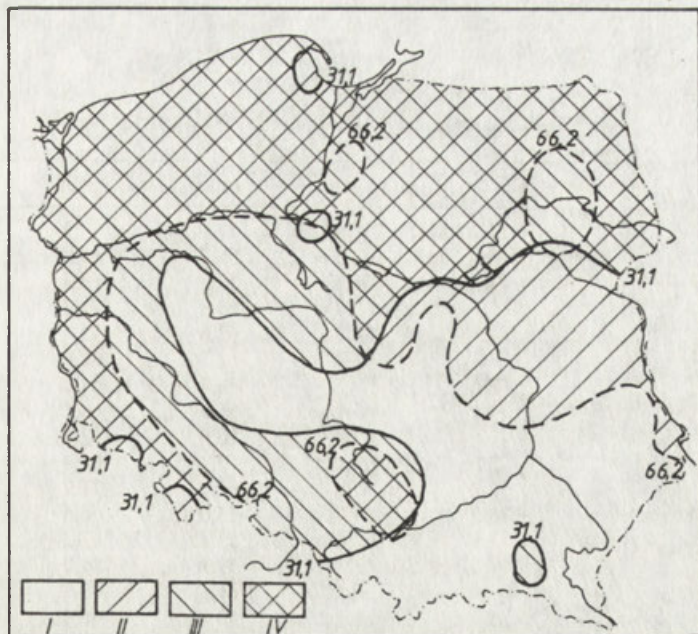
Mean values for the whole country: sunshine duration – 35,8%, cloudiness – 64,1%. I – sunshine duration above country-mean, cloudiness below country-mean; II – sunshine duration and cloudiness above country-mean; III – sunshine duration and cloudiness below country-mean; IV – sunshine duration below country-mean, cloudiness above country-mean



Ryc. 8. Grupy usłonecznienia w Polsce latem (VI–VIII) w latach 1951–1975

Średnie krajowe: usłonecznienia – 43,4%, zachmurzenia – 59,3%; I – usłonecznienie powyżej średniej, zachmurzenie poniżej średniej; II – usłonecznienie i zachmurzenie powyżej średniej; III – usłonecznienie i zachmurzenie poniżej średniej; IV – usłonecznienie poniżej średniej, zachmurzenie powyżej średniej.

Relative sunshine duration grouping according to the selection rules in the summer in the years 1951–1975

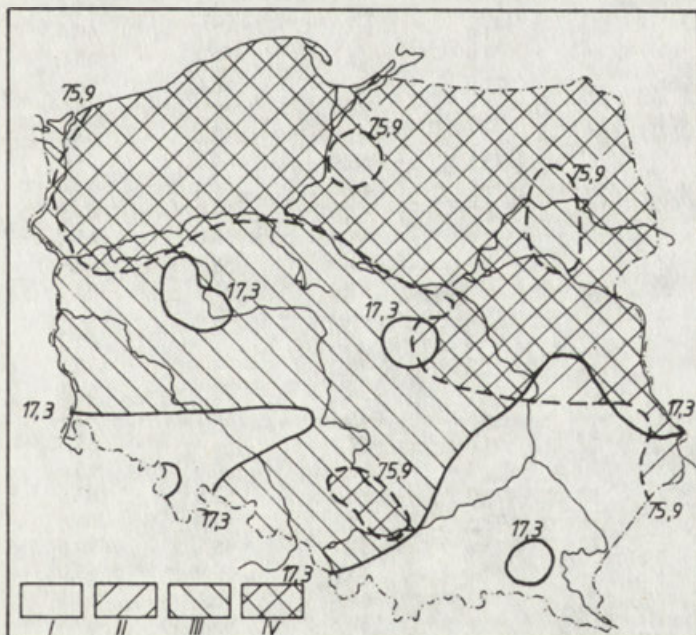


Ryc. 9. Grupy usłonecznienia w Polsce jesienią (IX–XI) w latach 1951–1975

Średnie krajowe: usłonecznienia – 31,1%, zachmurzenia – 66,2%. I – usłonecznienie powyżej średniej, zachmurzenie poniżej średniej; II – usłonecznienie i zachmurzenie powyżej średniej; III – usłonecznienie i zachmurzenie poniżej średniej; IV – usłonecznienie poniżej średniej, zachmurzenie powyżej średniej.

Relative sunshine duration grouping according to the selection rules in the autumn in the years 1951–1975

Mean values for the whole country: sunshine duration – 31,1%, cloudiness – 66,2%. I – sunshine duration above country-mean, cloudiness below country-mean; II – sunshine duration and cloudiness above country-mean; III – sunshine duration and cloudiness below country-mean; IV – sunshine duration below country-mean, cloudiness above country-mean



Ryc. 10. Grupy usłonecznienia zimą (XII–II) w latach 1951–1975

Średnie krajowe: usłonecznienia – 17,3%, zachmurzenia – 75,9%. I – usłonecznienie powyżej średniej, zachmurzenie poniżej średniej; II – usłonecznienie i zachmurzenie powyżej średniej; III – usłonecznienie i zachmurzenie poniżej średniej; IV – usłonecznienie poniżej średniej, zachmurzenie powyżej średniej.

Relative sunshine duration grouping according to the selection rules in the winter in the years 1951–1975

Zachmurzenie (w %) w latach 1951 – 1975

Stacja	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Rok
Hel	79,2	59,6	52,9	67,3	64,8
Ustka	77,2	61,1	56,7	66,9	65,4
Gdynia	79,5	64,7	59,3	69,3	68,3
Kołobrzeg	80,1	66,9	63,8	72,2	70,8
Suwałki	81,1	65,6	62,6	72,6	70,6
Stare Pole	77,3	62,0	58,3	68,6	66,6
Świnoujście	75,4	59,3	56,3	65,7	64,2
Mikołajki	78,1	63,1	58,3	69,2	67,2
Resko	77,5	63,4	60,6	67,1	67,2
Prabuty	73,3	57,1	54,7	64,4	62,5
Chojnice	79,7	65,8	62,0	71,2	69,8
Biebrza Pieńczykówek	75,5	57,7	53,0	66,5	63,2
Bydgoszcz	77,1	62,0	58,1	67,2	66,4
Białystok	79,6	63,3	59,1	70,0	68,1
Toruń	77,4	64,5	61,6	68,3	67,9
Ciechocinek	76,4	61,1	55,3	66,4	64,7
Więclawice	71,3	58,3	52,9	62,6	61,2
Szepietowo	75,2	68,4	53,7	65,2	63,1
Gorzów	76,7	63,5	60,7	66,9	66,9
Białowieża	80,0	61,2	53,8	69,0	66,3
Przybroda	74,3	59,4	55,9	63,4	63,3
Legionowo	77,2	63,0	58,4	67,0	66,4
Plewiska	74,1	60,4	56,6	63,8	63,8
Kórnik	74,2	60,7	57,9	63,8	64,2
Warszawa	78,9	65,1	59,8	68,1	68,0
Brwinów	75,8	63,2	58,3	65,9	65,8
Topola Błonie	75,6	60,3	54,2	64,5	63,8
Młochów	79,0	66,2	62,1	69,0	69,1
Skierniewice	75,8	61,1	57,3	65,6	64,9
Belsk	77,0	66,0	60,6	66,9	67,6
Łódź	76,5	64,4	58,7	65,7	66,4
Kalisz	73,1	62,4	57,5	63,8	64,2
Sobieszyn	78,7	66,9	64,0	68,3	69,4
Puławy	77,9	65,8	61,6	67,4	68,2
Oborniki Śl.	71,7	61,0	54,7	61,9	62,4
Wieluń	75,0	65,4	58,6	65,2	66,2
Wrocław	72,7	63,8	58,5	63,4	64,6
Chełm	76,0	62,0	55,3	65,3	64,7
Szczawno	75,7	68,6	63,8	67,0	68,8
Werbkowice	76,7	64,0	57,0	66,2	66,0
Śnieżka	74,3	74,2	73,4	72,4	73,5
Zdanów	72,7	58,2	52,1	61,3	61,1
Opole	71,6	63,5	58,2	62,1	63,9
Skroniów	73,6	62,1	56,8	63,3	64,0
Kudowa	79,3	65,5	60,6	66,6	68,0
Świerklaniec	75,7	66,9	62,0	67,6	68,0
Polanica	77,5	68,3	62,7	66,8	69,0
Lądek	79,8	71,1	68,7	70,6	72,5
Katowice	74,7	65,8	59,9	65,0	66,4
Rzeszów	74,3	64,4	56,5	63,1	64,6
Kraków	80,1	69,5	63,0	69,8	70,6
Cieszyn	73,0	65,8	60,7	63,1	65,6
Rabka	70,9	68,6	65,1	63,9	67,1

Stacja	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Rok
Kubalonka	75,0	63,4	57,0	60,8	64,0
Iwonicz	74,0	64,6	58,8	63,6	65,4
Lesko	73,4	65,2	58,7	62,9	65,1
Krynica	76,0	64,0	59,0	65,1	66,1
Muszyna	75,5	65,7	62,2	67,4	67,7
Zakopane	69,5	69,5	65,0	63,5	66,9
Kasprowy Wierch	69,6	73,7	72,2	66,8	70,5
Średnia krajowa	75,9	64,1	59,3	66,2	66,4

nia od zachmurzenia za pomocą ekstremalnych wartości miesięcznych tych elementów może być tak czuła, że pozwala wykryć błędy szacunkowe zachmurzenia. W poszczególnych miesiącach i latach w okresie 1951–1975 zależność usłonecznienia od zachmurzenia jest wyraźna lub mniej wyraźna w różnych miejscowościach Polski. Najwyraźniejsza jest tam, gdzie nie ma błędów szacunkowych zachmurzenia. Natomiast zupełny brak zależności wskazuje na możliwość błędnego szacowania zachmurzenia, np. brak zgodności obu elementów w poszczególnych miesiącach od 1951 do 1953 r. w Więclawicach wskazuje na błędne, zbyt niskie szacowanie zachmurzenia.

ROZKŁAD PRZESTRZENNY USŁONECZNIENIA W USTALONYCH PRZEDZIAŁACH CZASOWYCH

Ustalanie przedziałów czasowych usłonecznienia ma na celu wysegregowanie z danych o usłonecznieniu rzeczywistym danych wyjściowych, które umożliwiają przeprowadzenie m.in. ilościowej analizy porównawczej usłonecznienia poszczególnych miejscowości. Umożliwia to także analizę związku usłonecznienia z wysokością nad poziomem morza oraz – z szerokością i długością geograficzną. Dysponując wynikami analiz można wzbogacić szczegółową analizę o znajomość kształtowania się usłonecznienia rzeczywistego w zależności od różnych czynników ubocznych.

Porównywalność usłonecznienia rzeczywistego poszczególnych miejscowości na obszarze Polski jest nieco zakłócona różną długością dnia zmieniającą się wraz z szerokością geograficzną. Mogłoby się wydawać, że ten czynnik zakłócający porównywalność nie wyraża się dość znaczącą wartością usłonecznienia. W rzeczywistości, zależnie od daty, różnica w długości dnia w skrajnych szerokościach geograficznych wynosi: np. 23 VI pomiędzy Helem a Kasprowym Wierchem jest 1 godzina różnicy na korzyść Helu, a 21 XII – na korzyść Kasprowego Wierchu. W dniu równonocy wiosennej lub jesiennej różnica nie występuje.

Nie jest to jedyny czynnik zakłócający porównywalność usłonecznienia na poszczególnych stacjach. Zakrycie horyzontu przy niskich położeniach Słońca może także zmniejszać usłonecznienie rzeczywiste. Nie można także pominąć takich czynników jak: poranne mgły, oszronienie lub orosienie heliografu. Czynniki te zniekształcają rzeczywisty zapis usłonecznienia i należy je traktować jako pewnego rodzaju błędy, trudne lub wręcz niemożliwe do analitycznego wyeliminowania.

Stosując ustalone przedziały czasowe, uwierzytelniamy analizę porównawczą w znacznym stopniu, oczywiście kosztem zobrazowania rzeczywistego przebiegu usłonecznienia w ciągu całego dnia. Z powyżej omówionych względów celowe jest, jak gdyby redukowanie usłonecznienia rzeczywistego z wszystkich miejscowości badanych do wspólnego przedziału czasowego (w każdym miesiącu), dającego jednakową szansę dopływu promieniowania słonecznego do wszystkich tych miejscowości, zależnie tylko od warunków meteorologicznych.

Jeśli mówimy o porównywalności, należałoby w tym miejscu wspomnieć o porównywalności usłonecznienia z miesiąca na miesiąc. Wobec różnej liczby dni w poszczególnych miesiącach, porównywanie średnich sum dziennych ma bezsprzecznie większe uzasadnienie aniżeli średnich sum miesięcznych.

Przedziały czasowe dla wszystkich miesięcy i półroczy ustalono (na podstawie analizy helioizoplet rocznych) w ten sposób, aby zostały wyeliminowane zakłócenia rejestracji usłonecznienia spowodowane różnymi horyzontami fizycznymi oraz występowaniem porannych i przedwieczornych mgieł.

Za kryterium podziału roku na półrocza przyjęto daty równonocy wiosennej i jesiennej. Jednak ze względów obliczeniowych (najmniejszą analizowaną jednostką w tej pracy jest miesiąc) za początki półroczy przyjęto początki miesięcy następujących po równonocach, tj. 1 IV i 1 X.

ANALIZA USŁONECZNIENIA I ZACHMURZENIA

Przebieg czasowy usłonecznienia i zachmurzenia w Polsce jest skomplikowany. Z tego względu analityczna forma badania nie może się ograniczać do jednej metody, ponieważ każda metoda swoiście i nie w pełni przedstawia przebieg zjawiska. Poza tym wyniki uzyskane różnymi metodami analizy tego samego zjawiska mogą się wzajemnie potwierdzać lub negować, wskazując na nieprawidłowości przebiegu. Analizy przeprowadzane zatem z różnych punktów widzenia mogą stworzyć bardziej prawdopodobny, syntetyczny obraz usłonecznienia i zachmurzenia w Polsce.

Przed analizą przebiegów usłonecznienia i zachmurzenia należało określić treść poznawczą średniej arytmetycznej. Zagadnienie to wiązało się ściśle z rodzajem statystycznego rozkładu empirycznego wartości usłonecznienia i zachmurzenia, albowiem abstrakcyjność średniej arytmetycznej jest tym większa, im większa jest dyspersja i asymetria rozkładu. Punktem wyjścia do rozważań nad przebiegiem usłonecznienia lub zachmurzenia była zmienność czasowa średniego rocznego usłonecznienia oraz średniego rocznego zachmurzenia.

ZMIENNOŚĆ CZASOWA USŁONECZNIENIA I ZACHMURZENIA

Największa wartość odchylenia standardowego (σ_{n-1}) obrazująca zmienność czasową (w granicach tego odchylenia) sumy dziennej wartości rocznej usłonecznienia przypada w badanym 25-leciu w Obornikach Śląskich i wynosi 0,49 godziny, a następnie w Toruniu – 0,48 godziny. Najmniejsza zaś wartość odchylenia standardowego 0,23 godziny – w Opolu i następnie 0,26 godziny – w Zakopanem.

Największa wartość odchylenia standardowego średniego rocznego zachmurzenia przypada w Biebrzy Pieńczykówku i wynosi 1,01, a w Więclawicach i Szczawnie-Zdroju – 0,86. Najmniejsze odchylenie standardowe zachmurzenia występuje w Kołobrzegu i wynosi 0,23, nieco większe 0,25 – w Resku i w Zakopanem.

W granicach przedziału ufności dla średniej, od -3 do $+3$ odchylenia standardowego, mieszczą się wszystkie wartości usłonecznienia lub zachmurzenia z prawdopodobieństwem $1-\alpha=99,73\%$. Jest to więc najszerszy przedział ufności dla tych średnich wartości.

Na podstawie obliczeń można stwierdzić, że przedział ufności dla Biebrzy Pieńczykówka jest zbyt szeroki w porównaniu z przedziałami około 2–3-

-krotnie węższymi dla innych miejscowości w Polsce północnej. Podobnie zbyt szeroki przedział ufności zaznacza się dla Więclawic. Można na tej podstawie podejrzewać, że w niektórych latach było błędnie szacowane zachmurzenie w obu tych miejscowościach.

Określenie granic przedziału ufności dla średnich wartości usłonecznienia nie jest jednak miarą zupełnie wystarczającą dla pewnych celów. Może bowiem zająć potrzeba obliczenia prawdopodobieństwa, z jakim wystąpi średnia wartość usłonecznienia poza określonymi granicami. Granice te wyznaczono empirycznie przez dwie wartości krytyczne średniego rocznego usłonecznienia dla Polski. Wartość krytyczna dolna wynosi 3,5 godziny, a krytyczna górna — 5,0 godzin.

Wprawdzie odchylenie standardowe wystarczająco charakteryzuje dla naszych celów rozkłady empiryczne usłonecznienia w Polsce i ich wewnętrzną dyspersję, jednak nie pozwala ona na porównanie dyspersji usłonecznienia z dyspersją zachmurzenia. Chcąc więc porównać zmienność usłonecznienia ze zmiennością zachmurzenia zastosowano względną miarę, którą jest współczynnik zmienności, wyrażony stosunkiem odchylenia standardowego do średniej arytmetycznej przedstawionym w procentach.

Im wyższy współczynnik zmienności, tym bardziej jest zróżnicowane usłonecznienie lub zachmurzenie w danej miejscowości. W ten sposób została określona stabilność szeregów czasowych usłonecznienia i zachmurzenia. Największe współczynniki zmienności średnich rocznych wartości usłonecznienia przypadają w południowo-zachodniej części kraju, w Łądku-Zdroju — 12,14%, w Szczawnie-Zdroju — 12,12% oraz w Obornikach Śląskich — 12,03%. Najmniejsze zaś współczynniki zmienności występują na południu kraju; w Opolu — 5,83% i w Zakopanem — 6,29%. Błąd standardowy współczynnika zmienności dla Polski wynosi średnio $9,19 \pm 1,30\%$.

Największe współczynniki zmienności średniego rocznego zachmurzenia przypadają na północy kraju w Biebrzy Pieńczykówku — 16,5%, następnie w Więclawicach — 14,00% oraz na południu Polski w Szczawnie-Zdroju — 12,53% i w Skroniowie — 11,11%. Najmniejsze zaś współczynniki zmienności występują na północo-zachodzie, w Kołobrzegu — 3,21% oraz w Resku — 3,70%. Średnio dla kraju współczynnik zmienności rocznego zachmurzenia wynosi $6,24 \pm 0,88\%$.

Dyspersja rocznego zachmurzenia dla kraju jest więc mniejsza niż dyspersja rocznego usłonecznienia. Wynika stąd wniosek, że zachmurzenie jest bardziej stabilne niż usłonecznienie zależne przede wszystkim od zachmurzenia. Tę pozorną niezgodność wzajemnego dopełniania się usłonecznienia z zachmurzeniem w odniesieniu do współczynnika zmienności można by wytłumaczyć tym, że „przemieszczanie się” chmur nie zawsze wpływa na zmianę stopnia zachmurzenia, gdy tymczasem taka sytuacja powoduje duże zmiany w kształtowaniu się usłonecznienia. Współczynnik zmienności zachmurzenia w pewnym stopniu wskazuje na wartość współczynnika zmienności usłonecznienia, np. w Kołobrzegu współczynnik zmienności rocznego zachmurzenia jest mały (3,21%) i tam też współczynnik zmienności rocznego usłonecznienia jest stosunkowo niewielki (8,78%), gdyż niższy od średniej krajowej wartości (9,19%). Niezrozumiały jest natomiast zbyt duży rozrzut rocznego zachmurzenia w Biebrzy Pieńczykówku i w Więclawicach. Nasuwa się przypuszczenie, że

duże współczynniki zmienności dla tych miejscowości mogą się wywodzić z błędnego określenia stopnia zachmurzenia. Odpowiednie współczynniki zmienności rocznego usłonecznienia są małe i nie dają podstaw do przypuszczenia, że zmienność rocznego zachmurzenia jest tak duża, gdyż powinna być nieco mniejsza niż zmienność usłonecznienia.

Można stwierdzić ogólnie, że im mniej jednorodny zbiór jednostek obserwacji stanowi szereg czasowy usłonecznienia lub zachmurzenia, tym wyższy ma współczynnik zmienności i tym większe są preferencje dla stosowania pozycyjnych miar dyspersji w analizie statystycznej.

O zmienności usłonecznienia i zachmurzenia wyciągnięto także wnioski na podstawie mediany i dominanty oraz wskaźnika asymetrii.

ASYMETRIA SZEREGÓW CZASOWYCH USŁONECZNIENIA

Wartość mediany znaleziono z wykresu ogiwy (powstałej po ustawieniu rocznych sum dziennych usłonecznienia w porządku rosnącym) dla każdej rozpatrywanej miejscowości. Mediana może wskazywać na zbyt wysokie lub zbyt niskie oszacowanie średniej arytmetycznej.

W przypadku niesymetrycznego szeregu wartości usłonecznienia, gdy średnia arytmetyczna nie jest równa medianie ani dominancie, weryfikowano średnią arytmetyczną porównaniem z medianą i dominantą. Szczególne znaczenie takiej weryfikacji uwidoczni się przy porównaniu usłonecznienia w różnych miejscowościach. Bez tej dodatkowej informacji można by sądzić, według jednakowej wartości średniej usłonecznienia w różnych miejscowościach, o jednakowych tam warunkach usłonecznienia. Osąd taki mógłby być niesłuszny, ponieważ na średnie wartości usłonecznienia mają duży wpływ wartości ekstremalne, które jednak były różne w analizowanych miejscowościach. Jeżeli dominanta jest większa od średniej, to w szeregu czasowym jest dużo wartości większych od średniej, odwrotnie gdy dominanta jest mniejsza od średniej. Zaznacza się wtedy tendencja spadkowa, a więc warunki są gorsze, niż w przypadku, gdy dominanta jest większa od średniej i występuje tendencja wzrostowa.

Analiza liczebności w przedziałach potwierdziła symetryczność lub bliskość symetryczności badanych rozkładów statystycznych usłonecznienia w roku i utwierdziła w poglądzie, że rozkład usłonecznienia jest rozkładem normalnym.

KUMULOWANE SZEREGI ROZDZIELCZE USŁONECZNIENIA

Należy także w tym miejscu wspomnieć o roli dystrybuanty w obrazowaniu charakteru usłonecznienia. Dystrybuanta przedstawia związek między usłonecznieniem a numerem w szeregu uporządkowanym. Dystrybuanta jest histogramem kumulowanego szeregu rozdzielczego, który zastępuje się krzywą ciągłą.

Na podstawie dystrybuanty można określić, np. dla Helu frakcję rocznych sum dziennych usłonecznienia nie przekraczających 5,0 godzin, która wynosi 88%, a więc reszta, tj. $100\% - 88\% = 12\%$ sum dziennych przekracza 5,0 godzin. Można także zależnie od potrzeb obliczyć frakcję wartości w granicach

od 4,5 do 5,0 godzin. Ponieważ 88% wartości na Helu nie przekracza 5,0 godzin, a 64% wartości nie przekracza 4,5 godziny, więc frakcja w granicach od 4,5 do 5,0 godzin wynosi: $88\% - 64\% = 24\%$.

NORMALIZACJA CECH ORAZ OCENA JEDNORODNOŚCI USŁONECZNIENIA I ZACHMURZENIA

Efektywnym kryterium oceny jednorodności i zmienności czasowej usłonecznienia lub zachmurzenia są wyniki uzyskane za pomocą metody normalizacji cech. Metoda ta opiera się na nierówności Czebyszewa i zakłada, że otrzymanie wartości dowolnej zmiennej poza przedziałem trzech odchyżeń standardowych jest mało prawdopodobne. Stosując metodę normalizacji cech określono położenie poszczególnych wartości usłonecznienia względem średniej arytmetycznej. W wyniku normalizacji cech uzyskano niemianowane liczby względne jako odpowiedniki kolejnych wartości badanego szeregu czasowego usłonecznienia. W ten sposób (w kolejnych latach 25-lecia) każdą wartość usłonecznienia w godzinach zastąpiono liczbą niemianowaną dodatnią lub ujemną, mieszczącą się w granicach przedziału od -3 do $+3$. Liczba taka, tzw. element znormalizowany, jeśli mało różni się od średniej wartości usłonecznienia – znaczy, że jest bliska zeru i jest normalna. Im bardziej różni się od średniej arytmetycznej, tym jest mniej normalna. Jeśli jest mniejsza od liczby -3 lub większa niż $+3$, to wówczas element znormalizowany usłonecznienia jest wyjątkowo mały lub wyjątkowo duży i nazywany jest „nienormalnym”. Elementy znormalizowane usłonecznienia można porównywać z elementami znormalizowanymi zachmurzenia, gdy nie można tego uczynić z elementami o różnych mianach, np. godzin ze stopniami pokrycia nieba. Elementy znormalizowane są czułym wskaźnikiem niejednorodności szeregu czasowego usłonecznienia lub zachmurzenia.

Porównując elementy znormalizowane rocznego usłonecznienia z elementami znormalizowanymi rocznego zachmurzenia w Biebrzy Pieńczykówku można zauważyć, że istnieje tam bardzo wyraźna wzajemna niezgodność dopełniająca usłonecznienia z zachmurzeniem w latach 1973–1975. Elementy znormalizowane zachmurzenia wskazują na zbyt małe wartości zachmurzenia w latach: 1973, 1974, 1975. Może to świadczyć o dużych błędach subiektywnych obserwacji, popełnianych w ciągu wymienionych wyżej lat. Można więc było przypuszczać, że od 1973 r. nastąpiła zmiana obserwatora na tej stacji, co następnie potwierdził zapis w wykazach archiwalnych. Uzyskany poprzednio zbyt duży współczynnik zmienności rocznego zachmurzenia dla Biebrzy Pieńczykówka wskazywał już na możliwość występowania błędnych ocen zachmurzenia w niektórych latach badanego 25-lecia. Na podstawie zaś elementów znormalizowanych można było dokładnie stwierdzić, w których latach wystąpiły błędne oceny zachmurzenia.

Normalizacja cech jest więc bardzo pożyteczna, pozwala bowiem ocenić reprezentacyjność średniej wartości usłonecznienia czy też zachmurzenia w szeregach czasowych i wykryć nieprawidłowości, ewentualnie wskazać kierunek ich poszukiwań.

Z analizy elementów znormalizowanych wynika także, w których latach

były błędne oceny zachmurzenia w Więclawicach: były one szczególnie zaniżone w latach 1951 – 1953.

Na podstawie analizy usłonecznienia i zachmurzenia można powiedzieć, że usłonecznienie rzeczywiste, aczkolwiek jest bardziej zmienne w porównaniu z wartościami obserwowanego zachmurzenia ogólnego, jednak wykazuje większą jednorodność niż zachmurzenie. Przyczyną tego są zapewne odmienne kryteria oceny ilościowej stosowane do usłonecznienia (metoda obiektywna) i zachmurzenia (metoda subiektywna). Stwierdzono, że jednorodność usłonecznienia (dla 60 miejscowości) jest wystarczająca dla naszego ujęcia tematycznego. Co do zachmurzenia, to z nielicznymi wyjątkami też można przyjąć jego jednorodność za wystarczającą w ogólnej masie statystycznej badanego 25-lecia.

TENDENCJE KSZTAŁTOWANIA SIĘ USŁONECZNIENIA I ZACHMURZENIA

TENDENCJE WEDŁUG KRYTERIUM KORELACYJNEGO

Na wstępie badania tendencji kształtowania się wartości usłonecznienia i zachmurzenia w poszczególnych 60 miejscowościach Polski zastosowano metodę średnich konsekwentnych. Zastosowanie tej metody pozwoliło na stwierdzenie, z pewnym przybliżeniem, istnienia tendencji lub jej braku oraz na uzasadnienie celowości prowadzenia szczegółowych badań w tej dziedzinie.

Punktem wyjścia do szczegółowych badań tendencji kształtowania się usłonecznienia lub zachmurzenia było założenie, że tendencje wzrostowe lub spadkowe są liniowe w funkcji czasu.

Stosując kryterium korelacyjne należało ustalić istnienie istotnej dla naszych rozważań korelacji tendencji kształtowania się wartości usłonecznienia lub zachmurzenia w poszczególnych miejscowościach z następstwem kolejnych lat 25-lecia. Ustaleń takich dokonano posługując się współczynnikami korelacji (których istotność ustalono za pomocą testu *t*-Studenta).

Jak wynika ze współczynników korelacji dla 60 miejscowości w Polsce, tylko dla 12 miejscowości na południu kraju zaznaczyła się istotna tendencja spadkowa rocznego usłonecznienia. Najsilniejsza w kraju tendencja zaznacza się w Muszynie i wyraża współczynnikiem korelacji $r = -0,70$, następna w Krakowie $r = -0,68$. Wyciąganie jednak pochopnych wniosków z tendencji dla niektórych miejscowości bez pogłębionej analizy przyczyn może być bardzo złudne.

Dla dwóch miejscowości wykazano istotną tendencję wzrostową rocznego usłonecznienia: dla Katowic $r = +0,56$ i dla Ustki $r = +0,43$. W Katowicach heliograf rejestrował usłonecznienie w centrum miasta do 1958 r. i został przeniesiony na lotnisko, gdzie horyzont był odkryty. Z tego powodu wykazana tendencja wzrostowa może być dyskusyjna.

Dla pozostałych 46 miejscowości (w latach 1951–1975) nie wykazano ani istotnej tendencji zwykłej, ani zniżkowej w kształtowaniu się usłonecznienia.

Miesięczne wartości usłonecznienia dla większości rozpatrywanych miejscowości też nie wykazują istotnej tendencji stałej. Należy tu wyjaśnić, że na istotną tendencję kształtowania się usłonecznienia rocznego składają się tendencje wartości miesięcznych 25-lecia; wykazują one różnokierunkowe istotne tendencje lub bliskie istotności. Przewaga tendencji nieistotnych, ale o jednakowym kierunku powoduje w efekcie obliczeń istotność tendencji dla

roku. Zdarzają się też takie sytuacje statystyczne, w których tendencje miesięczne o różnych kierunkach znoszą się i nie wykazują jakiegokolwiek tendencji dla roku.

Co do tendencji kształtowania się wartości rocznego zachmurzenia, to spośród rozpatrywanych 60 miejscowości istotną tendencją zniżkową w badanym 25-leciu stwierdzono w 6 miejscowościach, zwyżkową zaś w 16 miejscowościach. Najsilniejsza istotna tendencja spadkowa rocznego zachmurzenia $r = -0,72$ zaznaczyła się dla Biebrzy Pieńczykówka i następnie $r = -0,65$ dla Krakowa. W obserwacjach zachmurzenia dla Biebrzy Pieńczykówka popołniano systematycznie w ciągu trzech lat (1973, 1974, 1975) błędy nie do szacowania, co było powodem tak silnej tendencji spadkowej zachmurzenia.

Największa istotna tendencja zwyżkowa rocznego zachmurzenia $r = +0,89$ przypada dla Świerklańca i następuje $r = +0,86$ dla Sobieszyna i tyle samo dla Puław. W Świerklańcu znaczna tendencja wzrostowa rocznego zachmurzenia może być wytłumaczona wzrastającym zanieczyszczeniem atmosfery, pochodzącym z Huty Katowice. W Sobieszynie i w Puławach zaś tendencje zwyżkowe mogły być spowodowane intensyfikacją produkcji w Puławskich Zakładach Azotowych.

W 38 miejscowościach nie stwierdzono dla rocznego zachmurzenia żadnej istotnej tendencji. Dla 8 miejscowości z istotną tendencją wzrostową rocznego zachmurzenia zaznaczyła się (prawidłowo) istotna tendencja spadkowa rocznego usłonecznienia, mianowicie: dla Topoli Błonia, Iwonicza, Krynicy, Łądko-Zdroju, Muszyny, Rabki, Skroniowa i Szczawna-Zdroju. Dla Krakowa zaś wystąpiła nieprawidłowo istotna tendencja zniżkowa zarówno zachmurzenia, jak i usłonecznienia, co może być swego rodzaju anomalią.

Zbadano dodatkowo dla Krakowa jak kształtują się tendencje miesięczne w wieloleciu (1951–1980). Istotność miesięcznych tendencji spadkowych usłonecznienia stwierdzono w czterech miesiącach: w marcu, lipcu, sierpniu i we wrześniu. Istotność zaś tendencji spadkowych zachmurzenia zaznacza się w czterech innych miesiącach: w maju, listopadzie, grudniu i w styczniu. Dla pozostałych miesięcy nie wykazano istotnych tendencji ani dla usłonecznienia, ani dla zachmurzenia. W żadnym więc miesiącu nie ma jednocześnie jednako kierunku istotnej tendencji obu elementów, a zatem w żadnym miesiącu nie zaznacza się anomalia.

W grudniu i w styczniu występuje w Krakowie maksymalne zanieczyszczenie atmosfery pyłem i SO_2 w związku z okresem ogrzewczym (Krzyżanowski 1977). Wówczas notuje się wzrost liczby dni z mgłą, zmniejsza się więc obserwowana wartość zachmurzenia. Z tego powodu wartości zachmurzenia mogły ulec pomniejszeniu, szczególnie w listopadzie, grudniu i styczniu. Dla tych właśnie miesięcy, w których notuje się wzrost mgieł w Krakowie, stwierdza się najsilniejsze istotne tendencje spadkowe zachmurzenia.

Co do tendencji spadkowej rocznego usłonecznienia w Krakowie, można przypuszczać, że powodują ją pobliskie wielkie zakłady przemysłowe, emitujące do atmosfery zanieczyszczenia pyłowe i gazowe. Wzrastające zanieczyszczenie przyczynia się do osłabiania natężenia promieniowania słonecznego i tym samym do zmniejszania usłonecznienia rzeczywistego o wartość nie zarejestrowaną przez heliograf (poniżej jego progu czułości). Oprócz tego zanieczyszczenia atmosfery (nie tylko w zimie) mogą stanowić jądra kondensacji i powodo-

wać powstawanie mgieł (duża liczba dni z mgłą w roku). Przerwy w rejestrowaniu usłonecznienia spowodowane mgłą mogą mieć także swój wyraz w tendencjach spadkowych usłonecznienia.

W rezultacie z dwóch statystycznych – a być może nierzeczywistych tendencji spadkowych usłonecznienia (w pewnych miesiącach) lub zachmurzenia (w innych miesiącach) kształtują się dla wartości rocznych jednokierunkowe tendencje obu elementów. Może to tłumaczyć, w pierwszym przybliżeniu, wystąpienie anomalii w Krakowie.

TENDENCJE WEDŁUG KRYTERIUM REGRESYJNEGO

Określenie tendencji kształtowania się usłonecznienia w kolejnych latach 25-lecia na podstawie wartości współczynnika korelacji, informującego o sile i kierunku związku, nie daje jednak pełnego obrazu tendencji, ani nie stwarza możliwości ewentualnego prognozowania kształtowania się tendencji na przyszłość. Taką możliwość daje badanie tendencji na podstawie kryterium regresyjnego, które nazwano badaniem trendu. Analiza korelacyjna i graficzna szeregów czasowych z punktu widzenia tendencyjności wykazała racjonalność przedstawienia kształtowania się usłonecznienia w funkcji czasu w postaci zależności prostoliniowej. Matematycznym modelem tego trendu jest zatem funkcja liniowa, która opisuje (z największym przybliżeniem) tendencyjność kształtowania się usłonecznienia.

Oszacowane na podstawie funkcji regresji wartości usłonecznienia w kolejnych latach badanego 25-lecia różnią się zwykle nieco od wartości zarejestrowanych (rzeczywistych). Oczywiście im różnice te są mniejsze, tym dopasowanie funkcji regresji jest lepsze. Różnicę między usłonecznieniem rzeczywistym a obliczonym prezentuje składnik resztowy „z”. Po uwzględnieniu tego składnika model trendu usłonecznienia przedstawia się następująco: $y = at + b + z$.

Wielkość średniego błędu oszacowania funkcji regresji (czyli odchylenie standardowe składnika resztowego) informuje o wielkości przeciętnej pomyłki powstającej wskutek wpływu różnych zakłócających czynników – nie uwzględnionych w badaniu – szacując usłonecznienie na podstawie funkcji regresji. Tego rodzaju obliczenia mają duże znaczenie praktyczne w ustalaniu dokładności prognozy. Dla miejscowości, w których stwierdzono silną tendencję (określoną współczynnikiem korelacji o dużej wartości bezwzględnej) kształtowania się usłonecznienia z biegiem lat – odchylenia standardowe składnika resztowego od linii trendu są na ogół małe. Odchylenia takie są większe, gdy korelacja nie występuje wcale lub jest słaba. Można także stwierdzić, że dla miejscowości, w których rozrzut wartości usłonecznienia rocznego jest mały, czyli w szeregach czasowych bardziej stabilnych – odchylenia od linii trendu są mniejsze.

Ważnym uzupełnieniem funkcji regresji jest współczynnik zbieżności wskazujący, jaka część całkowitej zaobserwowanej zmienności (wariancji) usłonecznienia powstała tylko przez przypadek. Jeżeli współczynnik zbieżności jest bliski 0%, to istnieje duża zbieżność danych zarejestrowanych z danymi obliczonymi. Przyjęta zatem postać funkcji regresji dobrze opisuje zachodzącą zbieżność między usłonecznieniem a zmianami warunków z biegiem lat. Jeżeli zaś współczynnik ten jest bliski 100%, to zbieżność taka nie występuje.

Jak już poprzednio stwierdzono w Polsce nie zaznaczyły się na ogół silne, istotne tendencje spadkowe ani też wzrostowe rocznego usłonecznienia. Spośród 12 miejscowości z tendencją spadkową tylko dla 4 miejscowości (Muszyny, Krakowa, Skroniowa i Łądka-Zdroju) stwierdzono silne tendencje spadkowe rocznego usłonecznienia. Obliczone dla tych czterech miejscowości współczynniki zbieżności wynoszące od 51 do 63% świadczą, że w tych wypadkach większa część zmienności jest determinowana nie przez zmiany warunków wynikające z następstwa lat, lecz przez inne przyczyny, które mogą być niezależne od upływu czasu. Główną, znaną powszechnie przyczyną jest oczywiście zależność zmienności usłonecznienia od zmienności zachmurzenia.

Zastosowane metody analizy szeregów czasowych usłonecznienia lub zachmurzenia prowadzą do przedstawienia trendu tych elementów w aspekcie działania różnego rodzaju przyczyn (np. zanieczyszczenie atmosfery, zmiany klimatu), które wywołują określone zmiany ilościowe w funkcji czasu. Niektóre z tych przyczyn działają w sposób długotrwały i wpływają na zaznaczenie się wyraźnego trendu. Przykładem tu może być usłonecznienie w Krakowie, które omówiono w poprzednim podrozdziale. Podano tam przyczyny oddziałujące w różny sposób zarówno na tendencję, jak i na trend.

Z poprzednich rozważań wynika, jak skomplikowany i niejednorodny spłot zdarzeń przyczynowych kształtuje trend usłonecznienia. Przy tym należy zdawać sobie sprawę, że zanieczyszczenia atmosfery powodują nie tylko jej zmętnienie, lecz przez emitowanie do atmosfery jąder kondensacji mogą przyczyniać się do powstawania zachmurzenia.

Liniowa funkcja regresji jest dobrym narzędziem prognozowania wartości usłonecznienia dla przyszłego okresu. Prognoza taka może mieć oczywiście tylko charakter warunkowy, ponieważ przenoszenie trendu z okresu przeszłego na przyszły ma uzasadnienie tylko wówczas, gdy spełnione zostaną następujące założenia:

- wielkość i kierunek zaobserwowanych wahań nie ulegnie zmianie
- zaobserwowany składnik resztowy jest pochodzenia losowego. Oczywiście spełnienie wymienionych założeń ma większą szansę powodzenia dla lat leżących blisko badanego okresu aniżeli odległych.

KSZTAŁTOWANIE SIĘ USŁONECZNIENIA POD WPŁYWEM CZYNNIKÓW METEOROLOGICZNYCH I GEOGRAFICZNYCH

ZALEŻNOŚĆ USŁONECZNIENIA WZGLĘDNEGO OD ZACHMURZENIA

Zależność usłonecznienia od zachmurzenia jest tak oczywista, że wydawać by się mogło, iż nie ma potrzeby jej badać. Jednak wyniki takich badań dostarczają cennych informacji o szczegółowej zależności usłonecznienia od zachmurzenia oraz o błędach obserwacji.

Między usłonecznieniem względnym (%) a zachmurzeniem (%) istnieje wyraźny związek statystyczny. Dla wystarczająco długich okresów suma wartości rocznych lub miesięcznych usłonecznienia względnego i zachmurzenia wynosi według Angströma około 100%. W miesiącach cieplej połowy roku suma ta może być nieco wyższa, a w miesiącach chłodnej połowy roku – niższa od 100%. Jest to spowodowane tym, że w cieplej połowie roku rejestracja usłonecznienia zaczyna się wcześniej po wschodzie Słońca i kończy później przed zachodem niż w chłodnej połowie roku. W lecie bowiem kąt wznoszenia się pozornej drogi Słońca na nieboskłonie jest większy i z tego powodu szybciej się zmniejsza masa optyczna.

Dwudziestopięcioletnie szeregi średnich miesięcznych wartości dla kraju usłonecznienia względnego S (%) i zachmurzenia N (%) wskazują na dość wyraźny związek obu elementów:

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
S	17	21	32	35	39	43	42	45	41	31	17	13	34%
N	75	75	65	64	63	60	62	57	56	61	78	78	66%
Suma	92	96	97	99	102	103	103	102	97	96	95	91	100%

Dokładne badania związku korelacyjnego usłonecznienia z zachmurzeniem wykazały wysoki stopień zależności statystycznej (odwrotnej) między tymi elementami. Uwidocznia to się szczególnie w bardzo dużych wartościach bezwzględnych współczynników korelacji dla wartości miesięcznych. Dla wartości rocznych najsilniejszy związek ze współczynnikiem korelacji $r = -0,92$ przypada w Łodzi, najslabszy zaś – w Krakowie, gdzie nie ma wcale zależności korelacyjnej.

Stwierdzono, że prawdopodobny błąd współczynnika korelacji jest tym mniejszy, im silniejsza jest korelacja.

Jak wiadomo współczynnik korelacji przedstawia siłę i kierunek związku usłonecznienia z zachmurzeniem. Natomiast równanie regresji umożliwia wyznaczenie zależności liniowej tych elementów. Na podstawie zachmurzenia

można za pomocą tego równania oszacować wartości usłonecznienia. Ewentualne błędy, określane przez tzw. reszty liniowej funkcji regresji mogły powstać z nieprecyzyjnych obserwacji zarówno zachmurzenia, jak i usłonecznienia oraz z przyczyn nie uwzględniania innych zmiennych, np. mgły, zanieczyszczenia atmosfery. Reszty więc określają niedokładność oceny poszczególnych wartości usłonecznienia oszacowanych na podstawie zachmurzenia z równań regresji. Mogą one być podstawą do wstępnej oceny „dobroci” oszacowanej funkcji regresji. Współczynnik determinacji r^2 (równy kwadratowi współczynnika korelacji, wyrażony w %) informuje właśnie o tym, jaka część zmian wartości usłonecznienia została wyjaśniona przez oszacowaną funkcję regresji. Im wartość współczynnika determinacji jest bliższa 100%, tym dobroć dopasowania zastosowanej funkcji regresji do danych empirycznych jest lepsza.

Aczkolwiek zależność usłonecznienia od zachmurzenia jest bezsprzeczna, jednak niedokładności wynikające z aproksymowania funkcją regresji mogą mieć przyczynę w braku dokładniejszych danych o usłonecznieniu i zachmurzeniu. Materiały liczbowe wykorzystywane bowiem w opracowaniach statystycznych powinny być jednorodne i oparte na względnie dokładnych pomiarach. Wprawdzie usłonecznienie określane jest metodą instrumentalną, opracowane jednak heliogramy mogą być obciążone nawet dość dużymi błędami subiektywnymi. Obserwacje zachmurzenia wykonuje się metodą bardzo subiektywnej oceny tylko chwilowego stanu pokrycia nieba — stwarzającą możliwość popełniania dużych błędów. Poza tym obserwacje klimatologiczne zachmurzenia w skrajnych terminach dobowych nie pokrywają się z pomiarami usłonecznienia w skrajnych terminach dziennych, którymi są wschód i zachód Słońca, co też zakłóca zależność. Część materiałów dotyczących zachmurzenia w badanym okresie jest niestety niejednorodna z powodu zmiany terminów obserwacji oraz przekwalifikowania stacji klimatologicznych na synoptyczne, co łączy się ze zmianą skali do oceny stopnia zachmurzenia. Można jednak przypuszczać, że błędy subiektywne i wynikające z chwilowych obserwacji mogą nieraz przewyższać błędy powstające z powodu różnych sposobów obliczania wartości dobowych.

W celu stwierdzenia, czy różnice wynikające z różnych sposobów obliczania średnich dobowych wartości zachmurzenia na stacjach klimatologicznych i synoptycznych można uznać za nieznaczące w naszych badaniach, porównano metodą korelacji i regresji zmienność zachmurzenia dla obu rodzajów stacji. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że przyjęte do rozważań w niniejszej pracy wartości zachmurzenia miesięcznego i rocznego czy to z terminów klimatologicznych, czy też synoptycznych — nie różnią się od siebie znacząco.

Niezupełna zgodność korelacji usłonecznienia z zachmurzeniem wynika także z tego powodu, że średnie zachmurzenie jest średnim zachmurzeniem dobowym, a średnie usłonecznienie — średnim usłonecznieniem dziennym. Usłonecznienie rejestrowane od wschodu do zachodu Słońca podlega tylko wpływowi dziennego zachmurzenia. Poza tym w ogólnym zachmurzeniu nie uwzględnia się różnych pięter chmur. Często więc się zdarza, że przy zaobserwowanym całkowitym pokryciu przez chmury najwyższego piętra trwa rejestracja usłonecznienia. Przerwy w rejestracji usłonecznienia mogą być

również spowodowane innymi czynnikami niż zachmurzenie, np. mgłą, szronem, osadami na kuli heliografu. Czynniki te także osłabiają korelację usłonecznienia z zachmurzeniem.

Pomimo tych wszystkich zakłóceń, korelacja usłonecznienia z zachmurzeniem jest na ogół bardzo silna. Istotność współczynników korelacji stwierdzono dla 55 miejscowości (spośród 60), w tym dla 44 miejscowości związek usłonecznienia rocznego z zachmurzeniem rocznym był bardzo silny. Jedynie w 5 miejscowościach nie stwierdzono istotnej korelacji, tj. w Krakowie, w Puławach, w Świerklańcu, w Biebrzy Pieńczykówku i w Więclawicach. Anomalie oraz błędy dotyczące kształtowania się usłonecznienia i zachmurzenia w wymienionych wyżej miejscowościach zostały już omówione w innym aspekcie w poprzednich rozdziałach.

ZWIĄZEK USŁONECZNIENIA I ZACHMURZENIA Z WYSOKOŚCIĄ NAD POZIOMEM MORZA

Bezpośredni związek usłonecznienia z wysokością nad poziomem morza nie może być przedmiotem naszych rozważań ze względu na istotę pomiaru (rejestracji) i charakterystykę meteorologiczną heliografu (przetwornik termoskopowy), którego zapis jest materiałem wyjściowym do badań usłonecznienia. Można natomiast pośrednio analizować ten związek na podstawie kształtowania się zachmurzenia pod wpływem hipsometrii obszaru Polski.

Wyniki obliczeń wykazały, że istnieje wyraźny związek korelacyjny zachmurzenia lata (VI-VIII), zimy (XII-II) i roku – z wysokością nad poziomem morza. Istnieje korelacja prosta wartości letnich i rocznych zachmurzenia z wysokością n.p.m., to znaczy, że im wyżej, tym zachmurzenie jest większe. Dla wartości zimowych zachmurzenia korelacja jest odwrotna, czyli im wyżej, tym zachmurzenie jest mniejsze. Dla wiosny i jesieni nie stwierdzono istotnej korelacji.

Pośredni związek korelacyjny usłonecznienia z wysokością n.p.m. zaznacza się także w okresie letnim, zimowym i rocznym. Dla letnich i rocznych wartości usłonecznienia korelacja jest odwrotna – im wyżej, tym mniejsze usłonecznienie. W zimie zaś ujawnia się korelacja prosta – im wyżej, tym większe usłonecznienie.

Obliczono także związki korelacyjne usłonecznienia w ustalonych przedziałach czasowych dla obu półroczy z wysokością nad poziomem morza. Okazało się, że istnieje silniejszy związek usłonecznienia z wysokością n.p.m. dla zimy aniżeli dla całego półrocza chłodnego. Usłonecznienie grudnia, stycznia i lutego ma więc największy wpływ na tę korelację. Z kolei stwierdza się silny związek korelacyjny usłonecznienia z wysokością n.p.m. w całym półroczu ciepłym, a nie tylko w miesiącach lata. Duży wpływ na tę korelację mają więc wszystkie miesiące półrocza ciepłego.

ZWIĄZEK USŁONECZNIENIA I ZACHMURZENIA Z DŁUGOŚCIĄ I SZEROKOŚCIĄ GEOGRAFICZNĄ

Wielkość zachmurzenia wpływającego na usłonecznienie jest zależna od rodzaju mas powietrza napływających przede wszystkim z kierunków zachod-

nich i wschodnich. Wpływ wilgotnych mas atmosferycznych z nad Oceanu Atlantyckiego, powodujących duże zachmurzenie, zmniejsza się wraz ze wzrostem długości geograficznej w Polsce. Zachmurzenie zmniejsza się, a usłonecznienie wzrasta z zachodu na wschód. Związek usłonecznienia względnego z długością geograficzną dla wartości rocznych jest dość słaby, a dla wartości letnich tylko nieco mocniejszy. W zimie zaś, nie zaznacza się wcale, podobnie do sytuacji w półroczach. Nie stwierdzono istotności związku zachmurzenia z długością geograficzną ani dla wartości rocznych, ani półrocznych, ani też sezonowych.

Na związek korelacyjny usłonecznienia z szerokością geograficzną ma bezpośredni wpływ zmieniająca się w ciągu roku długość dnia na obszarze naszego kraju. Oczywisty związek potwierdzają obliczenia, które wykazały bardzo silną korelację dla lata i dla zimy, jak też dla obu półroczy i dla roku. Wraz ze wzrostem szerokości geograficznej następuje wzrost usłonecznienia w lecie, w półroczu ciepłym i w roku. Północna część Polski, a szczególnie wybrzeże Bałtyku, jest na wiosnę i w lecie bardziej usłoneczniona niż część południowa.

W zimie i w półroczu chłodnym przy wzroście szerokości geograficznej usłonecznienie się zmniejsza, albowiem wówczas południowa część kraju ma dłuższy dzień niż północna. W Polsce, w dniu 21 XII maksymalna różnica dla skrajnych szerokości geograficznych wynosi ponad 1 godzinę na korzyść najniższej szerokości geograficznej, a w dniu 23 VI — na korzyść najwyższej szerokości w kraju. Poza tym na duże usłonecznienie w zimie na południu kraju w górach mają wpływ występujące zazwyczaj chmury niskiego piętra; wówczas wyższe partie górskie pozostają odślonięte i są najbardziej w zimie usłonecznione. (Odwrotnie niż w półroczu ciepłym, gdy występujące duże zachmurzenie typu orograficznego powoduje w górach najgorsze warunki usłonecznienia.)

KLASYFIKACJA USŁONECZNIENIA I ZACHMURZENIA

Klasyfikacja badanego usłonecznienia i zachmurzenia 60 miejscowości w Polsce według odpowiednich kryteriów prowadzi do delimitacji obszarów o określonych typach usłonecznienia w określonym czasie. Podstawą tak pojętej klasyfikacji typologicznej jest dobór cech diagnostycznych, których trafność ma decydujące znaczenie w uzyskaniu wyników, najlepiej obrazujących rzeczywistość.

KLASYFIKACJA METODĄ DENDRYTOWĄ I DIAGRAFICZNĄ

Typologiczne sklasyfikowanie usłonecznienia i zachmurzenia rozpatrywanych miejscowości na obszarze Polski przeprowadzano za pomocą dendrytu wrocławskiego i diagramu Czekanowskiego.

Metody różnic przeciętnych zarówno dendrytowa, jak i diagraficzna nie są metodami w pełni obiektywnymi, ale ich przydatność praktyczna do pewnych celów jest duża (Woś 1977, Błażejszyk 1983). Metody te bowiem pozwalają uporządkować jednostki wielocechowe, a więc mogą być pomocne w grupowaniu podobnych typów usłonecznienia.

Po próbach sklasyfikowania metodą dendrytową i diagraficzną oraz po przeanalizowaniu wyłonionych typów stwierdzono, że grupowanie według 3 do 6 cech diagnostycznych zanadto rozdrabnia wielkość grup na jedno-, dwu- lub trzyobiektowe. Wykonane próby grupowania z różną liczbą cech nie dały zadowalających wyników. Nie wyłoniono bowiem żadnych typów usłonecznienia, które by można zlokalizować na obszarze Polski w syntetycznej całości z punktu widzenia zarówno klimatologii, jak i helioterapii.

Metoda ta może jednak mieć duże znaczenie informacyjne dla szczegółowej charakterystyki klimatu solarnego. Jest to jeszcze jeden dowód na to, że żadnej metody nie można stosować mechanicznie dla dowolnego celu.

KLASYFIKACJA I REJONIZACJA TYPÓW (GRUP) USŁONECZNIENIA I ZACHMURZENIA NA PODSTAWIE WARTOŚCI ŚREDNICH KRAJOWYCH

Szukając innych sposobów sklasyfikowania usłonecznienia i zachmurzenia na obszarze Polski przyjęto za kryterium średnie krajowe wartości obu elementów. W wyniku rozważań i prób założono arbitralnie (i następnie sprawdzono), że średnie krajowe wartości zarówno usłonecznienia, jak i zachmurzenia dobrze spełniają funkcję dyskryminacyjną dla roku oraz pór roku.

Tabela 3

Usionecznienie względne (w %) w latach 1951–1975

Stacja	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Rok
Hel	15,8	38,5	47,6	30,0	35,9
Ustka	16,4	39,1	47,3	29,6	36,0
Gdynia	17,3	38,9	48,2	31,6	36,8
Kołobrzeg	17,1	38,4	46,2	31,1	35,8
Suwałki	15,9	39,5	48,0	28,5	36,0
Stare Pole	16,9	38,4	46,8	30,1	35,8
Świnoujście	16,7	38,6	43,9	31,4	35,1
Mikołajki	16,2	39,4	48,0	29,6	36,2
Resko	15,0	36,5	43,6	29,0	33,6
Prabuty	15,6	37,6	45,6	30,0	34,9
Chojnice	15,4	38,3	45,6	30,0	35,0
Biebrza Pieńczykówek	14,0	37,3	45,1	26,7	33,6
Bydgoszcz	15,8	37,3	45,7	30,2	34,8
Białystok	14,0	37,7	46,7	29,0	34,7
Toruń	17,1	38,6	46,0	31,9	35,9
Ciechocinek	15,2	36,4	42,8	29,8	33,4
Więclawice	16,0	38,6	46,3	31,4	35,7
Szepietowo	16,6	40,4	49,8	30,7	37,3
Gorzów	15,6	36,2	43,1	29,1	33,4
Białowieża	15,4	36,9	46,2	29,5	34,6
Przybroda	17,6	38,4	45,3	31,6	35,6
Legionowo	15,8	36,5	45,4	31,0	34,6
Plewiska	15,7	36,7	43,1	30,3	33,8
Kórnik	17,4	37,6	44,4	31,5	35,0
Warszawa	16,8	37,9	47,8	31,6	36,1
Brwinów	16,8	36,8	46,8	31,7	35,4
Topola Błonie	15,1	35,7	43,9	30,1	33,5
Młochów	16,6	36,9	45,7	31,7	34,8
Skierniewice	18,0	39,1	48,5	33,4	37,2
Belsk	16,2	36,8	47,0	31,5	35,3
Łódź	16,7	36,0	43,5	30,8	33,9
Kalisz	17,1	36,4	45,4	31,3	34,8
Sobieszyn	17,2	38,2	47,4	33,0	36,4
Puławy	17,1	35,4	44,7	30,8	34,2
Oborniki Śl.	16,6	35,0	42,6	31,0	33,4
Wieluń	17,4	36,0	43,3	31,8	34,2
Wrocław	18,9	35,1	41,7	31,1	33,5
Chełm	16,7	36,7	47,0	31,9	35,4
Szczawno	18,0	29,8	34,8	29,2	29,2
Werbkowice	18,0	37,8	48,2	33,4	36,7
Śnieżka	27,1	31,0	32,2	31,6	30,8
Zdanów	18,3	37,6	46,1	33,5	36,0
Opole	15,3	33,5	42,4	29,4	32,2
Skroniów	17,0	35,2	44,2	31,3	34,0
Kudowa	14,9	34,6	40,8	30,4	32,2
Świerkłaniec	13,1	31,4	37,2	28,3	29,3
Polanica	17,5	33,4	40,6	31,6	32,4
Lądek Zdrój	17,9	30,9	36,8	30,5	30,2
Katowice	15,2	29,7	36,5	27,1	28,7
Rzeszów	18,1	33,8	43,9	31,8	33,8
Kraków	15,7	33,4	42,3	30,4	32,4
Cieszyn	16,7	31,0	38,7	30,8	30,8
Rabka	24,7	34,5	41,0	36,4	35,2

Stacja	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Rok
Kubalonka	19,8	33,6	39,5	34,4	33,2
Iwonicz	13,5	33,4	41,2	29,0	31,3
Lesko	19,6	33,2	41,8	32,8	33,4
Krynica	19,9	32,6	38,5	33,1	32,3
Muszyna	18,6	32,1	37,6	31,7	31,3
Zakopane	25,8	33,8	36,4	36,3	33,7
Kasprowy Wierch	31,1	31,0	29,7	36,3	31,8
Średnia krajowa	17,3	35,8	43,4	31,1	34,0

W ten sposób otrzymano po 4 typy, a raczej 4 grupy miejscowości z usłonecznieniem względnym i zachmurzeniem o wartościach większych lub mniejszych niż średnia krajowa, dla poszczególnych pór roku i dla roku (ryc. 6–10; tab. 2 i 3)

Podział na 4 grupy miejscowości według **średnich krajowych wartości rocznych** usłonecznienia względnego wynoszącego 34,0% i zachmurzenia równego 66,4% (ryc. 6).

Grupa I – obejmuje 19 miejscowości o średnim rocznym usłonecznieniu względnym większym niż 34,0% i o średnim rocznym zachmurzeniu mniejszym niż 66,4%. Miejscowości te o dużym średnim rocznym usłonecznieniu znajdują się w północno-wschodniej i środkowej części kraju oraz na wybrzeżu. W grupie tej są następujące miejscowości: Hel, Ustka, Świnoujście, Prabuty, Bydgoszcz, Więclawice, Szepietowo, Białowieża, Przybroda, Legionowo, Kórnik, Brwinów, Skierniewice, Kalisz, Wieluń, Chełm, Werbkowice, Zdanów i Skroniów. Średnie roczne usłonecznienie względne dla tych 19 miejscowości wynosi 35,4%, a średnie roczne zachmurzenie – 64,4%.

Grupa II – obejmuje 14 miejscowości o większym niż 34,0% średnim rocznym usłonecznieniu względnym i o większym niż 66,4% średnim rocznym zachmurzeniu. Pomimo dość dużego rocznego zachmurzenia i usłonecznienie jest duże, albowiem to duże zachmurzenie przypada przede wszystkim na jesieni i w zimie, mało więc wpływa na obniżenie rocznych wartości usłonecznienia. Grupę tę reprezentują następujące miejscowości: Gdynia, Kołobrzeg, Suwałki, Stare Pole, Mikołajki, Chojnice, Białystok, Toruń, Warszawa, Młochów, Belsk, Sobieszyn, Puławy, oraz Rabka. Średnie roczne usłonecznienie względne dla tych 14 miejscowości wynosi 35,5%, a średnie roczne zachmurzenie 68,5%. Miejscowości należące do I i II grupy, z najlepszymi warunkami usłonecznienia rocznego, zajmują duży obszar na północy i północno-wschodzie kraju.

Grupa III – obejmuje 14 miejscowości o mniejszym od średniej krajowej 34,0% rocznym usłonecznieniu względnym oraz o mniejszym od 66,4% średnim rocznym zachmurzeniu. Do grupy tej zaliczono następujące miejscowości: Biebrza Pieńczykówek, Ciechocinek, Plewiska, Topola Błonie, Łódź, Oborniki Śląskie, Wrocław, Opole, Cieszyn, Kubalonka, Rzeszów, Iwonicz, Lesko, Krynica. Położone są one głównie na południu i w środkowej części kraju. Średnie roczne usłonecznienie względne dla tych 14 miejscowości wynosi 33,0%, a średnie roczne zachmurzenie 64,5%.

Grupa IV – obejmuje 13 miejscowości o średnim rocznym usłonecznieniu mniejszym niż 34,0% i średnim rocznym zachmurzeniu większym niż 66,4%. Do tej grupy należą przede wszystkim miejscowości górskie i podgórskie: Szczawno, Kudowa, Polanica, Łądek-Zdrój, Muszyna, Zakopane, Śnieżka i Kasprowy Wierch, a także inne miejscowości o małym rocznym usłonecznieniu, tj. Resko, Gorzów, Świerklaniec, Katowice i Kraków. Średnie roczne usłonecznienie względne dla tych 13 miejscowości wynosi 31,5%, a średnie roczne zachmurzenie 69,0%.

Podział na 4 grupy miejscowości według **średnich krajowych wartości dla wiosny** usłonecznienia względnego wynoszącego 35,8% i zachmurzenia równego 64,1% (ryc. 7).

Grupa I – obejmuje 24 miejscowości o średnim wiosennym usłonecznieniu względnym większym niż 35,8% i średnim wiosennym zachmurzeniu mniejszym niż 64,1%, a mianowicie: Hel, Ustka, Stare Pole, Świnoujście, Mikołajki, Resko, Prabuty, Biebrza Pieńczykówek, Bydgoszcz, Białystok, Ciechocinek, Więclawice, Gorzów, Białowieża, Przybroda, Plewiska, Kórnik, Legionowo, Brwinów, Skierniewice, Kalisz, Chełm, Werbkowice, Zdanów. Dla tych 24 miejscowości średnie usłonecznienie względne wynosi 37,6%, a średnie zachmurzenie 61,1%.

Grupa II – obejmuje 12 miejscowości o średnim wiosennym usłonecznieniu większym niż 35,8% i średnim wiosennym zachmurzeniu większym niż 64,1%, tj. Gdynię, Kołobrzeg, Suwałki, Chojnice, Toruń, Szepietowo, Warszawę, Młochów, Belsk, Łódź, Sobieszyn i Wieluń. Dla tych 12 miejscowości średnie wiosenne usłonecznienie względne wynosi 38,0%, a średnie zachmurzenie 65,8%.

Grupa III – obejmuje tylko 7 miejscowości o średnim usłonecznieniu względnym mniejszym niż 35,8% i średnim zachmurzeniu mniejszym niż 64,1%. Są to miejscowości: Topola Błonie, Oborniki Śląskie, Wrocław, Opole, Skroniów, Kubalonka i Krynica. Średnie usłonecznienie względne na wiosnę dla tych 7 miejscowości wynosi 34,4% i średnie zachmurzenie 62,6%.

Grupa IV – obejmuje 17 miejscowości o średnim usłonecznieniu względnym mniejszym niż 35,8% i średnim zachmurzeniu większym niż 64,1%. Są to miejscowości położone na południu kraju: Puławy, Szczawno, Śnieżka, Kudowa, Świerklaniec, Polanica, Łądek-Zdrój, Katowice, Rzeszów, Kraków, Cieszyn, Rabka, Iwonicz, Lesko, Muszyna, Zakopane i Kasprowy Wierch. Średnie wiosenne usłonecznienie względne dla tych 17 miejscowości wynosi 32,5%, a średnie zachmurzenie 67,8%.

Podział na 4 grupy miejscowości według **średnich krajowych wartości dla lata** usłonecznienia względnego wynoszącego 43,4% i zachmurzenia równego 59,3% (ryc. 8).

Grupa I – obejmuje 26 miejscowości o średnim letnim usłonecznieniu względnym większym niż 43,4% i o średnim letnim zachmurzeniu mniejszym niż 59,3%, a mianowicie: Hel, Ustka, Gdynia, Stare Pole, Świnoujście, Mikołajki, Prabuty, Biebrza Pieńczykówek, Bydgoszcz, Białystok, Więclawice, Szepietowo, Białowieża, Przybroda, Legionowo, Kórnik, Brwinów, Topola Błonie, Skierniewice, Łódź, Kalisz, Chełm, Werbkowice, Zdanów, Skroniów i Rzeszów. Średnie usłonecznienie względne dla tych 26 miejscowości wynosi 46,1%, a średnie zachmurzenie 56,3%.

Grupa II – obejmuje 10 miejscowości o średnim letnim usłonecznieniu względnym większym niż 43,4% i średnim letnim zachmurzeniu większym niż 59,3%, tj. Kołobrzeg, Suwałki, Resko, Chojnice, Toruń, Warszawę, Młochów, Belsk, Sobieszyn i Puławy. Średnie usłonecznienie względne dla tych 10 miejscowości wynosi 46,2% i średnie zachmurzenie 62,0%.

Grupa III – obejmuje 10 miejscowości o średnim letnim usłonecznieniu względnym mniejszym niż 43,4% i średnim letnim zachmurzeniu mniejszym niż 59,3%, tj. Ciechocinek, Plewiska, Oborniki Śląskie, Wieluń, Wrocław, Opole, Kubalonka, Iwonicz, Lesko i Krynicy. Średnie letnie usłonecznienie względne dla tych 10 miejscowości wynosi 41,7%, a średnie zachmurzenie 57,5%.

Grupa IV – obejmuje 14 miejscowości o średnim letnim usłonecznieniu względnym mniejszym niż 43,4% i średnim letnim zachmurzeniu mniejszym niż 59,3%, Średnie usłonecznienie względne dla 14 miejscowości, tj. Gorzowa, Szczawna, Śnieżki, Kudowy, Świerkłańca, Polanicy, Łądko-Zdroju, Katowic, Krakowa, Cieszyna, Rabki, Muszyny, Zakopanego i Kasprowego Wierchu wynosi 37,7%, a średnie zachmurzenie 64,3%.

Podział na 4 grupy miejscowości według **średnich krajowych wartości dla jesieni** usłonecznienia względnego wynoszącego 31,1% i zachmurzenia równego 66,2% (ryc. 9).

Grupa I – obejmuje 18 miejscowości o średnim jesiennym usłonecznieniu względnym większym niż 31,1% i średnim jesiennym zachmurzeniu mniejszym niż 66,2%, a mianowicie: Świnoujście, Więclawice, Przybrodę, Kórnik, Brwinów, Skierniewice, Kalisz, Wieluń, Chełm, Werbkowice, Zdanów, Skroniów, Rzeszów, Rabkę, Kubalonkę, Lesko, Krynicy i Zakopane. Średnie usłonecznienie względne dla tych 18 miejscowości wynosi 32,7%, a średnie zachmurzenie 64,0%.

Grupa II – obejmuje 11 miejscowości o średnim usłonecznieniu względnym większym niż 31,1% i średnim zachmurzeniu większym niż 66,2%, a mianowicie: Gdynię, Kołobrzeg, Toruń, Warszawę, Młochów, Belsk, Sobieszyn, Śnieżkę, Polanicę, Muszynę i Kasprowy Wierch. Średnie jesienne usłonecznienie względne dla tych 11 miejscowości wynosi 32,1%, a średnie zachmurzenie 68,7%.

Grupa III – obejmuje 11 miejscowości o średnim jesiennym usłonecznieniu względnym mniejszym niż 31,1% i średnim jesiennym zachmurzeniu mniejszym niż 66,2%, tj. Prabuty, Szepietowo, Plewiska, Topole Błonie, Łódź, Oborniki Śląskie, Wrocław, Opole, Katowice, Cieszyn, Iwonicz. Średnie usłonecznienie względne dla tych 11 miejscowości wynosi 30,0%, a średnie zachmurzenie 63,9%.

Grupa IV – obejmuje 20 miejscowości o średnim jesiennym usłonecznieniu względnym mniejszym niż 31,1% i średnim jesiennym zachmurzeniu większym niż 66,2%, a mianowicie: Hel, Ustkę, Suwałki, Stare Pole, Mikołajki, Resko, Chojnice, Biebrzę Pięńczykówek, Bydgoszcz, Białystok, Ciechocinek, Gorzów, Białowieżę, Legionowo, Puławy, Szczawno, Kudowę, Świerkłańiec, Łądko-Zdrój i Kraków. Średnie usłonecznienie względne dla tych 20 miejscowości wynosi 29,6% i średnie zachmurzenie 68,3%.

Podział na 4 grupy miejscowości według **średnich krajowych wartości dla zimy** usłonecznienia względnego wynoszącego 17,3% i zachmurzenia równego 75,9% (ryc. 10).

Grupa I – obejmuje 15 miejscowości o średnim zimowym usłonecznieniu względnym większym niż 17,3% i średnim zimowym zachmurzeniu mniejszym niż 75,9%, tj. Przybrodę, Kórnik, Skierniewice, Wieluń, Wrocław, Szczawno, Śnieżkę, Zdanów, Rzeszów, Rabkę, Kubalonkę, Lesko, Muszynę, Zakopane i Kasprowy Wierch. Średnie usłonecznienie względne wynosi 20,7% i średnie zachmurzenie 73,5%.

Grupa II – obejmuje tylko 4 miejscowości o średnim zimowym usłonecznieniu względnym większym niż 17,3% i średnim zimowym zachmurzeniu większym niż 75,9%, mianowicie: Werbkowice, Polanicę, Łądek Zdrój i Krynicę. Średnie usłonecznienie względne dla tych 4 miejscowości wynosi 18,3% i średnie zachmurzenie 77,5%.

Grupa III – obejmuje 16 miejscowości o średnim zimowym usłonecznieniu względnym mniejszym niż 17,3% i średnim zimowym zachmurzeniu mniejszym niż 75,9%, tj. Świnoujście, Prabuty, Biebrzę Pieńczykówek, Więclawice, Szepietowo, Plewiska, Brwinów, Topole Błonie, Kalisz, Oborniki Śląskie, Opole, Skroniów, Świerklaniec, Katowice, Cieszyn i Iwonicz. Średnie usłonecznienie względne dla tych 16 miejscowości wynosi 15,7% i średnie zachmurzenie 74,0%.

Grupa IV – obejmuje 25 miejscowości o średnim zimowym usłonecznieniu względnym mniejszym niż 17,3% i średnim zimowym zachmurzeniu większym niż 75,9%: Hel, Ustkę, Gdynię, Kołobrzeg, Suwałki, Stare Pole, Mikołajki, Resko, Chojnice, Bydgoszcz, Białystok, Toruń, Ciechocinek, Gorzów, Białowieżę, Legionowo, Warszawę, Młochów, Belsk, Łódź, Sobieszyn, Puławy, Chełm, Kudowę i Kraków. Średnie usłonecznienie względne dla wymienionych wyżej miejscowości wynosi 16,1%, a średnie zachmurzenie 78,3% i jest największym zachmurzeniem spośród wszystkich pór roku.

USŁONECZNIE REGIONÓW FIZYCZNOGEOGRAFICZNYCH W RÓŻNYCH PORACH ROKU

Celem podziału na grupy miejscowości w każdej porze roku było wskazanie najkorzystniejszych i mniej korzystnych warunków usłonecznienia na obszarze Polski. Na wiosnę najlepsze warunki dla helioterapii przypadają na północy i na wschodzie kraju, przede wszystkim w następujących jednostkach regionalnych (Kondracki 1977): Pobrzeże Gdańskie (Hel, Gdynia, Stare Pole), Pobrzeże Koszalińskie (Ustka, Kołobrzeg), Pojezierze Litewskie (Suwałki), Pobrzeże Szczecińskie (Świnoujście), Pojezierze Mazurskie (Mikołajki), Pojezierze Południowopomorskie (Chojnice), Pradolina Toruńsko-Eberswaldzka (Toruń, Więclawice), Nizina Północnopodlaska (Szepietowo), Pojezierze Wielkopolskie (Przybroda), Nizina Środkowomazowiecka (Skierniewice), Nizina Południowopodlaska (Sobieszyn).

W lecie najkorzystniejsze warunki dla helioterapii występują także na północy i na wschodzie kraju: Pobrzeże Gdańskie (Hel, Gdynia), Pobrzeże Koszalińskie (Ustka), Pojezierze Litewskie (Suwałki), Pojezierze Mazurskie (Mikołajki), Nizina Północnopodlaska (Szepietowo), Nizina Środkowomazowiecka (Warszawa, Skierniewice), Wzniesienia Południowomazowieckie (Belsk),

Nizina Południowopodlaska (Sobieszyn), Polesie Wołyńskie (Chełm), Wyżyna Zachodniowołyńska (Werbkowice).

Na jesieni najlepsze warunki usłonecznienia panują na południowym wschodzie kraju: Nizina Środkowomazowiecka (Skierniewice), Nizina Południowopodlaska (Sobieszyn), Wyżyna Zachodniowołyńska (Werbkowice), Wyżyna Kielecko-Sandomierska (Zdanów), Beskidy Zachodnie (Rabka, Kubalonka), Beskidy Środkowe (Krynica), Podhale (Zakopane), Łańcuch Tatrzański (Kasprowy Wierch).

W zimie najlepsze warunki usłonecznienia przypadają w górach: Sudety Zachodnie (Śnieżka), Beskidy Zachodnie (Rabka, Kubalonka), Beskidy Środkowe (Krynica, Muszyna), Beskidy Lesiste (Lesko), Podhale (Zakopane), Łańcuch Tatrzański (Kasprowy Wierch).

Spośród wszystkich regionów fizycznogeograficznych w Polsce, tylko 3, tj. Pojezierze Wielkopolskie (Przybroda, Kórnik), Nizina Środkowomazowiecka (Skierniewice) i Wyżyna Kielecko-Sandomierska (Zdanów) należą do grup o korzystniejszych warunkach usłonecznienia we wszystkich porach roku.

Natomiast 4 inne regiony, tj. Obniżenie Milicko-Głogowskie (Oborniki Śląskie), Nizina Śląska (Opole), Sudety Środkowe (Kudowa) i Wyżyna Krakowsko-Częstochowska (Kraków) należą stale do grup o mniej korzystnych warunkach usłonecznienia.

WYKORZYSTANIE USŁONECZNIENIA DLA CELÓW HELIOTERAPII

NIKTÓRE ZAGADNIENIA HELIOTERAPII

Helioterapia (leczenie promieniowaniem słonecznym) w naszym kraju nie cieszy się większym zainteresowaniem ani badaczy, ani praktyków. Przyczyną tego jest nie tylko powszechny pogląd o niedostatku usłonecznienia w Polsce, lecz także brak umiejętności wykorzystywania potencjalnych „zasobów” usłonecznienia przydatnego w helioterapii.

Faktycznie, częsta zmienność stanów pogody w Polsce skracająca okresy słonecznej pogody, utrudnia, a nieraz wręcz uniemożliwia zaplanowanie zabiegów helioterapeutycznych w ściśle określonym czasie pobytu kuracjusza w sanatorium. Można jednak wskazać – na podstawie badań – z względnie dużym prawdopodobieństwem miejscowości i obszary oraz okresy w ciągu roku nadające się najlepiej do prowadzenia zabiegów helioterapeutycznych.

Dokładne i wszechstronne zbadanie usłonecznienia Polski z punktu widzenia potrzeb helioterapii ma dwojakie znaczenie:

- 1) wyznaczenie zakresu możliwości, czyli norm korzystania z usłonecznienia przydatnego dla celów leczniczych w warunkach klimatu solarnego Polski;
- 2) wyraźne, jednoznaczne przedstawienie zarówno lekarzom badaczom, jak i praktykom sposobu wykorzystywania tych możliwości.

Jeśli do tych możliwości realizowania helioterapii doda się odpowiednie urządzenia techniczne, jak np. leżaki heliostatyczne, koncentratory promieniowania, przyrządy aktynometryczne oraz gotowość urządzeń i personelu, prognozy biometeorologiczne, a także odpowiednie harmonogramy zabiegów, to można znacząco zwiększyć możliwości wykorzystywania usłonecznienia dla celów helioterapii.

Helioterapia, mimo niedogodności wynikających z dużej zmienności usłonecznienia w czasie, ma niewątpliwą przewagę nad aktynoterapią (leczenie promieniowaniem ze sztucznych źródeł) ze względu na skojarzone działania na organizm człowieka innych naturalnych, dobroczynnych bodźców.

Przydatność usłonecznienia dla helioterapii należy rozumieć z jednej strony jako przydatność jakościową, z drugiej zaś strony jako ilościową. Pod pojęciem jakościowym należy rozumieć usłonecznienie ze składową promieniowania nadfioletowego, ponieważ to promieniowanie ma zasadnicze znaczenie dla helioterapii. Nie znaczy to, że pomija się przydatność leczniczą części widzialnej i podczerwonej widma promieniowania słonecznego. Wychodzi się bowiem z założenia – upraszczając zagadnienie – jednoczesności występowania promieniowania nadfioletowego z promieniowaniem widzialnym i podczer-

wonym, a nie odwrotnie. Na biologiczne znaczenie usłonecznienia ma wpływ przede wszystkim wysokość Słońca nad horyzontem, wzniesienie nad poziomem morza, zawartość ozonu w górnych warstwach atmosfery, przezroczystość atmosfery i wielkość zachmurzenia. Natomiast przez ilościową wartość usłonecznienia dla helioterapii należy rozumieć liczbę godzin usłonecznienia o odpowiedniej zdolności wywoływania rumienia, którą można wykorzystać do leczenia w odpowiedniej porze dnia danego miesiąca. Na tę ilościową przydatność składają się przede wszystkim warunki meteorologiczne lub klimatyczne (zależnie od skali czasowej ujęcia zagadnienia).

Ustalenie kryterium przydatności helioterapeutycznej usłonecznienia jest trudne z powodu złożoności medyczno-geofizycznej zagadnienia i złożoności sprzężeń między jakością a ilością promieniowania słonecznego. Sprzężenia te można jednak określić z pewnym przybliżeniem na podstawie analizy usłonecznienia na tle czynników pogodotwórczych i klimatotwórczych, ale to zagadnienie nie wchodzi w zakres niniejszego opracowania. Punktem wyjścia dla tak pojętego kryterium powinno być ustalenie przez lekarzy fizykoterapeutów, przy współudziale bioklimatologów, granicznych wartości usłonecznienia (z pewną tolerancją), poza którymi nie można się spodziewać pozytywnych efektów leczniczych, zapobiegawczych lub ozdrowieńczych.

Lecznicze działanie promieniowania słonecznego jest uwarunkowane jego składem widmowym oraz czasem oddziaływania na organizm człowieka i reakcją osobniczą. Z punktu widzenia helioterapii główne znaczenie ma promieniowanie nadfioletowe, pozostałe zaś promieniowanie ma raczej właściwości współdziałające.

W związku z działaniem biologicznym, promieniowanie nadfioletowe Słońca dzieli się na 3 zakresy długości fali: UV-A, UV-B, UV-C. Granica między zakresem A a zakresem B odpowiadająca długości fali 315 nm jest uzasadniona niewielkim oddziaływaniem biologicznym promieniowania nadfioletowego o długościach fal powyżej tej granicy w kierunku fal dłuższych. Granica między zakresem B a zakresem C odpowiadająca długości fali 280 nm jest uzasadniona silnym oddziaływaniem biologicznym: leczniczym w kierunku fal dłuższych i letalnym w kierunku fal krótszych.

Zakres UV-B od 280 do 315 nm reprezentuje tzw. promieniowanie erytemalne, tj. promieniowanie o dużej zdolności wywoływania rumienia skóry, czyli ma dużą zdolność wywoływania skutków biologicznych lub leczniczych. Promieniowanie w zakresie UV-A powyżej 315 nm ma już o wiele słabszą zdolność wywoływania rumienia — i co za tym idzie skutków biologicznych lub leczniczych.

W naszych szerokościach geograficznych można się spodziewać działania biologicznego UV-A już od wysokości Słońca 20° nad horyzontem, natomiast działanie promieniowania UV-B może występować od wysokości Słońca 30° nad horyzontem (oczywiście przy sprzyjających warunkach geofizycznych). Promieniowanie UV-C praktycznie nie dochodzi do powierzchni Ziemi.

Według badań J. Słomki (1973) i S. Puchalskiego (1972) w Obserwatorium Geofizycznym w Belsku, krótkofalowa granica widma słonecznego UV może się zaznaczyć przy długości fali 295 nm. Maksymalne działanie erytemalne występuje przy fali o długości 297 nm.

WARUNKI USŁONECZNIENIA DLA HELIOTERAPII W PRZEDZIAŁACH JEDNOGODZINNYCH

Analiza usłonecznienia względnego w czasie i przestrzeni w przedziałach jednogodzinnych ma duże znaczenie dla planowania zabiegów helioterapeutycznych. Wygodną formą wyjściową do analizy jest przedstawienie usłonecznienia względnego za pomocą helioizoplet rocznych. Helioizoplety dla wszystkich miesięcy roku, opracowane dla określonej miejscowości, przedstawiają rozkład usłonecznienia względnego w poszczególnych przedziałach jednogodzinnych. Wykres helioizoplet rocznych wskazuje, jaki jest udział procentowy usłonecznienia rzeczywistego w usłonecznieniu możliwym każdego przedziału jednogodzinnego (od wschodu do zachodu Słońca) w kolejnych miesiącach roku. Wykres taki umożliwia dokonywanie wyboru, pod względem wartości usłonecznienia, przedziałów jednogodzinnych, w których można się spodziewać wystąpienia korzystnych warunków dla leczenia promieniami Słońca.

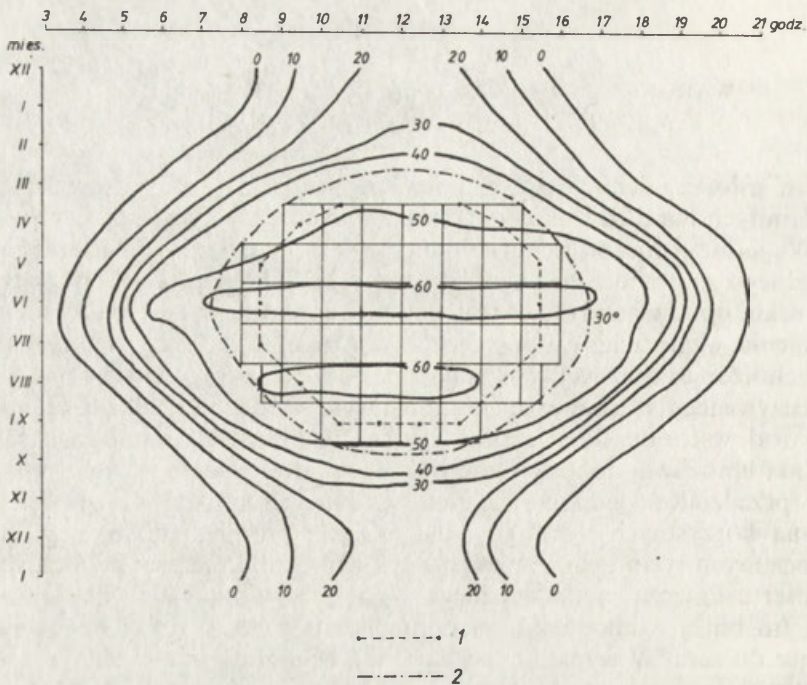
Z załączonych rycin helioizoplet (ryc. 11 – 14) wynika, że na ogół największe wartości usłonecznienia względnego występują w godzinach okołopołudniowych. Im bliżej wschodu lub zachodu Słońca, tym wartości są mniejsze, zmierzające do zera. W wypadku usytuowania heliografu w miejscu o częściowo zakrytym horyzoncie uwidacznia się opóźnienie w rejestracji usłonecznienia po wschodzie lub wcześniejsze zakończenie rejestracji przed zachodem Słońca. „Przeszkody” w rejestracji usłonecznienia zdarzają się zwykle przy niskich położeniach Słońca. Wpływ zakrycia horyzontu uwidacznia się najczęściej na helioizopletach wykreślonych dla miejscowości podgórskich oraz górskich i może być przyczyną nawet parogodzinnych „strat” w usłonecznieniu. Iwonicz, np. ma zakryty horyzont od strony zachodu tylko wówczas, gdy dzień jest krótki, tj. w półroczu chłodnym. Łądek-Zdrój ma także częściowo zakryty horyzont, ale od strony wschodu, gdy dzień jest długi, tj. w półroczu ciepłym.

PLANOWANIE LICZBY DAWEK RUMIENIOWYCH W CELACH LECZNICZYCH

Jednostką aplikacyjną promieniowania nadfioletowego w helioterapii jest dawka erytemalna (rumieniowa) przedstawiająca najmniejszą ilość energii promieniowania nadfioletowego, która u przeciętnego białego człowieka wywołuje rumień nieopalonej skóry.

Jedną z metod wyznaczania czasu trwania leczniczych kąpiei słonecznych jest diagram S. Tyczki. Zbliżoną metodą jest metoda izochron podana przez Pfleiderera. Obydwie metody umożliwiają odczytanie na diagramach czasu napromieniowania słonecznego w minutach oraz obliczenie liczby dawek rumieniowych w odpowiednich przedziałach jednogodzinnych dla tych miesięcy roku, w których Słońce przekracza 30° wysokości nad horyzontem (Kuczmarowski 1984 b).

W planowaniu leczniczych kąpiei słonecznych zasadniczą pomocą jest znajomość średniego usłonecznienia względnego w poszczególnych przedziałach jednogodzinnych (w formie helioizoplet rocznych). Na podstawie średnich wieloletnich (1951 – 1975) wartości usłonecznienia względnego i ich rozkładu

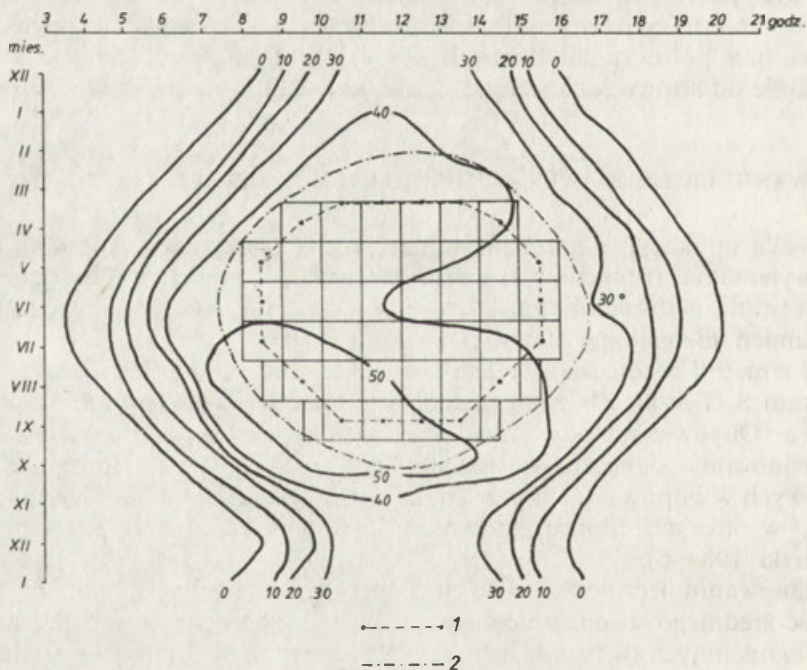


Ryc. 11. Helioizoplety roczne dla Gdyni w latach 1951–1975 (w %)

1 – krótkofalowa granica UV 297 nm, 2 – wysokość Słońca 30° nad horyzontem

Annual helioisopleths for Gdynia in the years 1951–1975 (in per cent)

1 – short-wave limit UV 297 nm, 2 – solar altitude 30°

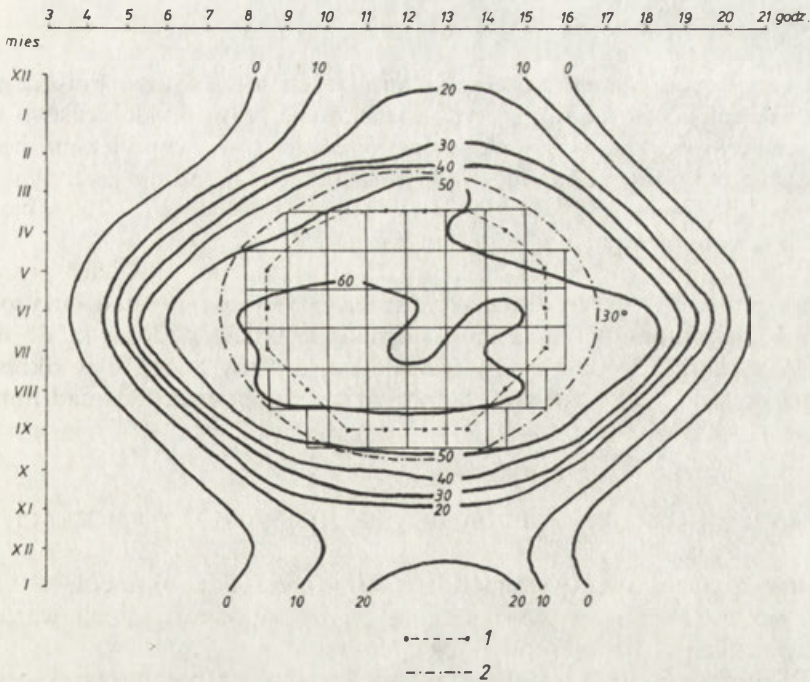


Ryc. 12. Helioizoplety roczne dla Zakopanego w latach 1951–1975 (w %)

1 – krótkofalowa granica UV 297 nm – wysokość Słońca 30° nad horyzontem

Annual helioisopleths for Zakopane in the years 1951–1975 (in per cent)

1 – short-wave limit UV 297 nm, 2 – solar altitude 30°

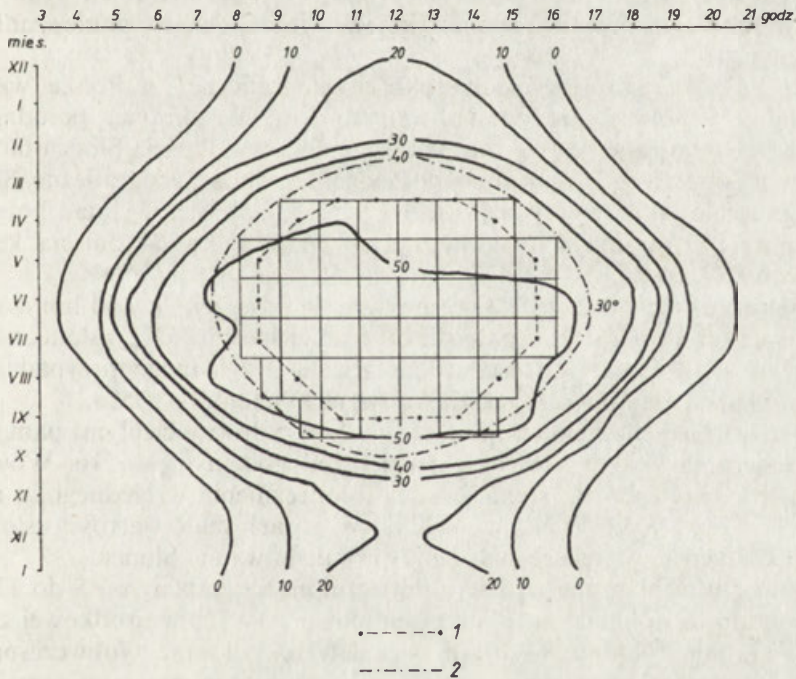


Ryc. 13. Helioizoplety roczne dla Szepletowa w latach 1951–1975 (w %)

1 – krótkofalowa granica UV 297 nm, 2 – wysokość Słońca 30° nad horyzontem

Annual helioisopleths for Szepletowo in the years 1951–1975 (in per cent)

1 – short-wave limit UV 297 nm, 2 – solar altitude 30°



Ryc. 14. Helioizoplety roczne dla Łodzi w latach 1951–1975 (w %)

1 – krótkofalowa granica UV 297 nm, 2 – wysokość Słońca 30° nad horyzontem

Annual helioisopleths for Łódź in the years 1951–1975 (in per cent)

1 – short-wave limit UV 297 nm, 2 – solar altitude 30°

w poszczególnych porach roku oraz miesiącach na obszarze Polski, można wytypować miejscowości, dla których zaznacza się prawdopodobieństwo wystąpienia dużych wartości usłonecznienia. W sezonie wiosenno-letnim będą to miejscowości na obszarach północnych i wschodnich; w sezonie jesiennym — na południowym wschodzie i południu; w sezonie zimowym — na obszarach górskich i podgórskich, na południu kraju.

Na helioizopletach rocznych (ryc. 11–14) można wydzielić przedziały jednogodzinne, w których Słońce przekracza wysokość 30° nad horyzontem. Odpowiednio naniesiona linia zamknięta (o kształcie podobnym do elipsy) oddziela miesiące i godziny w przedziale od godziny 8 do 16 w okresie od kwietnia do września, w których Słońce wznosi się powyżej 30° nad horyzontem.

WARUNKI USŁONECZNIEŃ DLA HELIOTERAPII W PÓŁROCZACH

Półrocze ciepłe (od kwietnia do września) jest tym okresem, w którym można się spodziewać w godzinach od 8 do 16 odpowiednich warunków usłonecznienia dla helioterapii w całej Polsce.

J. Podogrocki (1984) podaje, że wyniki uzyskane z pomiarów ekspedycyjnych i kilkuletniej rejestracji promieniowania UV-B potwierdzają, że w okresie od 4 do 6 miesięcy obszar Polski należy do strefy tzw. komfortu UV. Udział UV w promieniowaniu całkowitym stanowi w przybliżeniu 1/15 jego części.

Istotne znaczenie dla helioterapii ma fakt, że wraz ze wzrostem wysokości Słońca nad horyzontem wzrasta udział promieniowania nadfioletowego (UV) i w ogóle natężenie promieniowania słonecznego z powodu zmniejszania się drogi optycznej.

Wraz ze zmniejszaniem się szerokości geograficznej w Polsce wzrasta maksymalna wysokość Słońca nad horyzontem. W skrajnej południowej szerokości geograficznej jest 74 dni z maksymalną wysokością Słońca 60° nad horyzontem, podczas gdy w skrajnej północnej szerokości geograficznej Słońce nie osiąga wcale takiej wysokości. Liczba dni z wysokością 55° nad horyzontem wynosi 110 dni na krańcu południowym, a tylko 64 dni na krańcu północnym Polski.

W półroczu ciepłym, gdy Słońce znajduje się powyżej 30° nad horyzontem w godzinach od 8 do 16 obszar Polski otrzymuje średnio 52% usłonecznienia względnego. Największe wartości usłonecznienia względnego przypadają na Helu — 59%, a najmniejsze na Kasprowym Wierchu — 35%.

Lepsze warunki dla helioterapii (niż w całym półroczu ciepłym) panują od maja do sierpnia w tym samym przedziale od godziny 8 do 16. Wówczas maksymalnie przypada dla Helu — 62% usłonecznienia względnego, a minimalnie dla Kasprowego Wierchu — 32%. W górach małe wartości usłonecznienia rekompensuje większe natężenie promieniowania Słońca.

W półroczu ciepłym najbardziej usłonecznione są godziny od 8 do 12. Na północy kraju są to godziny okołopołudniowe 10–12, w środkowej części kraju 9–11, a na południu 8–10; im więc dalej na południe, tym wcześniejsze godziny są bardziej słoneczne (oznacza to, że zachmurzenie w przebiegu dziennym najwcześniej występuje na południu kraju). W półroczu chłodnym

zaś, najbardziej usłonecznione są godziny od 11 do 13, a więc okołopołudniowe – w całym kraju. W półroczu chłodnym rozkład (w czasie i przestrzeni) usłonecznienia kształtuje się odwrotnie niż w półroczu ciepłym. Największe wartości usłonecznienia przypadają wówczas w górach. Wyższe partie gór wznoszą się bowiem ponad niskie chmury warstwowe. W półroczu chłodnym jedynie na terenach górskich i podgórskich można korzystać z promieni słonecznych, szczególnie w październiku i w marcu.

WARUNKI USŁONECZNIENIA DLA HELIOTERAPII W PORZE LETNIEJ

Lato jest najwłaściwszą porą roku dla leczenia promieniami słonecznymi. W trzech miesiącach od czerwca do sierpnia można najintensywniej prowadzić w naszym kraju zabiegi helioterapeutyczne. Składają się na to wysokie wartości natężenia promieniowania słonecznego, długi dzień i na ogół odpowiednia temperatura powietrza oraz okresy z nieprzerwanym usłonecznieniem w ciągu wielu godzin. Decydujące znaczenie ma także wysokość Słońca nad horyzontem, ponieważ przy małej masie optycznej atmosfery dociera do Ziemi największa ilość promieni nadfioletowych.

W okresie letnim występują największe sumy dzienne usłonecznienia. Najszersze granice przedziałów ufności dla wartości średnich dziennych usłonecznienia w miejscowościach najlepiej usłonecznionych w lecie przedstawiają się następująco (wg wielkości malejących w godzinach):

Szepietowo	$5,2 < 7,9 < 10,6$;
Gdynia	$5,0 < 7,8 < 10,7$;
Suwałki	$5,2 < 7,8 < 10,3$;
Ustka	$4,4 < 7,7 < 11,0$;
Hel	$4,7 < 7,7 < 10,7$;
Skierniewice	$4,9 < 7,7 < 10,4$.

Natomiast dla miejscowości najmniej usłonecznionych w lecie najszersze granice przedziałów ufności są następujące (wg wielkości wzrastających w godzinach):

Kasprowy Wierch	$2,6 < 4,6 < 6,5$;
Śnieżka	$2,6 < 5,0 < 7,4$;
Lądek-Zdrój	$3,5 < 5,2 < 6,9$;
Szczawno	$3,2 < 5,4 < 7,7$;
Katowice	$2,7 < 5,5 < 8,3$;
Muszyňa	$3,7 < 5,7 < 7,8$.

Jeżeli podzielimy Polskę na północną i południową wzdłuż równoleżnika 52° , to dla północnej części otrzymamy z danych dla położonych tam 30 miejscowości następujące granice przedziału ufności (w godzinach): $4,6 < 7,4 < 10,1$. Dla południowej zaś części otrzymamy z danych także dla 30 miejscowości (w godzinach): $4,1 < 6,4 < 8,6$ (z prawdopodobieństwem $1 - \alpha = 99,73\%$).

Zakresy przedziałów ufności, w których mogą się mieścić sumy dzienne usłonecznienia lata w różnych miejscowościach w Polsce, świadczą o znacznych możliwościach wykorzystywania usłonecznienia dla helioterapii przede wszystkim w północnej części Polski.

Występowanie sum dziennych usłonecznienia w pewnych określonych granicach przedziału ufności nie jest jednak miarą zupełnie wystarczającą. Dopiero bowiem obliczenie prawdopodobieństwa wystąpienia poza pewnymi granicami, określonymi przez wartości krytyczne, daje pełny obraz kształtowania się średniego usłonecznienia w lecie. Wyznaczone wartości krytyczne wynoszą dla lata: wartość krytyczna dolna 4,3 godziny i wartość krytyczna górna 8,5 godziny.

Średnie prawdopodobieństwo wystąpienia w Polsce sum dziennych usłonecznienia rzeczywistego mniejszego niż 4,3 godziny (w lecie) wynosi 1,6%, a większego niż 8,5 godziny wynosi 7,0%.

W okresie 1951 – 1975/9 sezonów letnich miało bardzo korzystne warunki usłonecznienia, a w 9 innych sezonach letnich wystąpiły warunki bardzo niekorzystne pod względem usłonecznienia.

Usłonecznienie rzeczywiste miesięcy letnich dobrze ilustruje współczynnik zmienności i do pewnego stopnia uwierzytelnia hipotezę o przydatności usłonecznienia dla helioterapii w danej miejscowości. Najmniejsze współczynniki zmienności przypadają na południu kraju (min 9,3% w Rzeszowie i w Zakopanem), największe zaś na północy (max 17,4% w Świnoujściu).

W uwierzytelnianiu hipotezy o przydatności usłonecznienia dla helioterapii pewne znaczenie ma także trend kształtowania się średnich wartości usłonecznienia rzeczywistego w lecie. Trend wzrostowy usłonecznienia stwierdzony został w 7 miejscowościach (przede wszystkim na północy kraju) i tendencja zniżkowa w 5 miejscowościach (na południu Polski).

NORMY USŁONECZNIENIA DLA KLIMATOTERAPII I HELIOTERAPII

POJĘCIE NORMY USŁONECZNIENIA

Normą według R. N. Barnetta (1977) jest średnia arytmetyczna zbioru wartości przedstawiona jako estymator średniej z populacji w przedziale ufności dla założonego poziomu istotności.

Pojęcie normy w klimatologii jest nieco inne i niezgodne z pojęciem normy w najogólniejszym tego słowa znaczeniu. Norma jest tu bowiem wyrażona jedną liczbą w postaci średniej arytmetycznej dla roku, miesiąca lub sezonu — obliczonej ze zbioru wartości 30-letnich (opady atmosferyczne, temperatura powietrza itd.). Bez określenia prawdopodobieństwa wystąpienia tej wartości w populacji nie wykorzystuje się w pełni walorów reprezentacyjności statystycznej estymatora.

W normalizacji bioklimatycznej powinno się stosować dwa rodzaje norm: opisowe i postulatywne. W naszych rozważaniach norma opisowa usłonecznienia do celów helioterapii (dla miejscowości lub regionu) to po prostu reprezentacyjny opis stanów faktycznych (stwierdzonych pomiarami) w ujęciu stochastycznym. Norma postulatywna (helioterapeutyczna) usłonecznienia powinna mieć natomiast charakter opisu pożądanego stanu ilościowego (i ewentualnie jakościowego) usłonecznienia w zależności od określonych potrzeb terapeutycznych. W odniesieniu do helioterapii skonstruowanie takiej normy jest trudne i wymaga specjalistycznej wiedzy lekarskiej. Terapeutyczną normę postulatywną usłonecznienia ustala się na podstawie zbioru relacji bodziec — reakcja. Rachunek statystyczny wielokrotności relacji bodziec — reakcja pozwoli wreszcie skonstruować normę postulatywną, która będzie wyrazem jakościowo i ilościowo określonego skutku leczniczego.

Autor ograniczył się tylko do wskazania liczby dawek rumieniowych możliwych do uzyskania w określonym czasie, np. w miesiącu. Czas i liczbę dawek wykorzystywanych w leczeniu określonej choroby, pozostawiono do rozważań lekarskich.

Normy opisowe usłonecznienia mogą także spełniać rolę cząstkowego wskaźnika wartościowania dobroci warunków klimatoterapeutycznych i w ogóle warunków bioklimatycznych. Mogą także odegrać dość znaczną rolę w planowaniu lokalizacji nowych uzdrowisk, rozbudowy lub likwidacji istniejących oraz w określaniu profilu leczniczego uzdrowiska z uwzględnieniem helioterapii.

Skonstruowanie normy według zjawiska samosterowanego losowo jest kłopotliwe i ryzykowne. Nakładanie się zdarzeń losowych prowadzi zawsze do

dużej nieokreśloności. Jednak, jak wykazuje doświadczenie, estymacja zdarzeń prawdopodobnych ma praktyczną przydatność. Nie należy zatem rezygnować z konstruowania normy nawet wtedy, gdy można się spodziewać normy o dużej tolerancji. Taka norma daje także pewien pogląd na istotę zagadnienia, zwłaszcza gdy tą istotą jest estymacja procesu stochastycznego, jakim jest usłonecznienie w określonym czasie i miejscu.

Ze względu na to, że istnieje zależność ilościowo-jakościowa usłonecznienia od pory roku i wysokości Słońca, normy opisowe do celów helioterapii obliczono dla miesięcy oraz przedziału czasowego, w którym wysokość Słońca nad horyzontem jest większa od 30° po wschodzie Słońca i nie mniejsza niż 30° przed zachodem. Jest to (jak wiadomo z teorii promieniowania słonecznego) przedział wysokości Słońca, w którym może docierać do powierzchni Ziemi (zależnie od własności optycznych atmosfery) znaczące ilościowo i jakościowo dla helioterapii promieniowanie nadfioletowe (Góra 1973, Słomka 1973, Tyczka 1973).

NORMY USŁONECZNIENIA DLA KLIMATOTERAPII

Za punkt wyjścia do określenia norm dla helioterapii przyjęto normy używane w klimatoterapii w sensie norm klimatologicznych. Różnica polega na tym, że w porównaniu z normą klimatologiczną wprowadza się do normy dla celów klimatoterapii przedziały ufności dla wartości średniej usłonecznienia rejestrowanego od wschodu do zachodu Słońca. Natomiast do celów helioterapii ustala się normy tylko dla miesięcy od maja do sierpnia i w odpowiednim przedziale czasowym warunkującym dopływ promieniowania erytemalnego.

Najwyższa norma klimatoterapeutyczna, wyrażona w średnich sumach rocznych, przypada w Szepietowie (Nizina Północnopodlaska): $1615 < 1675 < 1735$; najmniejsza zaś norma — w Katowicach (Wyżyna Śląska): $1220 < 1285 < 1350$.

W czterech wyróżnionych grupach usłonecznienia normy roczne dla klimatoterapii przedstawiają się następująco:

Grupa I	$1540 < 1590 < 1640$;
Grupa II	$1545 < 1600 < 1655$;
Grupa III	$1440 < 1480 < 1520$;
Grupa IV	$1360 < 1410 < 1460$.

Norma dla całej Polski wynosi: $1465 < 1525 < 1585$.

NORMY USŁONECZNIENIA DLA HELIOTERAPII

Jak już wspomniano dla helioterapii istotny jest dopływ promieniowania słonecznego w tych godzinach, w których Słońce wznosi się powyżej 30° nad horyzontem i dlatego może zawierać promieniowanie nadfioletowe. Najdłuższe przedziały czasowe z wysokością Słońca powyżej 30° przypadają na okres od maja do sierpnia w godzinach od 8 do 16. Przyjmujemy je za optymalne dla

helioterapii. To optimum będzie dla nas podstawą do znormalizowania warunków usłonecznienia i, co za tym idzie, do znormalizowania potencjalnych liczb dawek rumieniowych dla potrzeb leczniczych.

Normy helioterapeutyczne usłonecznienia wyrażone zostały w procentach usłonecznienia możliwego w przedziale od godziny 8 do 16 dla kolejnych miesięcy od maja do sierpnia. Największa norma przypada w czerwcu dla Helu: $64 < 66 < 70$. Bardzo wysokie normy występują także w sierpniu dla Helu: $58 < 63 < 68$ i dla Szepletowa: $58 < 63 < 67$.

NORMA DAWEK RUMIENIOWYCH

Jeżeli się przyjmie dla całej Polski, wyznaczone dla wybrzeża Bałtyku (z braku innych), dawki rumieniowe według diagramu S. Tyczki (1973), to przedział od godziny 8 do 16 przy bezchmurnym niebie, czyli przy 100% usłonecznienia, może zawierać maksymalnie następujące liczby dawek: w maju – 12,0 w czerwcu – 12,3 w lipcu – 11,9 i w sierpniu – 10,7.

Mając maksymalne liczby dawek dziennych (dla 8 godzin) i wyznaczone uprzednio normy helioterapeutyczne w każdym miesiącu, obliczono normy dawek rumieniowych.

Wyniki obliczeń norm helioterapeutycznych usłonecznienia i norm dawek rumieniowych w przedziałach godzinnych od 8 do 16 kilku wybranych miejscowości przedstawia tabela 4.

Według B. Mączyńskiego (1978) podczas kuracji helioterapeutycznej maksymalna dawka promieniowania nadfioletowego, zalecana choremu, nie przekracza trzech dawek rumieniowych dziennie. Wyjątkowo tylko w niektórych chorobach skóry chorzy otrzymują większe liczby dawek. Dla większości kuracjuszy warunki usłonecznienia w miesiącach od maja do sierpnia zapewniają potrzebną liczbę dawek rumieniowych w ciągu pobytu w sanatoriach na obszarze całego kraju.

Tak jak ważne jest otrzymanie potrzebnej do leczenia lub profilaktyki zalecanej liczby dawek rumieniowych, tak samo albo jeszcze ważniejsze jest nieprzedawkowanie, które może być niebezpieczne dla organizmu człowieka. Dlatego więc aktywne promieniowanie słoneczne należy dawkować stopniowo i z umiarem.

NORMY USŁONECZNIENIA I NORMY DAWEK RUMIENIOWYCH W PORZE LETNIEJ

Najczęściej wykorzystywanym dla helioterapii i najkorzystniejszym jest okres lata (od czerwca do sierpnia).

Bardzo duże normy helioterapeutyczne dla przedziału ośmiogodzinnego przypadają w lecie na północy i na wschodzie kraju. Maksimum przypada na środkowym wybrzeżu Bałtyku w Gdyni (Pobrzeże Gdańskie): $60 < 64 < 69\%$. Podobnie duże normy wynikają z obliczeń dla Ustki i dla Helu. Najmniejsza norma helioterapeutyczna (ze względu na porę letnią) wynika dla Kasprowego Wierchu: $29 < 32 < 35\%$. Drugie minimum występuje na Śnieżce.

Normy		
Miesiąc	Norma helioterapeutyczna usłonecznienia w %	Norma liczby dawek rumieniowych
Kolobrzeg		
Maj	51 < 56 < 60	6,1 < 6,7 < 7,2
Czerwiec	58 < 61 < 64	7,1 < 7,5 < 7,9
Lipiec	51 < 56 < 61	6,1 < 6,7 < 7,3
Sierpień	56 < 60 < 65	6,0 < 6,4 < 7,0
Hel		
Maj	54 < 58 < 62	6,5 < 7,0 < 7,4
Czerwiec	64 < 66 < 70	7,9 < 8,1 < 8,6
Lipiec	54 < 59 < 64	6,4 < 7,0 < 7,6
Sierpień	58 < 63 < 68	6,2 < 6,7 < 7,3
Białowieża		
Maj	43 < 47 < 50	5,2 < 5,6 < 6,0
Czerwiec	48 < 53 < 57	5,9 < 6,5 < 7,0
Lipiec	50 < 55 < 60	6,0 < 6,5 < 7,1
Sierpień	54 < 58 < 62	5,8 < 6,2 < 6,6
Warszawa		
Maj	50 < 54 < 58	6,0 < 6,5 < 7,0
Czerwiec	58 < 61 < 64	7,1 < 7,5 < 7,9
Lipiec	54 < 59 < 63	6,4 < 7,0 < 7,5
Sierpień	57 < 62 < 66	6,1 < 6,6 < 7,1
Werbkowice		
Maj	46 < 50 < 54	5,5 < 6,0 < 6,5
Czerwiec	52 < 56 < 60	6,4 < 6,9 < 7,4
Lipiec	54 < 57 < 60	6,4 < 6,8 < 7,1
Sierpień	56 < 60 < 63	6,0 < 6,4 < 6,7
Polanica		
Maj	44 < 48 < 52	5,3 < 5,8 < 6,2
Czerwiec	48 < 50 < 52	5,9 < 6,2 < 6,4
Lipiec	48 < 53 < 58	5,7 < 6,3 < 6,9
Sierpień	52 < 56 < 60	5,6 < 6,0 < 6,4
Zakopane		
Maj	37 < 41 < 45	4,4 < 4,9 < 5,4
Czerwiec	37 < 40 < 44	4,6 < 4,9 < 5,4
Lipiec	42 < 45 < 49	5,0 < 5,4 < 5,8
Sierpień	46 < 50 < 53	4,9 < 5,4 < 5,7
Kasprowy Wierch		
Maj	28 < 32 < 35	3,4 < 3,8 < 4,2
Czerwiec	24 < 27 < 31	3,0 < 3,3 < 3,8
Lipiec	28 < 31 < 34	3,3 < 3,7 < 4,0
Sierpień	35 < 38 < 42	3,7 < 4,1 < 4,5

Na podstawie norm helioterapeutycznych usłonecznienia wyrażonych w procentach usłonecznienia możliwego w przedziale godzin od 8 do 16 oraz maksymalnej liczby dawek rumieniowych w lecie, tj. 11,6 w tymże przedziale – zostały obliczone normy dawek dla warunków usłonecznienia w lecie. Dla północnej części kraju średnia norma dawek rumieniowych wynosi: $6,1 < 6,6 < 7,1$, a dla południowej $5,5 < 6,0 < 6,4$.

ZAKOŃCZENIE I WNIOSKI

ZAKOŃCZENIE

Wyniki uzyskane w tej pracy pozwoliły poznać rozkład usłonecznienia Polski w czasie i przestrzeni oraz ocenić przydatność tego usłonecznienia dla helioterapii. Były one także punktem wyjścia do wszystkich poczynań badawczych, mających na celu udzielenie odpowiedzi na pytania postawione na początku pracy.

1. Na wiosnę i w lecie Polska północna w porównaniu z południową wyróżnia się lepszymi warunkami usłonecznienia. Na jesieni najlepsze warunki usłonecznienia występują na południowym wschodzie i na południowych krańcach Polski. W zimie zaś najkorzystniejsze warunki są na południu i na południowym zachodzie (obszary podgórskie i górskie).

2. Zmienność czasowa usłonecznienia na obszarze Polski jest nieco większa niż zmienność czasowa zachmurzenia. Największa zmienność usłonecznienia zaznaczyła się na obszarze południowo-zachodnim, natomiast najmniejsza – na południowych krańcach Polski.

3. Głównym i bezpośrednim czynnikiem kształtującym usłonecznienie Polski jest zachmurzenie. Analiza statystyczna wykazała, że korelacja usłonecznienia z zachmurzeniem jest silna na całym obszarze kraju.

4. Istnieje istotna korelacja usłonecznienia z szerokością i długością geograficzną. W półroczu ciepłym wzrost usłonecznienia następuje wraz ze wzrostem szerokości geograficznej; odwrotnie jest w półroczu chłodnym. Korelacja usłonecznienia z długością geograficzną wykazała dla lata i dla roku wzrost usłonecznienia w kierunku wschodnim.

5. W ogólnym obrazie usłonecznienia Polski zaznacza się także jego związek z hipsometrią. Jest to jednak związek pośredni, albowiem usłonecznienie zależy tu tylko od zachmurzenia, które kształtuje się między innymi pod wpływem hipsometrii. Dla półroczia ciepłego oraz dla lata, a także dla całego roku korelacja jest odwrotna. W półroczu chłodnym zaś i w zimie korelacja jest prosta.

6. W wieloleciu (tj. od początków rejestracji usłonecznienia w Polsce od 1891 r. do 1975 r.) zaznaczał się na ogół trend spadkowy usłonecznienia. W rozpatrywanym okresie 25-lecia (1951 – 1975), jeśli chodzi o wartości roczne, tylko w 12 miejscowościach (na południu kraju) była istotna tendencja spadkowa usłonecznienia, co stanowi 20% badanych miejscowości, a tendencja zwyżkowa – w 2 miejscowościach. Dla letnich wartości usłonecznienia istotną tendencję niżkową stwierdzono tylko w 5 miejscowościach (na południu kraju),

natomiast istotną tendencję zwyżkową – w 7 miejscowościach (przede wszystkim na północnym zachodzie).

7. Wybrana eksperymentalnie metoda delimitacji za pomocą średnich krajowych wartości usłonecznienia względnego i zachmurzenia umożliwia podzielenie (z wystarczającą ścisłością) obszaru Polski pod względem typologicznym usłonecznienia i zachmurzenia.

8. Wyróżniono cztery grupy miejscowości: 2 grupy o usłonecznieniu większym niż średnia krajowa i 2 grupy o usłonecznieniu mniejszym niż ta średnia (dla pór roku i dla roku). Najkorzystniejszymi z punktu widzenia helioterapii warunkami usłonecznienia na wiosnę i w lecie wyróżniają się następujące regiony: Pobrzeże Gdańskie, Pobrzeże Koszalińskie, Nizina Północnopodlaska, Nizina Środkowomazowiecka, Wyżyna Zachodniowołyńska i Wzniesienia Południowomazowieckie. Na jesieni zaś – Nizina Środkowomazowiecka, Nizina Południowopodlaska, Wyżyna Zachodniowołyńska, Wyżyna Kielecko-Sandomierska. Poza tym na jesieni i w zimie bardzo dobre warunki usłonecznienia panują w górach i na podgórzu, tj. w Beskidach Zachodnich, na Podhalu i w Tatrach.

9. Dobrym kryterium usłonecznienia przydatnego do helioterapii są normy wyznaczone dla miesięcy od maja do sierpnia w godzinach od 8 do 16. Wychodzi się z założenia, że przy wysokości Słońca powyżej 30° nad horyzontem udział promieniowania nadfioletowego (i jego skład spektralny) w promieniowaniu słonecznym jest odpowiedni do prowadzenia zabiegów helioterapeutycznych. W tych warunkach usłonecznienie na obszarze całej Polski wynosi około 52% usłonecznienia możliwego.

10. Duże zróżnicowanie usłonecznienia na obszarze Polski sprawia, że nie można wyznaczyć jednej normy helioterapeutycznej, reprezentatywnej dla całej Polski. Zależnie więc od zróżnicowania usłonecznienia, wyznaczono normy dla wyłonionych czterech grup usłonecznienia oraz dla różnych regionów kraju.

11. Największe normy helioterapeutyczne przypadają dla obszarów północnych, szczególnie nadmorskich, nieco mniejsze dla obszarów nizinnych środkowej Polski, a najmniejsze dla obszarów podgórskich i górskich.

12. W półroczu ciepłym najbardziej usłonecznione prawie w całej Polsce są godziny od 8 do 12. Na północy, a szczególnie na zachodnim wybrzeżu Bałtyku najwięcej usłonecznione są godziny od 10 do 12; w środkowych obszarach kraju – od godziny 9 do 11; na południu, w górach – od godziny 8 do 10. Im bliżej więc południowych krańców Polski, tym wcześniejsze godziny są najbardziej usłonecznione. W półroczu chłodnym najwięcej usłonecznione są godziny okołopołudniowe (od 11 do 13) na całym obszarze kraju.

WNIOSKI

Z uzyskanych rezultatów badań usłonecznienia w Polsce można wyciągnąć poniższe wnioski.

1. Usłonecznienie Polski jest wyraźnie zróżnicowane w czasie i przestrzeni.
2. Duża zmienność usłonecznienia z roku na rok w niektórych regionach kraju utrudnia przewidywanie możliwości wykorzystania usłonecznienia dla helioterapii.

3. Dysponując tylko danymi o zachmurzeniu można oszacować usłonecznienie na podstawie funkcji regresji i odwrotnie: na podstawie danych o usłonecznieniu można oszacować zachmurzenie.

4. Walory rekreacyjne i uzdrowiskowe pod względem usłonecznienia są lepsze w półroczu ciepłym na północy kraju niż na południu; odwrotnie jest w półroczu chłodnym. W kierunku z zachodu na wschód zaznaczają się korzystniejsze warunki usłonecznienia w lecie i w ciągu roku. Izohela roczna odpowiadająca średniej krajowej kształtuje się pod wpływem zarówno szerokości geograficznej (w większym stopniu), jak i długości geograficznej (w mniejszym stopniu); jest jak gdyby wypadkową działania obu tych czynników.

5. Występuje wyraźny związek (pośredni) usłonecznienia z hipsometrią: w półroczu ciepłym im wyżej nad poziomem morza, tym usłonecznienie jest coraz mniejsze, odwrotnie jest w półroczu chłodnym: im wyżej tym usłonecznienie jest większe.

6. Kierunek tendencji usłonecznienia w Polsce wskazuje na pewne zahamowanie trendu spadkowego usłonecznienia, szczególnie w północnej części kraju, gdzie od początku rejestracji usłonecznienia w Polsce zaznaczyła się tendencja zniżkowa. Można przypuszczać, że w ostatnich latach zanieczyszczenie atmosfery zmniejszyło się, albo – że warunki meteorologiczne sprzyjają większemu usłonecznieniu.

7. Na podstawie wyróżnionych grup miejscowości na obszarze Polski wskazano najlepiej usłonecznione regiony kraju, np. Pobrzeże Gdańskie, Nizina Północnopodlaska, Nizina Środkowomazowiecka. Na tych terenach można rozbudować już istniejące uzdrowiska lub zbudować nowe z ukierunkowaniem na intensywne leczenie promieniami słonecznymi w okresie od maja do sierpnia.

8. Na podstawie norm dawek rumieniowych wynika, że liczba potrzebnych dawek będzie na pewno wystarczająca w ciągu trzech do czterech tygodni pobytu chorego w uzdrowiskach na obszarze niemal całego kraju, jeśli jego pobyt będzie przypadał na miesiące od maja do sierpnia.

9. Lekarze fizykoterapeuci mogą wykorzystać w praktyce leczniczej wyznaczone normy dawek rumieniowych w poszczególnych regionach fizycznogeograficznych i kierować chorych do odpowiednich uzdrowisk.

10. Niemniej istotne w praktyce uzdrowiskowej jest wykazanie najbardziej usłonecznionych godzin w przebiegu dziennym, szczególnie dla półroczia ciepłego. Może to mieć duże znaczenie praktyczne w planowaniu zabiegów klimatoterapeutycznych, a przede wszystkim helioterapeutycznych.

11. Wyniki uzyskane w tym opracowaniu mogą mieć szerokie zastosowanie w skali kraju, albowiem dotyczą długiego okresu i całego obszaru Polski.

12. Opracowanie dostarcza wiele informacji praktycznych, przydatnych dla klimatologów, rolników, botaników, zoologów i zootechników. W dziedzinie naturalnego źródła oświetlenia, specjaliści znajdą tu również wiele interesujących wiadomości. Wyniki zawarte w pracy mogą także wykorzystać planiści przy sporządzaniu planów ogólnych i szczegółowych zagospodarowania przestrzennego obszarów uzdrowiskowych, jak też wypoczynkowych.

LITERATURA

- Angell J. K., Korshover J., Cotton G. T., 1984, *Variation in United States Cloudiness and Sunshine*, 1950–82, *J. Clim. App. Met.*, 23.
- Barnett R. N., 1977, *Statystyka w laboratorium klinicznym*, PZWL Warszawa.
- Bielinskij W. A., Andrienko L. M., 1976, *Ultrafioletowa radiacja Słońca i nieba na ziemnym sariu*.
- Black J. N., Bonython C. W., Prescott J. A., 1954, *Solar Radiation and the Duration of Sunshine*, *Q. J. Met. Soc.*, 80.
- Błażejczyk K., 1983, *Bioklimatyczna ocena i typologia uzdrowisk Polski*, *Dok. Geogr.*, 3.
- Brody C. (red.), 1938, *Traité d'Helio- et d'Actinologie*, Tome I, II, Maloine, Paris.
- Chomicz K., Kuczmarska L., 1971, *Zachmurzenie i usłonecznienie w Polsce*, *Przegl. Geofiz.*, 16 (24), 1, 2.
- Gorczyński E., 1903, *Badania nad przebiegiem rocznym insolacji*, *Rozpr. Akad. Umiejęt.* 43.
- 1910, *O przebiegu rocznym i dziennym usłonecznienia w Krakowie*, *Spr. Tow. Nauk. Warsz.* 3.
- 1913, *O insolacji ziem polskich*, *Encyklopedia Polska*, Akad. Umiejęt. 1.
- 1914, *Wartości usłonecznienia dla Warszawy w okresie 1903–1913*, *Wiad. Mat.*, 18.
- 1932, *Czas trwania usłonecznienia Gdyni z Gdańskiem oraz na Helu na tle stacji polskich i całego Bałtyku*, *Spr. Tow. Nauk. Warsz.* 32.
- 1938, *O uprzywilejowanym charakterze usłonecznienia na wybrzeżu polskim w porównaniu z innymi dzielnicami Polski*, *Spr. Tow. Nauk. Warsz.* 31, 7/9
- 1939, *Stosunki usłonecznienia dla Warszawy (1903–1938) oraz ich porównanie z Gdynią i Gdańskiem*, *Spr. Tow. Nauk. Warsz.*, 32, 1–3.
- 1948, *Porównanie czasu trwania usłonecznienia dla heliografów używanych w Ameryce i w Europie*, *Przegl. Met. Hydr.* 2–4.
- 1951, *O insolacji Gdańska, Sopotu i Gdyni w porównaniu z Warszawą*, *Stud. Soc. Sc. Tor.*, Toruń, 2, 4.
- 1955, *Czas trwania usłonecznienia w Toruniu na tle usłonecznienia Polski i Europy*, *Studia Soc. Sc. Torun.*, 2, 1.
- Góra T., 1973, *Określenie czasu fotochemicznej aktywności promieniowania słonecznego dla potrzeb helioterapii*, *Problemy Uzdr.*, 6 (72).
- Gregorczyk M., Kuczmarowski M., 1979, *Tendencje zmian usłonecznienia w Górnośląskim Okręgu Przemysłowym i na obszarach przyległych*, *Przegl. Geogr.*, 51, 4.
- Jankowiak J., Parczewski W. (red.), 1978, *Bioklimat uzdrowisk polskich*, IMGW, Inst. Balneoklimatyczny.
- Kacvinsky M., 1951, *Slněčný svit a oblačnosť v Hurbanovce*, *Zemepisný Sborník Slov. Akad. Vied. a Umeni*, 3, Bratislava.
- Kłysiak K., 1969, *O usłonecznieniu w Polsce*, *Zesz. Nauk. Uniw. Łódź ser. II*, 32.
- Kondracki J., 1977, *Regiony fizyczno-geograficzne Polski*, *Wyd. Uniw. Warszawskiego*.
- Kozłowska-Szcześna T., 1964, *Badania promieniowania nadfioletowego przy powierzchni Ziemi*, *Prace Inst. Urbanist. Archit.*, 80.
- 1965, *Bioklimat Ciechocinka*, *Problemy Uzdr.*, 4 (26).
- 1984, *Bioklimat polskich uzdrowisk jako podstawowa cecha ich warunków środowiskowych*, *Dok. Geogr.*, 1–2.
- (red.), 1986, *Wyniki badań bioklimatu Polski*, *Opracowanie zespołowe*, *Dok. Geogr.*, 3.
- Krawczyk B., 1975, *Bioklimat uzdrowiska Iwonicz*, *Dok. Geogr.*, 3–4.
- 1979, *Bilans ciepły ciała człowieka jako podstawa podziału bioklimatycznego obszaru Iwonicza*, *Prace Geogr.*, 131.

- Krzyżanowski M., 1977, *Analiza statystyczna zmian zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego w badaniach długofalowych*, Archiwum Ochr. Środ., 1.
- Kuczmarska L., 1964, *Niektóre dane o geograficznym rozkładzie usłonecznienia w Polsce*, Prace Inst. Urbanist. Archit., 80.
- 1965, *Usłonecznienie polskiego wybrzeża Bałtyku*, Balneol. Polska 14, 1–2.
 - 1970, *O związku między całkowitym promieniowaniem słonecznym a czasem usłonecznienia w Polsce*, Wiad. Służ. Hydrol. Met., 6 (18), 2 (82).
- Kuczmarska L., Paszyński J., 1964 a, *Rozkład promieniowania całkowitego na obszarze Polski*, Przegl. Geogr., 36, 4.
- 1964 b, *Przebieg roczny całkowitego promieniowania słonecznego w Polsce*, Przegl. Geofiz., 9 (17), 3–4.
 - 1966, *Całkowite promieniowanie słoneczne w niektórych uzdrowiskach i miejscowościach wypoczynkowych w Polsce*, Wiad. Uzdrow., 1/2.
- Kuczmański M., 1977 a, *Usłonecznienie w Polsce w lecie 1975 roku w aspekcie bioklimatycznym*, Dok. Geogr., 4.
- 1977 b, *Charakterystyka usłonecznienia północnych regionów Polski w okresie 1961–1970*, Zesz. Nauk. Akad. Roln. Tech. w Olsztynie, Rolnictwo, 21.
 - 1978, *Usłonecznienie Polski w lecie 1977 roku*, Problemy Uzdrow., 6 (128).
 - 1979, *Charakterystyka usłonecznienia południowych regionów Polski w okresie 1961–1970*, Dok. Geogr., 2.
 - 1982 a, *Usłonecznienie w Polsce w okresie 1961–1970*, Czas. Geogr. 53, 2.
 - 1982 b, *Usłonecznienie i zachmurzenie w Krakowie*, Przegl. Geofiz. 27, 3–4.
 - 1983, *Trend usłonecznienia i zachmurzenia w Krakowie w porównaniu z trendami w wybranych miastach Polski*, praca wykonana na zlecenie Inst. Kształ. Środ., Oddz. w Krakowie, w ramach opracowania pt. *Określenie uwarunkowań środowiska przyrodniczego dla krytycznej wielkości miasta (m-pis)*.
 - 1984 a, *Możliwości wykorzystania usłonecznienia do celów helioterapii w Polsce*, Dok. Geogr., 1–2.
 - 1984 b, *Bioklimatyczne warunki helioterapii*, [w:] Kozłowska-Szczęśna T. (red.), *Metody badań bioklimatu człowieka*, Problemy Uzdrow., 1–2 (207–208).
- Kuczmański M., Paszyński J., 1981, *Zmienność dobową i sezonową usłonecznienia w Polsce*, Przegl. Geogr., 53, 4.
- Kwiecień K., 1961, *Usłonecznienie Gdyni*, Biul. Państw. Inst. Hydrol. Met., 9.
- Lindholm F., 1955, *Sunshine and Cloudiness in Sweden 1901–1930*, Sver. Met. o. Hydrol. Inst., 11, Geogr. Annlr., 1–2, Stockholm.
- Mączyński B., 1978, *Lecznictwo klimatyczne*, Warszawa.
- Michalczewski J., 1955, *Usłonecznienie i zachmurzenie Zakopanego*, Przegl. Met. Hydrol., 8, 3–4.
- 1959, *Usłonecznienie i zachmurzenie Zakopanego w latach 1924–1948*, Wiad. Służby Hydrol. Met., 6, 5.
- Michna E., 1974, *Usłonecznienie województwa Lubelskiego na tle usłonecznienia Polski*, Folia Soc. Scient. Lubl., 16.
- Morawska M., 1963, *Zachmurzenie i usłonecznienie Krakowa w latach 1859–1958*, Prace Państw. Inst. Hydr. Met., 81.
- Morawska-Horawska M., 1984, *Współczesne zmiany w zachmurzeniu i usłonecznieniu Krakowa na tle 120-lecia*, Przegl. Geofiz., z. 3.
- Okołowicz W., 1962, *Zachmurzenie Polski*, Prace Geogr., 34.
- Orliczowa J., 1968, *Zachmurzenie i usłonecznienie regionu tatrzańskiego*, Ser. Materiały Państw. Inst. Hydrol. Met., Zakopane, Warszawa, Wrocław.
- Parczewski W., 1957, *O współzależności między rodzajem chmur a przebiegiem usłonecznienia*, Przegl. Geofiz., 2 (10), 4.
- 1963, *Fronty atmosferyczne nad Polską*, Wiad. Służ. Hydrol. Met., 7, 59.
- Podogrocki J., 1974, *Rozkład czasowo-przestrzenny promieniowania całkowitego w Polsce*, Materiały Inst. Met. Gosp. Wodn. (m-pis).
- 1984, *Badania aktynometryczne w Polsce i możliwości ich wykorzystania w helioterapii (m-pis w Inst. Met. Gosp. Wodn.)*.
- Puchalski S., 1972, *Measurement of the short-wave limit of the direct UV radiation of the Sun*, Mater. Prace Inst. Geofiz. PAN, 49.

- Słomka J., 1957, *Usłonecznienie we Wrocławiu*, Prace Wrocl. Tow. Nauk., ser. B., 79.
- 1973, *Uwagi i krótkofalowej granicy UV widma słonecznego, usłonecznieniu i czerwonolitej efektywności promieniowania słonecznego*, Problemy Uzdrow., 6 (72).
- Stanghellini C., 1980, *A simple Method for Evaluating Sunshine Duration by Cloudiness Observations*, J. Appl. Met., 20.
- Stenz E., 1927, *Usłonecznienie Pomorza i Wielkopolski*, Kosmos, 52.
- 1928, *O usłonecznieniu w Polsce*, Pamiętnik II Zjazdu Geogr. i Etnogr. Słowiańskich w Polsce w 1927 r.
 - 1929, *Zachmurzenie i usłonecznienie Karpat Wschodnich*, Kosmos, 54.
 - 1930, *O rozkładzie geograficznym usłonecznienia w Polsce*, Kosmos, 55.
 - 1934, *O usłonecznieniu możliwym miejscowości górskich wyznaczonym geometrycznie*, Wiad. Met. Hydrol., 14, 1–6.
 - 1936, *O usłonecznieniu w Warszawie*, Wiad. Met. Hydrol., 16, 10/12.
- Trybowski C., 1955, *Zachmurzenie i usłonecznienie Rabki*, Wiad. Służ. Hydrol. Met., 5, 1.
- Tyczka S., 1963 a, *Klimat solarny wybrzeża Bałtyku*, Przegl. Geofiz., 8 (16), 4.
- 1963 b, *Warunki solarne na wybrzeżu bałtyckim jako fizyczne podstawy dla klimatoterapii*, Wiad. Uzdrow., 1/2.
 - 1964, *Bioklimat Kołobrzegu*, Acta Geogr. Univ. Lodz., 18.
 - 1973, *Zastosowanie danych meteorologicznych i aktynometrycznych w klimatoterapii*, Probl. Uzdrow., 6 (72), 2.
- Tyczka S., Ponikowska I., Marusik T., 1971, *Średnie dawki rumieniowe promieniowania słonecznego dla osób zdrowych, określone w warunkach klimatycznych polskiego wybrzeża Bałtyku*, Balneol. Pol., 16, 3/4.
- Tyczka S., Marusik T., Ponikowska I., 1972, *Warunki insolacyjne wybrzeża Bałtyku – materiały aktynometryczne dla helioterapii*, Balneol. Pol., 17, 1/2.
- Warakowski W., 1962, *Izoneyf miesięczne Polski*, Annls Univ. Mariae Curie-Skłodowska, ser. B, 17, 11.
- 1962, *O częstości występowania poszczególnych rodzajów chmur w Polsce*, Przegl. Geofiz., 3.
 - 1963, *Zachmurzenie w Polsce*, Przegl. Geofiz., 1–2.
 - 1969, *Zachmurzenie i rodzaj chmur w zależności od mas powietrznych w Polsce*, Rozprawa Habilit., Uniw. Marii Curie-Skłodowskiej, Lublin.
- Woś A., 1977, *Zarys struktury sezonowej klimatu Niziny Wielkopolskiej i Pojezierza Pomorskiego*, Seria Goegr., 15, Uniw. A. Mickiewicza, Poznań.
- Zavodska E., 1981, *Biologisch wirksame ultraviolette Strahlung*, Contr. Geophys. Inst. SAS.
- Zinkiewicz W., 1962, *Usłonecznienie względne Polski*, Annls Univ. Mariae Curie-Skłodowska, ser. B, 17, 10.

THE SUNSHINE – DURATION IN POLAND AND ITS SIGNIFICANCE FOR HELIOTHERAPEUTIC PURPOSES

Summary

The aim of this work was to study the geographical distribution and the temporal variability of sunshine duration over Poland's territory, as well as to determine the possibilities of its application in the heliotherapeutic processes used in polish health resorts.

The investigations have been carried out using data from Polish heliographic network, consisting of 60 recording stations of the Institute of Meteorology and Water Management, for the period 1951 – 1975. These data have been proceeded using classic statistical methods. The results thus obtained enabled the cartographic presentation of sunshine duration in Poland, separately for each season of the year. These maps show that northern part of Poland has better conditions of sunshine duration than the southern part in spring and in summer. Contrary conditions prevail in autumn and in winter, when southern part of the country is privileged in relation to the northern part. It is especially distinct in the case of mountains, bordering Poland from the South.

The main and directly acting factor influencing the duration of sunshine in Poland is cloudiness. Its amount depends of the origin of various air-masses. The correlation between cloudiness and sunshine duration is strong in all heliographic stations taken into account.

Another factor modifying the geographical distribution of actual sunshine duration in Poland is the so called „potential duration of sunshine”, depending of Sun's declination and thus of geographical latitude. The length of day is in the northern part of the country longer in the summer half – year and shorter in the winter half-year, than in the southern part of the country.

Therefore, a strong correlation of sunshine duration with geographical latitude is evident. There is also certain correlation with geographical longitude: the sunshine duration increases from West to East in the summer.

There is also a correlation of sunshine duration with altitude: this correlation is positive in the winter half – year (the duration of sunshine increases with the altitude), while it is negative in the summer half – year.

The seasonal variation of sunshine duration over Poland's territory is slightly greater than its spatial variation. Large interannual variation of sunshine duration makes difficult its use by determining the potential possibilities of heliotherapy.

The study of the trend of sunshine duration shows that in 12 stations (mainly in the southern part of Poland) there was a multiannual decreasing trend, and in two stations – increasing trend in the period considered.

It has been possible to divide Polish territory into several climatic regions, taking into account the mean duration of sunshine. Such delimitation has been carried out for every season of the year separately.

The author investigated also the daily variation of sunshine duration. Such a study is of great importance by planning the heliotherapy in health resorts.

Translated by the author

ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ СОЛНЕЧНОГО СИЯНИЯ НА ТЕРРИТОРИИ ПОЛЬШИ И ЕЁ ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ ГЕЛИОТЕРАПИИ

Резюме

Главная цель этой работы — определение пространственного распределения и временной изменчивости продолжительности солнечного сияния на территории Польши, а также изучение возможности его использования в курортном лечении.

Исследования были проведены на основании данных измерений Института метеорологии и водного хозяйства за период 1951—1975 гг. для 60 метеорологических станций. Данные были обработаны с помощью классических методов математической статистики. На основе результатов исследований было возможным составление карт представляющих географическое распределение продолжительности солнечного сияния на территории Польши отдельно для каждого времени года. Из этих карт видно, что в летнее полугодие в северной части страны продолжительность солнечного сияния больше чем в южной и на оборот — в зимнее полугодие на юге среднее время солнечного сияния длиннее чем на севере. Это явление выступает особенно резко в случае гор на южной границе страны.

Самым главным и непосредственно формирующим продолжительность солнечного сияния излучением на территории Польши фактором является облачность, величина которой зависит от атмосферных масс наплывающих над территорию страны. Была отмечена сильная корреляция между продолжительностью освещения солнечным излучением и облачностью для всех станций, где велись измерения.

Другим фактором влияющим на продолжительность солнечного сияния является его максимальная возможная величина, которая зависит от деклинации Солнца а таким образом и от географической широты. В летнее полугодие долгота дня больше на севере Польши чем на юге; в зимнее полугодие на оборот — день на севере короче чем на юге. Поэтому резко отмечается связь между продолжительностью солнечного сияния и географической широтой.

Существует тоже небольшая корреляция между продолжительностью солнечного сияния и географической долготой: в летний сезон продолжительность солнечного сияния возрастает с запада на восток.

В общем изображении продолжительности солнечного сияния на территории Польши выступает тоже косвенная связь с гипсометрией. Для теплого полугодия корреляция с высотой обратная, для холодного полугодия — простая.

Временная изменчивость продолжительности освещения солнечным излучением немного больше чем временная изменчивость облачности. Большая изменчивость продолжительности солнечного сияния с года в год осложняет предвидение возможности его использования в гелиотерапии.

Изучение долгосрочных тенденций продолжительности солнечного сияния доказало, что в двадцатипятилетии (1951—1975) из 60 станций двенадцать (на юге страны) проявляет тенденцию к снижению, а две станции — тенденцию к повышению.

Для каждого времени года были определены наиболее благоприятные в отношении продолжительности солнечного сияния физикогеографические районы.

Автором изучен тоже дневной ход солнечного сияния, что для теплого полугодия имеет существенное значение для определения самых удобных сроков гелиотерапевтических процедур в курортах.

Перевела М. Кияк

PROCEEDINGS OF THE CONFERENCE ON THE HISTORY OF THE POLISH PEOPLE

1956

The conference was held in the city of Poznan, Poland, from the 15th to the 20th of September, 1956. It was organized by the Polish Historical Society and the Polish People's Republic. The main theme of the conference was the history of the Polish people, with particular emphasis on the period of the Second World War and the Polish resistance movement. The conference was attended by a large number of scholars and historians from Poland and other countries. The proceedings of the conference are published in the form of a book, which contains the papers presented at the conference. The book is divided into several sections, each dealing with a different aspect of the history of the Polish people. The first section deals with the general history of Poland, while the second section deals with the history of the Polish resistance movement. The third section deals with the history of the Polish people during the Second World War, and the fourth section deals with the history of the Polish people in the post-war period. The book is a valuable contribution to the study of the history of the Polish people, and it is highly recommended to all those who are interested in this subject.

WYDAWNICTWA IGIPIZ PAN
VARIA

Bibliografia geografii polskiej 1983, 1987, s. 428, zł 1200, -

Streszczenie prac habilitacyjnych i doktorskich 1986, 1987, 1988, s. 134, zł 300, -

Centralny katalog zbiorów kartograficznych w Polsce

zeszyt 5. Wieloarkuszowe mapy typograficzne Polski 1576-1870, 1984, cz. 1, s. 109, cz. 2 tab. 220, zł 3500, -

Katalog dawnych map Rzeczypospolitej Polskiej w kolekcji Emeryka Hutten-Czapskiego i w innych zbiorach. Oprac. W. Kret, 1978, s. 164, 37 map, zł 140, -; t. 2, Mapy XVIII wieku.

ERRATA

Str.	Jest	Powinno być
24	brak fragmentu podpisu w jęz. ang. do ryciny 8	Mean values for the whole country: sunshine duration - 43.4%, cloudiness - 59.3%, I - sunshine duration above country-mean, cloudiness below country-mean; II - sunshine duration and cloudiness above country-mean; III - sunshine duration and cloudiness below country-mean; IV - sunshine duration below country-mean, cloudiness above country-mean
25	brak fragmentu podpisu w jęz. ang. do ryciny 10	Mean values for the whole country: sunshine duration - 17.3%, cloudiness - 75.9%, I - sunshine duration above country-mean, cloudiness below country-mean; II - sunshine duration and cloudiness above country-mean; III - sunshine duration and cloudiness below country-mean; IV - sunshine duration below country-mean, cloudiness above country-mean
24, 9 g.	sansblne	sunshine
25, 9 g.	clondinness	cloudiness

Uśłonecznienie Polski...

WYKAZ ZESZYTÓW DOKUMENTACJI GEOGRAFICZNEJ
za ostatnie lata

1988

- 1 H. LIBURA — Badania wyobrażeń geograficznych na przykładzie mieszkańców Sanoka, s. 90, zł 100, —
- 2-3 J. KOSTROWICKI (red.) — Wybrane zagadnienia z geografii rolnictwa, s. 103, zł 100, —
- 4 I. DYNOWSKA (red.) — Antropogeniczne uwarunkowania zmian odpływu i reżimu rzek w różnych regionach Polski, s. 95, zł 100, —
- 5-6 L. KASPRZAK — Dyferencjacja mechanizmów formowania stref marginalnych faz leszczyńskiej i poznańskiej ostatniego zlodowacenia na Nizinie Wielkopolskiej, s. 159, zł 200, —

1989

- 1 J. MALCZEWSKI — Przestrzenna organizacja placówek podstawowej ochrony zdrowia (na przykładzie dzielnicy Warszawa-Wola), s. 98, zł 130, —
- 2 M. BARTNICKA — Wyobrażenia przestrzeni miejskiej Warszawy (studium geografii percepcji), s. 92, zł 130, —
- 3-4 Z. ZWOLIŃSKI — Geomorficzne dostosowywanie się koryta Parsęty do aktualnego reżimu rzecznoego, s. 144, zł 260, —
- 5 A. ŁAJCZAK — Zróżnicowanie transportu zawiesiny w karpackiej części dorzecza Wisły, s. 85, zł 130, —
- 6 P. JOKIEL, K. KOŻUCHOWSKI — Zmiany wybranych charakterystyk hydroklimatycznych Polski w bieżącym stuleciu, s. 94, zł 130, —

1990

- 1 A. KOTARBA (red.) — Współczesne procesy morfogenetyczne w Polsce. Wybrane zagadnienia (w druku)
- 2-3 B. LUCHTER — Przestrzenne związki użytkowania ziemi w Krakowie, s. 91.
- 4 M. KUCZMARSKI — Usłonecznienie Polski i jego przydatność dla helioterapii, s. 69.
- 5-6 M. DEGÓRSKI — Warunki siedliskowe kateny ekosystemów leśnych na Wysoczyźnie Rawskiej (ze szczególnym uwzględnieniem dynamiki wodno-troficznych właściwości gleb), (w druku)