KLIMAT WARSZAWY
I MIEJSCOWOŚCI STREFY PODMIEJSKIEJ

MARIA STOPA-BORYCZKA
JERZY BORYCZKA
JOLANTA WAWER
MAGDALENA DOBROWOLSKA
MICHAŁ OSOWIEC
ELŻBIETA BŁAŻEK
JAN SKRZYPCZUK

XXIV. THE CLIMATE OF WARSAW AND ITS SUBURBS

atlas

OF INTERDEPENDENCE OF METEOROLOGICAL AND GEOGRAPHICAL PARAMETERS IN POLAND

Warszawa 2010

MARIA STOPA-BORYCZKA
JERZY BORYCZKA
JOLANTA WAWER
MAGDALENA DOBROWOLSKA
MICHAŁ OSOWIEC
ELŻBIETA BŁAŻEK
JAN SKRZYPCZUK

XXIV. KLIMAT WARSZAWY I MIEJSCOWOŚCI STREFY PODMIEJSKIEJ

atlas
WSPÓŁZALEŻNOŚCI PARAMETRÓW METEOROLOGICZNYCH I GEOGRAFICZNYCH W POLSCE

Warszawa 2010

Komitet Redakcyjny

Krzysztof BŁAŻEJCZYK
Maria STOPA-BORYCZKA
Jerzy BORYCZKA
Jolanta WAWER
Władysław ŻAKOWSKI

Opracowanie edytorskie
Magdalena Dobrowolska

Recenzent
Bohdan Mucha

© Copyright by Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego 2010

ISBN 978-83-89502-09-4

Skład i łamanie
Magdalena Dobrowolska

Druk i oprawa: Zakład Graficzny UW, zam nr

SPIS TREŚCI

I. WPROWADZENIE **7**

II. WKŁAD ZAKŁADU KLIMATOLOGII W BADANIA KLIMATU WARSZAWY **13**

III. KLIMAT MIASTA I MIEJSCOWOŚCI PODWARSZAWSKICH W PRACACH MAGISTERSKICH ZAKŁADU KLIMATOLOGII UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO **31**

3.1. Klimat i bioklimat Konstancina **31**

3.1.1. Charakterystyka warunków bioklimatycznych Śródmieścia Warszawy i uzdrowiska Konstancin 31

3.1.2. Klimat lokalny uzdrowiska Konstancin 41

3.1.3. Warunki klimatoterapii w uzdrowisku Konstancin 52

3.1.4. Warunki termiczno-wilgotnościowe pomieszczeń sanatoryjnych o ekspozycji południowej w Konstancinie 62

3.1.5. Warunki termiczno-wilgotnościowe pomieszczeń sanatoryjnych o ekspozycji północnej w Konstancinie 72

3.2. Klimat i bioklimat Otwocka **84**

3.2.1. Wpływ cyrkulacji na ciśnienie atmosferyczne w Warszawie w latach 1981-2000 84

3.2.2 Wpływ cyrkulacji nad Polską na ciśnienie atmosferyczne (na przykładzie Świdra, 1981-1990) 93

3.2.3. Zmiany roczne ciśnienia atmosferycznego w 10-leciu 1981-1990 na przykładzie obserwacji w Świdrze 101

3.2.4. Ogólna charakterystyka klimatu Świdra 113

3.2.5. Bioklimat Otwocka 122

3.2.6. Zmiany odczucia termicznego w Otwocku w latach 1991-1995 127

3.3. Klimat Wesołej k. Warszawy **136**

3.3.1 Charakterystyka klimatu lokalnego Wesołej k. Warszawy 136

3.4. Klimat Legionowa **145**

3.4.1. Charakterystyka klimatu Legionowa (1971-1980)..... 145
3.4.2. Inwersje temperatury przyziemne i w swobodnej atmosferze w Legionowie w okresie II 1954-31 XII 1958 155
3.5. Bioklimat Dziekanowa Leśnego **168**
3.5.1. Bioklimat Dziekanowa Leśnego 168
3.6. Klimat w Morach **176**
3.6.1 Charakterystyka termiczna sezonu grzewczego 1976/77 na przykładzie stacji w Morach 176
3.6.2. Charakterystyka warunków wilgotnościowych sezonu grzewczego 1976/77 na przykładzie stacji w Morach .. 184
3.7. Klimat Brwinowa **191**
3.7.1. Promieniowanie całkowite w Warszawie w okresie 1966-1970 191
3.7.2. Związek między temperaturą powietrza i gruntu na stacji meteorologicznej w Brwinowie w latach 1956-1965 204
3.8. Klimat i bioklimat Okęcia **211**
3.8.1. Zależność temperatury od cyrkulacji atmosferycznej na przykładzie stacji Warszawa-Okęcie w okresie 1981-1990 .. 211
3.8.2. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na temperaturę powietrza w Warszawie w 10-leciu 1951-1960 221
3.8.3. Warunki występowania susz atmosferycznych na Równinie Warszawskiej w latach 1951-1990 na przykładzie stacji Warszawa-Okęcie 231
3.8.4. Ostrość i śnieżność zim w Warszawie w latach 1965-1995 ... 244
3.8.5 Charakterystyka warunków odczuwalnych otoczenia Warszawy na przykładzie stacji Okęcie w latach 1966-1970 254
3.8.6. Klimat lotniska Warszawa-Okęcie (1951-1960) 261
IV. WPŁYW URBANIZACJI NA WARUNKI KLIMATYCZNE W WARSZAWIE 279
V. WARUNKI NEFOLOGICZNE W WARSZAWIE 299
VI. ZAKOŃCZENIE 309
VII. LITERATURA 326

I. WPROWADZENIE

Pierwszą część syntezy studenckich badań w zakresie naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu miasta stanowi publikacja Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego pt. „*Klimat Wielkiej Warszawy w pracach magisterskich Zakładu Klimatologii w latach 1952-2007*", wydana z okazji XII Pikniku Naukowego Polskiego Radia BIS i Centrum Nauki Kopernik, który odbył się 14 czerwca 2008 roku w Warszawie.

Głównym problemem badawczym jest deformacja pól zmiennych klimatologicznych i bioklimatologicznych przez miasto w różnych skalach przestrzennych i czasowych na przykładzie odpowiednio dobranych 37 prac magisterskich, z ogólnej liczby 150. Oryginalną część pracy stanowią rozwiązania następujących problemów:

- Cechy klimatu miasta nizinnego na przykładzie Warszawy
- Deformacja pól zmiennych meteorologicznych w Warszawie z wyodrębnieniem miejskiej wyspy ciepła
- Rola zieleni miejskiej w kształtowaniu warunków termicznych i wilgotnościowych w Warszawie
- Deformacja pola wiatru przez zabudowę w Warszawie
- Zmienność przestrzenna i czasowa warunków odczuwalnych w Warszawie
- Wpływ zabudowy na zróżnicowanie zachmurzenia w Warszawie
- Zmienność czasowa i przestrzenna opadów atmosferycznych w Warszawie i okolicach
- Cykliczność i tendencje zmian klimatu Warszawy
- Wahania roczne i tendencje zmian zjawisk atmosferycznych
- Stan aerosanitarny Warszawy

Wymienione problemy należą do najczęściej podejmowanych tematów w pracach dyplomowych w latach 1952-2007. Scharakteryzowano je odpowiednimi pracami, przedstawiając najważniejsze wyniki badań studenckich, udokumentowane głównie wykresami, mapami i tabelami. W rezultacie powstała nowoczesna monografia klimatu Warszawy. Integralną całość stanowi pełny wykaz prac magisterskich (150) dotyczących naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu Warszawy. Wykaz prac licencjackich (33) uzupełnia informacje o zainteresowaniach studentów.

Tom XXII „Atlasu współzależności parametrów meteorologiczny i geograficznych w Polsce" z wyodrębnionym tytułem „*Wpływ zabudowy i zieleni osiedlowej na zróżnicowanie klimatu lokalnego w Warszawie*" stanowi drugą część syntezy badań studenckich w zakresie zmienności przestrzennej i czasowej klimatu lokalnego miasta, na przykładzie kolejnych 31 prac magisterskich, w tym 5 dotyczących osiedli, zamieszczono już we wcześniejszej publikacji. Celem pracy jest określenie zakresu zróżnicowania warunków meteorologicznych i biometeorologicznych w mieście w zależności od charakteru zabudowy i zieleni w osiedlach mieszkaniowych oraz ich lokalizacji w Warszawie, ze szczególnym uwzględnieniem pory dnia i roku.

Badania Zakładu Klimatologii pod kątem wpływu różnego typu zabudowy i zieleni na klimat lokalny w Warszawie przeprowadzono w latach 1959-2007. Obiektami szczegółowych zainteresowań stały się osiedla mieszkaniowe położone w różnych dzielnicach

miasta, w przybliżeniu na profilu północ-południe: Białołęka Dworska, Chomiczówka, Sady Żoliborskie, Stawki, Szwoleżerów, Wyględów-Olimpijska, Służew nad Dolinką, Kabaty, Jelonki, Śródmieście.

Sporo wyników badań dotyczy zabudowy zwartej w Śródmieściu, z małym udziałem zieleni ze szczególnym uwzględnieniem Śródmiejskiej Stacji Meteorologicznej *Warszawa-Uniwersytet*.

Uzyskane wyniki własnych dociekań odnoszono najczęściej do danych ze stacji synoptycznej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej Warszawa-Okęcie, reprezentującej warunki pozamiejskie – od strony południowo-zachodniej. Zlokalizowana ona jest w strefie najmniejszego oddziaływania miasta na klimat przy przeważających wiatrach z sektora zachodniego. Już wcześniej udowodniono, że stacja ta jest dobrym punktem odniesienia w badaniach modelowych w środkowej Polsce, a nawet w Europie.

Przedstawiono najważniejsze wyniki badań prac magisterskich (udokumentowane licznymi tabelami i wykresami) oraz ich porównanie z innymi osiedlami o podobnym lub odmiennym charakterze zabudowy. Wyniki badań odnoszono też do najbliższego otoczenia tj. do stacji zakładanych poza osiedlami.

Do ważniejszych zagadnień, które udało się scharakteryzować w pracach magisterskich na podstawie zróżnicowania klimatu lokalnego w Warszawie można zaliczyć:

- Wpływ oświetlenia (ekspozycji dosłonecznej i cienia) na zróżnicowanie warunków cieplnych w osiedlach
- Deformacja pola wiatru pod wpływem zabudowy
- Tempo nagrzewania i wychładzania osiedli o zabudowie wysokiej, blokowej (Służew, Stawki) oraz niskiej willowej z dużym udziałem zieleni (Olimpijska)
- Warunki odczucia termicznego (warunki biometeorologiczne) w osiedlach o różnej powierzchni zieleni (Sady Żoliborskie, Stawki, Służew)
- Przemieszczanie się wyspy ciepła pod wpływem wiatru
- Wpływ zabudowy na warunki odczucia ciepła w Warszawie
- Pionowa stratyfikacja atmosfery w Śródmieściu i na peryferiach

Tom XXIII „*Atlasu współzależności parametrów meteorologiczny i geograficznych w Polsce*" z wyodrębnionym tytułem „*Klimat Warszawy i innych miast Polski, Studia porównawcze*" stanowi trzecią część syntezy badań studenckich w zakresie naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu miast Polski.

Celem tego tomu jest określenie cykliczności i tendencji zmian klimatu miast Polski na przykładzie Warszawy – miasta nizinnego, położonego na Mazowszu w Kotlinie Warszawskiej ($\varphi = 52{,}1°$, $\lambda = 21{,}0°$, $H = 106$ m n. p. m) i Krakowa – miasta położonego w Kotlinie Podkarpackiej – Bramie Krakowskiej ($\varphi = 50{,}1°$, $\lambda = 20{,}0°$, $H = 206$ m n.p.m).

Z tytułów publikacji i prac magisterskich wynika, że dotyczą one głównie naturalnych zmian klimatu, ze szczególnym uwzględnieniem cyklu rocznego. Do elementów uprzywilejowanych pod względem liczby opracowań należy z całą pewnością temperatura powietrza, traktowana, jako efekt intensywności obiegu ciepła w systemie Ziemia-atmosfera. Temperatura powietrza jest bowiem elementem najważniejszym, który determinuje stan pozostałych elementów klimatu. Badania przeprowadzono w różnych skalach przestrzennych i czasowych. Najwięcej prac dotyczy Mazowsza i całej Polski. Podstawą

tych opracowań były głównie dane Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej z drugiej połowy XX wieku.

Jednym z istotnych celów pracy jest określenie zakresu deformacji pola temperatury powietrza w Polsce przez miasta. Problem ten rozwiązano przede wszystkim na przykładach Warszawy i Krakowa.

Warszawa na tle otoczenia wyróżnia się przede wszystkim wyższą temperaturą minimalną (w nocy jest znacznie cieplejsza); dłuższym okresem bezprzymrozkowym i wegetacyjnym, mniejszą wilgotnością względną i większym niedosytem wilgotności, większym zachmurzeniem nieba i mniejszą liczbą dni pogodnych, większymi sumami opadów atmosferycznych, mniejszą liczbą dni z mgłą (mniej inwersji termicznych) oraz znacznie mniejszą prędkością wiatru, mniejszą liczbą dni z wiatrem silnym, większą liczbą dni z wiatrem bardzo słabym i większym udziałem dni bezwietrznych (Stopa-Boryczka, Boryczka i inni, 1995).

Zasadniczym celem jest określenie tendencji, okresowości i prawdopodobieństwa niektórych zjawisk pogodowych w latach 1966-2000. Dominują nowe wyniki badań uzyskane na podstawie krótszych serii pomiarowych – z ostatniego trzydziestopięciolecia 1966-2000. Dotyczą one liczby dni z burzą, maksymalnych dobowych sum opadów atmosferycznych, częstości dobowych sum opadów $\geq$10mm i liczby dni z pokrywą śnieżną.

Oryginalną część pracy stanowi rozdział pt. „*Przeszłość i teraźniejszość klimatu miast Polski w pracach magisterskich Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego*". Najważniejsze wyniki badań studenckich dotyczą następujących problemów:

- Długookresowe zmiany klimatu miast Polski
- Cyrkulacyjne uwarunkowania klimatu miast Polski
- Cechy solarne i termiczne klimatu miast Polski
- Cechy wilgotnościowe klimatu miast Polski
- Stan aerosanitarny miast w Polsce

Powyższe problemy badawcze stanowiły tematy 26 prac magisterskich. Najwięcej z nich (14) dotyczyło długookresowych zmian klimatu miast Polski i ich cyrkulacyjnych uwarunkowań .

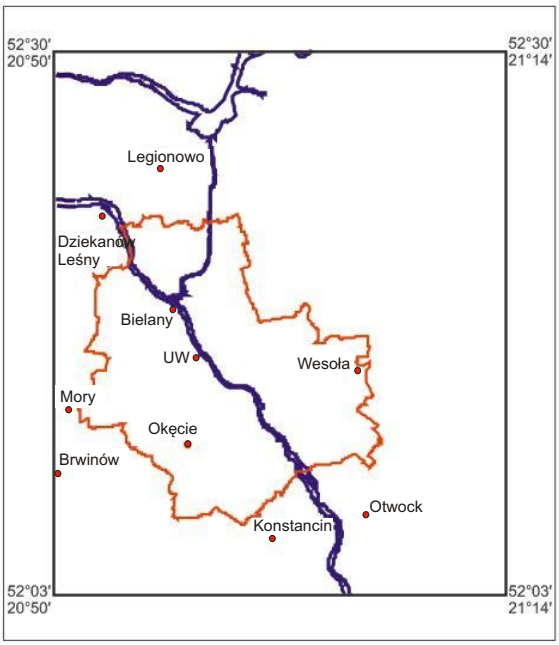
Prezentowany XXIV tom *Atlasu współzależności parametrów meteorologiczny i geograficznych w Polsce* z wyodrębnionym tytułem „*Klimat Warszawy i miejscowości strefy podmiejskiej*" stanowi czwartą część badań studenckich w zakresie naturalnych i antropogenicznych zmian klimatu.

Celem pracy jest określenie cech specyficznych klimatu i bioklimatu miejscowości podwarszawskich, w zależności od ich lokalizacji względem Warszawy. Jest nim też próba określenia zasięgu oddziaływania miasta na tereny otaczające.

Problemy te rozwiązano na przykładzie 7 miejscowości z okolic Warszawy i dzielnicy peryferyjnej Okęcie (rys. 1). Przedstawiono najważniejsze wyniki badań eksperymentalnych, przeprowadzonych w 25 pracach magisterskich, wykonanych w Zakładzie Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego. Obiektami szczególnych zainteresowań były 2 uzdrowiska podwarszawskie: Konstancin i Otwock – położone w południowej strefie podmiejskiej.

1. Klimat i bioklimat Konstancina badano w różnych skalach czasowych i przestrzennych. Najpierw przedstawiono ogólną charakterystykę bioklimatu *Śródmieścia*

Warszawy w latach 1951-1960 i uzdrowiska *Konstancin* w roku 1972. Później zajęto się zróżnicowaniem klimatu lokalnego i warunkami klimatoterapii w uzdrowisku. Na uwagę zasługują też wyniki badań mikroklimatu pomieszczeń sanatoryjnych o ekspozycji północnej i południowej w odniesieniu do stanu atmosfery w otoczeniu. Podstawę analiz stanowiły własne wyniki badań eksperymentalnych. Niektóre z tych prac wykonano na zamówienie Władz Uzdrowiska Konstancin.



Rys. 1. Rozmieszczenie stacji meteorologicznych w Warszawie i w miejscowościach strefy podmiejskiej

1. Klimat i bioklimat Otwocka opracowano głównie na podstawie danych ze stacji Instytutu Geofizyki PAN w Świdrze. Wyniki badań zawarte w pracach dotyczących wpływu cyrkulacji atmosferycznej wg Lityńskiego (1981-2000) i Osuchowskiej-Klein (1981-1990) na ciśnienie atmosferyczne oraz zmian rocznych ciśnienia atmosferycznego na przykładzie Świdra mają charakter ogólny. Klimat i bioklimat Otwocka – to zasadniczy cel opracowania dla potrzeb kuracjuszy uzdrowiska. Klimat miejscowy uzdrowiska Otwock opracowano przy zastosowaniu metody kompleksowej – typy pogody wg Fiodorowa. Są to pogody bezchmurne, pochmurne i deszczowe w badanym 5-leciu 1961-1965. Ważne zagadnienia są również rozwiązane w pracy – o zmianach rocznych temperatury efektywnej w latach 1991-1995.

2. Klimat Wesołej k/Warszawy był badany tylko w 1 pracy magisterskiej, wykonanej na podstawie rocznej serii pomiarów. Zbadano w niej dobowe i roczne zmiany podstawowych elementów meteorologicznych. Istotną część pracy stanowi mapa topoklimatów. Celem pracy jest określenie klimatu lokalnego Wesołej oraz jego zróżnicowania przestrzennego na podstawie własnych pomiarów. Istotne jest też stwierdzenie różnic między

warunkami klimatycznymi w niewielkim mieście, jakim jest Wesoła, i klimatem miejskim dużego sąsiadującego z nią miasta – Warszawy. Ponadto zbadano wpływ Warszawy na kształtowanie się zmian poszczególnych elementów meteorologicznych w Wesołej.

3. Klimat Legionowa przedstawiono w 2 pracach magisterskich. W jednej z nich scharakteryzowano inwersje temperatury – przyziemne i w swobodnej atmosferze. Materiał wyjściowy stanowią radiosondaże wykonane na stacji aerologicznej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, w latach 1954-1958. Wyróżniono rodzaje inwersji: radiacyjne, adwekcyjne, osiadania i frontalne. Częstość ich występowania w kolejnych porach roku określano średnią liczbą przypadków inwersji. Zbadano tez zależność od zachmurzenia, od prędkości wiatru przyziemnego, od mas powietrza i układów barycznych. Grubość warstwy inwersyjnej wynosi najczęściej 300-500 m, zimą – do 1000 m. W swobodnej atmosferze – do wysokości 1500 m, obserwowano 75 % wszystkich inwersji, powyżej 3000 m – 2%. Praca ta, ze względu na nowatorski charakter jest najczęściej cytowana w opracowaniach klimatologicznych. Ogólną charakterystykę klimatu Legionowa zawiera druga praca dyplomowa.

4. Bioklimat Dziekanowa Leśnego – to charakterystyka bioklimatu miejscowości podmiejskiej o charakterze uzdrowiskowo – wypoczynkowym, położonej na skraju Puszczy Kampinoskiej. Podstawą do opracowania klimatu Dziekanowa Leśnego były materiały archiwalne obserwacji meteorologicznych ze stacji Zakładu Ekologii PAN z lat 1961-1965 oraz badania własne autorki prowadzone w okresie od 1 marca 1967 r. do 31 marca 1968r. W pracy wykorzystano metodę kompleksową klasyfikacji pogód Fiodorowa-Czubukowa. Typy pogody uzupełniono krótką charakterystyką niektórych elementów meteorologicznych. W pracy porównano też warunki bioklimatyczne dwu podwarszawskich miejscowości uzdrowiskowych Dziekanowa Leśnego i Otwocka, w szczególności charakterystykę struktury klas pogody wg warunków odczucia ciepła dla ludzi chorych na gruźlicę.

5. Klimat w Morach opracowano na podstawie danych z posterunku klimatologicznego założonego przez Zakład Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego. Celem przeprowadzonych pomiarów była charakterystyka meteorologiczna sezonu grzewczego 1976-1977. Miała ona posłużyć Instytutowi Energetyki jako material wyjściowy do prac nad nowymi systemami wykorzystania źródeł ciepła oraz poszukiwania optymalnych sposobów gospodarowania energią elektryczną. W dwóch pracach magisterskich badano oddzielnie warunki termiczne i wilgotnościowe, przedstawiając średnie miesięczne, dekadowe oraz przebiegi dobowe temperatury i wilgotności powietrza. Określono też ich zależność od kierunku i prędkości wiatru. Uzyskane wyniki badań uzupełniono, zamieszczając odpowiednie charakterystyki 10-letnie 1961-1970 ze stacji śródmiejskiej Warszawa-Uniwersytet i peryferyjnej Warszawa-Okęcie.

6. Klimat Brwinowa charakteryzują warunki solarne i termiczne. Porównano sumy roczne promieniowania całkowitego w Warszawie i Brwinowie w latach 1961-1970. Określono związki promieniowania w Warszawie (Bielany) i Brwinowie z niektórymi elementami meteorologicznymi, korzystając także z dolnych map synoptycznych z godz. 00 GMT i 12 GMT dla obszaru Polski. Przebiegi sum dziennych promieniowania całkowitego w latach 1966-1970 odniesiono do dziennych sum na górnej granicy atmosfery ($\varphi = 52°$). W Warszawie określono również zmiany sumy promieniowania rozproszonego i bezpośredniego. Posłużono się rocznikami PIHM *Promieniowanie słoneczne na lata 1961-1970*

oraz *Tablicami słonecznymi dla użytku obserwatorów stacji aktynometrycznych*. Celem kolejnej pracy jest określenie przebiegów temperatury powietrza i temperatury gruntu oraz wykazanie związków między nimi, a także między temperaturą gruntu na różnych głębokościach. Materiałem wyjściowym są średnie miesięczne wartości temperatury powietrza i gruntu w Brwinowie z lat 1956-1965, opublikowane w pracy Chomicza (1977) oraz Rocznikach PIHM. Temperatura powietrza była mierzona w klatce meteorologicznej na wysokości 2 m, temperaturę gruntu mierzono na głębokości 5, 10, 20, 50 i 100 cm. W pracy zbadano roczny przebieg temperatury powietrza i gruntu oraz określono typy stratyfikacji temperatury gruntu i ich zmiany w ciągu roku. Metodami statystycznymi obliczono współczynnik korelacji oraz wykreślono proste regresji. Ponadto w tej pracy omówiono przebieg temperatury i zmiany stratyfikacji w wybranych miesiącach o zróżnicowanych warunkach termicznych

7. Klimat i bioklimat Okęcia tj. dzielnicy peryferyjnej Warszawy, położonej od strony południowo-zachodniej, opracowano na podstawie stacji synoptycznej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Problemy badawcze koncentrują się przede wszystkim na warunkach termicznych i opadowych i ich zależności od cyrkulacji atmosferycznej w ciągu roku. Na szczególną uwagę zasługują też warunki biometeorologiczne oraz ocena klimatu na potrzeby komunikacji lotniczej. Materiały źródłowe pochodzą przeważnie z drugiej połowy XX wieku.

Rozdział IV pt. *Wpływ urbanizacji na warunki klimatyczne w Warszawie* (Kicińska, Wawer) można uznać za syntezę dotychczasowych badań w zakresie wpływu aglomeracji miejskiej na zmiany czasowe i przestrzenne warunków solarnych, termicznych, wilgotnościowych, opadowych i cyrkulacji atmosferycznej. Klimat obszarów miejskich wyróżnia się w stosunku do otoczenia intensywną emisją różnych zanieczyszczeń (z zakładów przemysłowych, zwłaszcza energetycznych i środków transportu oraz urządzeń komunalnych). Duży wpływ na klimat ma zwartość zabudowy, zmiany w użytkowaniu naturalnych powierzchni (zmniejszenie powierzchni terenów zielonych, drenowanie terenu i budowa ciągów komunikacyjnych). Konsekwencją tych procesów są zakłócenia naturalnej równowagi radiacyjnej i termiczno-wilgotnościowej oraz osłabienie wymiany powietrza. Przejawia się to modyfikacją wartości wielu elementów klimatycznych. Bilans promieniowania i bilans cieplny ulegają w mieście istotnym modyfikacjom. Wynika to przede wszystkim ze zmian czasu insolacji (większe zasłonięcie horyzontu) oraz ze zmian stanu atmosfery (jej przeźroczystości) i zachmurzenia.

W rozdziale V pt. Warunki nefologiczne w Warszawie (Żmudzka) określono przebieg roczny zachmurzenia w Warszawie (1951-2000) oraz częstość poszczególnych rodzajów chmur (1966-2000). Specyficzne cechy zachmurzenia nad Warszawą odniesiono do stanu zachmurzenia za miastem w Świdrze (1991-2000).

Autorzy składają serdeczne podziękowanie inż. Magdalenie Grzędzie – studentce studiów magisterskich Wydziału Geologii UW za duży udział w opracowaniu prezentowanych skrótów prac magisterskich.

Maria Stopa-Boryczka, Jerzy Boryczka

II. WKŁAD ZAKŁADU KLIMATOLOGII W BADANIA KLIMATU WARSZAWY*

Urszula KOSSOWSKA-CEZAK, Jolanta WAWER

Pierwsze spostrzeżenia meteorologiczne w Polsce były wykonane w Warszawie w połowie XVII wieku; znane są również krótkie serie z XVIII wieku, mają one jednak wartość wyłącznie historyczną. Dłuższa, w pełni zachowana seria zaczyna się dopiero w oku 1779; były to pomiary prowadzone przez księdza J. F. Bystrzyckiego na zamku Królewskim (do 1799 r.). Kolejną wieloletnią serię – od roku 1803 do 1828 – zawdzięczamy profesorowi Liceum Warszawskiego A. Magierowi, który prowadził pomiary przy ul. Piwnej. W roku 1825 została uruchomiona stacja meteorologiczna przy Obserwatorium Astronomicznym w Alejach Ujazdowskich, czynna do dziś. Kolejna ważna seria pomiarów meteorologicznych w Warszawie pochodzi ze stacji przy Muzeum Rolnictwa i Przemysłu, przy ul. Krakowskie Przedmieście (obecnie Biblioteka Rolnicza), rozpoczęta w roku 1885. Na początku XX wieku i w okresie międzywojennym działało na terenie Warszawy przynajmniej kilkanaście stacji, większość z nich pracowała jednak bardzo krótko. Dopiero uruchomione w latach trzydziestych stacje na Okęciu i Bielanach pracują do naszych czasów (Lipska, 1986; Rojecki, 1956, 1968).

Jak widać z tego krótkiego przeglądu, istnieją dość bogate materiały obserwacyjne dotyczące klimatu Warszawy, rozumianej jednak tylko jako punkt geograficzny. Pierwszą charakterystyką tak pojmowanego klimatu Warszawy jest opracowanie W. Jastrzębowskiego *Karta meteorograficzna stolicy Królestwa Polskiego* z roku 1828, oparta na wynikach obserwacji A. Magiera. Opracowanie to obejmuje przebieg roczny temperatury powietrza, ciśnienia atmosferycznego i wilgotności oraz wezbrań Wisły i długości dnia. W drugim wydaniu *Karty*... W. Jastrzębowski uwzględnił ponadto wyniki starszych obserwacji J. F. Bystrzyckiego.

Za pierwszą wzmiankę dotyczącą klimatu miejskiego Warszawy możemy uznać informację W. Gorczyńskiego (1916), opartą na porównaniu wyników temperatury na stacji Muzeum (śródmieście) i Obserwatorium Astronomiczne (wówczas peryferie), że temperatura średnia miesięczna w śródmieściu jest wyższa o ok. 1,5°C w lecie i ok. 0,5°C w zimie.

Przez długi czas jednak zagadnienia klimatu miejskiego Warszawy nie pojawiały się, natomiast rozszerzała się wiedza o ogólnych cechach jej klimatu. Należy tu zwłaszcza wymienić prace W. Gorczyńskiego (1911, 1913, 1915) poświęcone temperaturze i opadom. Gorczyńskiemu zawdzięczamy opracowanie jednolitej serii wartości średnich miesięcznych temperatury od roku 1779, z uzupełnieniem luki w latach 1800-1802. Seria ta w latach znacznie późniejszych stała się podstawą licznych opracowań dotyczących zmienności klimatu. Dużo miejsca poszczególnym elementom klimatu w Warszawie poświęcił też R. Merecki (1914) w swojej *Klimatologii ziem polskich*.

Po II wojnie światowej ukazały się prace dotyczące całej Polski, w których wiele miejsca zajmują dane liczbowe dotyczące Warszawy wraz z interpretacją wyników.

Przytoczyć tu można publikacje: W. Wiszniewskiego, R. Gumińskiego i L. Bartnickiego (1949), E. Stenza (1952), czy też R. Gumińskiego (1950). W publikacji *Ważniej-*

sze elementy klimatu rolniczego Polski Południowo-Wschodniej R. Gumiński podkreśla, że środowiska miejskie stanowią obszar o wyższej temperaturze powietrza w stosunku do terenów zamiejskich dzięki działaniu dwóch lokalnych czynników, jakimi są: silniejsze nagrzewanie się domów i ulic niż gruntu pokrytego roślinnością oraz ciepła pochodzącego z ogrzewania mieszkań. Duże znaczenie ma też silniej zmętniona atmosfera. Dzięki oddziaływaniu tych czynników miasto wykazuje wyższą temperaturę średnią i minimalną niż okolica oraz mniejszą liczbę dni przymrozkowych, mroźnych i bardzo mroźnych.

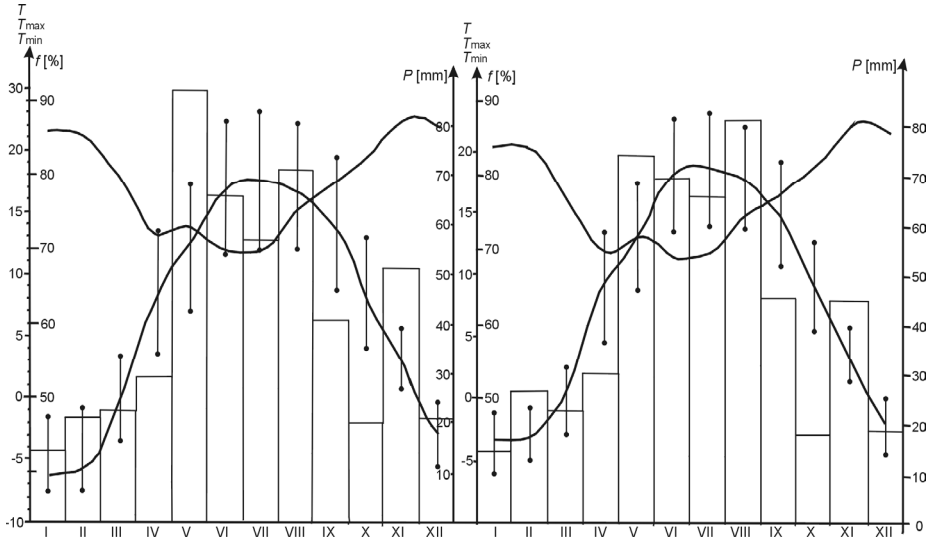
W utworzonej w 1951 r. Katedrze Klimatologii pod kierunkiem prof. R. Gumińskiego badania klimatu Warszawy nie zdołały się rozwinąć ze względu na rychłą śmierć profesora. Co prawda, jego współpracownica Z. Kaczorowska na wykładach kursowych z klimatologii wspominała o wynikach badań marszrutowych na terenie Warszawy, ale wyniki te zaginęły. Badania klimatu Warszawy zostały podjęte dopiero przez następnego kierownika Katedry, prof. W. Okołowicza. Były one realizowane przede wszystkim w cyklu prac magisterskich dotyczących klimatu placów, parków, Lasku Bielańskiego, otoczenia nowo wzniesionego Pałacu Kultury i Nauki i innych. Duże znaczenie miało też uruchomienie posterunku meteorologicznego na terenie Uniwersytetu Warszawskiego w roku 1957. Od roku 1959 r. wyniki obserwacji tej stacji były przez wiele lat publikowane w postaci miesięcznych biuletynów, rozsyłanych do licznych odbiorców, a zawarte w biuletynach wyniki były wykorzystane w wielu pracach.

W początku lat sześćdziesiątych pracownicy Katedry opublikowali prace dotyczące całej Polski, w których każdorazowo była uwzględniana Warszawa, co przyczyniło się do dalszego poznania jej ogólnego klimatu. Są to prace dotyczące zachmurzenia W. Okołowicza (1962), opadów Z. Kaczorowskiej (1962) i burz M. Stopy (1962).

W 10-lecie powstania Katedry została zorganizowana sesja naukowa, na której m.in. była mowa o klimacie Warszawy, a wygłoszone referaty znalazły się później w pierwszym tomie „Prac i Studiów IGUW – Klimatologia".

Do ważnych prac dotyczących wpływu miasta na klimat należy zaliczyć opracowanie Z. Kaczorowskiej dotyczące opadów w Warszawie w okresie 1956-1960 (1967). Na podstawie zagęszczonej sieci posterunków opadowych autorka stwierdziła, że najmniejszą ilością opadów wyróżnia się południowo-zachodnia część miasta, a największą – część zachodnia.

W końcu lat sześćdziesiątych powstało kilka prac J. Boryczki dotyczących rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń atmosferycznych i jego zależności od warunków meteorologicznych, opartych na danych z Warszawy (1964, 1966, 1968, 1973). W pracy doktorskiej J. Boryczki określono zmiany roczne przestrzennego rozkładu stężenia pyłu i gazów w otoczeniu punktowych źródeł emisji – naziemnych i nadziemnych (kominów fabrycznych). Pionową i poziomą intensywność turbulencyjnej wymiany powietrza oszacowano na podstawie pomiarów gradientowych dobowej amplitudy temperatury powietrza wykonanych na wieży strażackiej (Warszawa-Jelonki) i na stacji klimatologicznej Warszawa-Uniwersytet. Porównano teoretyczne rozkłady stężenia według wzorów różnych autorów. W porównaniach uwzględniono także przybliżone rozwiązania autora, otrzymane przy założeniu potęgowych pionowych profili prędkości wiatru i współczynników pionowej i poziomej wymiany masy. Porównano również wzory na opad pyłu w otoczeniu wysokich źródeł.



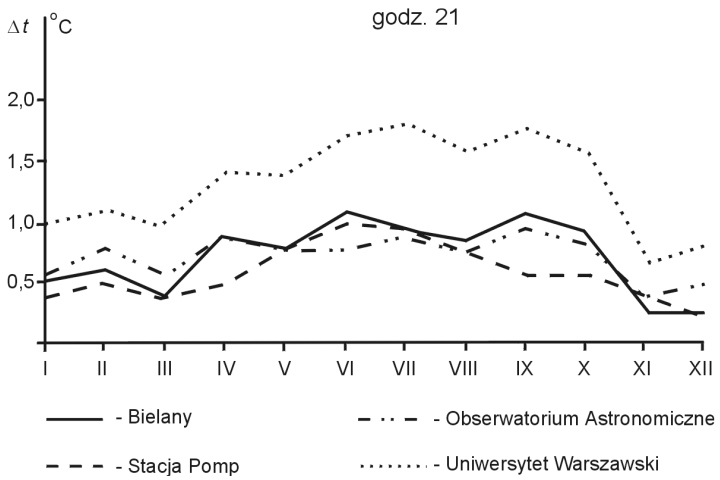
Rys. 1. Przebieg roczny temperatury powietrza (średniej, maksymalnej i minimalnej), wilgotności względnej i opadów atmosferycznych na stacjach: Warszawa-Okęcie i Uniwersytet w latach 1951-1965
Fig. 1. Yearly run of air temperature (average, maximum and minimum), relative humidity and precipitation in Okęcie and University (1951-1965)

Dalszy rozwój badań klimatu Warszawy wiązał się z pracami wykonywanymi na zlecenie różnych instytucji. W pierwszej kolejności należy tu wymienić pracę *Wpływ warunków pogodowych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń powietrza na terenie Warszawy* na zlecenie Biura Studiów i Projektów Inżynierii Miejskiej w Warszawie, ukończoną w 1970 r. Na potrzeby tej pracy zorganizowano na terenie miasta sieć obserwacyjną. Praca składała się z dwóch części, z których pierwsza obejmowała obszerną charakterystykę klimatu Warszawy, druga zaś dotyczyła właściwego tematu pracy, tzn. wpływu warunków pogodowych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń.

Kolejny krok w poznaniu klimatu Warszawy stanowiła praca doktorska U. Kossowskiej z 1971 r. *Osobliwości klimatu wielkomiejskiego na przykładzie Warszawy*. Praca zawierała charakterystykę klimatu na podstawie danych ze stacji PIHM z okresu 1951-1960 oraz dodatkowo od kwietnia 1966 do maja 1967 r., kiedy to przeprowadzono liczne pomiary wzdłuż profili przez Warszawę. W pracy określono warunki formowania się miejskiej wyspy ciepła, a badania na profilach pozwoliły określić jej rozwój przy różnych typach pogody i przemieszczanie się w zależności od kierunku wiatru. Ponadto wydzielono strefy na terenie Warszawy o różnym stopniu oddziaływania zabudowy na klimat lokalny.

W latach następnych ukazały się liczne prace tej autorki dotyczące klimatu Warszawy, w tym zwłaszcza warunków termicznych. Należy tu wymienić *Przebieg roczny temperatury powietrza w Warszawie w różnych okresach obserwacyjnych* (1973), *Zmiany roczne różnic temperatury powietrza między śródmieściem a peryferiami Warszawy* (1976), czy *Warunki termiczne Warszawy* (1977). W drugiej z tych prac zostały porównane różnice temperatury między parami stacji Warszawa Obserwatorium i Okęcie (1951-1960) oraz

Uniwersytet i Okęcie (1961-1970) (rys. 1). Na ich podstawie stwierdzono wyraźny wpływ otoczenia stacji na temperaturę, zmieniający się w ciągu roku. W ostatniej pracy rozpatrzono warunki termiczne w 50-leciu 1921-1970 na stacji Obserwatorium oraz zróżnicowanie przestrzenne w okresie 1961-1965, kiedy to na terenie Warszawy działało 5 stacji, w tym też stacja śródmiejska Uniwersytet. Stwierdzono zależność warunków termicznych od położenia w stosunku do śródmieścia, zwartości zabudowy i rzeźby terenu (rys. 2). Ocieplający wpływ zabudowy miejskiej najsilniej zaznacza się latem i wczesną jesienią, najsłabiej zaś w marcu i listopadzie. Zimą natomiast w mieście jest cieplej w ciągu całej doby niż na jego peryferiach, latem zaś najcieplej jest wieczorem i nocą, a w godzinach okołopołudniowych może być nawet chłodniej niż na peryferiach.



Rys. 2. Różnice temperatury powietrza między stacjami miejskimi a Okęciem o godz. 21 (Warszawa, 1961-1965)
Fig. 2. Air temperature differences between the city stations and Okęcie in the observation period at 9.00 p.m. (Warsaw, 1961-1965)

Warto też wspomnieć o artykule tej autorki dotyczącym rzadko badanego aspektu klimatu miasta, jakim jest zachmurzenie (1978). Na podstawie wyników obserwacji ze stacji warszawskich z okresu 1961-1965 udało się stwierdzić wzrost wielkości zachmurzenia nad śródmieściem w okresie letnim w godzinach okołopołudniowych.

U. Kossowska-Cezak w następnych latach wielokrotnie podejmowała się opracowań dotyczących klimatu Warszawy, czego przykładem są publikacje dotyczące warunków termicznych (różnic temperatury między śródmieściem a peryferiami Warszawy (2002), dni charakterystycznych (2003), termicznych pór roku (2005), czy też uwarunkowań cyrkulacyjnych dużych zmian temperatury z dnia na dzień (2003). Interesującym, najnowszym opracowaniem autorki jest publikacja „*Warunki termiczne i opadowe w Warszawie w świetle serii obserwacyjnej z Okęcia (1947-2008)*", gdzie scharakteryzowano warunki termiczne (chłodne, normalne i ciepłe) i opadowe miesięcy (suche, normalne i mokre). Zestawienie najchłodniejszych i najcieplejszych miesięcy z wielolecia 1947-2008 oraz miesięcy o najniższych i najwyższych sumach opadu zawierają tabele 1-6.

Tabela 1. Najchłodniejsze miesiące (Warszawa Okęcie, 1947-2008)
Table 1. The coldest months

Miesiące		1	2	3	4	5	6	7
Grudzień December	*t* (°C)	-8,5	-6,6	-5,4	-5,4	-5,3	-4,6	-4,2
	rok,	1969	2002	1963	1996	1995	1962	2001
Styczeń January	*t* (°C)	-12,4	-12,3	-8,3	-8,3	-7,8	-7,7	-7,4
	rok	1963	1987	1985	2006	1947	1954	1972
Luty February	*t* (°C)	-12,2	-10,7	-9,6	-9,6	-9,2	-8,1	-5,9
	rok	1956	1947	1954	1986	1985	1963	1979
Marzec March	*t* (°C)	-3	-3	-2,9	-2,2	-2	-1,7	-1,7
	rok	1952	1958	1964	1987	1969	1962	1963
Kwiecień April	*t* (°C)	4,5	4,7	5	5,2	5,6	5,9	5,9
	rok	1958	1955	1997	1954	1982	1956	1981
Maj May	*t* (°C)	5,1	5,4	5,5	5,5	5,7	5,8	5,9
	rok	1955	1980	1958	1965	1987	1956	1964
Czerwiec June	*t* (°C)	14,4	14,6	14,7	14,8	15,2	15,2	15,2
	rok	1984	1962	1974	1985	1949	1976	2001
Lipiec July	*t* (°C)	15	15,7	15,8	16,1	16,2	16,2	16,3
	rok	1979	1984	1974	1961	1962	1978	1977
Sierpień August	*t* (°C)	15,2	15,5	15,7	15,8	15,9	16,1	16,2
	rok	1987	1956	1965	1976	1978	1977	1957
Wrzesień September	*t* (°C)	10,6	11,1	11,1	11,1	11,2	11,2	11,7
	rok	1996	1971	1978	1990	1977	1986	1959
Październik October	*t* (°C)	5,4	5,7	5,9	6,1	6,1	6,1	6,2
	rok	2003	1992	1947	1972	1979	1997	1973
Listopad November	*t* (°C)	-2,7	-1,9	-12	-0,6	-0,2	0,1	0,7
	rok	1993	1998	1965	1956	1995	1988	1985

W latach siedemdziesiątych podjęto badania klimatu mniejszych miast. Badaniami tymi objęto Sierpc, Maków Mazowiecki, później Płock. Badania, tak warszawskie jak i inne, były wielokrotnie poszerzane o aspekt bioklimatologiczny.

Kolejną, szeroko zakrojoną pracą zleconą była *Wpływ zieleni miejskiej na klimat w Warszawie*, stanowiąca fragment badań dotyczących wpływu zieleni na różne elementy środowiska miejskiego. Praca była prowadzona przez Instytut Gospodarki Komunalnej, w trakcie badań przekształcony w Instytut Kształtowania Środowiska. W związku z tą pracą również była zorganizowana sieć posterunków, a wyniki badań były nie tylko przekazane w postaci obszernego opracowania, ale były także przedstawione w licznych publikacjach. I tak, w tomie 11. „Prac i Studiów IGUW – Klimatologia" ukazały się artykuły dotyczące różnych obiektów zieleni autorstwa: M. Kopacz-Lembowicz, U. Kossowskiej-Cezak, D. Martyn i K. Olszewskiego (1978).

Tabela 2. Najcieplejsze miesiące (Warszawa Okęcie, 1947-2008)
Table 2. The warmest months

Miesiące		1	2	3	4	5	6	7	8
Grudzień December	*t* (°C)	3,9	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2	2
	Rok,	2006	1971	1960	1954	1949	1974	1951	1993
Styczeń January	*t* (°C)	3,7	3,2	2,6	2	2	1,8	1,1	
	rok	2007	1983	1975	1989	1994	1990	2008	
Luty February	*t* (°C)	4,7	4	3,6	3,2	3,2	3,1	2,6	
	rok	1990	1989	2002	1995	1998	2008	1975	
Marzec March	*t* (°C)	7,2	6,6	5,5	5,4	5,2	5	4,6	
	rok	2007	1990	1989	1977	1961	1967	1974	
Kwiecień April	*t* (°C)	12,4	10,8	10,7	10,1	9,9	9,9	9,8	
	rok	2000	1952	1962	1948	1961	1998	1999	
Maj May	*t* (°C)	17,5	16,5	15,8	15,7	15,7	15,7	15,6	15,6
	rok	2002	1993	1947	1950	2003	2007	1963	1983
Czerwiec June	*t* (°C)	19,8	19,8	19,2	19	18,9	18,9	18,8	
	rok	1964	1979	1954	2007	1947	2008	1953	
Lipiec July	*t* (°C)	23,5	22	21,1	21	20,7	20,7	20,7	
	rok	2006	1994	2002	1959	1972	1999	2001	
Sierpień August	*t* (°C)	21,5	20,7	20,4	19,5	19,3	19,3	19,2	19,2
	rok	1992	2002	1951	1971	1982	2001	1955	1963
Wrzesień September	*t* (°C)	16,4	16,1	15,9	15,8	15,6	15,6	15,3	
	rok	1967	2006	2005	1947	1951	1975	1999	
Październik October	*t* (°C)	11,6	11,3	11	10,9	10,7	10,3	10,3	
	rok	2000	1967	1966	2001	2006	1984	1989	
Listopad November	*t* (°C)	6,4	6	5,9	5,9	5,8	5,4	5,2	5,2
	rok	1963	1996	2000	2006	1951	1969	1977	2008

Skrót wyników ukazał się w opracowaniu książkowym pt. *Wpływ zieleni na kształtowanie środowiska miejskiego* pod red. B. Szczepanowskiej (PWN, 1984). Autorzy: M. Kopacz-Lembowicz, U. Kossowska-Cezak, D. Martyn, K. Olszewski podkreślili znaczącą rolę zieleni w kształtowaniu niekorzystnych cech klimatu miejskiego, a ponadto publikacja ta zawiera cenne praktyczne wskazówki dla urbanistów i planistów.

Ważnym przedsięwzięciem naukowym, już pod nowym kierownictwem prof. M. Stopy-Boryczki, był udział Zakładu Klimatologii w Programie Rządowym PR-5 *Ekofizjograficzne podstawy kształtowania środowiska osiedla Białołęka Dworska* (1979, 1980, 1982), założeniem którego było poprowadzenie różnorodnych badań, w tym klimatycznych, przed powstaniem osiedla, w trakcie jego budowy i po jej zakończeniu. Projektantem osiedla była prof. Skibniewska, autorka projektów osiedli Sady Żoliborskie i Szwoleżerów (gdzie przez trzy lata Zakład prowadził badania mikroklimatyczne). Niestety projekt zakończył się na pierwszym etapie. Mimo to praca ta przyniosła poważne osiągnięcie w postaci wypracowania metod opracowania materiałów klimatologicznych na potrzeby urbanistów przy projektowaniu osiedli mieszkaniowych.

Tabela 3. Miesiące o najniższych opadach (Warszawa Okęcie, 1947-2008)
Table 3. The months with the lowest precipitation

Miesiące		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Grudzień December	*o* (mm)	3	6	7	8	9	9	11	11	
	rok	2002	1996	1984	1968	1953	1972	1948	1962	
Styczeń January	*o* (mm)	1	3	4	5	8	9	10	10	
	rok	1997	1963	1964	1996	1972	1969	1980	1990	
Luty February	*o* (mm)	0	5	5	5	6	7	9		
	rok	1976	1972	1982	2003	1975	1986	1994		
Marzec March	*o* (mm)	5	5	8	9	9	10	11	11	11
	rok	1974	1982	1953	1952	1954	1965	1950	1966	2003
Kwiecień April	*o* (mm)	4	5	5	11	12	14	14		
	rok	1976	1984	1988	1974	1964	1986	2000		
Maj May	*o* (mm)	8	16	19	23	25	26	27		
	rok	1947	1979	1953	1996	1992	1989	1964		
Czerwiec June	*o* (mm)	14	15	19	20	22	24	28	28	
	rok	2000	2006	1951	1994	2008	1977	1976	1979	
Lipiec July	*o* (mm)	15	17	20	22	23	23	23		
	rok	1982	1967	2006	1962	1952	1971	2002		
Sierpień August	*o* (mm)	4	19	22	22	23	24	25	25	25
	rok	1968	1959	1954	2005	1997	1955	1953	1970	1973
Wrzesień September	*o* (mm)	1	13	13	14	16	17	17		
	rok	1951	1947	1983	1982	1961	1988	2004		
Październik October	*o* (mm)	0	3	4	4	5	5	6		
	rok	1951	1949	1965	1988	2000	2005	1947		
Listopad November	*o* (mm)	12	13	13	16	17	18	19	19	
	rok	1954	1956	1975	1983	1959	1957	1951	1993	

Niezależnie od wymienionych szeroko zakrojonych prac Zakład prowadził liczne badania na terenie Warszawy, realizowane głównie w ramach studenckich ćwiczeń terenowych. Badania te obejmowały różne osiedla warszawskie, różniące się typem zabudowy, takie jak: Sady Żoliborskie, Osiedle Szwoleżerów, Stawki, Chomiczówka, Stegny, Służew nad Dolinką, fragmenty śródmieścia, osiedle willowe na Mokotowie (Wyględów). Przeprowadzono też badania profilowe przez miasto: północ-południe i wschód-zachód, badano też warunki mikroklimatyczne skarpy wiślanej. Wyniki tych badań były głównie opracowane w pracach magisterskich. Obiekty badawcze (profile i punkty) przedstawiono na rysunku 3.

Obok tych badań mikroklimatycznych, dotyczących coraz bardziej szczegółowej struktury klimatu miejskiego Warszawy, podejmowano również analizy statystyczne związków między poszczególnymi elementami (Stopa-Boryczka, 1988, 1992; Stopa-Boryczka, Boryczka, 1989). Najpełniejszy wyraz znalazły one w IX tomie *Atlasu współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce*, zatytułowanym *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Warszawy* autorstwa M. Stopy-Boryczki, J.Boryczki,

E. Błażek i J. Skrzypczuka (1995). Autorzy zbadali m.in. zależność miejskiej wyspy ciepła od stanu atmosfery wykorzystując równania hiperpłaszczyzn regresji względem temperatury powietrza, zachmurzenia i prędkości wiatru. Istotne znaczenie mają też wyznaczone wartości progowe temperatury powietrza, prędkości wiatru i wielkości zachmurzenia, przy których deformacja pola temperatury w mieście jest największa.

Tabela 4. Miesiące o najwyższych opadach (Warszawa Okęcie, 1947-2008)
Table 4. The months with the higest precipitation

Miesiące		1	2	3	4	5	6	7	8
Grudzień December	*o* (mm)	81	76	67	66	65	63	63	
	rok,	2005	1954	1985	1993	1994	1955	1974	
Styczeń January	*o* (mm)	79	68	48	46	43	43	40	
	rok	2007	2008	1993	1948	1953	1968	1994	
Luty February	*o* (mm)	72	56	56	51	50	50	44	44
	rok	2002	1977	2004	1067	1952	1974	1947	1957
Marzec March	*o* (mm)	65	57	51	47	46	44	43	
	rok	1994	1967	1981	1983	1962	1988	1992	
Kwiecień April	*o* (mm)	93	85	76	64	61	57	56	56
	rok	1994	1970	1999	1967	2001	2004	1972	1998
Maj May	*o* (mm)	183	99	89	89	87	86	83	
	rok	1962	1984	1970	1994	1986	1968	1946	
Czerwiec June	*o* (mm)	142	134	126	122	114	114	114	
	rok	1981	2007	1987	1999	1948	1989	1998	
Lipiec July	*o* (mm)	214	193	159	139	133	122	120	
	rok	1997	1970	1960	2001	2003	1954	2000	
Sierpień August	*o* (mm)	179	165	141	138	121	109	105	
	rok	1977	2006	2002	1947	1972	1978	1948	
Wrzesień September	*o* (mm)	138	92	88	85	79	79	77	
	rok	1995	1984	1952	1972	1950	1992	1990	
Październik October	*o* (mm)	148	140	80	71	69	69	64	64
	rok	1974	1980	1956	1966	1952	1994	1970	2002
Listopad November	*o* (mm)	108	94	75	74	72	71	66	
	rok	1952	1970	1947	1966	1961	1964	2000	

Należy dodać, że we wspomnianej serii *Atlasu*... ukazały się też 4 tomy dotyczące zagadnień zakresu cykliczności i tendencji zmian klimatu oraz prognoz zmian klimatu w XXI wieku na przykładzie pomiarów w Warszawie. Tom VII *Atlasu*... dotyczy zmian wiekowych klimatu i ich uwarunkowań, tomy XI i XII – cykliczności i tendencji temperatury powietrza w Warszawie w miesiącach, sezonach, półroczach i roku, tom XIV zaś prognoz zmian klimatu Warszawy. Autorzy wnioskują o naturalnych przyczynach ocieplenia klimatu o 0,6°C/100 lat (głównie za przyczyną wzrostu aktywności Słońca) i przyczynach antropogenicznych, które szacuje się na około 0,2°C/100 lat. Ekstrapolując trendy czasowe temperatury i opadów opracowano unikatowe prognozy tendencji zmian klimatu w XXI wieku w Warszawie.

Tabela 5. Miesiące zimowe chłodne i suche oraz ciepłe i mokre (Warszawa Okęcie 1947-2008)
Table 5. The winter months: the cold-dry ones and the warm-wet ones

Chłodne i suche Cold-dry			Ciepłe i mokre Warm-wet		
XII	I	II	XII	I	II
1946	1947	1954	1949	1948	1957
1948	1963	1963	1954	1983	1958
1952	1964	1965	1974	1993	1967
1961	1969	1969	1979	1994	1973
1962	1972	1976	1982	2002	1974
1963	1980	1978	1985	2005	1977
1968	1985	1986	1987	2007	1988
1984	1987	1991	1988	2008	1992
1995	1996	1996	1993		1995
1996	1997	2003	2003		1998
2001					2000
2002					2002
					2004

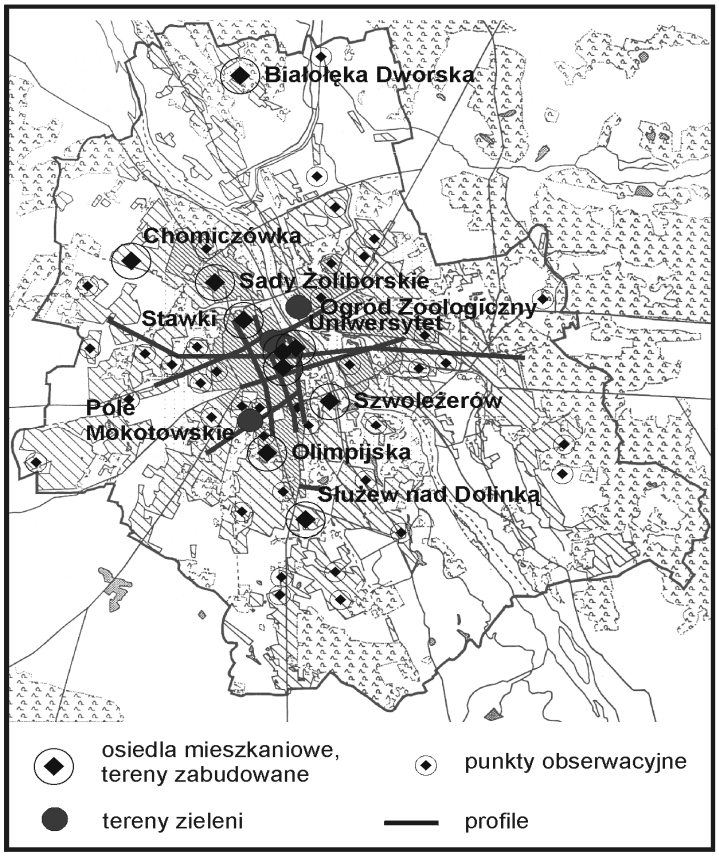
Tabela 6. Miesiące letnie chłodne i mokre oraz ciepłe i suche (Warszawa Okęcie 1947-2008)
Table 6. The summer months: the cold-wet ones and the warm-dry ones

Chłodne i suche Cold-dry			Ciepłe i mokre Warm-wet		
1962	1954	1947	1951	1952	1951
1971	1960	1948	1954	1963	1955
1980	1965	1949	1957	1967	1959
1982	1970	1957	1977	1983	1968
1985	1974	1964	1979	1992	1971
1987	1978	1965	1992	1994	1992
1989	1979	1972	2000	1999	1977
1991	1980	1977	2003	2002	2001
	1984	1978	2006	2006	2004
	1996	1998	2008		
	1998				
	2000				

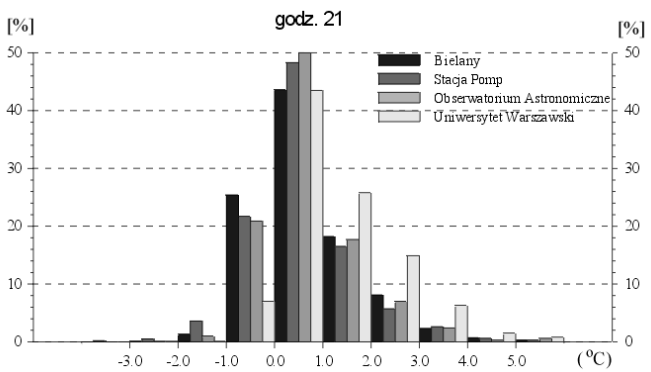
Kolejne tomy *Atlasu*… XVI (2002), XVII (2003) i XVIII (2004) dotyczą prognozowania klimatu Polski, mroźnych sezonów zimowych i upalnych letnich, czy też groźnych zjawisk pogodowych, zaś tomy *Atlasu*… XIX (2005) oraz XX i XXI (2007) klimatu Europy, ale są w nich zawarte informacje z Warszawy.

Tom XXII *Atlasu*…(2008) pt.: *Wpływ zabudowy i zieleni osiedlowej na zróżnicowanie klimatu lokalnego w Warszawie* stanowi syntezę różnorodnych badań klimatu Warszawy, prowadzonych najczęściej przez studentów w ramach ćwiczeń terenowych i przedstawioną w ich pracach magisterskich. Jest to już druga publikacja na ten temat bowiem pierwszą część opracowania stanowi publikacja *Klimat Wielkiej Warszawy w pracach magisterskich Zakładu Klimatologii w latach 1952-2007*, wydana z okazji XII Pikniku Naukowego Polskiego Radia BIS i Centrum Nauki Kopernik (odbył się on w 2008 roku). Celem tej publikacji jest określenie wielkości zróżnicowania warunków meteorologicznych i biometeorologicznych w mieście (w przebiegu dziennym i rocznym) w zależności od charakteru zabudowy i udziału oraz rodzaju zieleni w różnorodnych osiedlach mieszkaniowych oraz ich lokalizacji w Warszawie.

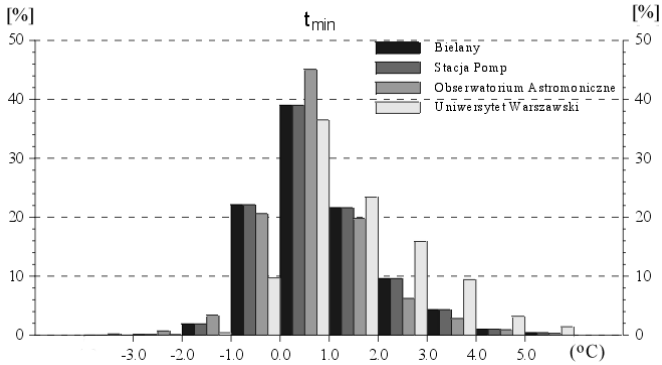
Tom XXIII *Atlasu*… (2009) pt.: tytułem „*Klimat Warszawy i innych miast Polski, Studia porównawcze*" stanowi trzecią część syntezy badań w zakresie naturalnych zmian klimatu miast Polski. Celem pracy jest określenie cykliczności i tendencji zmian klimatu miast Polski na przykładzie Warszawy – miasta nizinnego i Krakowa – miasta położonego w Kotlinie Podkarpackiej. Oryginalną część pracy stanowi rozdział piąty pt. „*Przeszłość i teraźniejszość klimatu miast Polski w pracach magisterskich Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego*". Najważniejsze wyniki badań studenckich dotyczą problemów: długookresowe zmiany klimatu miast Polski, cyrkulacyjne uwarunkowania klimatu miast Polski, cechy solarne i termiczne klimatu miast Polski, cechy wilgotnościowe klimatu miast Polski i stan aerosanitarny miast w Polsce



Rys. 3. Badania terenowe Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego
Fig. 3. Climatological field investigations in Warszaw made by the Department of Climatology of the Warsaw University



Rys. 4. Częstość różnic temperatury powietrza między stacjami miejskimi i Okęciem o godz. 21.00
Fig. 4. Frequency of differences of air temperature at 9.00 p.m. between the urban stations and Okęcie Station



Rys. 5. Częstość różnic temperatury minimalnej między stacjami miejskimi i Okęciem
Fig. 5. Frequency of differences of minimum air temperature between the urban stations and Okęcie Station

Należy dodać że w okresie 1952-2010 wykonano w Zakładzie Klimatologii UW ponad 150 prac magisterskich i 33 prace licencjackie na temat klimatu Warszawy i okolic. Również w materiałach na Piknik Naukowy Radia BIS w 2002 roku ukazała się publikacja pt.: *Zmiany klimatu i ich przyczyny. Hipotezy i fakty*, gdzie wiele miejsca poświęcono klimatowi miasta, w szczególności Warszawy.

Badania klimatu Warszawy we wszystkich aspektach: ogólnej charakterystyki, porównania klimatu śródmieścia i okolic oraz mikroklimatu wybranych fragmentów miasta znalazły odbicie nie tylko w pracach wykonywanych na zlecenie, pracach magisterskich, ale także w licznych publikacjach. Przede wszystkim należy tu wymienić „Prace i Studia IG UW" i ich kontynuację „Prace i Studia Geograficzne"; od pierwszego zeszytu były tu zamieszczane artykuły dotyczące badań klimatu Warszawy, m.in. U. Kossowskiej-Cezak, J. Boryczki, M Stopy-Boryczki, D. Martyn, K. Olszewskiego, M. Kopacz-Lembowicz, J. Wawer i innych, a 11. tom „Prac i Studiów Geograficznych" był w całości poświęcony badaniom klimatu Warszawy. W kolejnym 20. tomie został zamieszczony obszerny wyciąg z pracy doktorskiej J. Wawer, dotyczącej miejskiej wyspy ciepła w Warszawie (1997).

Autorka na podstawie codziennych danych z lat 1961-1965 (jedyny okres, kiedy na terenie Warszawy działało pięć stacji meteorologicznych), a także 1976-1980 przedstawiła zmiany roczne miejskiej wyspy ciepła i jej zależność od warunków pogodowych (prędkości i kierunku wiatru, zachmurzenia, sytuacji synoptycznej) (rys. 4, 5). Cenną częścią pracy jest charakterystyka zmian dobowych miejskiej wyspy ciepła (cogodzinnych różnic temperatury powietrza między śródmieściem i peryferiami na podstawie termogramów) w porach roku. W pracy podano terminy powstawania wyspy ciepła, jej zaniku i maksymalnej intensywności, wartości tempa nagrzewania i ochładzania się terenów miejskich i peryferyjnych (tab. 7).

Tabela 7. Charakterystyka miejskiej wyspy ciepła w porach roku w Warszawie
Table 7. Characteristics of the urban heat island in individual season of the year in Warsaw

Sezon	Termin pojawiania się wyspy (godz.)	Termin występowania maksimum (godz.)	Termin słabnięcia wyspy (godz.)	ΔT (°C) w ciągu dnia	Skrajne wartości ΔT (°C)
Zima	16-18	21-24	6-7	>0	9-11
Wiosna	17-18	ok. 24	7-8	≤ 0	9
Lato	18-20	22-24	6-8	<0	8
Jesień	16-18	21-1	6-9	<0	8

Maksymalna intensywność wyspy ciepła, rzędu 8°C, może się zdarzyć w każdej porze roku, ale z największym prawdopodobieństwem zimą (nawet do 10,8°C), w czasie mroźnej, bezchmurnej i bezwietrznej pogody antycyklonalnej.

Tematyka klimatu miejskiego pojawia się także w wydawnictwie obcojęzycznym „Miscellanea Geographica", przygotowywanym co dwa lata na konferencje Międzynarodowej Unii Geograficznej. Tu m.in. został zamieszczony artykuł M. Stopy-Boryczki i współautorów (1986) *Deformation of fields of meteorological elements under the influence of buildings* oraz liczne artykuły pracowników Zakładu: M. Stopy-Boryczki (1988, 1998), U. Kossowskiej-Cezak (1988, 1996, 2000, 2002, 2004, 2006), J. Wawer (1992, 1996, 1998), B. Mierzwińskiego (1986), czy też artykuły zbiorowe kilku autorów: M. Stopa-Boryczki, M. Kopacz-Lembowicz, J. Wawer (2002) na temat klimatu Warszawy na podstawie badań Zakładu Klimatologii, czy też wpływu Oscylacji Północnoatlantyckiej na klimat Warszawy i Lwowa - J. Boryczki, B. Muchy, M. Stopy-Boryczki, J. Wawer (2006).

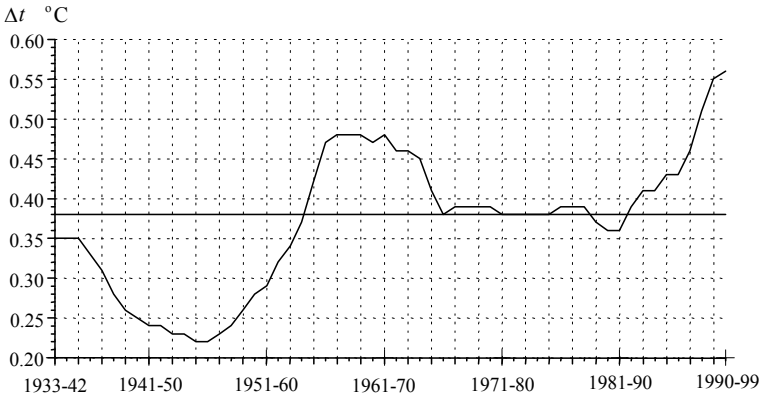
Na szczególną uwagę zasługuje publikacja książkowa na temat klimatu Warszawy, wydana w języku angielskim przez wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego pt.: *Studies on the climate of Warsaw* (2003, editor. M. Stopa-Boryczka), gdzie opublikowano 15 artykułów dotyczących zarówno długookresowych i cyklicznych zmian klimatu, rocznych i dobowych zmian wybranych elementów: temperatury powietrza, burz, okresu wegetacyjnego, kwasowości opadów czy też wpływu zieleni miejskiej i zabudowy na klimat lokalny czy też warunków biometeorologicznych i aerosanitarnych wpływających niekorzystnie na zdrowie i umieralność mieszkańców Warszawy.

Badania klimatu miasta prowadzone w Zakładzie Klimatologii znajdują także odbicie w czynnym udziale w cyklicznych konferencjach „Klimat i bioklimat miast", organizowanych przez Uniwersytet Łódzki od 1984 roku. Na I konferencji pracownicy Zakładu przedstawili zbiorczy referat z dotychczasowymi wynikami badań klimatu Warszawy pt.: *Badania wpływu zabudowy na klimat lokalny w Warszawie* (M. Stopa-Boryczka i inni, 1984). Na kolejnej konferencji, która odbyła się w 1992 r., przedstawiono trzy referaty: zbiorowy (Stopa-Boryczka i inni, 1995) na temat *Antropogeniczne zmiany temperatury powietrza w Warszawie*, J. Wawer *Wpływ warunków pogodowych na intensywność miejskiej wyspy ciepła* (1995) i U. Kossowskiej-Cezak *Lato 1992 r. w Polsce na tle sezonów letnich ostatnich 120 lat*. Na kolejnej, trzeciej już konferencji w 1997 r. U. Kossowska-Cezak przedstawiła referat pt.: *Wpływ rozwoju terytorialnego Warszawy na warunki termiczne*, w którym poruszyła zagadnienie zaniku miejskiej wyspy ciepła po zniszczeniach wojennych (rys. 6). Natomiast J. Wawer przedstawiła referat na temat *Zależność*

miejskiej wyspy ciepła od typów cyrkulacji atmosferycznej (U. Kossowska-Cezak, 1999; J. Wawer, 1999). Obie autorki zaprezentowały też prace na sesji posterowej.

Czwarta konferencja z cyklu „Klimat i bioklimat miast" odbyła się w grudniu 2007 roku. Na konferencji tej przedstawiono dwa opracowania z Zakładu Klimatologii UW: E. Żmudzkiej pt.: *Zmiany zachmurzenia w Warszawie w drugiej połowie XX wieku*, oraz J. Wawer i D. Demendeckiego pt.: *Dom pasywny w klimacie Polski*.

Cztery lata wcześniej w Łodzi odbyła się międzynarodowa konferencja organizowana pod egidą Międzynarodowej Asocjacji Klimatologii Miejskiej, gdzie zaprezentowano poster „*Circulation requirement of the Urban heat island variations in Warsaw* trojga autorów E. Żmudzkiej, U. Kossowskiej- Cezak i M. Dobrowolskiej (2003).



Rys. 6. Przebieg różnicy temperatury średniej rocznej między stacjami Warszawa Obserwatorium Astronomiczne i Okęcie w okresie 1933-1999 (średnie konsekutywne 10-letnie)
Fig. 6. The differences of air temperature between Astronomical Observatory and Okęcie in the period 1933-1999 (10-years running means)

Podsumowując ponad 55-letnią pracę Zakładu Klimatologii UW w zakresie badania klimatu miasta należy stwierdzić, że problematyka ta była cały czas obecna i skupiała się głównie – co jest całkowicie zrozumiałe – na Warszawie. Zaznaczyła się przy tym charakterystyczna ewolucja tematyki badawczej: od poznania ogólnych cech klimatu Warszawy, poprzez badanie zróżnicowania między śródmieściem a okolicą zamiejską, a więc podstawowych cech klimatu wielkomiejskiego, aż do badań mikroklimatycznych w wybranych częściach miasta. Wyniki tak różnorodnych badań, dotychczas rozproszone w pracach magisterskich i doktorskich, w pracach zleconych i publikacjach, stanowią bogaty materiał do monografii klimatu Warszawy, której podjęcie stanowi poważne wyzwanie dla Zakładu Klimatologii.

Literatura

Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, Wyd. UW, Warszawa:

t. IX, (1995), J. Boryczka, M. Stopa-Boryczka, E. Błażek, J. Skrzypczuk, *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Warszawy*.

t. XI, (1997), J. Boryczka, M. Stopa- Boryczka, E. Błażek, J. Skrzypczuk, *Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie*.
t. XII, (1999), J. Boryczka, M. Stopa-Boryczka, M. Wągrowska, E. Błażek, J. Skrzypczuk, *Ochłodzenia i ocieplenia klimatu miast w Europie*.
t. XIII, (1999), J. Boryczka, M. Stopa-Boryczka, E. Błażek, J. Skrzypczuk, *Cykliczne zmiany klimatu miast Europy*.
t. XIV, (2000), J. Boryczka, M. Stopa-Boryczka, H. Lorenc, B. Kicińska, E. Błażek, J. Skrzypczuk, *Prognoza zmian klimatu Warszawy w XXI wieku*.
t. XVI, (2002), J. Boryczka, M. Stopa-Boryczka, D. Baranowski, K. Grabowska, E. Błażek, J. Skrzypczuk, *Prognozy zmian klimatu Polski*.
t. XVII, (2003), J. Boryczka, M. Stopa-Boryczka, D. Baranowski, M. Kirschenstein, E. Błażek, J. Skrzypczuk, *Mroźne zimy i upalne lata w Polsce*.
t. XVIII, (2004), J. Boryczka, M. Stopa-Boryczka, K. Grabowska, J. Wawer, E. Błażek, J. Skrzypczuk, *Groźne zjawiska pogodowe w Polsce*.
t. XIX, (2005), J. Boryczka, M. Stopa-Boryczka, K. Pietras, Sz. Bujak, E. Błażek, J. Skrzypczuk, *Cechy termiczne klimatu Europy*.
t. XX – XXI, (2007), M Stopa-Boryczka, J. Boryczka, Sz. Bujak, R. Cebulski, E. Błażek, J. Skrzypczuk, *Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych*.
t. XXII, (2008), M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, M. Osowiec, E. Błażek, J. Skrzypczuk, *Wpływ zabudowy i zieleni osiedlowej na zróżnicowanie klimatu lokalnego w Warszawie*.
t. XXIII. (2009), M. Stopa-Boryczka., J. Boryczka, J. Wawer, M. Dobrowolska, M. Osowiec, E. Błażek, J. Skrzypczuk, *Klimat Warszawy i innych miast Polski*. Studia porównawcze, Wyd. UW, Warszawa.

Boryczka J., 1964, *Zależność klimatycznego wskaźnika turbulencyjnego od wysokości przy różnym stopniu zachmurzenia*, Przegląd Geofizyczny, t. IX, z.3-4.

Boryczka J., Okołowicz W., 1964, *Turbulencyjne rozprzestrzenianie się pyłów i innych zanieczyszczeń powietrza różnych porach roku w zależności od charakteru podłoża ze szczególnym uwzględnieniem warunków miejskich*, Przegląd Geofizyczny, t. IX, z.2.

Boryczka J., 1966, *Próba klasyfikacji warunków miejskich dla celów klimatologicznych*, Przegląd Geograficzny, t. XXXVIII, z.1.

Boryczka J. 1968, *Turbulencyjna transformacja pyłu i gazów w atmosferze ziemskiej i jej zależność od parametrów klimatologicznych*, maszynopis pracy doktorskiej wykonanej w Zakładzie Klimatologii UW.

Boryczka J., 1973, *Turbulencyjna transformacja pyłu i gazów w atmosferze ziemskiej i jej zależność od parametrów klimatologicznych* (skrót pracy doktorskiej), Dokumentacja Geograficzna, z..6.

Boryczka J. 1992, *Naturalny i antropogeniczny trend temperatury i opadów w Warszawie*, Prace i Studia Geograficzne, t.11.

Boryczka J., 2001, *Zmiany klimatu Warszawy w XVIII-XX wieku i ich prognozy*, Prace Geograficzne IG PAN nr 180.

Boryczka J., Mucha B., Stopa-Boryczka M., Wawer J., 2006, *The influence of the North Atlantic Oscillations (NAO) on the climate of Warsaw and Lviv*, Miscellanea Geographica, t.12.

Ekofizjograficzne podstawy kształtowania środowiska osiedla w Białołęce Dworskiej, 1979, Opracowanie dla Instytutu Kształtowania środowiska w Warszawie w ramach tematu rządowego PR-5 pt.: *Charakterystyka i ocena warunków klimatycznych Białołęki Dworskiej oraz określenie wpływu zabudowy na ich zmiany*, (autorzy: M. Stopa-Boryczka, M. Kopcz-Lembowicz, A. Górka, E. Ryczywolska, J. Boryczka, J. Wawer).

Gorczyński W., 1911, *O zmienności opadu wg obserwacji warszawskich od 1803 r*., Warszawa.

Gorczyński W., Wierzbicka W., 1915, *O wartościach średnich zachmurzenia w Polsce*, Warszawa.

Gorczyński W., Kosińska S., 1916, *O temperaturze powietrza w Polsce*, Warszawa.

Gumiński R., 1950, *Ważniejsze elementy klimatu rolniczego Polski Południowo-Wschodniej*, „Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej", t. III, z. 1, Warszawa.

Jastrzębowski W., 1828, *Karta meteorograficzna stolicy Królestwa Polskiego obraz głównych dostrzeżeń w Warszawie 1803-1828*, Warszawa.

Jastrzębowski W., 1829, *Wypadki dostrzeżeń meteorologicznych czynionych w Warszawie blisko pół wieku tj. od 1779 do 1828 r. włącznie przez księdza Bystrzyckiego, Antoniego Magiera i innych*, Warszawa.

Kaczorowska Z., 1962, *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*, „Prace Geograficzne IG PAN", z. 33, Warszawa.

Kaczorowska Z., 1967, *Opady Wielkiej Warszawy i jej okolic w okresie 1956-1960*, „Przegląd Geofizyczny", t. 12, z.3-4.

Klimat Wielkiej Warszawy w pracach magisterskich Zakładu Klimatologii w latach 1952-2007, pod red. K. Błażejczyka, M. Stopy-Boryczki, J. Boryczki, J. Wawer, W. Żakowskiego, 2008, Materiały Zakładu Klimatologii WGiSR UW na XII Piknik Naukowy Radia BIS. WGiSR UW.

Kossowska U., 1971, *Osobliwości klimatu wielkomiejskiego na przykładzie Warszawy*, maszynopis pracy doktorskiej wykonanej w Zakładzie Klimatologii.

Kossowska U., 1973, *Przebieg roczny temperatury powietrza w Warszawie w różnych okresach obserwacyjnych*, Prace i Studia IG UW seria Klimatologia, z.7.

Kossowska-Cezak U., 1976, *Zmiany roczne różnic temperatury powietrza między śródmieściem a peryferiami Warszawy*, Prace i Studia IG UW, seria Klimatologia, z.8.

Kossowska-Cezak U., 1977, *Warunki termiczne Warszawy*, Prace i Studia IG UW, seria Klimatologia, z.9.

Kossowska-Cezak U., 1978, *Próba określenia wpływu zabudowy miejskiej na wielkość zachmurzenia (na przykładzie Warszawy)*, Prace i Studia IG UW, seria Klimatologia z.10.

Kossowska-Cezak U., 1995, *Lato w Polsce na tle sezonów letnich ostatnich 120 lat*, Materiały konferencji „Klimat i bioklimat miast". Wyd, U.Ł.

Kossowska-Cezak U., 1996, *Montly thermal and precipitation anomalies in Warsaw and their causes*, Miscellanea Geographica, t.7.

Kossowska-Cezak U., 1998, *Wpływ rozwoju terytorialnego Warszawy na warunki termiczne*, Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica, 3.

Kossowska-Cezak U., 2000, *The differences of temperature between the peripheries of Warsaw in years 1933-1998*, Miscellanea Geographica, t.9.

Kossowska-Cezak U., 2002, *Anomalous months and seasons in terms of temperature and precipitation in the second half of the 20th century in Warsaw*, Miscellanea Geographica, t.10.

Kossowska-Cezak U., 2002, *Zmiany różnicy temperatury powietrza między śródmieściem a peryferiami Warszawy od 1933 do 2000 roku*, Przegląd Geofizyczny, t.47, nr 3-4.

Kossowska-Cezak U., 2003a, *Uwarunkowania cyrkulacyjne dużych zmian temperatury z dnia na dzień w Warszawie*, [w:] Postępy w badaniach klimatycznych i bioklimatycznych. Prace Geograficzne, nr 188.

Kossowska-Cezak U., 2003b, *Współczesne ocieplenie a liczba dni charakterystycznych*, Balneologia Polska, t.45, nr 1-2.

Kossowska-Cezak U., 2004, *Contemporary warming and daily values of temperature (on example of Warsaw)*, Miscellanea Geographica, t.11.

Kossowka-Cezak U., 2005, *Zmiany termicznych pór roku w Warszawie w okresie 1933-2004*. Przegląd Geofizyczny, t.50, nr 3-4.

Kossowska-Cezak U., 2009, *Warunki termiczne i opadowe w Warszawie w świetle serii obserwacyjnej z Okęcia (1947-2008)*. Zeszyty Naukowe Szkoły Wyższej Przymierza Rodzin w Warszawie, Seria Geograficzno-Turystyczna, nr 2.

Lipska A., 1986, *Instrumentalne obserwacje meteorologiczne w Warszawie*, „Przegląd Geofizyczny", t. 31, z.1.

Merecki R., 1914, *Klimatologia ziem polskich*, Warszawa.

Okołowicz W., 1962, *Zachmurzenie Polski.*„Prace Geograficzne IG PAN", z. 34, Warszawa.

Prace i Studia IG UW, seria Klimatologia, z. 1. (1964), z. 4. (1970), z. 5. 1970), z. 7. (1973), z. 9. (1977), z.10. (1978), z.11. (1978), Wyd. UW.

Prace i Studia Geograficzne, t. 11. (1992), t. 20. (1997), Wyd. UW.

Rojecki A., 1956, *O najdawniejszych obserwacjach meteorologicznych na ziemiach Polski*, „Przegląd Geofizyczny", R. I, z. 3-4.

Rojecki A., 1968, *O obserwacjach meteorologicznych w Warszawie w wieku XVII-XIX*, „Przegląd Geofizyczny", t. XIII, z. 1,

Stopa M., 1962, *Burze w Polsce*, Prace Geograficzne IG PAN, z. 34, Warszawa.

Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Boryczka J., Ryczywolska E., 1980, *Zasady sporządzania i wykorzystania dokumentacji klimatologicznej na potrzeby projektowania osiedli mieszkaniowych*, Opracowanie w ramach tematu rządowego PR – 5 dla Instytutu Kształtowania Środowiska w Warszawie.

Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Ryczywolska E., 1980, *Wpływ zabudowy na zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych osiedli mieszkaniowych*, Opracowanie dla Instytutu Kształtowania Środowiska w Warszawie.

Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Boryczka J., Ryczywolska E., Górka A., 1982, *Ocena klimatu lokalnego do projektu osiedla w Białołęce Dworskiej*, Człowiek i Środowisko, t. 6, z. 3-4.

Stopa-Boryczka M., J. Boryczka., 1984, *The multiperiodical changes of air temperature In Warsaw*, Miscellanea Geographica, t.1.

Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Ryczywolska E., Wawer J., 1984, *Badania wpływu zabudowy na klimat lokalny w Warszawie*, Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji „Klimat i bioklimat miast", Łódź.

Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Mierzwiński B., Wawer J., 1986, *Deformacja pól elementów meteorologicznych pod wpływem zabudowy*, Materiały I Sesji naukowej INFG, Warszawa.

Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Mierzwiński B., Wawer J., 1986, *Deformation of fields of meteorological elements under the influence of buildings*, Miscellanea Geographica, t. 2.

Stopa-Boryczka M., 1988, *Air temperature field deformation under the influence of build-up area in Warsaw*, Miscellanea Geographoca, t.3.

Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 1989, *Wpływ czynników antropogenicznych na klimat lokalny Warszawy*, Acta Universitatis Carolinae, Geographica, XXIV 2.

Stopa-Boryczka M., 1992. *Z badań klimatu Warszawy Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego*, Prace i Studia Geograficzne, t.11.

Stopa-Boryczka M., 1992, *Deformacja pól zmiennych meteorologicznych przez zabudowę w Warszawie*, Prace i Studia Geograficzne, t.11.

Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Błażek E., Kicińska B., Żmudzka E., 1995, *Antropogeniczne zmiany temperatury powietrza w Warszawie – pozytywne i negatywne skutki*, Materiały II Konferencji „Klimat i bioklimat miast", Łódź.

Stopa-Boryczka M., 1998, *On thermal characteristic analysis of city climates*, Miscellanea Geographica, t.8.

Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Wawer J., 2001, *Klimat Warszawy w pracach Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego*, Prace Geograficzne IGiPZ PAN nr 180.

Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Wawer J., 2002, *The climate of Warsaw in the research conducted at the Department of Climatology of Warsaw University*, Miscellanea Geographica t.10.

Studies on the climate of Warsaw, pod. red. M. Stopy-Boryczki, 2003, WGiSR UW.

Wawer J., 1992, *Zależność różnic temperatury powietrza między miastem i otoczeniem od pory dnia*, Prace i Studia Geograficzne, t. 11.

Wawer J., 1995, *Wpływ warunków pogodowych na intensywność miejskiej wyspy ciepła w Warszawie*, Klimat i bioklimat miast pod red. K. Kłysika, Łódź.

Wawer J., 1996, *The rate of heating and cooling o fair in town and outside of it*, Miscellanea Geographica, t.7.

Wawer J., 1997, *Częstość miejskiej wyspy ciepła w Warszawie*, Materiały III Ogólnopolskiej konferencji "Klimat i bioklimat miast", Łódź.

Wawer J., 1997, *Miejska wyspa ciepła w Warszawie*, Prace i Studia Geograficzne, t.20.

Wawer J., 1999, *Zależność miejskiej wyspy ciepła od cyrkulacji atmosferycznej*, Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica, 3.

Wawer J., Demendecki D., 2008, *Dom pasywny w klimacie Polski*, Klimat i bioklimat miast, pod red. K. Kłysika, J. Wibig, K. Fortuniaka, Wyd. UŁ, Łódź.

Wiszniewski W., Gumiński R., Bartnicki L., 1949, *Przyczynki do klimatologii Polski*, „Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej", t. I, z. 5.

Wpływ warunków pogodowych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń na terenie Warszawy, 1970, Maszynopis pracy wykonanej na zlecenie Biura Studiów i Projektów Inżynierii Miejskiej.

Zmiany klimatu i ich przyczyny. Hipotezy i fakty, pod red. M. Stopy-Boryczki, J. Boryczki, 2002, Materiały Zakładu Klimatologii WGiSR UW na VI Piknik Naukowy Radia BIS. WGiSR UW.

Żmudzka E., 2008, *Zmiany zachmurzenia w Warszawie w drugiej połowie XX wieku*, Klimat i bioklimat miast, pod red. K. Kłysika, J. Wibig, K. Fortuniaka, Wyd. UŁ, Łódź.,

Żmudzka E., Kossowska-Cezak U., Dobrowolska M., 2003, *Circulation requirement of the Urban heat island variations in Warsaw*, International Conference on Urban Climate, Wyd.UŁ, Łódź.

Urszula K O S S O W S K A - C E Z A K , Jolanta W A W E R

The contribution of the Department of Climatology to the study of the climate of Warsaw

Summary

The beginnings of the research on the urban climate in the Department of Climatology are associated with the start of functioning in 1957 of the downtown Climatological Station, located within the central campus of the University of Warsaw.

The studies from the domain of urban climate, done during the 50 years of existence of the Department, concern mainly the climate of Warsaw. These studies can be classified into:

- publications devoted to various elements of climate of Poland, in which Warsaw was also accounted for (W. Okołowicz, Z. Kaczorowska, M. Stopa),
- Master's Theses devoted to various fragments of town or to various elements of climate in Warsaw,
- doctoral dissertations devoted to various problems related to the climate of Warsaw (J. Boryczka, U. Kossowska, J. Wawer),
- work done at the orders from various institutions, such as transport of air pollution, influence of urban green spaces on climate, eco-physiographic foundations for environmental engineering at the housing estate Białołęka Dworska (elaborated by the entire team of the Department of Climatology),
- book publications including statistical analyses of relations between the particular elements of climate in Warsaw and of the secular climate changes together with its cyclical character (J. Boryczka, M. Stopa-Boryczka, and others),
- papers published in various journals, mainly in "Prace i Studia IG UW" and in "Prace i Studia Geograficzne", concerning many different problems related to the climate of Warsaw.

During 55years an evolution of the research domain could be observed: from cognition of the primary features of the climate of Warsaw, through the study of the differentiation between the centre and the suburban zone, to the micro-climatic studies and the theoretical-statistical elaborates. The results of the thus diversified research projects, dispersed until now among the both published and unpublished reports, make up a rich material for a detailed monograph of the climate of Warsaw.

* *50 lat działalności naukowej i dydaktycznej Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego (1951-2000)*. Prace i Studia Geograficzne, T. 28, Warszawa 2001 (uzupełniony przedruk rozdziału – o takim samym tytule)

III. KLIMAT MIASTA I MIEJSCOWOŚCI PODWARSZAWSKICH W PRACACH MAGISTERSKICH ZAKŁADU KLIMATOLOGII UNIWERSYTETU WARSZAWSKIEGO

3.1. Klimat i bioklimat Konstancina

3.1.1. Charakterystyka warunków bioklimatycznych Śródmieścia Warszawy i uzdrowiska Konstancin

Autor: Urszula O K R A S A
Opiekunowie naukowi: Wincenty O K O Ł O W I C Z ,
Zofia K A C Z O R O W S K A , Maria K O P A C Z

Klimatoterapia zajmuje się ustalaniem warunków klimatycznych skutecznych w walce z chorobami, dającymi się leczyć wyłącznie przy pomocy zmiany klimatu. Zmiana miejsca pobytu chorego jest jednym ze środków leczniczych, właściwych w walce z danymi schorzeniami. Istotne jest ustalanie optymalnych warunków klimatycznych dla różnych rodzajów przebiegu rekonwalescencji oraz ustalenie, jakie miejscowości uzdrowiskowe spełniają te zadania. Ustrój człowieka ulega wpływom środowiska zewnętrznego, do którego należy miedzy innymi wpływ warunków atmosferycznych. Bowiem organizm ludzki ciągle jest narażony na bodźce meteorologiczne. Człowiek zdrowy potrafi dostosować się do różnego ich rodzaju i natężenia szybciej niż ludzie chorzy, rekonwalescenci, a także ludzie starsi. Ponieważ jednak organizm ludzki narażony jest w sposób ciągły na bodźce meteorologiczne, poznanie warunków klimatycznych uzdrowisk lub miejsca stałego zamieszkania ludzi, stanowi nieodzowną część badań bioklimatologicznych.

Celem pracy jest ocena warunków bioklimatologicznych Śródmieścia Warszawy na podstawie danych ze stacji Warszawa-Uniwersytet w 10-leciu 1961-1970 oraz z roku 1970-1971, a także ocena tychże warunków mikroklimatycznych pomieszczeń Sanatorium Reumatologicznego w Uzdrowisku Konstancin w tym samym okresie badawczym (1970/1971).

Warunki bioklimatyczne Śródmieścia Warszawy w 10-leciu 1961-1970 i w 1970/1971 roku zostały scharakteryzowane niektórymi elementami klimatologicznymi oraz wskaźnikami kompleksowymi, które są bardziej adekwatne przy ocenie tychże warunków (tab. 1-17, rys. 1-7).

O korzystnych cechach klimatu stolicy świadczy przewaga niemeteotropowych zmian ciśnienia atmosferycznego, przy czym przewaga ich występuje w ciepłej porze roku. Zmiany meteorotropowe najczęściej występują w styczniu, a niemeteorotropowe w lipcu.

Za dodatnią cechę z punktu widzenia klimatologii lekarskiej należy uznać występowanie małych kontrastów termicznych. W każdym miesiącu przeważają niemeteorotropowe zmiany termiczne, wyraźna ich przewaga zaznacza się jednak w chłodnym półroczu, a miesiącem najczęstszych meteorotropowych zmian temperatury jest kwiecień. Należy dodać, że organizm ludzki, a w szczególności człowieka chorego nie jest odporny na duże wahania zarówno termiczne jak i baryczne.

Z analizy warunków klimatu odczuwalnego opierając się na wartościach temperatury ekwiwalentnej i efektywnej wynika, że warunki komfortu w ciepłej porze roku najczęściej zdarzają się w czerwcu, lipcu i sierpniu. Dni parne zdecydowanie przeważają w lipcu i sierpniu, a dni gorące w lipcu.

Analizując rok 1970/1971 na tle 10-lecia 1961-1970 można zauważyć, że najbardziej różniły się od średnich wieloletnich miesiące ciepłego półrocza. Przede wszystkim dotyczy to miesięcy: maja, czerwca i sierpnia. Maj 1971 roku wyróżniał się zmniejszonym udziałem meteorotropowych zmian ciśnienia atmosferycznego oraz wyjątkowo często występującymi dniami gorącymi, w czerwcu zanotowano zwiększoną frekwencję meteorotropowych zmian ciśnienia i warunków przechłodzenia (opierając się na wartościach TE). Sierpień natomiast charakteryzował się częstszym występowaniem dni o zmienności temperatury powietrza ponad 6°C. Ponadto cechowała go dość mała (w porównaniu z 10-leciem) frekwencja stanu przechłodzenia (opierając się na wartościach TEE) i duża częstość warunków suchych ($f < 50\%$).

Warunki bioklimatyczne Konstancina określono jedynie na podstawie badań z roku 1970/1971. W uzdrowisku, podobnie jak w Warszawie przeważały niemeteorotropowe zmiany temperatury ekwiwalentnej i efektywnej. W aspekcie temperatury ekwiwalentnej i efektywnej komfort atmosferyczny dominował w ciągu 3 miesięcy czerwiec – sierpień. Nieco gorzej przedstawiały się w uzdrowisku warunki higryczne – dość częste (przeważnie występujące w chłodnym półroczu) wysokie wartości wilgotności względnej są szczególnie źle znoszone przez ludzi ze schorzeniami reumatycznymi.

Do walorów Konstancina należą ładne widoki krajobrazowe. Lasy sosnowe odświeżają powietrze, są też naturalną przeszkodą, lecz niezbyt gęstą, zmniejszającą prędkość wiatru, zapewniającą jednocześnie przewietrzanie terenu.

W Sanatorium Instytutu Reumatologicznego w Konstancinie prowadzono przez okres 1 roku (od 1 grudnia 1970 roku do 30 listopada 1971 roku) badania mające na celu określenie warunków mikroklimatycznych pomieszczeń, w których przebywają chorzy. Ustalenie parametrów powietrza wewnątrz pomieszczeń jest sprawą trudną, mimo licznych badań w tej dziedzinie nie zdołano ustalić ścisłych reguł. Istnieje kilka skal, według których można określić warunki klimatu odczuwalnego w pomieszczeniach, czyli komfortu atmosferycznego, przegrzania i przechłodzenia.

Dla pomieszczeń sanatorium w Konstancinie zastosowano normę Renaulta, według której warunki komfortu w lecie występują przy temperaturze w granicach 20-22°C, a w zimie 20-21°C i wilgotności względnej 40-70 %.

Jednym z pomieszczeń, dla którego określono warunki mikroklimatyczne, była pracownia dziewcząt, znajdująca się w domu-pawilonie zbudowanym z eternitu (od zewnątrz) i płyt ognioodpornych (od wewnątrz), miedzy którymi znajduje się wata szklana i powietrze.

Pomieszczenie to o powierzchni 77,7 m^2 i kubaturze 193,3 m^3 posiada po 2 okna od strony północnej i południowej i 3 od wschodniej, każde o powierzchni 2,3 m^2.

W pomieszczeniu tym warunki termiczne i wilgotnościowe zmieniały się zależnie od pory roku. W chłodnej porze roku w godzinach nocnych i rannych dominowały warunki przechłodzenia, szczególnie zaś w trzeciej dekadzie grudnia i pierwszej dekadzie stycznia, kiedy to miała miejsce awaria centralnego ogrzewania. Do marca włącznie temperatura

powietrza w pomieszczeniu rzadko przekraczała 21°C. Od kwietnia zaznacza się wyraźny związek między warunkami panującymi na zewnątrz i w pomieszczeniu. Niskie wartości temperatury powietrza nocą i przed południem powodowały warunki przechłodzenia, kończące się z reguły w godzinach 9-11. Szybkie nagrzewanie się ścian od promieni słonecznych tego typu domu powodowały coraz częściej warunki przegrzania, zwłaszcza w trzeciej dekadzie lipca i dwu pierwszych dekadach sierpnia. We wrześniu i październiku występowało odczucie komfortu lub przegrzania, rzadko przechłodzenia.

Analizując warunki wilgotnościowe w tym pomieszczeniu można stwierdzić, że w chłodnej porze roku, kiedy funkcjonowało centralne ogrzewanie dominowało odczucie suchości ($f<40\%$). W momencie zakończenia sezonu grzewczego zaczynały panować optymalne warunki wilgotnościowe, zwłaszcza od połowy maja. Zbyt niska lub zbyt wysoka wilgotność w pomieszczeniu powodować może trudności w oddychaniu. Warunki komfortowe pod względem wilgotności panowały w grudniu, oraz od kwietnia do listopada.

Inne analizowane pomieszczenie to sala pełniąca rolę jadalni i świetlicy, o powierzchni 50,7 m^2 i kubaturze 111,3 m^3, mieszcząca się w budynku murowanym z oknami od strony północnej. Warunki mikroklimatyczne charakteryzowały się stanami przegrzania w okresie grzewczym. Optymalne warunki częściej zdarzały się już od kwietnia i w maju, chociaż od końca maja i od początku lipca występowały dość często warunki chłodu. Najcieplej było w sierpniu. Warunki wilgotnościowe częściej były komfortowe i mniej było stanów suchości w pomieszczeniu. Najwyższe wartości wilgotności względnej występowały w czerwcu ($f>70\%$), a latem od maja do września przekraczała 60%.

Tabela 1. Częstość (%) zmienności ciśnienia atmosferycznego z dnia na dzień w Warszawie w latach 1961-1970 o godz. 13 (Uniwersytet)

zmiany	-				bez zmian	+				≤4,0	>4,0
m-c	>6,0	4,1-6,0	2,1-4,0	≤2,0		≤2,0	2,1-4,0	4,1-6,0	>6,0		
I	19,7	11,3	8,4	12,6	1,0	10,3	7,7	5,5	23,5	60,0	40,0
II	20,2	6,5	12,8	12,4	0,0	8,1	7,6	9,2	23,2	59,1	40,9
III	20,0	9,3	9,7	12,3	0,7	11,6	10,3	9,7	16,4	55,4	44,6
IV	15,0	8,3	11,0	14,0	1,0	15,7	10,3	10,3	14,4	48,0	52,0
V	9,7	7,4	15,5	17,1	1,3	16,4	14,2	9,4	9,0	35,5	64,5
VI	5,0	8,8	17,0	20,3	0,3	19,8	12,0	8,8	8,0	30,6	69,4
VII	4,2	7,7	14,5	20,0	0,3	23,6	16,5	7,7	5,5	25,1	74,9
VIII	7,5	6,2	15,8	21,7	0,6	20,0	15,6	7,1	5,5	26,3	73,9
IX	9,4	8,3	15,1	20,0	0,0	13,0	14,4	9,0	10,8	37,5	62,5
X	11,2	8,4	13,5	15,1	0,0	12,6	11,2	11,2	16,8	47,6	52,4
XI	19,0	10,0	13,0	10,6	1,0	11,0	8,7	8,7	18,0	55,7	44,3
XII	18,5	9,4	10,6	11,6	0,3	10,3	12,6	8,0	18,7	54,6	45,4

Tabela 2. Częstość (%) zmienności temperatury powietrza z dnia na dzień w Warszawie w latach 1961-1970 o godz. 13 (Uniwersytet)

zmiany	-				bez zmian	+				≤4,0	>4,0
m-c	>6,0	4,1-6,0	2,1-4,0	≤2,0		≤2,0	2,1-4,0	4,1-6,0	>6,0		
I	5,5	6,1	13,5	27,1	1,6	21,3	15,2	5,2	4,5	21,3	78,7
II	3,2	4,6	11,7	30,1	0,7	27,3	12,8	6,4	3,2	17,4	82,6
III	2,2	5,5	9,4	27,1	1,6	30,0	15,2	6,1	2,9	16,7	83,3
IV	7,7	6,0	12,6	18,0	0,7	24,6	14,7	9,0	6,7	29,4	70,6
V	5,2	6,1	13,5	19,4	0,6	24,6	16,4	10,3	3,9	25,5	74,5
VI	6,3	7,0	13,0	14,7	1,3	26,4	19,3	8,3	3,7	25,3	74,7
VII	7,1	5,8	12,6	18,2	1,3	23,5	23,5	4,8	3,2	20,9	79,1
VIII	5,8	6,1	12,3	21,9	0,3	27,8	16,1	6,1	3,6	21,6	78,4
IX	6,7	5,7	11,3	22,7	2,0	27,0	16,2	6,7	1,7	20,8	79,2
X	3,2	7,1	13,2	28,1	0,0	25,5	18,4	3,5	1,0	14,8	85,2
XI	2,0	6,0	14,0	28,3	2,7	27,7	13,3	4,3	1,7	14,0	86,0
XII	2,6	5,8	14,5	27,7	1,3	28,7	12,6	5,2	1,6	15,2	84,8

Tabela 3. Częstość (%) warunków odczucia ciepła według wartości temperatury efektywnej w Warszawie w latach 1961-1970 o godz. 13 (Uniwersytet)

	strefa przechłodzenia TEE ≤16,7°	strefa komfortu 16,7°<TEE ≤20,6°	strefa przegrzania TEE>20,6°
V	84,8	14,5	0,7
VI	54,3	36,0	9,7
VII	56,8	27,4	15,8
VIII	60,6	28,4	11,0
IX	80,7	17,3	2,0

Tabela 4. Częstość (%) warunków klimatu odczuwalnego według wartości niedosytu fizjologicznego w Warszawie w latach 1961-1970 o godz. 13 (Uniwersytet)

	parno *N*<45,3 hPa	komfort 45,3-53,2	sucho *N*>53,2 hPa
I	0,0	0,0	100,0
II	0,0	0,7	99,3
III	0,0	4,2	95,8
IV	0,0	28,7	71,3
V	0,3	63,9	35,8
VI	9,0	75,7	15,3
VII	19,0	80,7	0,3
VIII	17,4	81,0	1,6
IX	10,0	75,7	14,3
X	0,6	59,4	40,0
XI	0,0	16,0	84,0
XII	0,0	1,3	98,7

Tabela 5. Średnia roczna częstość (%) dni pogodnych, chmurnych i pochmurnych w Warszawie w latach 1961-1970 o godz. 13 (Uniwersytet)

	dni pogodne ≤2	dni chmurne 2-8	dni pochmurne >8
I	5,5	35,8	58,7
II	3,2	35,8	61,0
III	9,7	44,5	45,8
IV	11,7	47,3	41,0
V	6,1	57,1	36,8
VI	8,7	65,0	26,3
VII	9,7	59,7	30,6
VIII	5,5	68,7	25,8
IX	12,3	61,4	26,3
X	7,7	53,9	38,4
XI	2,3	29,0	68,7
XII	5,2	25,8	69,0

Tabela 6. Ocena warunków higrometrycznych w Warszawie w latach 1961-1970 o godz. 13 (Uniwersytet)

	sucho $f \leq 55\%$	umiarkowanie 56-70	wilgotno 71-85	bardzo wilgotno $f > 85\%$
I	4,2	13,2	43,9	38,7
II	5,0	16,0	53,1	25,9
III	21,9	29,4	31,9	16,8
IV	48,3	23,7	15,3	12,7
V	50,0	26,5	13,2	10,3
VI	59,4	21,0	12,3	7,3
VII	55,2	27,4	11,9	5,5
VIII	42,6	35,2	15,2	7,0
IX	30,7	40,0	19,3	10,0
X	12,9	32,0	33,9	20,6
XI	2,0	12,0	37,7	48,3
XII	2,9	9,7	36,8	50,6

Tabela 7. Liczba dni z opadem o różnych przedziałach w miesiącach (Warszawa-Uniwersytet, 1961-1970)

	≥0,1 mm	≥1,0 mm	≥10,0 mm
I	14,3	7,1	-
II	13,4	8,4	0,2
III	12,6	6 4	0,2
IV	10,5	7,2	0,7
V	15,3	10,1	2,1
VI	11,4	8,1	2,5
VII	12,3	8,6	1,9
VIII	11,8	8,6	2,3
IX	10,1	6,3	1,1
X	10,1	5,8	0,5
XI	15,0	10,1	1,1
XII	14,0	7,9	0,0
∑	150,8	94,6	13,2

Tabela 8. Częstość warunków odczucia ciepła (%) według temperatury efektywnej o godz. 13 (Uzdrowisko Konstancin, 1971)

	przechłodzenie TEE<16,7°	komfort 16,7°<TEE<20,6°	przegrzanie TEE>20,6°
V	35,5	22,6	41,9
VI	43,4	23,3	33,3
VII	25,8	19,4	54,8
VIII	16,2	29,0	54,8
IX	86,7	13,3	0,0

Tabela 9. Średnie miesięczne ochładzanie (mcal cm^{-2} s^{-1}) o godz. 13 (Uzdrowisko Konstancin, 1971)

IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
13,0	6,8	8,2	5,6	6,8	12,1	15,4	21,8

Tabela 10. Częstość wielkości ochładzania (%) o godz. 13 (Uzdrowisko Konstancin,1971)

	mcal cm^{-2} s^{-1}							
	0-5,0	5,1-10,0	10,1-15,0	15,1-20,0	20,1-30,0	30,1-40,0	40,1-50,0	>500
IV	0,0	23,3	40,0	36,7	0,0	0,0	0,0	0,0
V	45,2	29,0	22,6	3,2	0,0	0,0	0,0	0,0
VI	13,3	63,4	20,0	3,3	0,0	0,0	0,0	0,0
VII	45,2	48,4	6,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
VIII	39,3	46,4	10,7	3,6	0,0	0,0	0,0	0,0
IX	0,0	26,7	56,7	16,6	0,0	0,0	0,0	0,0
X	0,0	12,9	45,2	25,8	16,1	0,0	0,0	0,0
XI	0,0	0,0	3,3	46,7	40,0	6,7	3,3	0,0

Tabela 11. Częstość różnych wielkości zachmurzenia o godz. 13 (Uzdrowisko Konstancin, 1970-1971)

	<2	2-8	>8
I	3,2	54,8	42,0
II	0,0	21,4	78,6
III	3,2	48,4	48,4
IV	13,3	46,7	40,0
V	22,6	56,8	22,6
VI	0,0	50,0	50,0
VII	38,7	51,6	9,7
VIII	25,8	64,5	9,7
IX	6,7	50,0	43,3
X	3,2	38,7	58,1
XI	10,0	26,7	63,3
XII	0,0	12,9	87,1

Tabela 12. Częstość zmienności wielkości ochładzania z dnia na dzień (%) o godz. 13 (Uzdrowisko Konstancin, 1971)

zmiany w TE	-				bez zmian	+				0-2	2,1-5,0	>5,0
m-c	>10,0	5,1-10	2,1-5,0	≤2,0		≤2,0	2,1-5,0	5,1-10	>10,0			
IV	0,0	10,3	24,2	13,8	3,4	13,8	24,2	10,3	0,0	31,0	48,4	20,6
V	0,0	6,4	9,7	38,8	0,0	22,6	16,1	6,4	0,0	61,4	25,8	12,8
VI	0,0	3,3	20,0	30,0	3,3	23,4	13,3	6,7	0,0	56,7	33,3	10,0
VII	0,0	0,0	9,7	58,1	0,0	25,8	3,2	3,2	0,0	83,9	12,9	3,2
VIII	4,0	4,0	16,0	28,0	4,0	24,0	8,0	12,0	0,0	56,0	24,0	20,0
IX	0,0	3,3	26,7	20,0	0,0	26,7	13,3	10,0	0,0	46,7	40,0	13,3
X	6,4	6,4	9,7	22,6	3,3	12,9	29,0	6,4	3,3	38,8	38,7	22,5
XI	6,7	16,7	10,0	6,7	3,2	13,3	16,7	16,7	10,0	23,2	26,7	50,1

Tabela 13. Liczba dni parnych (e>18,8 hPa) o godz. 13 (Uzdrowisko Konstancin, 1971)

V	VI	VII	VIII	IX	R
2	4	5	5	1	17

Tabela 14. Częstość zmienności temperatury ekwiwalentnej z dnia na dzień (%) o godz. 13 (Uzdrowisko Konstancin,1971)

zmiany w TE	-				bez zmian	+				≤4,0	>4,0
m-c	>6,0	4,1-6,0	2,1-4,0	≤2,0		≤2,0	2,1-4,0	4,1-6,0	>6,0		
V	3,2	3,2	3,2	29,0	0,0	45,2	13,0	0,0	3,2	90,4	9,6
VI	3,3	13,3	10,0	20,0	3,3	30,0	13,3	6,8	0,0	76,6	23,4
VII	0,0	0,0	6,4	29,0	0,0	45,2	19,4	0,0	0,0	100,0	0,0
VIII	13,0	3,2	6,4	22,6	3,2	32,3	16,1	0,0	3,2	80,6	19,4
IX	0,0	6,7	13,3	30,0	0,0	26,7	16,6	6,7	0,0	86,6	13,4

Tabela 15. Częstość zmienności temperatury efektywnej z dnia na dzień (%) o godz. 13 (Uzdrowisko Konstancin, 1971)

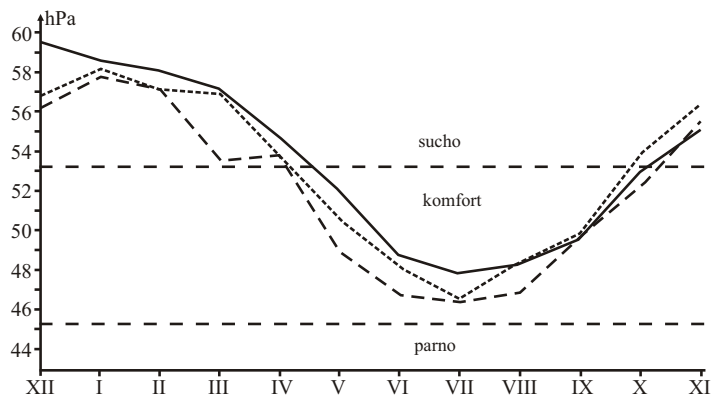
zmiany w TE	-				bez zmian	+				≤4,0	>4,0
m-c	>6,0	4,1-6,0	2,1-4,0	≤2,0		≤2,0	2,1-4,0	4,1-6,0	>6,0		
V	3,2	6,4	0,0	32,3	0,0	32,3	19,4	3,2	3,2	84,0	16,0
VI	10,0	10,0	6,7	13,3	3,3	33,3	10,0	6,7	6,7	66,6	33,4
VII	0,0	6,4	6,4	19,5	6,4	42,0	12,9	6,4	0,0	87,2	12,8
VIII	16,1	0,0	9,7	19,4	0,0	35,5	16,1	0,0	3,2	80,7	19,3
IX	3,3	13,3	6,7	20,0	0,0	30,0	16,7	10,0	0,0	73,4	26,6

Tabela 16. Częstość warunków klimatu odczuwalnego (%) w oparciu o wartości niedosytu fizjologicznego o godz. 13 (Uzdrowisko Konstancin, 1970/19710)

m-c	Parno $N>45,3$ mbar	Komfort $45,3<N<53,2$ mbar	Sucho $N>53,2$ mbar
XII	0,0	6,5	93,5
I	0,0	0,0	100,0
II	0,0	0,0	100,0
III	0,0	12,9	87,1
IV	0,0	30,0	70,0
V	19,4	67,7	12,9
VI	23,3	76,7	0,0
VII	35,5	64,5	0,0
VIII	29,0	67,8	3,2
IX	3,3	96,7	0,0
X	0,0	54,8	45,2
XI	0,0	26,7	73,3

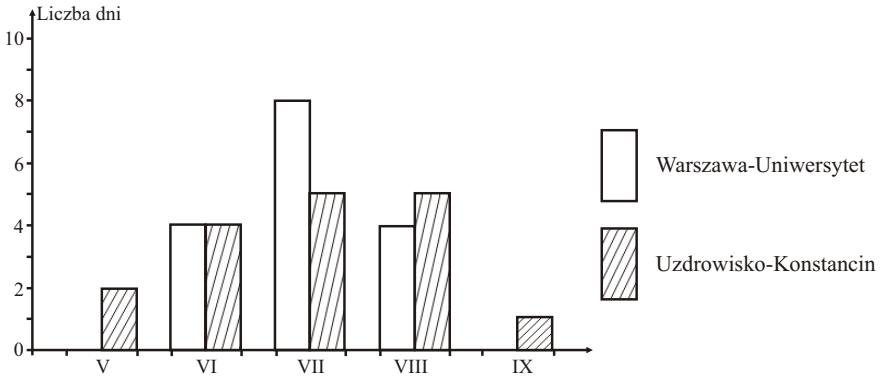
Tabela 17. Średnie miesięczne wartości niedosytu fizjologicznego o godz. 13 (Uzdrowisko Konstancin, 1970/1971)

XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
56,2	57,8	57,1	53,6	53,9	49,0	46,9	46,4	46,9	49,7	52,2	55,5

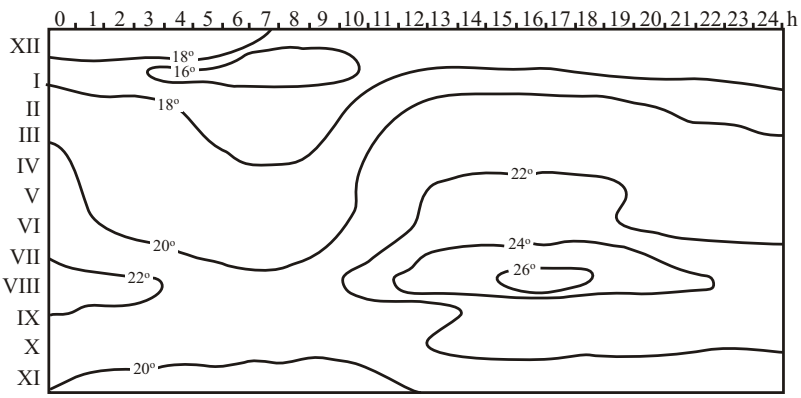


Rys. 1. Przebieg roczny niedosytu fizjologicznego o godz 13: —— Warszawa-Uniwersytet (1961-1970), ····· Warszawa-Uniwersytet (1970-1971, – – – Uzdrowisko Konstancin 1970-1971

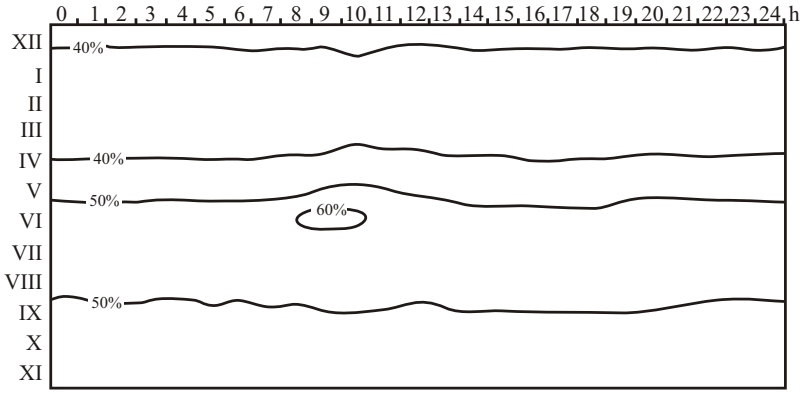
Rys. 2. Średnie miesięczne wartości ochłodzenia (mcal cm^{-2} s^{-1}) w Uzdrowisku Konstancin o godz. 13, IV-XI, 1970 r.



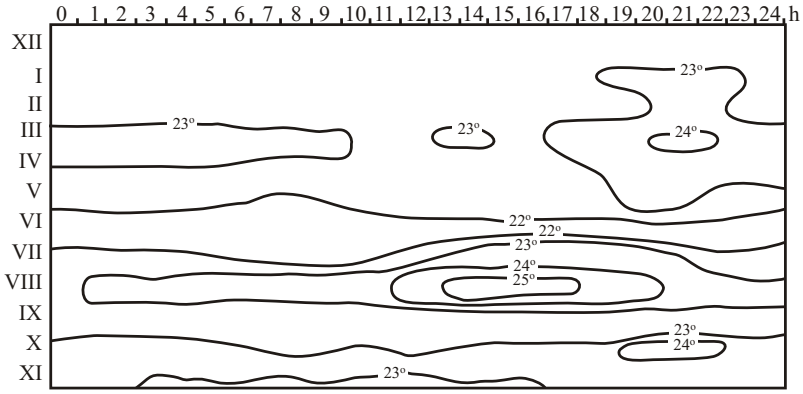
Rys. 3. Liczba dni parnych ($e \geq 18{,}8$ hPa) o godz. 13 w 1971 r. w Warszawie i Konstancinie



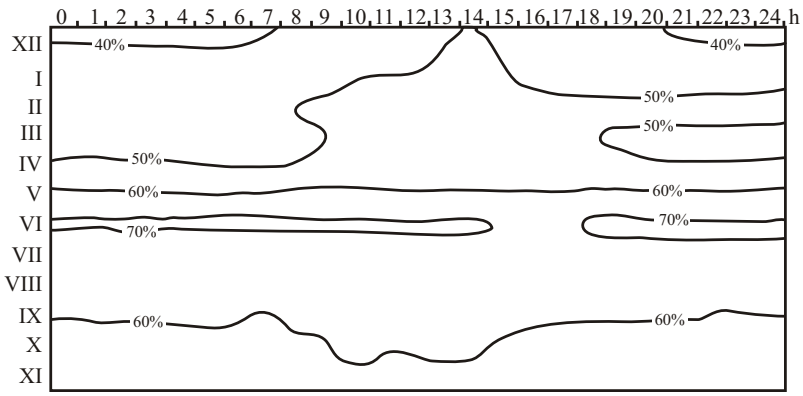
Rys. 4. Dobowe zmiany temperatury powietrza w Uzdrowisku Konstancin (1970/1971) w sali nr 1



Rys. 5. Dobowe zmiany wilgotności względnej powietrza w Uzdrowisku Konstancin (1970/1971) w sali nr 1



Rys. 6. Dobowe zmiany temperatury powietrza w Uzdrowisku Konstancin (1970/1971) w sali nr 2



Rys. 7. Dobowe zmiany wilgotności względnej powietrza w Uzdrowisku Konstancin (1970/1971) w sali nr 2

3.1.2. Klimat lokalny uzdrowiska Konstancin

Autor: Marta K I E L A K
Opiekun naukowy: Maria S T O P A - B O R Y C Z K A ,
Maria K O P A C Z - L E M B O W I C Z

Cel pracy

Celem pracy jest ocena klimatu lokalnego Konstancina pod względem wpływu warunków meteorologicznych na organizm człowieka. Szczegółowa analiza warunków meteorologicznych pozwoliła przede wszystkim wyznaczyć pory roku i dnia o najbardziej uciążliwych warunkach odczuwalnych. Ponadto zajmowano się ich zróżnicowaniem w wybranych punktach uzdrowiska. Z punktu widzenia leczenia w uzdrowisku ważne jest także wydzielenie na badanym obszarze terenów najbardziej przydatnych do tego celu, o najmniejszej bodźcowości klimatu lokalnego i warunkach najbardziej zbliżonych do optymalnych.

Wyniki pomiarów

Podstawę do scharakteryzowania bioklimatu Konstancina stanowiły wyniki obserwacji prowadzonych na stacji meteorologicznej przy sanatorium „Przy Źródle" w okresie od maja 1974 r. do grudnia 1976 r. Wyposażenie stacji stanowiły trzy klatki meteorologiczne, umieszczone na wysokości 2 m, 1 m, 0,5 m nad powierzchnią gruntu. Odczyty wartości podstawowych elementów meteorologicznych dokonywano w trzech terminach obserwacyjnych: o godz. 7, 13 i 19. Notowano wartości aktualnej temperatury powietrza z psychrometru Augusta oraz wartości temperatury minimalnej i maksymalnej z termometrów ekstremalnych. Wykonano także odczyty wilgotności względnej z higrometru włosowego. Wartości temperatury i wilgotności względnej powietrza były także rejestrowane przez całą dobę przez termohigrograf umieszczony w dużej klatce. Oprócz odczytów temperatury i wilgotności względnej w tych samych terminach wykonywano pomiary wielkości ochładzania posługując się katatermometrem Hilla, odczyty ciśnienia atmosferycznego z barometru, pomiary prędkości wiatru anemometrem Robinsona i wielkości opadu deszczomierzem Hellmanna. Oprócz tego dokonywano obserwacji stanu gruntu, kierunku wiatru, wielkości zachmurzenia i rodzaju chmur.

W lipcu 1976 r. założono na terenie uzdrowiska pięć punktów pomiarowych. Wyniki pomiarów elementów meteorologicznych w tych punktach posłużyły do charakterystyki zróżnicowania przestrzennego warunków bioklimatycznych na terenie uzdrowiska. Stanowiska pomiarowe znajdowały się w różnych częściach Konstancina. Punkt I (o numerze $i = 1$) – położony był najdalej na północ, na terenie boiska szkoły w Konstancinie-Jeziornie, punkt II – w dolinie rzeki Jeziorki, punkt III – na terenie istniejącej już stacji meteorologicznej przy sanatorium „Przy Źródle", punkt IV – w willowej części Konstancina, na terenie przyległym do Domu Dziecka, oraz punkt V – na polanie leśnej przy ścieżce zdrowia.

Teren objęty pomiarami charakteryzuje się zróżnicowaniem warunków fizyczno-geograficznych. Poszczególne punkty pomiarowe różnią się: wysokością n.p.m., innym rodzajem podłoża i pokryciem szatą roślinną. Najniżej położony jest punkt w dolinie rze-

ki Jeziorki. Występuje tu roślinność charakterystyczna dla obszarów położonych niżej i podmokłych. Inny jest tu także rodzaj podłoża, jest ono bardziej wilgotne niż w otoczeniu pozostałych punktów. Położone wyżej, inne stanowiska pomiarowe wyróżniają się podłożem piaszczystym, porośniętymi miejscami przez lasy sosnowe i mieszane. Lasy te występują w otoczeniu punktów: III, IV i V. Położenie tych punktów sprawia, że są one w dużym stopniu zasłonięte od wiatru. Odmienne warunki występują w otoczeniu punktu I, umieszczonego na boisku szkolnym. Teren ten odznacza się niewielkim udziałem roślinności i znacznym odsłonięciem.

Obserwacje na wymienionych wyżej stanowiskach prowadzono w godzinach: 6, 7, 9, 11, 13, 15, 17, 18, 19 i 21. W terminach tych odczytywano wartości temperatury powietrza z psychrometru Augusta oraz wykonywano pomiary temperatury psychrometrem Assmana na wysokości 0,25 i 1,5 m nad powierzchnią gruntu. Wartości temperatury i wilgotności względnej powietrza były rejestrowane przez całą dobę przez termohigrografy umieszczone w klatkach. W punktach I, III i V wykonywano dodatkowo pomiary ochładzania katatermometrem Hilla, w punktach I, III i IV – pomiary opadu, a w punkcie I– usłonecznienia. Oprócz wyżej wymienionych obserwacji na wszystkich stanowiskach określono stopień i rodzaj zachmurzenia, kierunek wiatru, stan gruntu i zjawiska atmosferyczne.

Materiał obserwacyjny jest w większości kompletny i ma tylko niewielkie braki, głównie wartości ciśnienia i temperatur ekstremalnych w 1974 r. Pozostałe lata mają niewielkie braki, które nie zaważyły w dużym stopniu na wynikach uzyskanych z opracowania danych. W materiale z lipca 1976 r. z pięciu punktów pomiarowych wystąpiły braki w wartościach temperatury i wilgotności względnej rejestrowanych przez termohigrografy, wynikłe z przerw w zapisie piórka przyrządu.

W celu porównania warunków bioklimatycznych Konstancina i Warszawy posłużono się materiałem obserwacyjnym ze stacji Okęcie (archiwum IMGW) za okres od maja 1974 r. do grudnia 1976 r. W okresie tym materiał ze stacji Okęcie nie ma braków.

Najważniejsze wyniki zestawiono w tabelach 1-12 i na rys.1-10.

Wnioski i uwagi końcowe

Z pomiarów bioklimatycznych w Konstancinie wynika, że nie wszystkie miesiące w roku charakteryzują się warunkami sprzyjającymi leczeniu uzdrowiskowemu i przeprowadzaniu zabiegów klimatoterapeutycznych na świeżym powietrzu. Ze względu na temperaturę powietrza najbardziej sprzyjające do tego celu są miesiące letnie. Charakteryzują się one także mniejszą niż miesiące zimowe zmiennością temperatury z dnia na dzień, mniejszym zachmurzeniem i większą liczbą dni pogodnych, co sprzyja stosowaniu zabiegów helioterapii w tych miesiącach. Miesiące letnie odznaczają się także najmniejszymi wahaniami ciśnienia z dnia na dzień, co z punktu widzenia odczuwalności klimatu i jego bodźcowości jest zjawiskiem korzystnym dla organizmu człowieka.

W okresie lata najmniej sprzyjającymi warunkami bioklimatycznymi wyróżnia się lipiec, w którym najczęściej zdarzają się uciążliwe dla organizmu warunki gorąca i upału oraz warunki parności. W miesiącu tym występuje także największa w roku suma opadu oraz duża liczba dni z opadem, nie sprzyjająca długiemu przebywaniu na świeżym powietrzu. Dodatnią cechą warunków klimatycznych w lipcu jest stosunkowo stabilna sytuacja

baryczna, charakteryzująca się niewielkimi zmianami ciśnienia z dnia na dzień, oraz niewielka między dobowa zmienność temperatury powietrza.

Bardziej sprzyjające klimatoterapii są miesiące ciepłe: maj, czerwiec, sierpień i wrzesień, które wyróżniają się znacznie mniejszą częstością występowania warunków gorąca, upału i parności. W sierpniu i we wrześniu panują także dobre warunki nasłonecznienia. Miesiące te charakteryzują się małym zachmurzeniem, dużą liczbą dni pogodnych oraz najmniejszą w roku liczba dni z opadami.

Ze względu na możliwość wystąpienia warunków gorąca i parności w miesiącach letnich uciążliwe dla organizmu mogą być godziny południowe, w których najczęściej pojawiają się warunki gorąca i upału oraz godziny wieczorne, najbardziej narażone na wystąpienie warunków parności.

Spośród miesięcy zimowych najlepszymi warunkami bioklimatycznymi odznacza się luty, w którym obserwowano najlepsze warunki usłonecznienia ze względu na stosunkowo niewielkie zachmurzenie i dużą liczbę dni pogodnych. Jest to także najsuchszy miesiąc zimowy, wyróżniający się najmniejszymi wartościami prężności pary wodnej w powietrzu i najmniejszą częstością pojawiania się warunków „wilgotno" i „bardzo wilgotno". Luty jest także miesiącem o najmniejszej w roku sumie opadów i najmniejszej liczbie dni z opadem. Stwarza to warunki sprzyjające przebywaniu na świeżym powietrzu i stosowaniu zabiegów klimatoterapeutycznych odpowiednich w tej porze roku.

Na terenie uzdrowiska można wyróżnić obszary o najbardziej korzystnych warunkach bioklimatycznych. Należy do nich otoczenie sanatorium „ Przy Źródle" oraz teren ścieżki zdrowia. Korzystną cechą warunków mikroklimatycznych na tych obszarach jest znaczna suchość powietrza oraz sprzyjające warunki termiczne. Znaczne zalesienie terenu powoduje „złagodzenie" wysokich temperatur w godzinach południowych, co ma duże znaczenie zwłaszcza w porze letniej. Możliwe jest zatem przeprowadzenie niektórych zabiegów na świeżym powietrzu (leżakowanie, helioterapia) nawet o tej porze dnia.

Mniej korzystne warunki do leczenia uzdrowiskowego panują w obrębie terenów wiejskich (boisko szkoły w Jeziornie) ze względu na wysokie temperatury powietrza w godzinach południowych (w porze letniej) i częste pojawianie się warunków gorąca niesprzyjających przeprowadzaniu zabiegów klimatoterapeutycznych o tej porze dnia. Celowe jest wtedy ich przesunięcie na godziny przedpołudniowe lub wieczorne, odznaczające się mniejszą bodźcowością warunków termicznych. Dolina oraz niektóre obszary dzielnicy willowej (otoczenia punktu IV) charakteryzują się w pewnych porach dnia (godziny ranne lub wieczorne) niekorzystnymi warunkami wilgotnościowymi – zwiększoną zawartością pary wodnej w powietrzu i dużą częstością pojawiania się warunków parności. Stany parności nie występują przy wysokiej temperaturze powietrza, co nie stwarza uciążliwych warunków bioklimatycznych, jednak należałoby unikać przebywania chorych w tych godzinach w dolinie i w dzielnicy willowej uzdrowiska.

Poznanie warunków mikroklimatycznych uzdrowiska Konstancin i ich zróżnicowania na tym terenie stwarza możliwości lepszego wykorzystania klimatu lokalnego w celach leczniczych. Uwzględniając różnorodność warunków bioklimatycznych na terenie uzdrowiska należy dążyć do racjonalnego wykorzystania obszarów korzystnych pod względem bioklimatycznym do celów terapeutycznych. Duże możliwości dla lecznictwa uzdrowiskowego stwarzają tereny zalesione, odznaczające się łagodnymi warunkami ter-

micznymi, dużą zawartością w powietrzu tlenu i korzystnych dla organizmu substancji lotnych wydzielanych przez drzewa (fitoncydy), suchość podłoża i sprzyjającymi warunkami wilgotnościowymi.

Wymienione cechy przemawiają za tym, by na te tereny zwrócić szczególną uwagę w dalszym zagospodarowaniu i przystosowaniu warunków uzdrowiska do celów leczniczo-wypoczynkowych.

Tabela 1. Średnia temperatura powietrza (*T*, °C), dobowa amplituda temperatury (*A*, °C) i ciśnienie pary wodnej (*e*, hPa) w latach 1974-1976

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
T°C	0,0	-2,6	1,6	7,4	13,1	15,8	18,2	17,4	13,6	7,2	3,1	0,7	8,0
A°C	5,6	7,1	7,8	9,8	11,5	11,3	11,3	12,3	12,1	6,3	5,3	4,5	8,7
e hPa	5,6	4,3	5,8	7,7	10,5	13,1	15,6	15,5	12,7	9,1	7,1	5,9	9,4

Tabela 2. Częstość (%) występowania dni gorących i upalnych oraz mroźnych w latach 1974-1976

	Dni gorące i upalne					Dni mroźne				
	V	VI	VII	VIII	IX	I	II	III	XI	XII
$t_{max} \geq 25°$	9,7	20,0	41,9	37,6	16,7	20,0	31,5	12,9	4,5	19,6
$t_{max} \geq 30°$	1,1	2,2	6,4	3,2	-					

Tabela 3. Częstość (%) występowania godzin parnych w latach 1974-1976 i 1975 roku

	V	VI	VII	VIII	IX
1974-1976	2,2	15,6	36,6	28,0	5,6
1975	1,4	20,1	21,8	15,6	2,9

Tabela 4. Średnia wielkość zachmurzenia (*N*) oraz liczba dni pogodnych (L_o) i dni pochmurnych ($L_\bullet$) w latach 1974-1976

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
N	8,8	5,8	8,4	6,6	6,2	6,9	6,3	5,3	5,4	8,0	7,9	8,4	7,0
L_o	0,5	2,5	2,5	3,0	3,7	3,0	4,3	6,3	5,7	1,0	0	1,0	33,5
$L_\bullet$	19,0	10,0	14,5	14,5	12,3	11,0	11,7	7,0	7,7	20,7	18,3	24,0	170,7

Tabela 5. Średnie miesięczne sumy opadu ($\sum P_i$, mm) i liczba dni z opadem n_i w latach 1974-1976

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
$\sum P_i$	50,6	4,8	36,0	39,3	43,9	74,7	110,7	38,3	57,7	67,0	41,4	54,1	636,5
$n_i \geq 0,1$	19,5	2,5	10,5	10,5	11,7	14,0	12,7	8,7	8,0	12,0	13,3	18,3	141,7
$n_i \geq 1,0$	14,5	1,0	9,0	7,0	6,7	10,7	10,0	6,7	6,7	10,7	9,0	10,7	102,7
$n_i \geq 10,0$	0,5	0,0	0,5	2,0	2,0	2,7	4,0	1,3	2,3	1,3	0,7	0,7	18,0

Tabela 6. Średnia wartość prędkości wiatru (m/s) w latach 1974-1976

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
0,9	0,6	0,8	1,0	0,8	0,7	0,5	0,4	0,5	0,8	0,8	0,9

Tabela 7. Średnie wartości temperatury powietrza (°C) na stacjach Konstancin i Warszawa-Okęcie w latach 1974-1976

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Konstancin	0,0	-2,6	1,6	7,4	13,1	15,8	18,2	17,4	13,6	7,2	3,1	0,7
Okęcie	0,2	-2,0	1,8	7,5	13,0	15,6	18,2	17,7	14,3	7,2	3,2	2,3
$t_k - t_o$	-0,2	-0,6	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,0	-0,3	-0,7	0,0	-0,1	-1,6

Tabela 8. Średnie wartości ciśnienia pary wodnej (hPa) w Konstancinie i Warszawie (Okęcie) w latach 1974-1976

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Konstancin	5,6	4,3	5,8	7,7	10,5	13,1	15,6	15,5	12,7	9,1	7,1	5,9
Okęcie	5,4	4,4	5,8	7,5	10,5	12,9	15,3	15,1	12,4	9,1	7,0	5,8
$e_k - e_o$	0,2	-0,1	0,0	0,2	0,0	0,2	0,3	0,4	0,3	0,0	0,1	0,1

Tabela 9. Częstość (%) występowania dni gorących, upalnych oraz parnych w Konstancinie i Warszawie (Okęcie) w latach 1974-1976

		V	VI	VII	VIII	IX
$t \geq 25$ °C	Konstancin	9,7	20,0	41,9	37,6	16,7
	Okęcie	6,4	14,4	41,9	35,5	15,6
$t \geq 30$ °C	Konstancin	1,1	2,2	6,4	3,2	-
	Okęcie	-	2,2	4,3	3,2	-
Dni parne	Konstancin	2,2	15,6	36,6	28,0	5,6
	Okęcie	-	9,7	22,6	20,4	1,1

Tabela 10. Częstość (%) występowania godzin gorących i parnych w lipcu 1976 roku

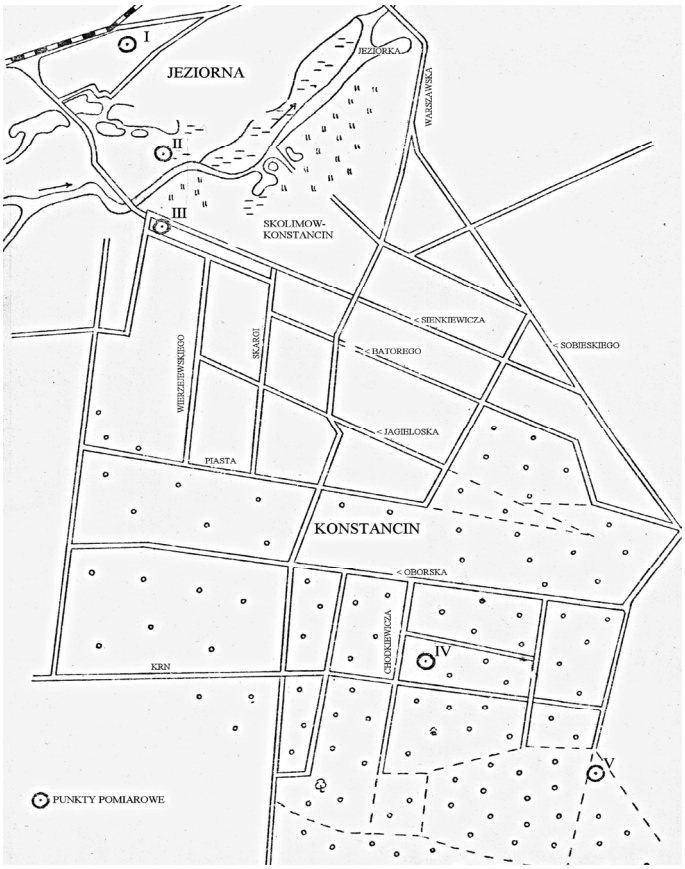
	punkt I	punkt II	punkt III	punkt IV	punkt V
Dni gorące	13,0	6,2	6,5	3,6	5,7
Dni parne	1,1	1,1	0,6	3,6	1,1

Tabela 11. Częstość (%) występowania kierunków wiatru w lipcu 1976 **roku** – w punktach I-V

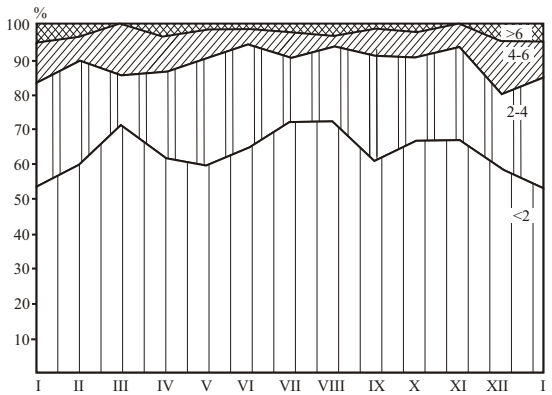
Nr	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
I	1,3	5,7	-	-	1,3	1,3	1,3	51,5	37,6
II	17,1	13,4	0,6	-	1,2	3,8	0,6	29,8	33,5
III	3,8	5,8	0,6	-	-	3,2	9,8	27,8	49,0
IV	3,3	6,4	0,8	-	-	-	-	7,6	81,9
V	13,2	36,0	1,8	-	-	-	1,2	10,1	37,7

Tabela 12. Różnice wartości temperatury powietrza (T_i-T_{III}, °C) i ciśnienia pary wodnej (e_i-e_{III}, hPa) między punktami i=I, II, IV, V w lipcu 1976 roku

Temperatura powietrza					Ciśnienie pary wodnej			
Godz.	T_I-T_{III}	T_{II}-T_{III}	T_{IV}-T_{III}	T_V-T_{III}	e_I-e_{III}	e_I-e_{III}	e_{IV}-e_{III}	e_V-e_{III}
1	1,1	-0,3	1,1	0,4	0,4	0,5	0,9	0,4
2	1,0	-0,1	1,0	0,3	0,5	0,7	1,2	0,4
3	1,4	0,0	1,0	0,2	0,4	0,7	1,2	0,6
4	0,6	0,2	0,6	0,0	0,3	0,8	1,0	0,5
5	0,5	0,4	0,1	-0,2	-0,1	1,0	0,3	0,3
6	0,7	1,1	-0,3	0,1	0,4	1,9	0,7	0,6
7	0,9	0,9	-0,8	0,3	-0,2	0,7	0,1	0,3
8	1,0	0,6	-0,8	0,1	0,5	1,0	0,7	0,1
9	0,6	0,0	-1,4	-0,8	0,3	0,7	0,3	-0,9
10	0,9	0,0	-1,2	-0,3	1,2	1,4	1,0	-0,1
11	0,7	-0,5	-1,5	-0,5	0,7	0,9	0,7	-0,4
12	0,5	-0,7	-1,3	-0,6	0,1	0,9	0,3	-0,7
13	0,7	-0,8	-1,5	-0,6	-0,4	0,9	0,3	-0,2
14	1,0	-0,6	-0,9	-0,4	-0,2	1,2	0,4	-0,2
15	0,9	-0,3	-0,8	-0,7	0,4	0,9	0,9	-0,2
16	1,0	-0,4	-0,6	-0,6	0,6	0,6	0,0	0,0
17	0,8	-0,5	-0,7	-0,9	0,6	0,8	1,0	0,0
18	0,6	-1,0	-0,5	-1,0	0,8	0,8	1,8	0,4
19	0,0	-1,2	-0,4	-2,2	0,5	1,3	2,0	0,6
20	0,7	-0,9	0,5	-0,7	-0,7	0,2	1,1	-0,4
21	1,2	-0,5	1,2	-0,4	-0,1	0,4	1,2	0,0
22	1,5	-0,4	1,4	0,4	0,7	0,8	1,2	0,2
23	1,4	-0,5	1,3	0,2	0,8	0,6	1,0	0,2
24	1,4	-0,2	1,3	0,3	0,7	0,7	1,0	0,4

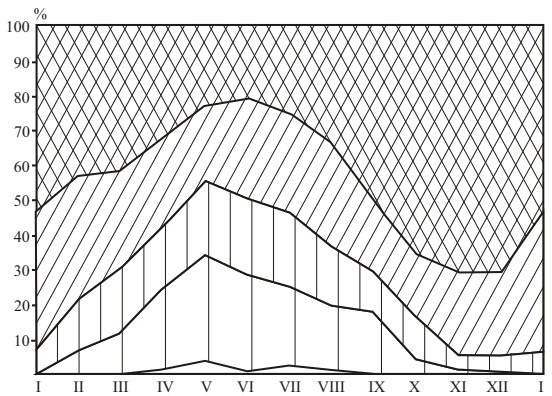


Rys. 1. Punkty pomiarowe w Konstancinie (1:10 000)

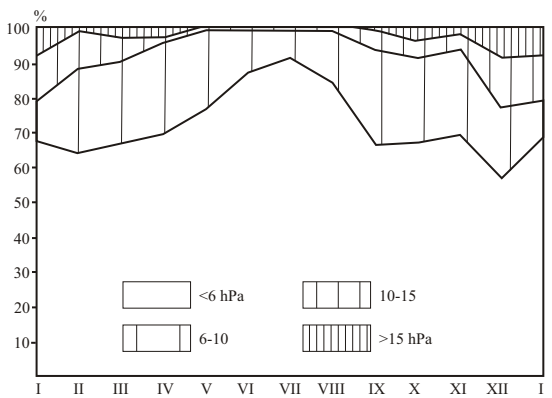


Rys. 2.Częstość średniej dobowej temperatury powietrza w Konstancinie w przedziałach: <2, 2-4, 4-6, >6°C

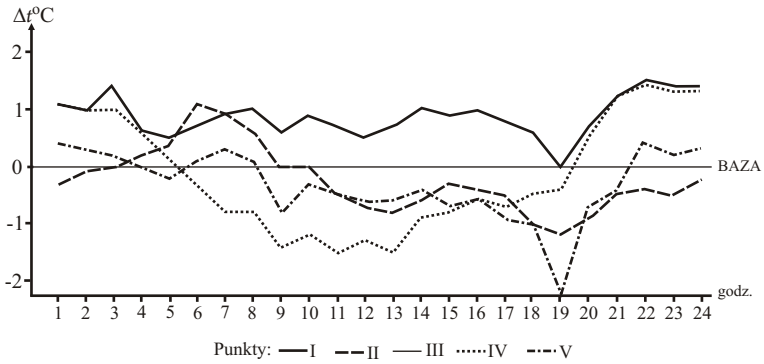
Rys. 3. Częstość dobowych amplitud temperatury powietrza w Konstancinie w przedziałach: <8, 8-12, >12 %.



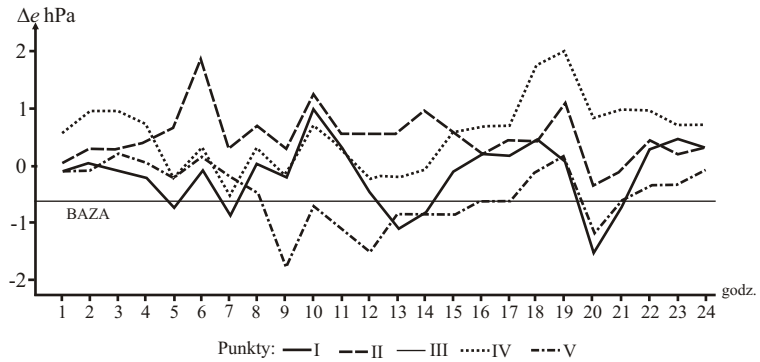
Rys. 4. Częstość warunków odczuwalności według wilgotności względnej



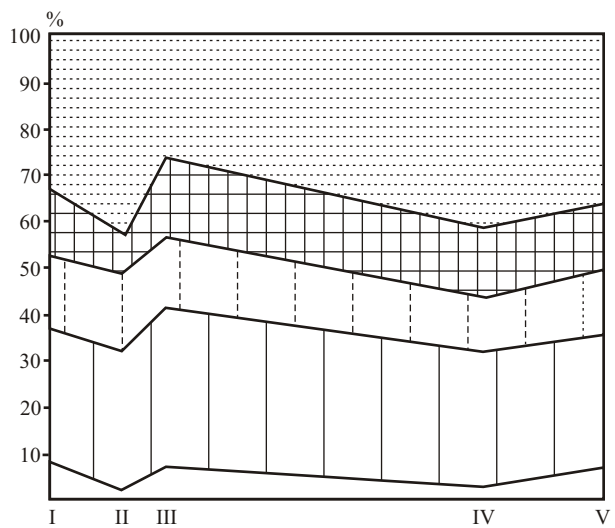
Rys. 5. Częstość średnich miesięcznych wartości ciśnienia atmosferycznego w przedziałach: <6, 6-10, 10-15, >15 hPa



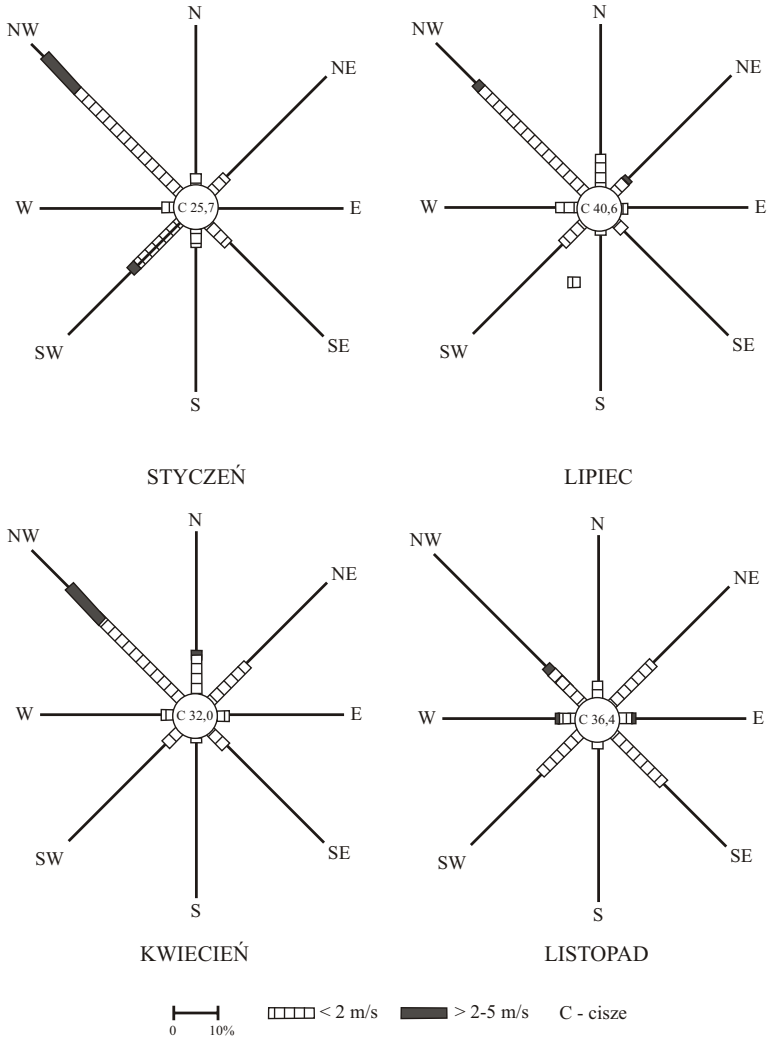
Rys. 6. Przebieg dobowy różnic temperatury powietrza



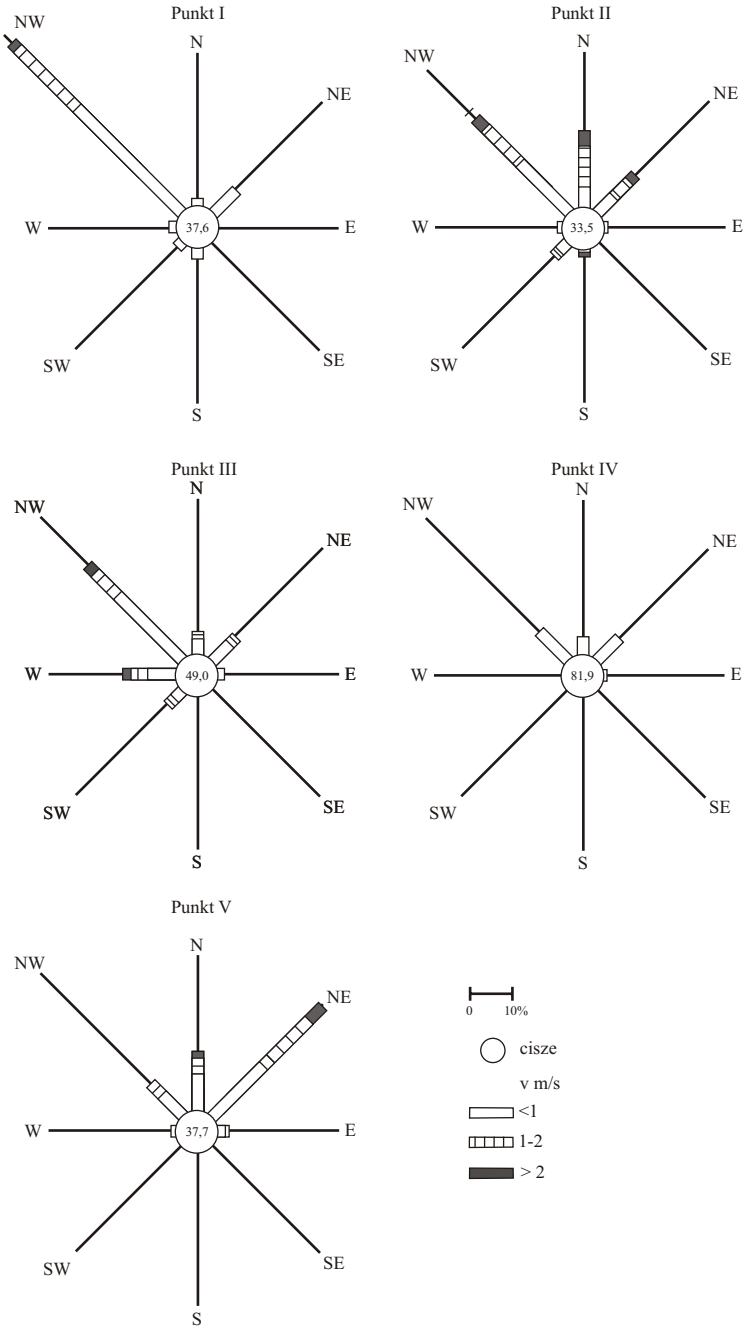
Rys. 7.Przebieg dobowy różnic ciśnienia pary wodnej



Rys. 8. Częstość godzin w przedziałach wilgotności względnej w lipcu 1976 r.



Rys. 9. Częstość kierunków wiatru w przedziałach prędkości w miesiącach: styczeń, kwiecień, lipiec, listopad



Rys. 10. Częstość kierunków wiatru w przedziałach prędkości w lipcu 1976 r. w różnych punktach

3.1.3. Warunki klimatoterapii w uzdrowisku Konstancin

Autor: Barbara M A T E J A
Opiekunowie naukowi: Maria S T O P A - B O R Y C Z K A ,
Maria K O P A C Z - L E M B O W I C Z

Cel pracy

Celem pracy jest próba oceny warunków bioklimatycznych Konstancina pod względem możliwości stosowania klimatoterapii. Stanowi ona analizę warunków odczuwalnych panujących w ciągu roku oraz ich zróżnicowanie na terenie uzdrowiska. Głównym celem tej pracy jest wydzielenie sezonów kuracyjnych dla Konstancina oraz wyróżnienie na jego terenie obszarów o warunkach sprzyjających do prowadzenia różnych form klimatoterapii. W opracowaniu tego zagadnienia wykorzystano materiały obserwacyjne z 1975 roku pochodzące ze stacji meteorologicznej Konstancin-Uzdrowisko oraz wyniki obserwacji terenowych prowadzonych w Konstancinie w lipcu 1976 roku. Przy wyznaczaniu warunków odczuwalnych posłużono się wskaźnikami bioklimatycznymi: ochładzaniem katatermometrycznym, temperaturą ekwiwalentną i temperaturą efektywną. Ważniejsze wyniki badań przedstawiono w tab. 1-8 i na rys. 1-5.

Metody oceny warunków klimatoterapii

Właściwe wykorzystanie w celach leczniczych walorów klimatycznych uzdrowiska wymaga znajomości warunków klimatu odczuwalnego. Na tej podstawie możliwe jest skierowanie chorego do odpowiedniego regionu klimatycznego w odpowiednim sezonie kuracyjnym. Ponadto znajomość warunków pogodowych panujących w ciągu roku pozwala na właściwe dawkowanie bodźców klimatycznych, odpowiednie do stanu zdrowia chorego. Na organizm człowieka znajdującego się w danym środowisku klimatycznym oddziałuje cały zespół elementów, jak: temperatura, wilgotność powietrza, ruch powietrza, promieniowanie słoneczne oraz aerozole zawarte w powietrzu. Ponieważ wszystkie te elementy oddziałują równocześnie, przy ocenie warunków odczuwalnych nie wystarczają charakterystyki pojedynczych elementów meteorologicznych, lecz konieczne jest kompleksowe ujęcie ich wpływu na organizm ludzki.

Metody stosowane w bioklimatologii można podzielić na 2 grupy:

- Metody fizjologiczne opierające się na badaniach mechanizmu termoregulacji, dotyczące: temperatury ciała, bilansu wymiany ciepła między ustrojem człowieka a otoczeniem, wydzielania i parowania potu, czynności układu termoregulacyjnego. Ujemną stroną metod należących do tej grupy jest konieczność każdorazowego prowadzenia badań na ludziach oraz posiadania fachowej wiedzy medycznej.
- Metody fizyczne – łączące subiektywnie odczucie ciepła przez człowieka z oddziaływaniem poszczególnych elementów meteorologicznych. Opierają się one na wskazaniach specjalnie skonstruowanych przyrządów – analogów ciała ludzkiego (katatermometr Hilla, frygorymetr Dorno) lub na empirycznie wyznaczonych wskaźnikach kompleksowych.

Kompleksowe wskaźniki biometeorologiczne ujmują łączne oddziaływanie na organizm różnych funkcji elementów meteorologicznych: 1. temperatury i wilgotności powietrza; 2. temperatury i ruchu powietrza; 3. temperatury, wilgotności powietrza i ruchu

powietrza; 4. temperatury, wilgotności powietrza, ruchu powietrza i promieniowania słonecznego.

Do pierwszej grupy wskaźników należy zaliczyć temperaturę ekwiwalentną oraz entalpię, czyli pojemność cieplną powietrza. Oba te wskaźniki uwzględniają reakcję fizjologiczną i odczuwalność cieplną organizmu w danych warunkach meteorologicznych środowiska przy osłonie od wiatru i promieniowania słonecznego. Jest to ich ujemną stroną, gdyż te właśnie elementy oddziaływają na człowieka podczas większości zabiegów klimatoterapeutycznych.

Utratę ciepła z organizmu pod wpływem łącznego oddziaływania temperatury i ruchu powietrza ujmuje ochładzanie, którego wielkość jest mierzona przy pomocy przyrządów stanowiących miniatury żywych organizmów. Otrzymywane tą drogą wyniki są jednak przybliżone, gdyż żaden z tych przyrządów nie uwzględnia działalności układu termoregulacyjnego niwelującego straty ciepła z organizmu.

Wskaźnikiem ujmującym w jedną kompleksową wielkość temperaturę, wilgotność powietrza i ruch powietrza jest temperatura efektywna (TE). Sporządzono 2 skale temperatury efektywnej: Normalną (NTE) – dla osób normalnie ubranych oraz Podstawową (PTE) – dla osób obnażonych do pasa. Ze względu na to, że na organizm człowieka poddanego bożcom klimatycznym w znacznej mierze wpływa promieniowanie słoneczne, skalę temperatur efektywnych poszerzono o ten element tworząc temperaturę radiacyjno-efektywną (RTE).

Na podstawie wieloletnich badań nad odczuwalnością cieplną organizmu przy określonych wartościach poszczególnych wskaźników wyznaczono przedziały odpowiadające najdogodniejszym dla organizmu warunkom środowiska zewnętrznego. Komfort termiczny stanowi optimum warunków klimatycznych, przy których zachowana jest równowaga termiczna ustroju, w związku z czym możliwe jest wyznaczenie zabiegów klimatycznych wszystkim chorym, nawet najbardziej osłabionym.

Natomiast w warunkach dyskomfortowych: chłodu lub przegrzania, kiedy układ termoregulacyjny obciążony jest dodatkową pracą, liczba osób mogących korzystać z leczenia klimatycznego automatycznie zmniejsza się.

Dlatego tez przy ocenie warunków klimatoterapii niezwykle ważne jest podanie informacji dotyczącej częstości występowania komfortu i dyskomfortu w poszczególnych sezonach kuracyjnych.

Temperatura efektywna

Temperatura efektywna jest kompleksowym wskaźnikiem bioklimatycznym ukazującym łączny wpływ na organizm temperatury, wilgotności i ruchu powietrza. Został on empirycznie wyznaczony w laboratorium amerykańskiego Towarzystwa Inżynierów Ogrzewnictwa i Wentylacji (ASHVE) w Pittsburgu. Kierujący badaniami – C. P. Yaglou i F. C. Haughton przyjęli założenie, że określony stan odczucia ciepła wywołują różne kombinacje wartości temperatury, wilgotności i prędkości ruchu powietrza. Badania te polegały na umieszczeniu dwóch grup osób w komorach klimatyzacyjnych, w których dowolnie regulowano wartości trzech wyżej wymienionych elementów i jednocześnie notowano odbiorcze odczucia cieplne. Na tej podstawie sporządzono dwie skale temperatur efektywnych.

Pierwsza z nich – podstawowa (PTE) obejmuje stany odczucia ciepła osób obnażonych do pasa i pozostających w spoczynku, druga – normalna (NTE) została opracowana dla osób normalnie ubranych i zajmujących się lekką pracą.

Dla obydwu skal wyznaczono przedziały, w których panują najdogodniejsze dla organizmu warunki. Dla skali podstawowej przyjęto przedział 19-28°C, przy czym optimum komfortu określono na 20,3°. Dla skali normalnej komfort przypadł na przedział 17,2-21,7° NTE. Należy zaznaczyć, że przedziały te zostały ustalone dla warunków panujących w Ameryce Płn. I nie dla wszystkich obszarów są one reprezentatywne. W związku z tym, w innych krajach przeprowadzono analogiczne badania, na podstawie których wyznaczono zakres wartości temperatury efektywnej odpowiadający optymalnym warunkom dla organizmu. W Anglii Bedford ustalił, iż komfort termiczny panuje w przedziale 17,8-22,2° NTE, natomiast w Z.S.R.R. stwierdzono, że w przedziale 17,3-21,7° NTE. W wyniku późniejszych badań przeprowadzonych na Krymie, Marszak wyznaczył optymalne zakres NTE na 13,5 – 18,0°. Stwierdzono również, iż w północnej części Z.S.R.R. warunki komfortowe panują nawet poniżej 13,5°. W związku z powyższym, Milewski rozszerzył 2-krotnie przedział komfortu (10,0 – 18,0° NTE). Należy dodać, że ten zakres wielkości temperatury efektywnej powinien odpowiadać warunkom makroklimatycznym Polski.

Temperaturę efektywną można wyznaczyć przy pomocy nomogramów na podstawie wskazań suchego i wilgotnego termometru oraz wartości prędkości wiatru. Ponadto, temperaturę efektywną można obliczyć przy pomocy wzoru empirycznego Missenarda dla $v > 0$:

$$NTE = 37 - (37 - T)[0{,}68 - 0{,}0014f + (1{,}76 + 1{,}4v^{0{,}75})^{-1}]^{-1} - 0{,}29T(1 - 0{,}01f),$$

gdzie: T – temperatura powietrza (°C), f – wilgotność względna powietrza (%), v – prędkość wiatru (m/s).

Temperatura efektywna ma ograniczone zastosowanie, ze względu na to, iż obie skale: podstawowa i normalna, zostały opracowane tylko dla wartości dodatnich. Badania przy niskiej temperaturze prowadzone były tylko w aspekcie higieny odzieży w zależności od odczuwalności cieplnej (Konaratiew, Wadkowskaja). Ponadto, przy ujemnych temperaturach rola wilgotności powietrza w kształtowaniu warunków odczuwalnych znacznie zmniejsza się. Podstawą do badania wpływu klimatu na organizm staje się wówczas temperatura i prędkość wiatru. Temperatura efektywna jest wskaźnikiem bioklimatycznym służącym do charakterystyki warunków odczuwalnych w uzdrowiskach. Ponadto, przy jej pomocy można wydzielić w ciągu roku sezony kuracyjne, w których dogodne byłoby stosowanie określonych zabiegów klimatoterapeutycznych.

W celu scharakteryzowania warunków klimatoterapii w Konstancinie wyznaczono temperaturę efektywną dla godz. 13.00 w okresie od kwietnia do października 1975 roku. Jako materiał wyjściowy posłużyły obserwacje psychrometryczne i anemometryczne.

Wartość temperatury efektywnej odczytano z diagramu podanego przez Gądzikiewicza i uzupełnionego na podstawie wyników Missenarda, przez M. Cene i M. Gregorczuka izarytmami prędkości wiatru 5,0 i 10,0 m/s. Wartości wskazań termometru wilgotnego obaj autorzy zastąpili wielkościami prężności pary wodnej.

Otrzymane wartości temperatury efektywnej zostały następnie pogrupowane wg. następujących przedziałów i zaklasyfikowane do odpowiadających im warunków odczucia ciepła:

13,5 < chłód
13,5 – 18,0 komfort
18,0 > gorąco.

W celu prześledzenia zmian stanów odczucia ciepła w ciągu roku obliczono częstość występowania warunków odczuwalnych w poszczególnych miesiącach. Niekorzystne, ze względu na przegrzanie organizmu, warunki odczuwalne „gorąco" w godzinach południowych występowały w Konstancinie od maja do września. W okresie tym najbardziej niekorzystne były miesiące letnie: lipiec (74,1%) oraz sierpień (60%), znaczny odsetek stanów odczucia „gorąco" przypadł również na czerwiec (31%) i wrzesień (40%). Dyskomfort związany z utrudnionym oddawaniem ciepła przez organizm najrzadziej występował w maju (19,4%). Komfort termiczny (13,5-18,0) w rozpatrywanym okresie nie wystąpił tylko w kwietniu, ze względu na dominujące w tym miesiącu warunki „chłodu".

Ważniejsze wyniki badań

Na podstawie powyższej analizy warunków odczuwalnych Konstancina wydzielono w ciągu roku okresy, w których korzystne jest stosowanie określonych zabiegów klimatoterapeutycznych.

Okres „ciepły" trwający od maja do października, w którym można wydzielić 2 podokresy:

1. z przewagą warunków odczuwalnych „gorąco" obejmujący miesiące letnie: czerwiec, lipiec i sierpień. W porze południowej, kiedy warunki dyskomfortu zdarzają się najczęściej, należy stosować zabiegi seroterapeutyczne nie wymagające dużego wysiłku fizycznego, aby nie doprowadzić do zbytniego przegrzania organizmu. Najkorzystniejsze więc, byłoby werandowanie lub leżakowanie w cieniu. Natomiast zabiegi wymagające dużego wydatku energii (gimnastyka lecznicza, gry i zabawy ruchowe, biegi, spacery) należałoby przesunąć na wczesne godziny ranne i wieczorne, w których występują warunki komfortu termicznego.

2. z przewagą warunków komfortowych obejmujący maj oraz wrzesień i październik w których to miesiącach nie ma przeciwwskazań do stosowania najróżniejszych form klimatoterapii.

W ciągu całego okresu „ciepłego", ze względu na panujące w godzinach nocnych komfortowe warunki odczuwalne, korzystne byłoby zalecanie kuracjuszom snu przy otwartych oknach. Całodobowa aeroterapia daje korzystne efekty, prowadzi do polepszenia stanu ogólnego chorego, wzbogacenia krwi w tlen, poprawienia pracy układu oddechowego, sercowo-krwionośnego i termoregulacyjnego.

• Okres „chłodny" trwający od listopada do kwietnia, w obrębie którego wyróżniają się 2 podokresy:

z dominującymi warunkami dyskomfortu związanymi z dużą utratą ciepła z organizmu, przypadający na miesiące zimowe: listopad, grudzień, styczeń i luty. W tym podokresie najkorzystniejsze byłyby czynne formy odpoczynku, jak spacery, gry ruchowe

czy ćwiczenia. Należy dodać, że aeroterapia w chłodnej porze roku ma duże znaczenie, ze względu na to, iż chorzy większą część dnia spędzają w pokoju i w niewielkim stopniu korzystają ze świeżego powietrza. Ponadto okres zimowy sprzyja hartowaniu organizmu. Dawki zabiegów aeroterapeutycznych należy stopniowo zwiększać, aby zapobiec przeziębieniom wynikającym z przechłodzenia organizmu. W warunkach komfortu termicznego tj. w dwóch miesiącach: marzec i kwiecień można rozszerzyć formy zabiegów seroterapeutycznych – do werandowania czy leżakowania.

• Na podstawie zróżnicowania warunków odczuwalnych na terenie Konstancina, można wydzielić dzielnice, w których korzystne jest prowadzenie zabiegów klimatoterapeutycznych oraz takie obszary, na których zabiegi te są niewskazane w określonych porach dnia.

– W północno-zachodniej części Konstancina warunki odczuwalne są niezbyt dogodne dla organizmu. W godzinach rannych występują tu warunki chłodu, szczególnie długo utrzymujące się w dolinie rzeki Jeziorki. Natomiast w południe i w godzinach popołudniowych panuje dyskomfort prowadzący do przegrzania organizmu. Dogodne z punktu widzenia klimatoterapii są tu jedynie godziny wieczorne, w których przeważają warunki komfortu. Należy jednak pamiętać, że o tej porze dnia w dolinie Jeziorki dosyć często pojawia się chłód.

– Tereny położone na południowy-wschód od „Bazy" posiadają znacznie lepsze warunki klimatoterapii. W godzinach rannych, popołudniowych i wieczornych dominującym stanem odczucia ciepła jest tu komfort. Natomiast dyskomfortowe warunki przegrzania często występują w porze południowej, zaś warunki chłodu – wcześnie rano. Ze względu na dominujący w ciągu dnia komfort, wskazane byłoby usytuowanie na tych terenach urządzeń klimatoterapeutycznych, takich jak boiska do gier i zabaw czy werandy. Należałoby tu również wytyczyć dróżki spacerowe z ławkami, gdyż z dosyć odległej od budynków sanatoryjnych, ścieżki zdrowia nie mogą korzystać wszyscy kuracjusze.

Wnioski końcowe

O warunkach klimatoterapii w ciągu roku:

– Najkorzystniejsze warunki odczuwalne w Konstancinie przypadają na maj, wrzesień i październik, w związku z czym w miesiącach tych istnieją duże możliwości stosowania różnorodnych form klimatoterapii.

– W miesiącach letnich (VI, VII, VIII), w porze południowej ze względu na przewagę dyskomfortowych warunków związanych z wysokimi temperaturami ograniczone są możliwości stosowania czynnych form aeroterapii. Jednakże dosyć duży udział komfortu we wczesnych godzinach rannych i wieczornych pozwala na prowadzenie kinoterapii.

– Miesiące zimowe (XI, XII, I, II) charakteryzują się dyskomfortowymi warunkami chłodu, w związku z czym mogą być prowadzone przede wszystkim czynne formy aeroterapii. Natomiast werandowanie czy sen przy otwartych oknach może być stosowany w przypadku osób zahartowanych i odpornych na przeziębienia.

– O zróżnicowaniu warunków odczuwalnych na terenie Konstancina.

– Najkorzystniejsze warunki odczuwalne charakteryzują południowo-wschodnią, willowo-sanatoryjną dzielnicę Konstancina. Jej walory dodatkowo podwyższa las mieszany, wzbogacający powietrze w naturalne składniki odżywcze i lecznicze. Dlatego też na

terenie tym powinny być lokalizowane urządzenia klimatoterapeutyczne czy też nowe budynki sanatoryjne.

– Północno-wschodnia część Konstancina ma niezbyt dogodne warunki odczuwalne. W celu ich poprawy korzystne byłoby zadrzewienie terenów znajdujących się na północ od doliny Jeziorki. Szata roślinna przyczyniłaby się do zmniejszenia częstości dyskomfortowych warunków gorąca i tym samym stworzyła możliwości prowadzenia klimatoterapii na tym terenie.

Tabela 1. Średnie miesięczne wartości ochładzania katatermometrycznego (mcal/cm^2 s^{-1}) w 1975 roku

Godz.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
7.00	19,4	23,6	20,4	20,7	22,4	12,7	9,5	9,5	12,9	17,6	20,4	23,5
13.00	21,6	26,2	19,9	19,3	10,5	8,9	7,1	6,4	9,2	17,2	21,2	24,4
19.00	21,5	24,2	18,3	18,0	11,0	9,6	7,2	7,4	10,0	16,0	20,6	24,2
Rok	20,8	24,7	19,5	19,3	14,6	10,4	7,9	7,8	10,7	17,3	20,7	24,0

Tabela 2. Zmienność średnich miesięcznych wartości ochładzania katatermometrycznego

I/II	II/III	III/IV	IV/V	V/VI	VI/VII	VII/VIII	VIII/IX	IX/X	X/XI	XI/XII
3,9	5,2	0,2	4,7	4,2	2,5	0,1	2,9	6,4	3,4	3,3

Tabela 3. Częstość warunków odczucia ciepła wg ochładzania katatermometrycznego w poszczególnych miesiącach 1975 roku

Godz. 7.00												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Gorąco					6,5	33,3	64,5	67,7	27,6			
Łagodnie	20,7	4,0	12,9	13,4	67,7	46,7	32,3	32,3	55,2	35,4	21,4	
Przyjemnie chłodno	34,5	44,0	38,7	33,3	19,3	13,3	3,2		10,3	32,3	28,6	31,0
Zimno	41,4	24,0	45,2	50,0	6,5		6,7		6,9	32,3	39,3	55,2
Bardzo zimno	3,4	28,0	3,2	3,3							10,7	13,8
Godz. 13.00												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Upalnie					6,4	10,3	32,3	16,1	10,0			
Gorąco					38,7	58,6	51,6	80,7	50,0	6,5		
Łagodnie												
Chłodno	3,3		29,0	33,3	45,2	27,6	9,7	3,2	36,7	19,4	13,3	3,2
Przyjemnie chłodno	40,0	14,8	29,0	23,3	9,7	3,5	3,2		3,3	38,7	26,7	19,4
Zimno	46,7	63,0	32,3	36,7			3,2			32,2	53,3	64,5
Bardzo zimno	10,0	22,2	9,7	6,7						3,2	6,7	12,9
Godz. 19.00												
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Gorąco					51,7	63,3	93,2	96,6	55,2	3,4		
Łagodnie	6,9	3,7	31,2	42,9	31,0	30,0		3,4	41,4	38,0	27,6	
Przyjemnie chłodno	44,9	33,3	37,9	35,7	17,3	6,7	3,4		3,4	34,5	27,6	26,7
Zimno	37,9	48,2	27,6	14,3			3,4			20,7	34,5	60,0
Bardzo zimno	10,3	14,8	3,4	7,1						3,4	10,3	13,3

Tabela 4. Częstość warunków odczucia ciepła wg temperatury efektywnej w poszczególnych miesiącach 1975 roku

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
Chłód	100	41,9	31	6,5	10	23,3	90,3
Komfort		38,7	38	19,4	30	36,7	9,7
Gorąco		19,4	31	74,1	60	40	

Tabela 5. Częstość zmian kontrastowych warunków odczucia ciepła wg temperatury efektywnej w poszczególnych miesiącach 1975 roku

IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
0	3,2	6,9	0	3,3	10	0

Tabela 6. Częstość warunków odczucia ciepła wg ochładzania katatermometrycznego w poszczególnych punktach w lipcu 1976 roku

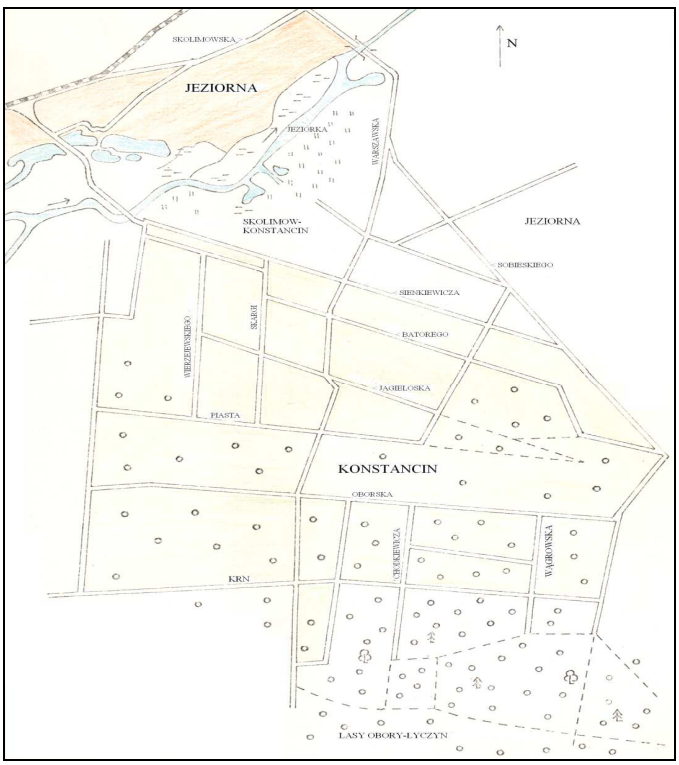
Punkt I										
	6	7	9	11	13	15	17	18	19	21
Upalnie		6,2	14,3	31,2	25,0	43,8	20,0			
Gorąco	56,3	56,3	64,3	56,3	62,5	43,8	53,3	75,0	68,8	73,3
Łagodnie	37,5	25,0	14,3	12,5	12,5	6,2	26,7	25,0	31,2	26,7
Przyjemnie chłodno	6,2	12,5	7,1			6,2				
Punkt II										
	6	7	9	11	13	15	17	18	19	21
Upalnie			13,3	37,5	37,5	50,0	18,7	6,2		
Gorąco	31,3	62,5	56,7	43,8	50,0	31,3	62,5	75,0	68,7	66,7
Łagodnie	62,5	31,3	33,3	6,2	12,5	12,5	18,8	18,8	31,3	33,3
Przyjemnie chłodno	6,2	6,2	6,7	12,5		6,2				
Punkt V										
	6	7	9	11	13	15	17	18	19	21
Upalnie				12,5	18,7	18,7		6,2		
Gorąco	25,0	43,8	50,0	50,0	68,8	37,5	68,8	56,3	62,5	68,8
Łagodnie	75,0	50,0	43,8	37,5	12,5	43,8	25,0	25,0	31,3	25,0
Przyjemnie chłodno		6,2					6,2	12,5	6,2	
Zimno			6,2							6,2

Tabela 7. Średnie wartości temperatury efektywnej w terminach obserwacyjnych na poszczególnych punktach w lipcu 1976 roku

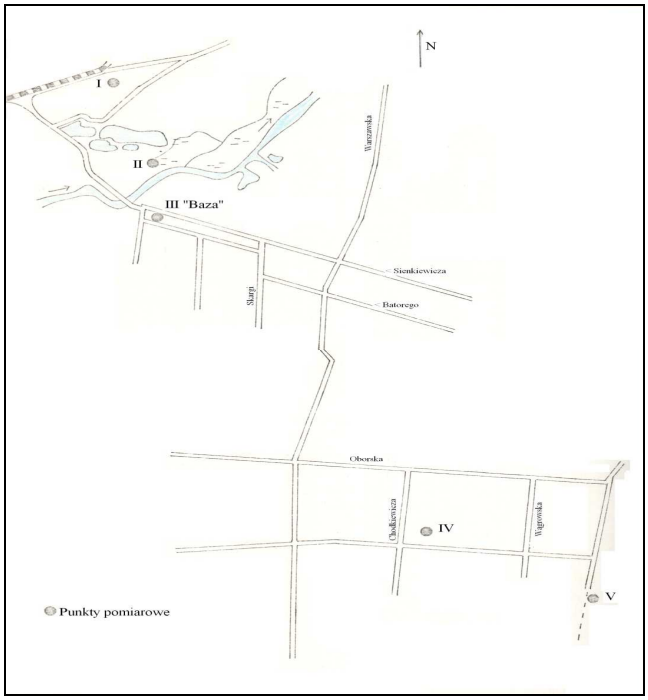
	6	7	9	11	13	15	17	18	19	21
Punkt I	12,0	14,0	15,6	17,0	17,4	17,9	17,6	17,4	16,3	14,9
Punkt II	12,7	13,6	15,1	15,9	16,3	16,7	16,0	15,8	15,8	13,4
Punkt III	11,9	13,4	15,3	16,3	17,3	17,0	17,0	16,9	16,6	14,2
Punkt IV	12,0	13,7	15,8	16,9	17,7	17,9	17,5	17,6	17,1	15,0
Punkt V	12,2	12,9	14,2	15,8	16,9	16,9	15,9	16,2	16,1	13,9

Tabela 8. Częstość warunków odczucia ciepła wg temperatury efektywnej na punkcie III, IV i V w lipcu 1976 roku

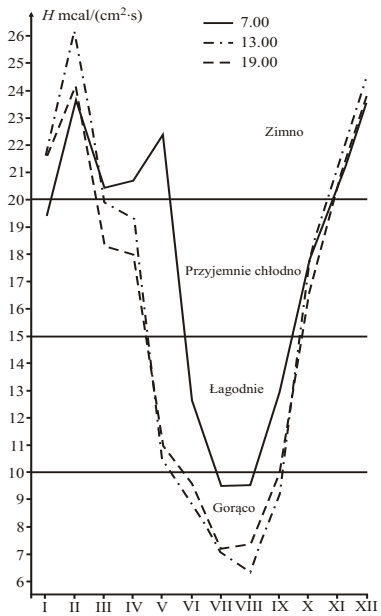
Punkt III										
	6	7	9	11	13	15	17	18	19	21
Chłód	55,6	42,9	28,6	20,0	6,2	6,2	6,2		18,8	33,3
Komfort	44,4	57,1	50,0	46,7	43,8	56,3	62,5	68,8	50,0	66,7
Gorąco			21,4	33,3	50,0	37,5	31,3	31,2	31,2	
Punkt IV										
	6	7	9	11	13	15	17	18	19	21
Chłód	66,7	50,0	25,0	6,2						20,0
Komfort	33,3	50,0	50,0	43,8	50,0	56,3	56,3	56,3	62,5	80,0
Gorąco			25,0	50,0	50,0	43,7	43,7	43,7	37,5	
Punkt V										
	6	7	9	11	13	15	17	18	19	21
Chłód	80,0	50,0	37,5	31,2	6,3	12,4	12,5	12,5	25,0	35,7
Komfort	20,0	43,8	62,5	43,8	62,5	43,8	62,5	56,3	31,2	64,3
Gorąco		6,2		25,0	31,2	43,8	25,0	31,2	43,8	



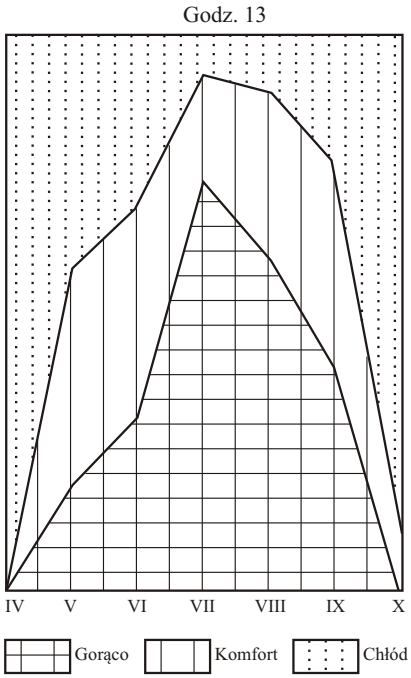
Rys. 1. Plan Konstancina (1: 10 000)



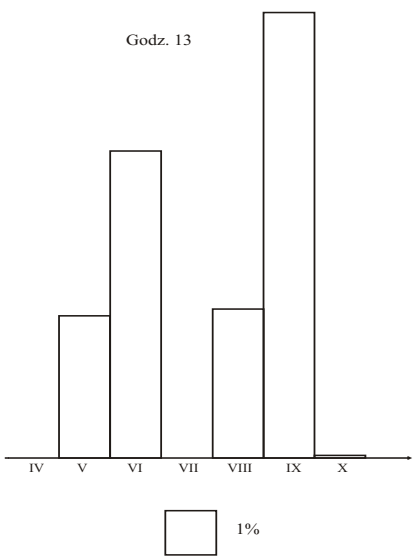
Rys. 2. Położenie punktów pomiarowych w Konstancinie



Rys. 3. Zmiany roczne warunków odczuwalnych – o godzinie 7, 13 i 19



Rys. 4. Częstość warunków odczucia ciepła wg temperatury efektywnej w 1975 r.



Rys. 5. Temperatura efektywna – Częstość zmian kontrastowych (1975)

3.1.4. Warunki termiczno-wilgotnościowe pomieszczeń sanatoryjnych o ekspozycji południowej w Konstancinie

Autor: Stanisław S T U C Z Y K
Opiekunowie naukowi: Maria S T O P A - B O R Y C Z K A ,
Maria K O P A C Z - L E M B O W I C Z ,
Jerzy B O R Y C Z K A

Cel i zakres pracy

Pomieszczenia zamknięte, w których człowiek spędza większą część życia, chronią go przed bezpośrednim wpływem warunków atmosferycznych, pozwalają na zachowanie pewnego komfortu wewnętrznego, ale jednocześnie stwarzają warunki do powstawania niekorzystnych zmian fizycznych i chemicznych właściwości powietrza. Wytwarza się wówczas określony mikroklimat pomieszczenia, czyli zespół bodźców fizyczno-chemicznych, wpływających na równowagę wewnątrzustrojową. Ważniejsze wyniki badań przedstawiono w tab. 1 i na rys.1-12.

Korzystne warunki mikroklimatyczne mogą sprzyjać przebiegowi leczenia, natomiast niekorzystne – je utrudniać. Stąd wynika konieczność i potrzeba badania mikrośrodowiska pomieszczeń leczniczych – staje się ono środkiem terapeutycznym. Niniejsza praca, podejmuje tę tak ważną tematykę dla człowieka, a jeszcze tak mało docenioną. Głównym celem pracy jest: stwierdzenie w jakim stopniu warunki termiczno-wilgotnościowe sal chorych odpowiadają przyjętej normie; wskazanie przyczyn oraz możliwości poprawy warunków termiczno-wilgotnościowych pomieszczeń; ocena ilościowa związków między warunkami termiczno wilgotnościowymi na zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia; wskazanie różnic między warunkami termiczno-wilgotnościowymi pomieszczeń o różnej ekspozycji. Aby odpowiedzieć na pytanie, jakie warunki termiczno-wilgotnościowe panowały w badanym pomieszczeniu i wskazanie ewentualnie możliwości poprawy najważniejszych parametrów mikroklimatu (temperatury i wilgotności), przyjęto do analizy normę Renault'a Jules'a. Podaje on, że warunki optymalne będą zapewnione wtedy, gdy w pomieszczeniu temperatura (t) będzie wynosiła 20,0-22,0°C latem i 20,0-21,0°C zimą przy wilgotności względnej powietrza (f) 40-70%, jest to bardzo wąski przedział w przypadku temperatury a bardzo szeroki dla wilgotności. Na podstawie diagramu psychrometrycznego Houghtena i Yaglou rozszerzono strefę komfortu do 19,0°C i 23,5°C, uściślając granice wilgotności względnej, jako że podana była w zbyt szerokim zakresie. Warunki komfortu mogą być zapewnione również przy niskiej temperaturze (poniżej 20,0°C), jeśli odpowiednio podwyższy się wilgotność powietrza; podobnie przy wysokiej temperaturze (powyżej 22,0°C), wilgotność względna powinna być odpowiednio niższa a wówczas zapewnione będą warunki optymalne. Zmodyfikowana skala Renault'a pozwala na wykrycie, z powodu jakiego elementu klimatu były warunki dyskomfortowe, gdyż diagram psychrometryczny pozwala na określenie granic komfortu, ale nie wskazuje na czynnik dyskomfortowy, jako że zawiera graficzny opis wpływu temperatury i wilgotności względnej powietrza w wielkości określanej jako temperatura efektywna. Połączenie temperatury i wilgotności w przedziały, zapewniające komfortowe odczucie warunków, pozwoliło na ocenę warunków termiczno-wilgotnościowych badanych pomieszczeń.

Charakterystyka danych źródłowych

Podstawą do opracowania warunków termiczno-wilgotnościowych pomieszczeń sanatoryjnych w Konstancinie były wyniki badań mikroklimatycznych rozpoczęte w 1974 roku w ośrodku „Przy Źródle" (trwają one w dalszym ciągu), prowadzone jednocześnie w czterech pokojach chorych, z których dwa miały ekspozycję północną a pozostałe południową. Na serię pomiarów wykonywanych w wymienionych pomieszczeniach składały się: rejestracja temperatury i wilgotności powietrza za pomocą termohigrografów tygodniowych (kontrola pomiaru temperatury i wilgotności za pomocą psychrometru typu Augusta), pomiary wielkości ochładzającej powietrza katatermometrem suchym oraz zapis ankietowy, w których chorzy zapisywali uwagi na temat swego samopoczucia. Pomiary psychrometryczne wykonywano psychrometrem Augusta jeden raz dziennie w godzinach porannych tj. około 5.30-7.30 (na ogół wszystkie pomiary były dokonywane przez pielęgniarki podczas porannego obchodu pacjentów), w warunkach swobodnego bytowania chorych i personelu uzdrowiskowego. W tym też samym czasie robiono reper na termohigrografie. Przyrządy pomiarowe były umieszczone w poszczególnych pokojach przy ścianie, na wysokości około 0,75 m od podłogi w miejscu do którego nie docierały bezpośrednio promieniowanie słoneczne. Wietrzenie stosowano zależnie od samopoczucia i potrzeb chorych przez otwieranie okien (wentylacja naturalna). Równocześnie prowadzono pomiary podstawowych elementów meteorologicznych na stacji uzdrowiskowej, znajdującej się w pobliżu ośrodka „Przy Źródle".

W pracy przeprowadzono analizę warunków termiczno-wilgotnościowych na podstawie serii obserwacji psychrometrycznych oraz termohigrografów tygodniowych za rok 1975, w pomieszczeniu o ekspozycji południowej (sala nr 1) ośrodka „Przy Źródle". Pomieszczenie to znajduje się na parterze domku dwukondygnacyjnego, zbudowanego z cegły i bloków betonowych. Sala ta o powierzchni 16,34 m^2 i kubaturze 38,18 m^3 ma jedno okno od strony południowej (wymiary pokoju: 4,3 x 3,8 x 2,3 m), które było częściowo przysłonięte zielenią (w tej chwili zieleń została wytrzebiona). Pokój zamieszkiwały trzy osoby płci żeńskiej w wieku średnim. Na jedną osobę przypadało więc 5,4 m^2 powierzchni.

Okres obserwacji w tym przypadku nie był najważniejszy jako, że podstawowym założeniem pracy było przeanalizowanie warunków termiczno-wilgotnościowych jakie panowały w pomieszczeniu sanatoryjnym o ekspozycji południowej w różnych porach roku i wskazanie na możliwości ich poprawy a nie ocena tych warunków w danym okresie, to jednak ze względu na bardzo krótki okres rejestracji materiału pomiarowo-obserwacyjnego – trzy lata, (dane te były niekompletne i część z nich charakteryzowała się złą jakością) należało ograniczyć się do materiałów za rok 1975 jako, że były one najbardziej pełne. Dane te mają jednak pojedyncze braki i błędy, wynikające z niesprawności przyrządów oraz z tego, że chorzy czasami przykrywali termohigrografy, kładli w pobliżu przyrządów wilgotne przedmioty takie jak np. parasole czy też ręczniki zmieniając w ten sposób zapis warunków wewnętrznych. Zdarzały się też wypadki samodzielnego przestawiania przyrządów przez osoby zamieszkujące badany pokój. Przerwy urlopowe w sierpniu i wrześniu spowodowały także braki w materiale dla tego okresu. Nie można ich było uzupełnić okresem analogicznym, gdyż Uzdrowisko Konstancin nie ma danych dla tych miesięcy. Ponadto starano się wykorzystać materiał ankietowy, jednak nie odzwierciedlał on (w pytaniach) wpływu warunków wewnętrznych na samopoczucie osób przebywających w po-

mieszczeniu; odnosiły się one raczej do sytuacji ogólnej tj. cyrkulacji i warunków zewnętrznych, dlatego też musiano zrezygnować z niego, (nasza sugestia miała przyczynić się do podjęcia opracowania ankiet i przeprowadzenia badań w tym kierunku).

Coraz większy rozwój budownictwa o charakterze społecznym, stwarza konieczność badania i kontroli mikroklimatu pomieszczeń tych budynków w celu wyciągnięcia wniosków dla lekarzy fizjourbanistów.

Związki korelacyjne warunków termiczno-wilgotnościowych na zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia

Na organizm ludzki mają duży wpływ przede wszystkim temperatura powietrza, jego wilgotność, ruch powietrza oraz długofalowe promieniowanie Słońca i całego otoczenia. Jednak najbardziej efektywnie oddziałuje temperatura i wilgotność powietrza, które to wpływają na inne elementy meteorologiczne, od których z kolei są też one uzależnione. Wpływ tych elementów na organizm jest korzystny jeśli warunki klimatyczne znajdują się w zakresie optimum dla organizmu, w przeciwnym razie powodują one wystąpienie złego samopoczucia. Warunki zewnętrzne stanowią tło klimatyczne, wpływające w znacznym stopniu na kształtowanie się warunków klimatycznych w pomieszczeniu; (zwłaszcza w miesiącach letnich i przejściowych, gdy nie funkcjonuje ogrzewanie sztuczne), które warunkują samopoczucie osób przebywających w pomieszczeniach zamkniętych.

Określono ilościowo związek warunków termiczno-wilgotnościowych wewnątrz budynku od stanu atmosfery na zewnątrz. W tym celu posłużono się metodami statystycznymi (współczynnik korelacji i regresji, równania prostych regresji). Wyniki przedstawiono graficznie: przebiegi dobowe temperatury i wilgotności względnej powietrza, współczynnika korelacji i regresji oraz wykresy prostych regresji.

Porównania dokonano dla dwóch miesięcy: lipca i lutego oraz dla dni pogodnych i pochmurnych, by określić różnice w przebiegu dobowym oraz związek tych różnic z warunkami zewnętrznymi.

Analizę oparto na założeniu, że między dwoma cechami (tj. temperaturą powietrza wewnątrz pomieszczenia (t_w), a temperaturą powietrza zewnętrznego(t_z) oraz wilgotnością względną powietrza wewnątrz budynku (f_w) i wilgotnością względną powietrza na zewnątrz (f_z) istnieją związki przyczynowe. Określono je przy pomocy rachunku korelacyjnego, ustalając siłę tego związku oraz kierunek współzależności. Najprostszą miarą współzależności jest współczynnik korelacji liniowej (r), który wyznaczono z definicji

$$r = S_{xy} / S_x S_y$$

gdzie: S_{xy} – kowariancja zmiennych x, y; przy czym przez x oznaczono warunki zewnętrzne a przez y warunki wewnętrzne, S_x, S_y – odchylenia standardowe zmiennych x, y. Kowariancję obliczono z wzoru:

$$S_{xy} = n^{-1} \sum x_i y_i - x_{śr} y_{śr},$$

gdzie: n – liczba obserwacji.

Jest to tylko ujęcie zależności korelacyjnej dwóch cech, ale wszystkie procesy fizyczne, zachodzące w atmosferze są wynikiem łącznego współdziałania zespołu cech – elementów meteorologicznych. Wszystkie zależności są współzależnościami, wiążącymi

wszystkie elementy klimatu. Dlatego też bardziej właściwe byłoby wyznaczenie współczynnika korelacji wielokrotnej. Ze względu na trudności w dostępie do maszyn cyfrowych i trudności czasowe zastosowano tylko zwykły współczynnik korelacji liniowej.

W celu określenia wpływu jednej cechy (x) na drugą (y) posłużono się empirycznymi równaniami prostych regresji, w których współczynniki regresji a opisują ich związek:

$$y = ax + b$$

Współczynnik regresji liniowej a wyraża, odpowiadający, przeciętny przyrost wartości zmiennej zależnej y na jednostkę przyrostu wartości zmiennej niezależnej x. Im większy jest wpływ danej cechy na badany parametr, tym większe są wartości współczynników regresji. Znak współczynnika a informuje jakiego rodzaju jest ten wpływ, czy przyrostowi danej cechy x odpowiada wzrost czy też spadek cechy y. Wyraz wolny b liniowej funkcji regresji y względem x, potrzebny jest do przedstawienia wykresu prostej lub uzupełnienia wartości y na podstawie obserwacji zmiennej x. Współczynniki występujące w równaniu prostej regresji obliczono z wzorów:

$$a = S_{xy}/S^2_x, \qquad b = y_{śr} - ax_{śr}$$

gdzie: S_{xy} – kowariancja zmiennych x, y, S^2_x – wariancja zmiennej x; $x_{śr}$, $y_{śr}$ – średnie arytmetyczne. Wariancję S^2_x obliczono z wzoru: $S^2_x = n^{-1} \Sigma x_i^2 - x^2_{śr}$

Otrzymane równania $y = ax + b$ określają regresję parametrów t_w,, f_w względem t_z, f_z. W ten sposób określono wpływ badanych cech t_z, f_z na t_w, f_w za pomocą wzorów empirycznych.

Wnioski

W pracy określono ilościowo zależność warunków wewnątrz pomieszczenia od warunków zewnętrznych, posługując się metodami statystycznymi, wyznaczając odpowiednie miary współzależności współczynnika korelacji i regresji. Współczynnik korelacji pozwolił określić jak duża jest zależność temperatury i wilgotności powietrza w pomieszczeniach sanatoryjnych od warunków zewnętrznych. Natomiast współczynnik regresji wyraża przyrost temperatury i wilgotności w pomieszczeniu na jednostkę odpowiedniego parametru na zewnątrz.

Porównano również warunki termiczno-wilgotnościowe w dwóch pokojach o różnej ekspozycji południowej i północnej w półroczu chłodnym. Analizę oparto na temperaturze, wilgotności, ruchu powietrza oraz zachmurzeniu i opadzie, a więc na tych elementach klimatu, które najbardziej wpływają na mikroklimat, a ściślej na stosunki termiczno-wilgotnościowe pomieszczenia. Porównanie średnich miesięcznych wartości wybranych elementów meteorologicznych, pozwoliło wychwycić różnice, wywołane różną ekspozycją od Słońca. Z przeprowadzonych badań wynikają ogólne wnioski:

- Ogólna charakterystyka mikroklimatu wskazuje specyficzne cechy i różnice w poszczególnych pomieszczeniach rehabilitacyjnych. Z tego względu badania mikroklimatyczne powinny polegać na określeniu optymalnych warunków klimatycznych w pomieszczeniach tj. doprowadzić do ustalenia norm mikroklimatu (w oparciu o wywiady, ankiety i próbne serie obserwacyjne).
- Na podstawie wyników tej pracy, jak również pracy A. Jędryszczak można wnosić, że we wszystkich pomieszczeniach sanatoryjnych panowały niekorzystne warunki

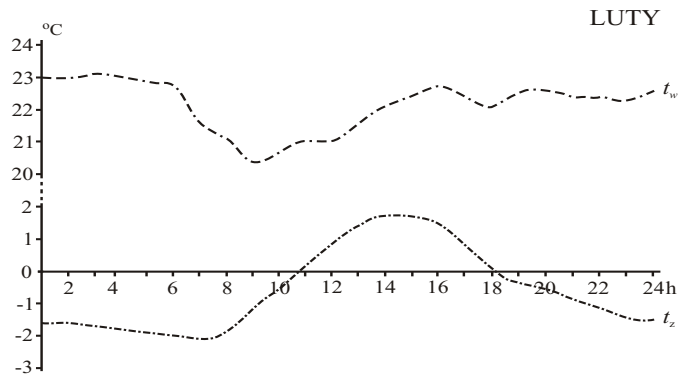
temiczno-wilgotnościowe. Na czym więc ma polegać terapeutyczna rola dobrego środowiska wewnątrz pomieszczeń sanatoryjnych. Silna korelacja warunków wewnętrznych od warunków panujących na zewnątrz (szczególnie w okresie ciepłym i przejściowym) zmusza do wprowadzenia pełnej klimatyzacji pomieszczeń leczniczych by móc zapewnić pacjentom warunki dobrego samopoczucia niezależnie od pory roku. Rozwiązanie ważnych problemów z dziedziny biometeorologii możliwe jest poprzez większą współpracę naukowców wszystkich dziedzin zajmujących się wpływem klimatu na organizm człowieka (meteorologów, lekarzy, techników sanitarnych itp.)

• Na mikroklimat składają się zjawiska zachodzące w warstwie powietrza 1,5-2,0 m od powierzchni gruntu i pozostające w ścisłej zależności od specyficznych warunków lokalnych, powierzchni czynnej: mikrorzeźby, rodzaju roślinności, itp. (Sapożnikowa). Jest to strefa, w której przebiega znaczna część pracy ludzkiej. Strefę tą można przekształcać, zmieniając właściwości powierzchni czynnej – mikroklimat. Definicja zdrowia według Światowej Organizacji Zdrowia – to stan pełnego, dobrego samopoczucia fizyczno-psychicznego i socjalnego, a nie tylko stan wolny od chorób. Z definicji ASHRAE wynika, że klimatyzacja służy zapewnieniu odpowiednich warunków mikroklimatu w danym pomieszczeniu.

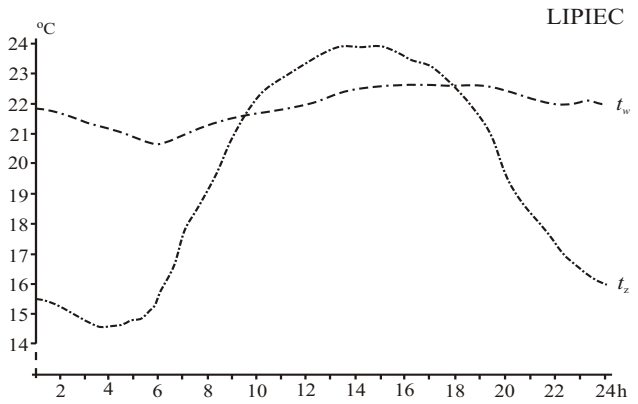
• Głównym zadaniem klimatologii lekarskiej jest obserwacja wpływu różnych czynników klimatu na ustrój ludzki, na występowanie różnych chorób i epidemii oraz wykorzystanie tego wpływu dla celów terapeutycznych i profilaktycznych. Pojawiają się pytania: czy urządzenia klimatyzacyjne mają wpływ na przyśpieszenie leczenia chorych i czy szpital powinien być wyposażony w urządzenia klimatyzacyjne.

Tabela 1. Przebieg dobowy (1^h, 2^h, …, 24^h) temperatury powietrza na zewnątrz (t_z) i wewnątrz (t_w) pomieszczenia oraz współczynnik korelacji $r(t)$ w lutym i lipcu w dniach pogodnym i pochmurnym w 1975 roku.

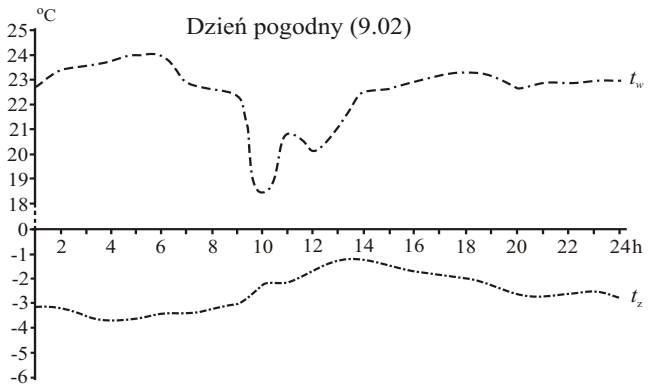
h	Luty			Lipiec			Dni pochmurne				Dni pogodne			
	t_z	t_w	r	t_z	t_w	r	t_z	t_w	t_z	t_w	t_z	t_w	t_z	t_w
1	-1,6	23,0	-0,11	15,5	21,6	0,40	-3,1	22,6	12,4	20,9	-6,0	22,0	12,4	19,1
2	-1,6	23,0	-0,17	15,2	21,7	0,41	-3,2	23,4	12,3	20,8	-5,9	22,4	11,6	18,2
3	-1,7	23,1	-0,23	14,8	21,4	0,46	-3,5	23,6	12,2	20,6	-5,2	22,6	11,1	17,2
4	-1,8	23,0	-0,27	14,6	21,2	0,38	-3,7	23,8	12,2	20,4	-4,5	22,7	11,2	17,1
5	-1,9	22,9	-0,25	14,8	20,9	0,56	-3,6	24,0	12,1	20,3	-3,4	22,6	11,8	16,8
6	-2,0	22,8	-0,25	15,7	20,7	0,55	-3,4	24,0	12,2	20,3	-3,6	22,6	13,9	17,1
7	-2,1	21,6	-0,28	17,8	20,9	0,13	-3,4	22,9	12,5	20,2	-4,4	22,8	19,3	17,8
8	-1,9	21,1	-0,19	19,3	21,3	0,15	-3,2	22,7	12,8	20,1	-4,5	23,4	21,8	20,4
9	-1,2	20,4	-0,26	20,9	21,5	0,18	-3,0	22,4	13,8	20,1	-3,1	19,9	24,1	21,1
10	-0,5	20,7	-0,25	22,3	21,7	0,19	-2,2	18,5	14,5	20,3	-1,5	22,2	25,5	21,7
11	0,1	21,0	-0,38	22,9	21,8	0,20	-2,1	20,9	16,5	20,5	-0,9	22,8	25,8	21,7
12	0,8	21,0	-0,15	23,4	22,0	0,18	-1,6	20,2	16,0	20,6	0,0	23,0	26,4	22,0
13	1,4	21,6	-0,03	23,9	22,3	0,25	-1,2	21,2	13,0	20,1	-0,1	23,4	26,4	22,7
14	1,7	22,1	-0,18	23,9	22,5	0,26	-1,2	22,6	13,5	20,2	0,0	23,0	26,5	23,5
15	1,7	22,4	-0,16	23,9	22,6	0,29	-1,4	22,7	13,6	20,1	-0,1	23,0	26,9	23,2
16	1,5	22,7	-0,20	23,5	22,6	0,26	-1,6	23,0	13,9	20,1	-0,1	23,8	26,7	22,9
17	0,8	22,4	-0,24	23,2	22,6	0,25	-1,8	23,3	14,4	20,0	-0,2	24,5	26,6	22,9
18	0,1	22,1	-0,16	22,4	22,6	0,27	-1,9	23,4	14,7	19,9	-0,2	22,6	25,2	23,0
19	-0,3	22,5	-0,09	21,4	22,6	0,30	-2,2	23,3	14,3	19,7	-0,2	22,9	23,0	22,7
20	-0,5	22,6	-0,08	19,5	22,4	0,26	-2,5	22,8	13,8	19,6	-0,2	22,8	20,2	22,0
21	-0,8	22,4	-0,05	18,3	22,2	0,36	-2,6	23,0	13,1	19,6	-0,2	22,8	17,4	21,3
22	-1,1	22,4	0,05	17,3	22,0	0,43	-2,5	23,0	12,8	19,4	-0,2	23,3	15,6	21,9
23	-1,4	22,3	-0,05	16,5	22,1	0,43	-2,4	23,1	11,9	19,3	-0,2	23,4	13,8	22,4
24	-1,5	22,6	-0,08	16,0	0,43	0,43	-2,6	23,1	12,3	19,2	-0,2	23,5	13,4	22,5



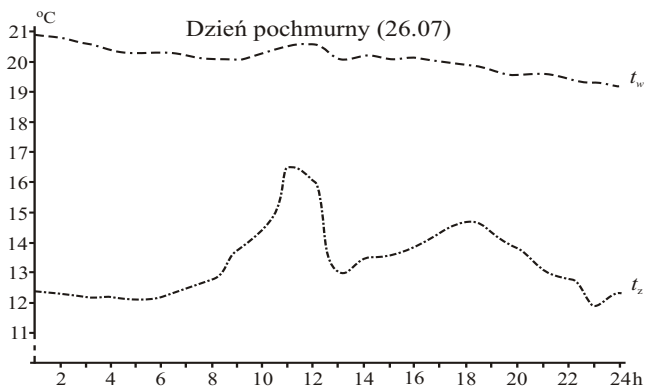
Rys. 1. Przebieg dobowy temperatury powietrza; na zewnątrz budynku, *(*t_z) i wewnątrz pomieszczenia (t_w) w lutym



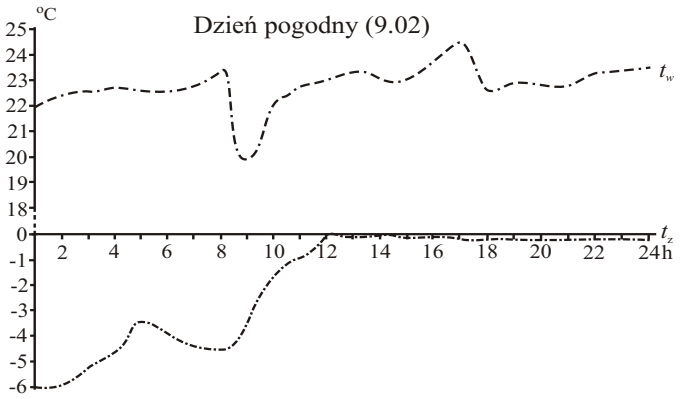
Rys. 2. Przebieg dobowy temperatury powietrza; na zewnątrz budynku (t_z) i wewnątrz pomieszczenia (t_w) w lipcu



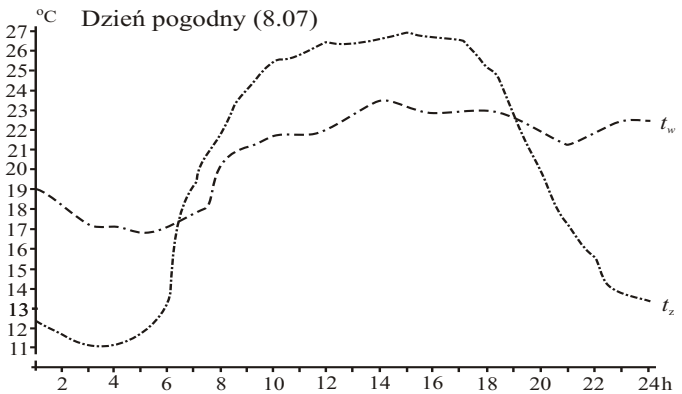
Rys. 3. Przebieg dobowy temperatury powietrza; na zewnątrz budynku, *(*t_z*)* i wewnątrz pomieszczenia (t_w) w dniu pochmurnym w lutym (4.02)



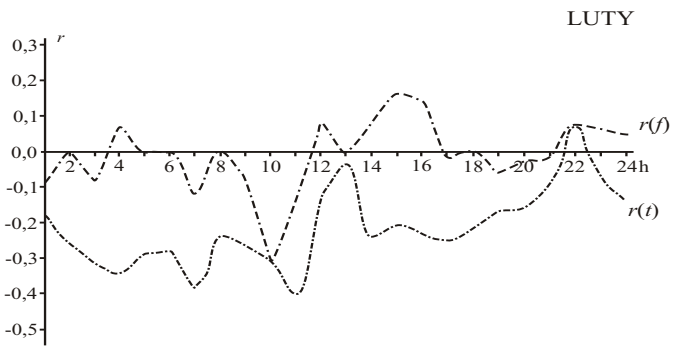
Rys. 4. Przebieg dobowy temperatury powietrza; na zewnątrz budynku, *(*t_z*)* i wewnątrz pomieszczenia (t_w) w dniu pochmurnym w lipcu (26.07)



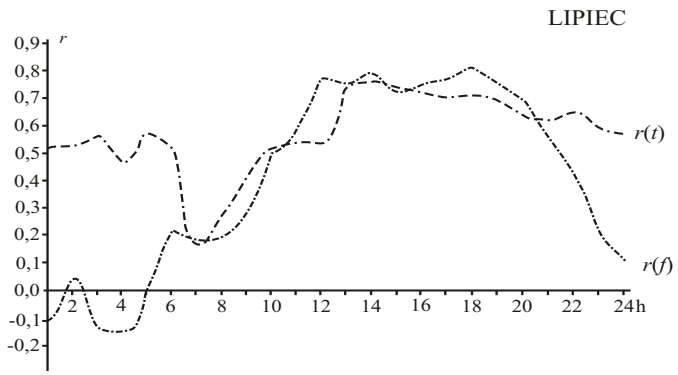
Rys. 5. Przebieg dobowy temperatury powietrza; na zewnątrz budynku, *(*t_z*)* i wewnątrz pomieszczenia (t_w) w w dniu pogodnym w lutym (9.02)



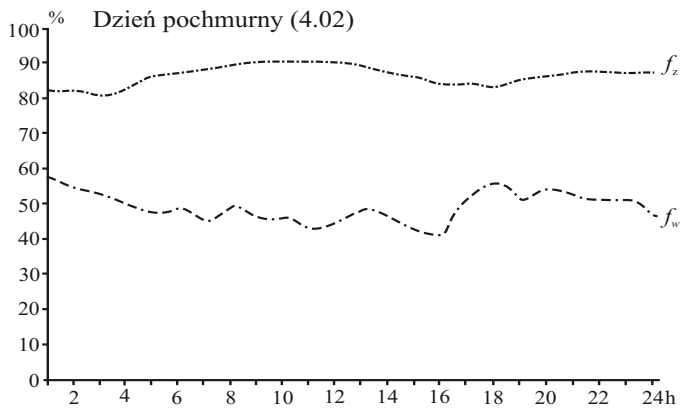
Rys. 6. Przebieg dobowy temperatury powietrza; na zewnątrz budynku, *(*t_z*)* i wewnątrz pomieszczenia (t_w) w w dniu pogodnym w lipcu (8.07)



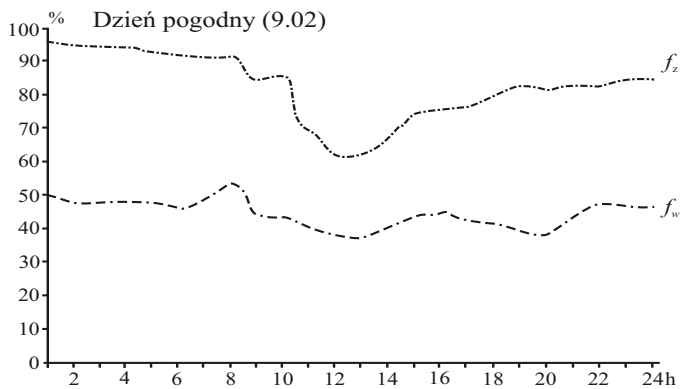
Rys. 7. Przebieg dobowy współczynników korelacji temperatury powietrza (t_w) i wilgotności względnej (f_w) wewnątrz pomieszczenia względem warunków zewnętrznych (t_z, f_z) – luty



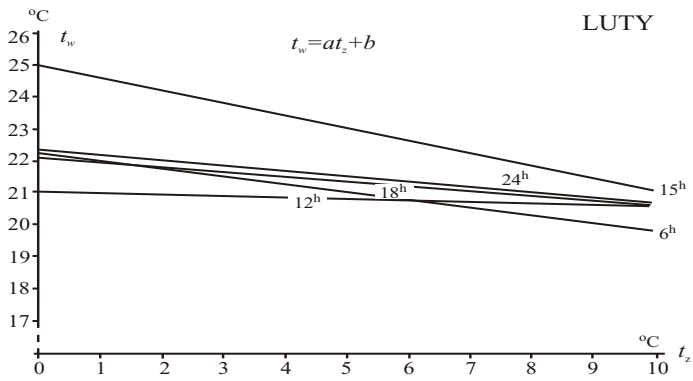
Rys. 8. Przebieg dobowy współczynników korelacji temperatury powietrza (t_w) i wilgotności względnej (f_w) wewnątrz pomieszczenia względem warunków zewnętrznych (t_z, f_z) – lipiec



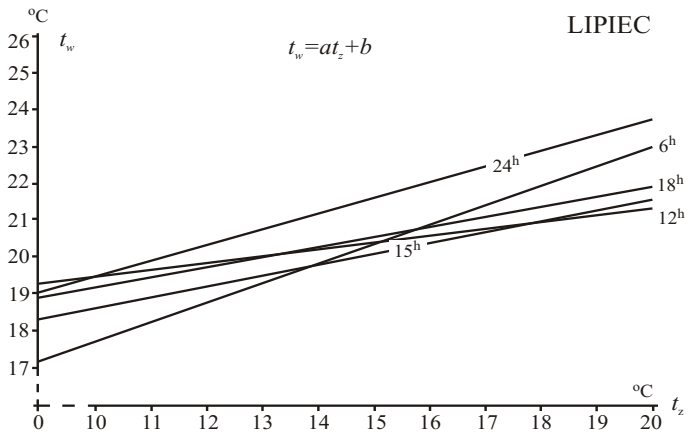
Rys. 9. Przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza; na zewnątrz budynku, (f_z) i wewnątrz pomieszczenia (f_w) w dniu pochmurnym w lutym (4.02)



Rys. 10. Przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza; na zewnątrz budynku, (f_z) i wewnątrz pomieszczenia (f_w) w dniu pogodnym w lutym (9.02)



Rys. 11. Wykresy prostych regresji ($t_w=at_z+b$) temperatury powietrza w lutym w pomieszczeniu ogrzewanym (t_w) względem temperatury na zewnątrz t_z o godzinie: 6, 12, 15, 18, 24



Rys. 12. Wykresy prostych regresji ($t_w=at_z+b$) temperatury powietrza w lipcu w pomieszczeniu (t_w) względem temperatury na zewnątrz (t_z) o godzinie: 6, 12, 15, 18, 24

3.1.5. Warunki termiczno-wilgotnościowe pomieszczeń sanatoryjnych o ekspozycji północnej w Konstancinie

Autor: Anna Maria J Ę D R Y S Z C Z A K
Opiekunowie naukowi: Maria S T O P A - B O R Y C Z K A ,
Maria K O P A C Z - L E M B O W I C Z ,
Jerzy B O R Y C Z K A

Cel i zakres pracy

Celem pracy jest ocena warunków termiczno-wilgotnościowych pomieszczenia o ekspozycji północnej, w którym przebywają pacjenci, a także wskazanie możliwości poprawy tych warunków.

Badania mikroklimatu pomieszczeń są istotne, gdyż człowiek spędza w nich większą część życia. Chronią go one przed bezpośrednim wpływem warunków atmosferycznych. Pomieszczenia jednocześnie stwarzają niekorzystne zmiany fizycznych i chemicznych właściwości powietrza. Wymagania stawiane pomieszczeniom pod względem mikroklimatycznym zależą od ich przeznaczenia, ale również od pory roku. Wymagania te są inne w lecie aniżeli w zimie, kiedy funkcjonuje sztuczne ogrzewanie. Wielkość pomieszczenia również wywiera wpływ na samopoczucie przebywającego w nim człowieka, gdyż od powierzchni pomieszczenia zależy szybkość powstawania niekorzystnych warunków mikroklimatrycznych. Czynniki kształtujące mikroklimat pomieszczeń można podzielić na:

– Egzogeniczne – makroklimatyczne, mezoklimatyczne i pogodowe
– Endogeniczne – uwarunkowane przez urządzenia sanitarno-techniczne
– Propriogeniczne – zależne od właściwości materiałów, z których wykonane są powierzchnie ograniczające pomieszczenie od środowiska zewnętrznego.

Zestawiając równocześnie temperaturę i wilgotność względną powietrza w poszczególnych godzinach doby (wartości uzyskane z opracowania termohigrogramów) z normami można było określić, w jakim stopniu warunki termiczno-wilgotnościowe odbiegały od „komfortu". Przeprowadzono także charakterystykę występowania poszczególnych wartości temperatury i wilgotności powietrza w pomieszczeniach i na zewnątrz. Ponadto obliczono amplitudy dobowe temperatury powietrza w wybranych miesięcach oraz częstość ich występowania, przyjmując jednostopniowe przedziały.

Określono także związki warunków wewnątrz pomieszczenia od warunków zewnętrznych, podając stopień zależności korelacyjnych mikroklimatu pomieszczeń od stanu atmosfery.

W badaniach zależności warunków termiczno-wilgotnościowych wewnątrz pomieszczenia od warunków zewnętrznych wykorzystano wyniki uzyskane z opracowania termohigrogramów z klatki meteorologicznej, znajdującej się na terenie ośrodka „Przy Źródle". Posługując się średnimi wartościami temperatury i wilgotności względnej powietrza w kolejnych godzinach na zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia, obliczono współczynniki korelacji i regresji. Wyodrębniono poszczególne godziny oraz dni pogodne i pochmurne w dwóch wybranych miesiącach: lutym i lipcu. Porównanie przebiegu dobowego temperatury i wilgotności względnej powietrza na zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia, oraz analiza współczynników korelacji i regresji pozwoliły ocenić zależność między tempera-

turą powietrza jak również między wilgotnością względną powietrza wewnątrz pomieszczenia i na zewnątrz.

Tematyka niniejszej pracy wchodzi w zakres klimatologii stosowanej, ma więc przede wszystkim aspekt praktyczny.

Przebiegi dobowe temperatury powietrza i wilgotności względnej wewnątrz i na zewnątrz pomieszczeń

W ośrodku „Przy Źródle" w 1974 roku rozpoczęto badania nad mikroklimatem pomieszczeń, w których przebywają pacjenci. W czterech pokojach (dwóch południowych i dwóch północnych) zainstalowano termohigrografy, dostarczające informacji o kształtowaniu się warunków termiczno-wilgotnościowych w tych pomieszczeniach; ponadto raz dziennie (przeważnie w godzinach rannych) wykonywano pomiar powietrza psychrometrem Augusta, na podstawie którego z „Tablic psychrometrycznych" uzyskano wartości wilgotności względnej powietrza.

W pracy scharakteryzowano warunki termiczno-wilgotnościowe sal o ekspozycji północnej ośrodka „Przy Źródle" na podstawie danych uzyskanych z opracowania termohigrogramów w roku 1975 w sali nr 15.

Wybrany pokój znajduje się na parterze; jest to pomieszczenie niskie (2,30 m wysokości) stosunkowo niewielkie, w kształcie zbliżonym do kwadratu (4,30 m x 4,10 m), jego powierzchnia wynosi 17,63 m^2. Pokój ten jest czteroosobowy, a więc na jednego kuracjusza przypada tylko 4,4 m^2. Ściany zbudowane są z cegły i bloków betonowych, stropy są prefabrykowane betonowe, stropodach również betonowy.

Termohigrograf umieszczono na wysokości 75 cm przy ścianie wschodniej mniej więcej naprzeciw umywalki.

Przegląd materiałów źródłowych zadecydował o wyborze do opracowania danych z 1975 roku, gdyż dla tego roku materiały były najbardziej kompletne. W danych tych spotyka się pojedyncze braki wynikające z niesprawności przyrządów. Do poważnych braków należy zaliczyć przerwanie serii obserwacyjnej dla trzech miesięcy: sierpnia, września i października. Trzeba jednak podkreślić, że wyniki obserwacji nie zawsze odzwierciedlały warunki rzeczywiste, ponieważ chorzy czasami przykrywali termohigrografy, w pobliżu przyrządów kładli mokre parasole i wieszali mokre ręczniki. Równocześnie prowadzono obserwacje na stacji znajdującej się na terenie ośrodka „Przy Źródle".

Ważniejsze wyniki przedstawiono w tab.1-8 i na rys. 1-10.

Temperatura powietrza na zewnątrz w ciągu miesiąca lutego wahała się w granicach od -2,1°C do 1,7°C. Od godz. 1 do godz. 7 występuje łagodny spadek temperatury od -1,6°C do -2,1°C (jest to najniższa wartość w tym miesiącu). W godz. 7-15 temperatura szybko rośnie, osiągając o godz. 15 maksymalną wartość. Następnie do godz. 24 obserwuje się ponowny spadek temperatury do -1,5°C. Temperatury dodatnie występują między godz. 11 a godz. 18.

Inaczej przedstawia się przebieg dobowy temperatury wewnątrz pomieszczenia; obserwuje się mniejsze wahania temperatury w ciągu doby od 16,9°C do 18,1°C oraz wyższe jej wartości. W godz. 1-11 występuje spadek temperatury od 18,1°C (godz. 1 i 2) do 16,9°C (godz. 11). Od godz. 12 do godz. 16 przebieg temperatury jest wyrównany, a od godz. 17 obserwuje się niewielki wzrost temperatury do 17,9°C (godz. 24).

Jeśli chodzi o przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza na zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia, to charakter przebiegu w obu przypadkach jest podobny, z tym że na zewnątrz wilgotność powietrza ulega większym wahaniom i osiąga wyższe wartości niż wewnątrz pomieszczenia. Na zewnątrz do godz. 17 notuje się przebieg wyrównany (różnice rzędu 2%); w godzinach rannych występują najwyższe wartości wilgotności powietrza (89%). Następnie do godz. 13 następuje spadek wilgotności względnej aż do minimalnej wartości 73%. Od godz. 15 do 19 występuje dość szybki wzrost wilgotności, a potem do godz. 24 wilgotność nieznacznie wzrasta do 88%. Wewnątrz pomieszczenia wilgotność względna powietrza wahała się w granicach od 48% do 54%.

Przebieg dobowy współczynników korelacji i regresji

W celu zbadania zależności temperatury i wilgotności powietrza wewnątrz pomieszczenia (y) od warunków zewnętrznych (x) oraz oceny ścisłości tego związku wyznaczono równanie prostych regresji oraz współczynniki korelacji dla poszczególnych godzin, a także dla dnia pogodnego i pochmurnego dwóch wybranych miesięcy: lutego i lipca.

Współczynnik korelacji jest miarą współzależności zmiennych *x, y* i wyraża się wzorem:

$$r = S_{xy}/S_x S_y$$

gdzie: S_{xy} – kowariancja zmiennych *x, y*, a S_x, S_y – to odpowiednie odchylenia standardowe.

Współczynnik korelacji może przybierać wartości w przedziale (-1,1); $r = -1$ lub $r = +1$ wtedy, gdy między zmiennymi *x* i *y* istnieje zależność liniowa, $r = 0$ jeśli zmienne *x* i *y* są nieskorelowane, czyli niezależne. Ogólnie można uważać współczynniki korelacji o wartościach od -0,5 do -1 oraz między 0,5 i 1 jako „duże". Jeżeli współczynnik korelacji zawiera się w przedziale -0,5-0,5, to zależność *y* od *x* jest mała.

Analiza regresji zajmuje się wyznaczeniem funkcji $y = f(x)$ na podstawie danych zmierzonych *x*, *y*. Na podstawie prostej regresji można ocenić najbardziej prawdopodobną wartość *y* dla każdej wartości *x*. Równanie prostej regresji

$$y = ax + b$$

o współczynniku regresji *a* (tangensie kata nachylenia prostej) wyznacza się ze wzorów:

$$a = S_{xy}/S^2 x$$
$$b = y_{śr} - ax_{śr}$$

Przebieg dobowy współczynników korelacji temperatury i wilgotności względnej powietrza przedstawia tabela 5 i rysunki 9 i 10.

Współczynnik korelacji osiąga większe wartości bezwzględne dla temperatury niż wilgotności, z tym że r_t w dniu pogodnym jest większy niż w dniu pochmurnym, natomiast dla r_f sytuacja jest odwrotna, tzn. w dniu pogodnym r_f jest mniejszy niż w dniu pochmurnym.

W lipcu współczynnik korelacji temperatury i wilgotności względnej powietrza kilkakrotnie osiągnął wartość powyżej 0,5. Współczynnik korelacji temperatury powietrza początkowo, do godz. 4 maleje, następnie rośnie osiągając maksimum o godz. 6 (0,593)

i ponownie spada do wartości ujemnej do godz. 8. Do godz. 13 r_t rośnie nie przekraczając jednak wartości 0,2, a później do godz. 22 maleje do wartości minimalnej -0,137. W okresie od godz. 20 do 24 r_t przyjmuje wartości poniżej zera. Najwyższe wartości współczynnika korelacji występują w godz. 1-6, a najniższe w godzinach wieczornych i nocnych.

Współczynnik korelacji wilgotności względnej powietrza (rys. 10) waha się w granicach od -0,283 (godz. 5) do 0,771 (godz. 12). Wartości ujemne występują w godz. 1-6 oraz o 24. Od godz. 10 do 21 r_f jest większy od 0,5, co wskazuje na duży wpływ warunków wilgotnościowych, panujących na zewnątrz, na kształtowanie się przebiegu dobowego wilgotności względnej wewnątrz pomieszczenia.

Przebiegi dobowe współczynników regresji temperatury powietrza i wilgotności względnej wewnątrz względem temperatury i wilgotności na zewnątrz pomieszczenia w lutym i lipcu, charakteryzują równania prostych regresji w tabeli 6. Zmiany dobowe współczynników regresji (a_t, a_f,) mają analogiczny przebieg jak współczynników korelacji (r_t, r_f) Zarówno wartości minimalne jak i maksymalne współczynnika regresji występują w tych samych godzinach (odpowiednio -0,43 o godz. 22 i 0,47 o 6). Nieco odmienny od przebiegu współczynnika korelacji jest przebieg dobowy współczynnika regresji wilgotności względnej współczynnik ten przyjmuje wartości od -0,42 o godz. 5 do 0,55 o godz. 22.

Współczynnik korelacji w przypadku zarówno temperatury jak i wilgotności względnej powietrza jest większy w dniu pogodnym niż pochmurnym.

Podsumowanie

• Zarówno w lutym jak i lipcu temperatura i wilgotność względna powietrza ulegały mniejszym wahaniom w ciągu doby wewnątrz niż na zewnątrz pomieszczenia; wyjątkiem jest dzień pochmurny w lutym.

• W lutym najniższa temperatura powietrza w pokoju występowała w godzinach około południowych, najwyższe zaś w godzinach nocnych. Inaczej przedstawia się przebieg dobowy temperatury powietrza na zewnątrz pomieszczenia, minimum temperatury występowało w godzinach rannych, maksimum natomiast w godzinach popołudniowych. Przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza na zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia jest podobny; minimum występuje w godzinach około południowych, a maksimum z rana, wieczorem i w nocy.

• W lipcu obserwuje się większe wartości temperatury i mniejsze wartości wilgotności względnej powietrza w godzinach około południowych na zewnątrz niż wewnątrz pomieszczenia. Wyjątek stanowi wybrany dzień pochmurny, w którym to temperatura powietrza na zewnątrz pomieszczenia jest niższa, a wilgotność wyższa. Minimalne temperatury powietrza w pokoju występowały w godzinach nocnych (na zewnątrz między godz. 3 i 5), maksymalne odpowiednio w godzinach wczesno wieczornych i około południowych. Wartości ekstremalne wilgotności względnej powietrza występowały na zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia w tych samych porach doby (minimum w godzinach południowych, maksimum w nocnych).

• Małe wartości współczynników korelacji r_t i r_f w lutym oraz w wybranych dniach tego miesiąca mieszczące się w granicach od -0,5 do 0,5 świadczą o oddziaływaniu

centralnego ogrzewania, które zmniejsza wpływ warunków zewnętrznych na warunki termiczno-wilgotnościowe, panujące wewnątrz pomieszczenia. Niekorzystne warunki atmosferyczne, występujące w lutym, nie sprzyjały regularnemu wietrzeniu. Wartości maksymalne współczynnika korelacji temperatury występowały w godzinach południowych, minimalne w godzinach rannych i wieczornych. W innych terminach wystąpiły ekstremalne wartości współczynnika korelacji wilgotności względnej powietrza; wartości maksymalne w godzinach około południowych, a minimalne w nocy.

• W lipcu obserwuje się silniejszy związek warunków termiczno-wilgotnościowych wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia niż w lutym; świadczą o tym wysokie wartości r_t i r_f niejednokrotnie przekraczające wartość 0,5. Maksymalne wartości r_t otrzymano dla godzin rannych, a minimalne dla nocnych. Przez całą dobę, z wyjątkiem godzin nocnych, występują duże wartości r_t. Spowodowane jest to oddziaływaniem warunków zewnętrznych w czasie wietrzenia pomieszczenia; korzystne warunki atmosferyczne panujące na zewnątrz pomieszczenia sprzyjały otwieraniu okien przez całą dobę.

• W dni pogodne zarówno w lutym jak i lipcu współczynnik korelacji dla temperatury i wilgotności względnej powietrza jest wyższy niż w dni pochmurne, wyjątek stanowi r_f w dniu pogodnym miesiąca lutego, osiąga on bardzo niską wartość -0,007.

• Dla dni pochmurnych jak i pogodnych r_t i r_f są wyższe w lipcu aniżeli w lutym.

Wnioski i uwagi końcowe

✓ Z pomiarów wynika, że warunki termiczno-wilgotnościowe kształtowały się na ogół niekorzystnie w badanych miesiącach 1975 roku. Obserwuje się złe warunki spowodowane niewłaściwą temperaturą, rzadko utrzymujące się w granicach przyjętej normy oraz zbyt duże wahania temperatury w ciągu doby. Występują także niekorzystne warunki wilgotnościowe; wilgotność względna powietrza często osiągała wartości poniżej a także powyżej przyjętej normy (głównie w miesiącach letnich). Istnieje silniejszy związek warunków wilgotnościowych wewnątrz i na zewnątrz pomieszczenia niż warunków termicznych. Świadczą o tym podobny przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza na zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia oraz wyższe wartości współczynników korelacji wilgotności niż temperatury powietrza.

✓ Powierzchnia pokoju, w którym prowadzono badania, ilość osób w nim przebywających, jego północna ekspozycja, a także właściwości materiałów, z których wykonane są powierzchnie ograniczające pomieszczenie od środowiska zewnętrznego, nie przyczyniają się do poprawy warunków termiczno-wilgotnościowych, a wręcz odwrotnie, przyspieszają oraz wydłużają czas trwania warunków dyskomfortu. Dlatego też zarówno temperatura, jak i wilgotność powietrza powinny być stale kontrolowane i utrzymywane w możliwie wąskich granicach, zbliżonych do normy.

✓ Podwyższenie temperatury powietrza, głównie w miesiącach zimowych spowodowały znaczne poprawienie warunków termiczno-wilgotnościowych omawianego pomieszczenia. Postulat ten nie wydaje się trudny do zrealizowania, gdyż ośrodek „Przy Źródle" ma własny system ogrzewniczy. Poza tym należy wprowadzić regularne wietrzenie (w pracy scharakteryzowano warunki normalne panujące przy nieregularnym wietrzeniu; chorzy sami otwierali okna wtedy, kiedy uważali to za właściwe). Uwzględniając i wykorzystując oczywiście korzystne warunki atmosferyczne na zewnątrz pomieszczenia.

Poprawa warunków termiczno-wilgotnościowych sal przeznaczonych dla chorych na pewno wpłynie dodatnio na samopoczucie osób, przebywających w tych pomieszczeniach.

✓ Jest mało opracowań, dotyczących mikroklimatu pomieszczeń leczniczych, mimo dużego zainteresowania tym zagadnieniem. Brakuje także ścisłych norm dla określenia warunków komfortu w pomieszczeniach, mimo licznych badań w tej dziedzinie, nie zdołano ustalić ścisłych reguł. Brak jest również norm określających mikroklimat pomieszczeń, przeznaczonych dla chorych z daną jednostką chorobową. Istnieje duże zapotrzebowanie dla tego rodzaju prac. Występują jednak trudności z wykorzystaniem otrzymanych wyników w praktyce ze względu na małe zainteresowanie lekarzy, którzy na ogół nie biorą udziału w pracach, dotyczących warunków mikroklimatycznych pomieszczeń, przeznaczonych dla chorych. Należy nadal kontynuować badania nad mikroklimatem pomieszczeń, w których przebywają chorzy, postulując szerszą współpracę lekarzy i klimatologów.

Tabela 1. Częstość (%) występowania określonych warunków termiczno-wilgotnościowych (dyskomfortu) w sali nr 15 (w odniesieniu do norm T_n, f_n)

	Komfort %	$T<T_n$	$T>T_n$	$f<f_n$	$f>f_n$	Przechłodzenie		Przegrzanie	
						Zbyt sucho	Zbyt wilgotno	Zbyt sucho	Zbyt wilgotno
Styczeń	29,5	33,3	-	-	3,3	33,1	0,8	-	-
Luty	11,3	28,6	-	0,1	-	60,6	-	-	-
Marzec	17,4	36,6	-	-	1,3	42,1	2,6	-	-
Kwiecień	58,3	30,3	-	-	2,1	8,1	1,2	-	-
Maj	31,8	27,6	-	-	21,3	2,6	16,3	-	0,4
Czerwiec	25,6	12,6	-	-	46,0	-	8,6	-	7,2
Lipiec	16,6	-	0,1	-	58,3	-	-	-	25,0
Listopad	8,9	45,0	-	-	2,1	26,2	17,8	-	-
Grudzień	44,0	21,2	-	-	0,4	32,4	1,7	-	-

Tabela 2. Przebieg dobowy temperatury i wilgotności względnej powietrza na zewnątrz *(x)* i wewnątrz (*y*) pomieszczenia w lutym

Godz.	Temperatura		Wilgotność względna		Godz.	Temperatura		Wilgotność względna	
	x	*y*	*x*	*y*		*x*	*y*	*x*	*y*
1	-1,6	18,1	89	53	13	1,4	17,1	73	50
2	-1,6	18,1	89	53	14	1,6	17,2	73	49
3	-1,7	18,0	87	52	15	1,7	17,2	73	48
4	-1,8	17,9	87	51	16	1,5	17,2	74	50
5	-1,9	17,8	88	51	17	0,8	17,5	77	52
6	-2,0	17,8	89	52	18	0,1	17,6	82	54
7	-2,1	17,6	89	53	19	-0,3	17,5	85	54
8	-1,9	17,5	87	54	20	-0,5	17,6	85	53
9	-1,3	17,2	85	52	21	-0,8	17,8	86	54
10	-0,5	17,0	83	51	22	-1,1	17,8	87	54
11	0,1	16,9	81	51	23	-1,4	17,8	88	53
12	0,8	17,1	77	50	24	-1,5	17,9	88	53

Tabela 3. Przebieg dobowy temperatury i wilgotności względnej powietrza na zewnątrz (*x*) i wewnątrz (*y*) pomieszczenia w lipcu

Godz.	Temperatura		Wilgotność względna		Godz.	Temperatura		Wilgotność względna	
	x	*y*	*x*	*y*		*x*	*y*	*x*	*y*
1	15,4	22,8	95	82	13	23,9	22,6	53	70
2	15,1	22,9	95	82	14	23,8	22,7	54	69
3	14,8	22,9	96	82	15	23,9	22,7	55	69
4	14,6	22,9	96	81	16	23,4	22,7	54	68
5	14,6	22,9	95	80	17	23,2	22,7	55	69
6	15,7	23,0	92	79	18	22,5	22,7	60	70
7	17,7	22,4	82	75	19	21,3	22,9	68	71
8	19,2	22,4	74	75	20	19,3	22,3	78	74
9	20,9	22,3	64	74	21	18,2	22,2	87	76
10	22,3	22,4	58	73	22	17,1	22,2	93	77
11	22,9	22,4	56	72	23	16,4	22,6	95	79
12	23,4	22,5	54	70	24	15,9	22,9	95	81

Tabela 4. Przebieg dobowy temperatury na zewnątrz (*x*) i wewnątrz (*y*) pomieszczenia w dniach pogodnym i pochmurnym.

Godz.	Luty				Lipiec			
	Dzień pogodny		Dzień pochmurny		Dzień pogodny		Dzień pochmurny	
	x	*y*	*x*	*y*	*x*	*y*	*x*	*y*
1	-6,0	16,8	-3,1	17,2	12,4	22,3	12,4	20,5
2	-5,9	16,3	-3,2	17,0	11,6	22,5	12,3	20,7
3	-5,2	15,8	-3,5	16,8	11,1	22,6	12,2	20,7
4	-4,5	15,6	-3,7	16,1	11,2	22,7	12,2	20,6
5	-3,4	15,5	-3,6	15,6	11,8	23,0	12,1	20,5
6	-3,6	15,4	-3,4	15,2	13,9	23,1	12,2	20,5
7	-4,4	15,4	-3,4	15,1	19,3	22,9	12,5	20,4
8	-4,5	15,2	-3,2	14,8	21,8	22,5	12,8	20,6
9	-3,1	15,6	-3,0	14,6	24,1	22,8	13,8	21,0
10	-1,5	16,1	-2,2	14,3	25,5	22,9	14,5	20,5
11	-0,9	14,3	-2,1	14,0	25,8	23,0	16,5	20,6
12	0,0	15,2	-1,6	13,8	26,4	22,9	16,0	20,9
13	-0,1	15,4	-1,2	14,6	26,4	23,1	13,0	21,3
14	0,0	15,7	-1,2	14,9	26,5	23,3	13,5	21,4
15	-0,1	16,1	-1,4	16,3	26,9	23,4	13,6	21,4
16	-0,1	16,2	-1,6	17,0	26,7	23,5	13,9	21,5
17	-0,2	16,9	-1,8	16,9	26,6	23,6	14,4	21,5
18	-0,2	17,3	-1,9	16,6	25,2	23,8	14,7	21,6
19	-0,2	18,0	-2,2	16,5	23,0	23,2	14,3	21,5
20	-0,2	17,7	-2,5	16,7	20,2	22,7	13,8	21,5
21	-0,2	17,9	-2,6	17,1	17,4	21,3	13,1	21,6
22	-0,2	16,3	-2,5	17,1	15,6	20,4	12,8	21,6
23	-0,2	15,2	-2,4	16,8	13,8	21,8	11,9	21,5
24	-0,2	16,4	-2,6	16,6	13,4	22,3	12,3	21,5

Tabela 5. Przebieg dobowy współczynników korelacji temperatury (r_t) i wilgotności względnej (r_f) powietrza

Godz.	Luty		Lipiec		Godz.	Luty		Lipiec	
	r_t	r_f	r_t	r_f		r_t	r_f	r_t	r_f
1	0,100	0,338	0,505	-0,076	13	0,391	0,430	0,171	0,672
2	0,103	-0,193	0,429	-0,111	14	0,290	0,402	0,138	0,756
3	0,075	0,168	0,358	-0,101	15	0,150	0,350	0,122	0,664
4	0,051	0,014	0,355	-0,129	16	-0,037	0,446	0,092	0,758
5	0,017	0,190	0,436	-0,283	17	-0,054	0,261	0,086	0,741
6	0,046	0,171	0,593	-0,190	18	-0,145	0,026	0,084	0,697
7	0,066	0,120	0,020	0,334	19	-0,127	-0,113	0,080	0,677
8	-0,049	0,228	-0,025	0,371	20	-0,042	0,018	-0,049	0,627
9	-0,181	0,266	0,066	0,380	21	-0,038	-0,040	-0,083	0,627
10	0,067	0,252	0,116	0,614	22	-0,003	-0,118	-0,137	0,491
11	0,279	0,478	0,162	0,659	23	0,088	0,068	-0,046	0,196
12	0,450	0,403	0,151	0,771	24	0,163	0,095	-0,019	-0,107

Tabela 6. Równania prostych regresji temperatury i wilgotności względnej powietrza wewnątrz pomieszczenia (y) względem temperatury i wilgotności względnej na zewnątrz (x)

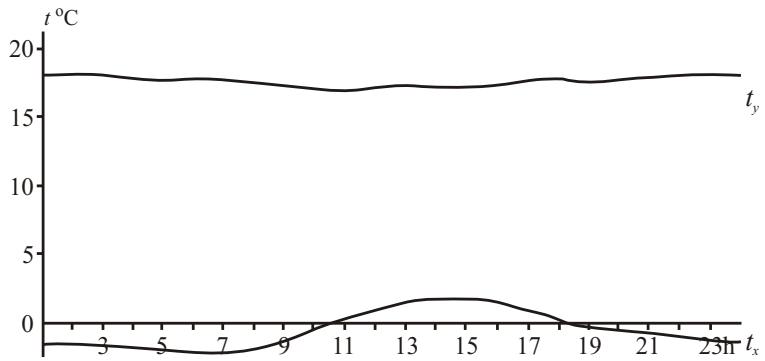
Godz.	Luty		Lipiec	
	Temperatura	Wilgotność względna	Temperatura	Wilgotność względna
1	$y=0,04\,x+18,10$	$y=0,37\,x+19,67$	$y=0,34$ x$+17,57$	$y=-0,06\,x+88,39$
2	$y=0,04\,x+18,12$	$y=-0,16\,x+66,90$	$y=0,28\,x+18,58$	$y=-0,13\,x+94,01$
3	$y=0,03\,x+18,07$	$y=0,10\,x+42,82$	$y=0,24\,x+19,30$	$y=-0,15\,x+95,57$
4	$y=0,03\,x+17,96$	$y=0,01\,x+50,32$	$y=0,24\,x+19,47$	$y=-0,21\,x+101,00$
5	$y=0,01\,x+17,85$	$y=0,10\,x+42,37$	$y=0,32\,x+18,32$	$y=-0,42\,x+120,60$
6	$y=0,03\,x+17,82$	$y=0,09\,x+43,65$	$y=0,47\,x+15,68$	$y=-0,18\,x+95,12$
7	$y=0,04\,x+17,68$	$y=0,07\,x+46,84$	$y=0,06\,x+21,29$	$y=0,21\,x+57,51$
8	$y=-0,03\,x+17,48$	$y=0,07\,x+47,82$	$y=-0,06\,x+23,61$	$y=0,15\,x+63,65$
9	y$=-0,10\,x+17,11$	$y=0,16\,x+37,92$	$y=0,14\,x+19,49$	$y=0,13\,x+65,96$
10	y$=0,04\,x+17,04$	$y=0,15\,x+38,26$	$y=0,22\,x+17,54$	$y=0,24\,x+58,89$
11	$y=0,18\,x+16,88$	$y=0,23\,x+31,96$	$y=0,31\,x+15,35$	$y=0,27\,x+56,29$
12	$y=0,28\,x+16,86$	$y=0,18\,x+36,08$	$y=0,28\,x+15,99$	$y=0,37\,x+50,52$
13	$y=0,23\,x+16,74$	$y=0,15\,x+38,50$	$y=0,28\,x+15,88$	$y=0,29\,x+54,65$
14	$y=0,08\,x+16,86$	$y=0,11\,x+41,37$	$y=0,23\,x+17,31$	$y=0,34\,x+50,82$
15	$y=0,08\,x+17,12$	$y=0,16\,x+36,18$	$y=0,22\,x+17,42$	$y=0,31\,x+51,83$
16	$y=-0,02\,x+17,28$	y$=0,16\,x+38,26$	$y=0,16$ x$+18,97$	$y=0,33\,x+50,62$
17	$y=-0,03\,x+17,48$	$y=0,11\,x+43,78$	$y=0,16$ x$+19,12$	$y=0,34\,x+50,53$
18	$y=-0,08\,x+17,62$	$y=0,02\,x+52,50$	$y=0,17$ x$+18,97$	$y=0,32\,x+50,84$
19	$y=-0,08\,x+17,47$	$y=-0,06\,x+59,48$	$y=0,20$ x$+18,74$	$y=0,32\,x+49,50$
20	$y=-0,02\,x+17,64$	$y=0,02\,x+52,08$	$y=-0,10$ x$+24,27$	$y=0,29\,x+51,20$
21	$y=-0,02\,x+17,57$	$y=-0,03\,x+56,51$	$y=-0,24$ x$+26,54$	$y=0,45\,x+36,32$
22	$y=-0,001\,x+17,76$	$y=-0,10\,x+62,27$	$y=-0,43$ x$+29,57$	$y=0,55\,x+25,61$
23	$y=0,04\,x+17,85$	y$=0,06\,x+47,58$	$y=-0,15$ x$+25,18$	$y=0,27\,x+53,76$
24	$y=0,06\,x+18,04$	$y=0,08\,x+45,85$	$y=-0,07$ x$+23,97$	$y=-0,11\,x+91,56$

Tabela 7. Przebieg dobowy współczynników korelacji dla temperatury i wilgotności względnej powietrza w dniu pogodnym i pochmurnym (luty)

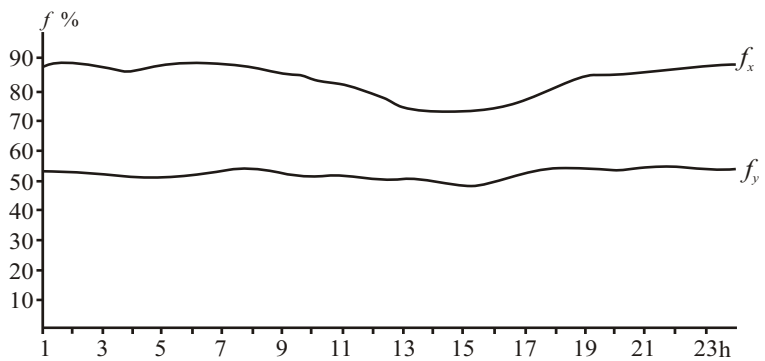
Dzień pogodny		Dzień pochmurny	
r_t	r_f	r_t	r_f
0,22	-0,007	-0,14	-0,03

Tabela 8. Przebieg dobowy współczynników korelacji dla temperatury i wilgotności względnej powietrza w dniu pogodnym i pochmurnym (lipiec)

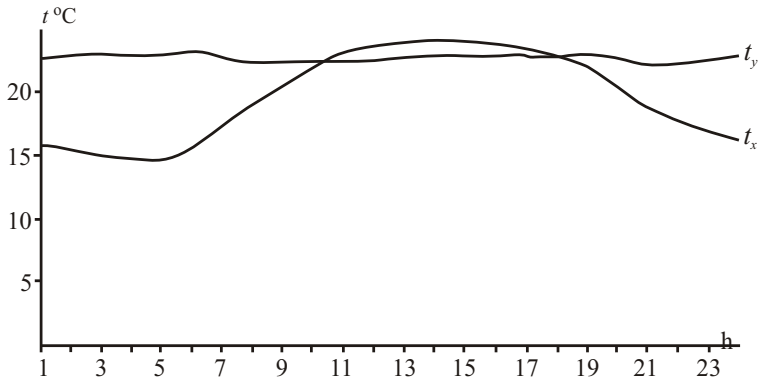
Dzień pogodny		Dzień pochmurny	
r_t	r_f	r_t	r_f
0,58	0,94	0,21	-0,42



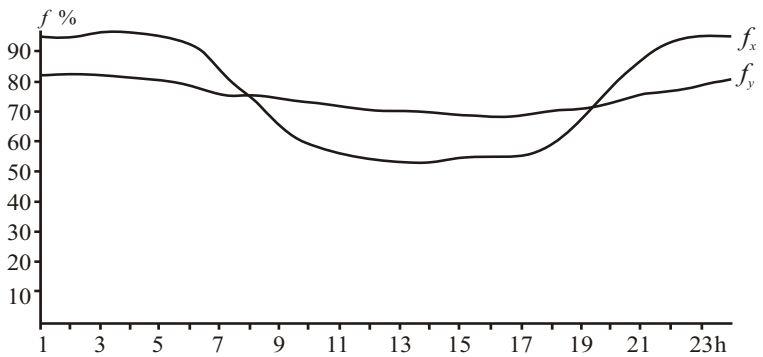
Rys. 1. Przebieg dobowy temperatury powietrza na zewnątrz (t_x) i wewnątrz (t_y) pomieszczenia w lutym



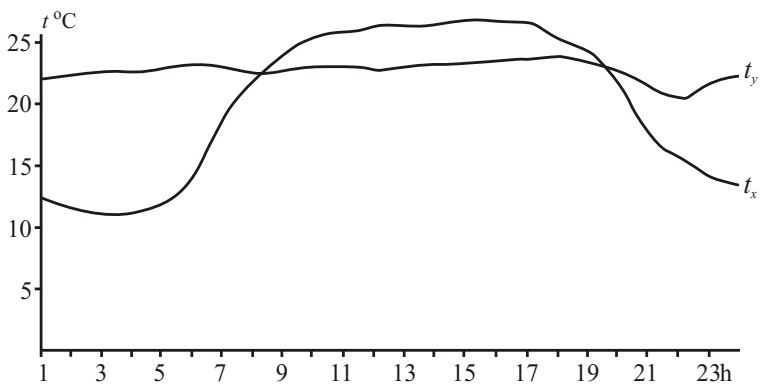
Rys. 2. Przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza na zewnątrz (f_x) i wewnątrz (f_y) pomieszczenia w lutym



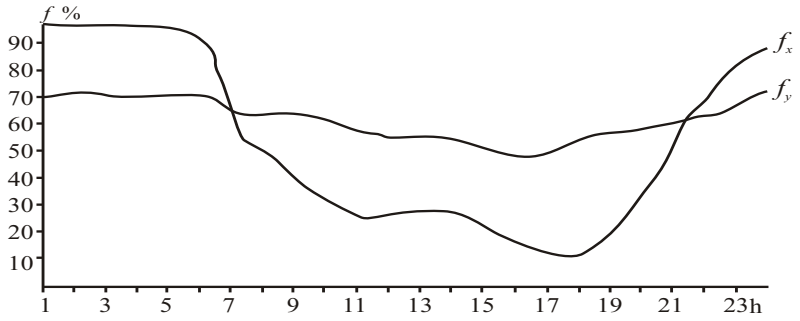
Rys. 3. Przebieg dobowy temperatury powietrza na zewnątrz (t_x) i wewnątrz (t_y) pomieszczenia w lipcu



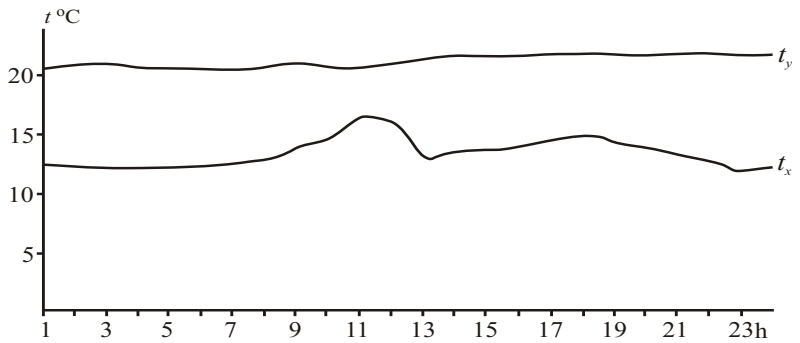
Rys. 4. Przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza na zewnątrz (f_x) i wewnątrz (f_y) pomieszczenia w lipcu



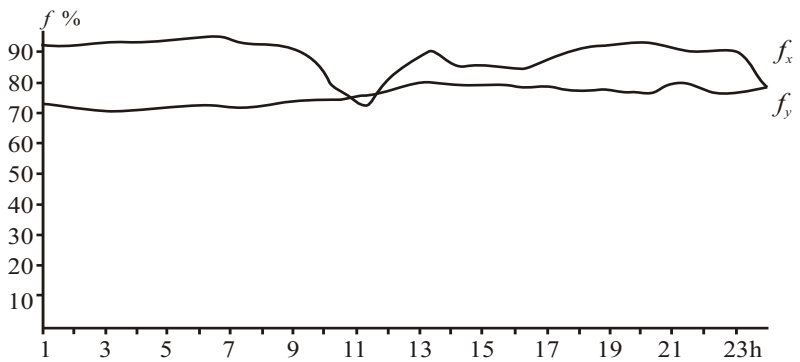
Rys. 5. Przebieg dobowy temperatury powietrza na zewnątrz (t_x) i wewnątrz (t_y) pomieszczenia w dniu pogodnym (lipiec)



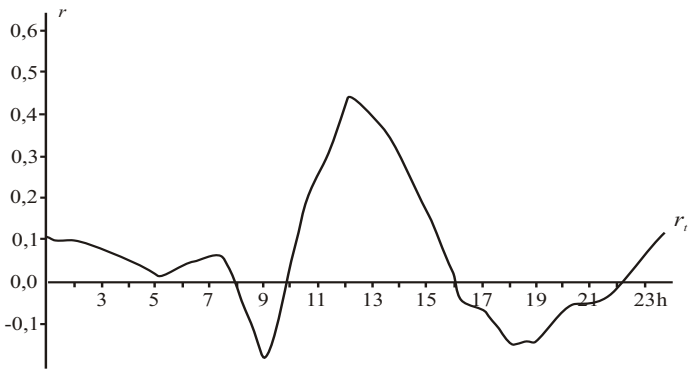
Rys. 6. Przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza na zewnątrz (f_x) i wewnątrz (ft_y) pomieszczenia w dniu pogodnym (lipiec)



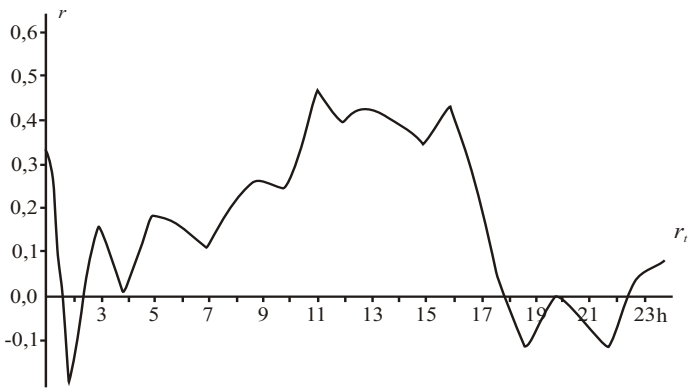
Rys. 7. Przebieg dobowy temperatury powietrza na zewnątrz (t_x) i wewnątrz (t_y) pomieszczenia w dniu pochmurnym (lipiec)



Rys. 8. Przebieg dobowy wilgotności względnej powietrza na zewnątrz (t_x) i wewnątrz (t_y) pomieszczenia w dniu pochmurnym (lipiec)



Rys. 9. Zmiany dobowe współczynnika korelacji r_t wartości temperatury powietrza zmierzonych na zewnątrz t_z i wewnątrz pomieszczenia t_w w lutym



Rys. 10. Zmiany dobowe współczynnika korelacji r_t wartości wilgotności względnej powietrza zmierzonych na zewnątrz f_z i wewnątrz pomieszczenia f_w w lutym

3.2. Klimat i bioklimat Otwocka

3.2.1. Wpływ cyrkulacji na ciśnienie atmosferyczne w Warszawie w latach 1981-2000

Autor: Paweł W Y R Z Y K O W S K I
Opiekun naukowy: Jolanta W A W E R

Celem pracy jest określenie ciśnienia atmosferycznego w dniach z poszczególnymi typami cyrkulacji według klasyfikacji J. Lityńskiego w latach 1981-2000. Cel ten jest ważny, ponieważ klasyfikacja ta jest jedną z najczęściej stosowanych w polskiej literaturze klimatologicznej (Ustrnul, 2001) i jest często stosowana w interpretacji zróżnicowania wartości różnych elementów meteorologicznych w Polsce.

Materiały źródłowe i metody opracowania

Materiały do opracowania stanowiły codzienne wartości ciśnienia atmosferycznego z podwarszawskiego posterunku meteorologicznego w Świdrze (przy Obserwatorium Geofizycznym Polskiej Akademii Nauk im. Stanisława Kalinowskiego) z 20-lecia 1981-2000 (7305 dni). Są to wartości rzeczywiste, czyli nie zredukowane do poziomu morza. Posterunek ten położony jest około 25 kilometrów na SSE od Warszawy. Jego współrzędne wynoszą: 52°7' N, 21°25' E. Barometr umieszczony jest na wysokości 107 m n.p.m., a wartości ciśnienia są odczytywane trzykrotnie w ciągu doby, o godzinie 6.00, 12.00 i 18.00 UTC.

Jako, że typ cyrkulacji jest określany na podstawie mapy synoptycznej z godziny 12 UTC, dlatego też pod uwagę wzięto tylko ciśnienie zanotowane podczas południowej obserwacji. W pracy każda wartość została zestawiona z typem cyrkulacji z danego dnia na podstawie Kalendarza typów cyrkulacji atmosferycznej (1951-1990) M. Stępniewskiej-Podrażki oraz Kalendarza typów cyrkulacji atmosferycznej według J. Lityńskiego (1991-1999) J. Pawłowskiej, A. Jankowskiej i T. Pindor. W celu określenia przebiegu rocznego ciśnienia w pracy posłużono się także średnimi terminowymi i miesięcznymi. Analiza została przeprowadzona na podstawie 20-lecia 1981-2000, a także oddzielnie dla obu dziesięcioleci (1981-1990 i 1991-2000).

Podstawą klasyfikacji J. Lityńskiego jest podział równoprawdopodobny trzech parametrów liczbowych: wskaźnika cyrkulacji strefowej (W_s), wskaźnika cyrkulacji południkowej (W_p), oraz wskaźnika ciśnienia w Polsce (C_p). Wskaźniki cyrkulacji strefowej i południkowej, które określają kierunek adwekcji mas powietrza nad Polskę obliczono dla strefy o współrzędnych geograficznych $\varphi = 40° - 65°$N i $\lambda = 0° - 35°$E (Stępniewska-Podrażka, 1991).

Wskaźnik cyrkulacji strefowej W_s (m/s) obliczono, zgodnie z definicją Rossby'ego, ze wzoru na uśrednioną składową równoleżnikową wiatru geostroficznego:

$$W_s = 4{,}8\sin^{-1}\varphi(\Delta p/\Delta n)$$

gdzie $\Delta p/\Delta n$ średni gradient ciśnienia na południku w hPa/1°, czyli:

$$W_s = 6{,}1(p_{40} - p_{65})/25$$

gdzie $\Delta p/\Delta n$ – średni gradient ciśnienia (hPa/1° południka), φ – średnia szerokość geograficzna, p_{40} – średnie ciśnienie na odcinku równoleżnika 40°N w strefie 0-35°E, p_{65} – średnie ciśnienie na odcinku równoleżnika 65°N w strefie 0-35°E.

Wskaźnik W_s ma wartości dodatnie dla cyrkulacji zachodniej, a ujemne dla wschodniej.

Uzyskane wartości W_s podzielono na trzy grupy o jednakowej liczebności, a więc według podziału trójklasowego równoprawdopodobnego. Uzyskano w ten sposób trzy klasy cyrkulacji: wschodnią (E), zerową (0) i zachodnią (W).

Do obliczenia wskaźnika cyrkulacji południkowej (W_p) przyjęto wzór analogiczny uwzględniając, że 1°na równoleżniku ma długość mniejszą od 1°na południku:

$$W_p = 10{,}0(p_{35} - p_0)/35$$

gdzie: p_{35} – średnie ciśnienie na odcinku południka 35° E w strefie 40-65°N, p_0 – średnie ciśnienie na odcinku południka 0° w strefie 40-65°N.

Wskaźnik W_p ma wartości dodatnie dla cyrkulacji południowej, a ujemne dla północnej. Uzyskane wartości wskaźnika Wp również podzielono według podziału trójklasowego równoprawdopodobnego. Uzyskano w ten sposób trzy klasy kierunków: północną (N), zerową (0) i południową (S).

Trzeci wskaźnik C_0 określa typ cyrkulacji – czy badany obszar znajduje się w strefie niskiego, czy też wysokiego ciśnienia. Dlatego też w definicji wskaźnika C_0 przyjęto położenie Warszawy jako punkt odniesienia ciśnienie atmosferycznego w Polsce.

Ze względu na ciśnienie typy dzielą się na cyklonalne, zerowe i antycyklonalne. Typ cyrkulacji jest zaliczany do jednej z tych grup poprzez zaklasyfikowanie ciśnienia do jednej z trzech równoprawdopodobnych klas: cyklonalnej (poniżej normy), zerowej (w pobliżu normy) i antycyklonalnej (powyżej normy).

Wszystkie trzy wskaźniki (W_s, W_p i C_0) określono na podstawie analizy dolnej mapy synoptycznej z godziny 12 UTC.

Terminy „cyklonalny" i „antycyklonalny" wiążą się z odpowiednią krzywizną izobar. Aby sprawdzić w jakim stopniu te dwa pojęcia są rozbieżne można obliczyć wskaźnik wirowości (Lityński 1969):

$$q = 4p_0 - (p_1 + p_2 + p_3 + p_4)$$

gdzie p_0 jest wartością ciśnienia w punkcie pokrywającym się z położeniem Warszawy, a p_1, p_2, p_3, p_4 są wartościami ciśnienia w punktach odległych od p_0 o 300 km w kierunkach: wschodnim, zachodnim, północnym i południowym. Wartościom ujemnym tak określonego wskaźnika q odpowiada cyklonalna krzywizna izobar, a dodatnim antycyklonalna.

Symbol typu cyrkulacji powstaje z zestawienia trzech symboli wskaźników cyrkulacji w kolejności: W_s, W_p i C_0. Dwa pierwsze z nich określają kierunek adwekcji powietrza nad Polskę, a trzeci wskazuje charakter ciśnienia i jest podany w indeksie, np. SE_a – oznacza cyrkulację południowo-wschodnią antycyklonalną. Wprowadzona przez J. Lityńskiego grupa typów cyrkulacji „zerowej" oznaczona symbolem 0, charakteryzuje się brakiem wyraźnej adwekcji mas powietrza nad obszar Polski. Jeśli chodzi o charakter ciśnienia, to typowi 0_c odpowiada centrum cyklonu, 0_a – centrum antycyklonu, natomiast typowi 0_0 – obszar siodłowy nad Polską. W rezultacie klasyfikacja składa się z 27 typów cyrku-

lacji (33 = 27) (Stępniewska-Podrażka, 1991). Ważniejsze wyniki badań zestawiono w tab. 1-3 i na rys. 1-8.

Podsumowanie i wnioski

W przypadku klasyfikacji J. Lityńskiego – ze względu na wyróżnienie aż 27 typów – występuje bardzo małe zróżnicowanie częstości poszczególnych typów cyrkulacji, które we wszystkich badanych okresach zmienia się w przedziale 1,5-5,8%.

W 20-leciu 1981-2000 do typów mających największy udział w kształtowaniu warunków cyrkulacyjnych należały: cyklonalne: SWc, NW_c i antycyklonalny NW_a. Frekwencja każdego z nich wynosiła około 5% w skali roku. Do typów odznaczających się najmniejszą częstością (nie osiągającą, lub niewiele tylko przekraczającą 2%) należały typy: E_c, SE_c, NE_c, 0_0 i E_0. Wyniki te są w dużej mierze zbieżne z wynikami badań przeprowadzonych przez M. Cebulę (2005) dla okresu 1951-1990.

Ponadto w całym badanym okresie najczęściej (25,5%) występowała adwekcja z sektora zachodniego. Niewiele mniejszym udziałem (24,2%) charakteryzowała się adwekcja powietrza z sektora północnego. Zdecydowanie najrzadszy w skali roku był napływ mas powietrza z sektora wschodniego – 17,5%. Było to także zjawisko charakterystyczne we wszystkich porach roku. W żadnej z nich udział adwekcji z tego sektora nie przekroczył 20%. Maksimum udziału makrotypu cyrkulacji zachodniej, wynoszące ponad 30%, przypadło na zimę. Latem największą rolę w kształtowaniu warunków cyrkulacyjnych odegrał makrotyp cyrkulacji północnej (jego częstość wyniosła 28,8%), natomiast jesienią makrotyp cyrkulacji południowej (jego udział wyniósł prawie 30%). Wiosną częstość adwekcji powietrza z poszczególnych sektorów utrzymywała się na bardzo wyrównanym poziomie (ok. 25%).

W latach 1981-2000 dała się zauważyć przewaga adwekcji powietrza z trzech kierunków: południowo-zachodniego (14,5%), północno-zachodniego (13,9%) i północnego (12,6%). Natomiast najrzadziej mieliśmy w tym okresie do czynienia z napływem powietrza ze wschodu (8,3%), południowego-wschodu (9,1%) i północnego-wschodu (9,3%). W poszczególnych makrotypach cyrkulacji (antycyklonalnej, zerowej i cyklonalnej) również zdecydowanie przeważała adwekcja z kierunków: południowo-zachodniego, północno-zachodniego i północnego.

W pracy określono wartości ciśnienia atmosferycznego w dniach z poszczególnymi typami cyrkulacji w latach 1981-2000. Zbadano również, jakie typy cyrkulacji towarzyszą wystąpieniu skrajnie niskich i skrajnie wysokich wartości ciśnienia atmosferycznego w pojedynczych dniach o godzinie 12 UTC.

Przebieg roczny ciśnienia atmosferycznego charakteryzuje się dwoma maksimami i woma minimami, przy czym maksima występowały w porze jesienno-zimowej, natomiast minima w wiosenno-letniej. Jednocześnie okazało się, że miesiące występowania zarówno maksimów, jak i minimów są zmienne w różnych wieloleciach.

Najwyższe średnie ciśnienie wystąpiło w typie SEa, który jest związany z bardzo silnie rozbudowanym ośrodkiem wyżowym z centrum nad Rosją – obejmującym swym zasięgiem także Polskę, oraz z głębokim Niżem Islandzkim. W latach 1981-2000 średnia wartość ciśnienia w tym typie wyniosła 1014,0 hPa. Innym typem, w którym średnie ciśnienie było bardzo wysokie (około 1013,5 hPa) był typ S_a – wiążący się z rozbudowa-

nym wyżem z centrum nad Ukrainą, oraz z nieco przesuniętym na południe głębokim Niżem Islandzkim.

Średnie roczne ciśnienie było najniższe w typie NW_c (992,6 hPa). Sytuacja synoptyczna w tym typie jest kształtowana przez układ wyżowy z centrum nad Skandynawią, który od wschodu jest blokowany przez wyż znad Rosji, a od zachodu przez Wyż Azorski. Bardzo niskie średnie wartości ciśnienia stwierdzono także w typach W_c i N_c (w żadnym z badanych okresów nie przekroczyło ono 994,0 hPa).

Wśród typów antycyklonalnych, pod względem szczególnie niskiego średniego wyróżniają się typy NE_a, N_a, NW_a oraz SW_a. W latach 1981-2000 średnie ciśnienie w nich wyniosło odpowiednio 1010,3 hPa, 1010,8 hPa, 1011,3 hPa i 1011,6 hPa. W 20-leciu najwyższe ciśnienie było w typie E_0 i w obu tych okresach wyniosło 1003,7 hPa. W dwudziestoleciu najniższe średnie wartości ciśnienia w typach zerowych wystąpiły w dniach z cyrkulacją: NE_0 i N_0. W latach 1981-2000 średnia wartość ciśnienia w tych typach wyniosła odpowiednio 1002,2 hPa i 1002,5 hPa.

Średnia wartość ciśnienia w typie E_c (995,1 hPa) była najwyższa (wśród typów cyklonalnych) w całym badanym 20-leciu.

Z analizy przebiegów rocznych ciśnienia w poszczególnych typach cyrkulacji wynika, że przebieg ciśnienia we wszystkich typach antycyklonalnych charakteryzował się tendencją do spadku ciśnienia w ciepłej połowie roku i jego wzrostu w chłodnej połowie roku. W latach 1981-2000 najwyższe średnie ciśnienie w przebiegu rocznym spośród wszystkich typów antycyklonalnych wystapiło w typie E_a w grudniu (1020,0 hPa) i w styczniu (1019,2 hPa). Najniższe natomiast w typie N_a (1006,1 hPa) i SEa (1006,6 hPa) – w obu przypadkach w lipcu.

Z kolei przebieg roczny ciśnienia w typach zerowych charakteryzuje się niewielkim spadkiem średnich miesięcznych wartości w ciepłej połowie roku, jednakże średnie miesięczne ciśnienie w poszczególnych typach jest zbliżone do średnich wartości miesięcznych z godz. 12 UTC. W całym badanym 20-leciu najwyższe średnie ciśnienie w przebiegu rocznym wśród typów zerowych notowane było w typie 0_0 we wrześniu i w październiku. W obu tych miesiącach wyniosło ono 1005,9 hPa. Z kolei najniższe ciśnienie było w kwietniu w typach NE_0 i NW_0 i było równe odpowiednio 1000,0 hPa i 1000,3 hPa.

Z odwrotną sytuacją niż w typach antycyklonalnych jest w przypadku typów cyklonalnych. Przebieg roczny ciśnienia atmosferycznego w nich charakteryzuje się tendencją do wzrostu średnich miesięcznych wartości w ciepłej oraz ich spadku w chłodnej połowie roku. Najwyższe średnie ciśnienie w typach cyklonalnych w latach 1981-2000 wystąpiło w sierpniu podczas obecności typu Ec (999,6 hPa) i SE_c (998,4 hPa), natomiast najniższe w typie NW_c w styczniu (987,7 hPa) oraz w lutym (988,8 hPa).

W 20-leciu 1981-2000 stwierdzono 66 przypadków dni z ciśnieniem poniżej 980 Pa i 118 dni z ciśnieniem powyżej 1025 hPa. Pojawianiu się ekstremalnych wartości ciśnienia w tych latach zdecydowanie sprzyjała chłodna połowa roku. W okresie od czerwca do sierpnia nie stwierdzono ani jednego przypadku spadku ciśnienia poniżej 980 hPa lub wzrostu powyżej 1025 hPa.

Najniższą wartość w badanym 20-leciu wynoszącą 962,0 hPa, ciśnienie osiągnęło podczas południowej obserwacji 26.02.1989 r. w typie cyrkulacji S_c. Z kolei najwyższe ciśnienie (1036,1 hPa) wystąpiło 3.01.1993 r. w typie cyrkulacji SE_a.

Skrajnie niskie wartości ciśnienia najczęściej notowano w typach NW_c oraz W_c (blisko 50% przypadków), a skrajnie wysokie zdecydowanie najczęściej w typach O_a, SE_a, E_a i S_a (ok. 70% przypadków).

Tabela 1. Częstość (%) typów cyrkulacji nad Polską wg Lityńskiego (1981-2000)

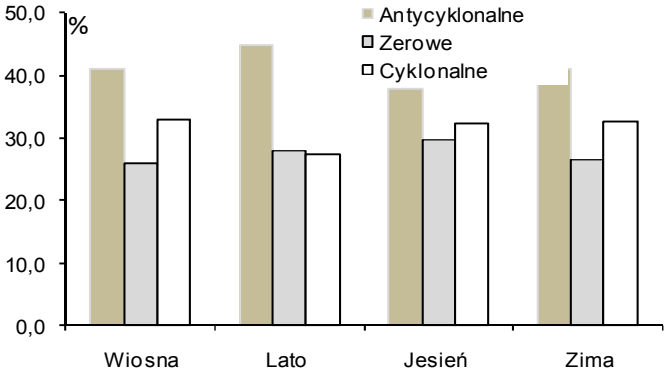
Typ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	IX	XII	Rok
N_a	4,8	4,2	3,2	4,0	6,3	4,8	7,6	6,1	3,0	6,6	4,5	4,4	5,0
NE_a	2,7	4,4	3,1	6,3	5,3	7,8	8,1	6,1	3,3	2,6	2,8	2,6	4,6
E_a	3,9	5,3	6,1	5,5	4,4	2,5	7,4	5,5	2,7	2,4	2,5	3,7	4,3
SE_a	3,5	7,3	7,6	4,5	4,8	1,8	1,5	4,0	3,0	6,0	7,7	2,4	4,5
S_a	5,0	2,3	4,5	3,0	4,2	2,0	4,5	4,7	3,5	6,0	5,7	4,4	4,2
SW_a	5,2	4,2	4,5	3,3	4,7	4,2	5,2	4,2	3,8	6,5	6,7	6,8	4,9
W_a	5,8	5,8	5,0	3,7	2,4	5,3	4,7	5,0	2,2	5,6	3,5	3,1	4,3
NW_a	6,9	6,2	5,3	4,3	3,9	3,8	3,9	5,6	5,3	4,7	3,7	5,0	4,9
0_a	3,9	3,4	3,4	4,2	5,5	5,3	7,1	5,3	3,2	3,5	2,7	5,8	4,4
Antyc.	41,8	43,2	42,7	38,8	41,5	37,7	49,8	46,6	30,0	43,9	39,7	38,1	41,2
N_0	2,6	1,4	2,7	2,7	3,2	5,3	3,9	4,8	5,3	3,4	4,0	3,7	3,6
NE_0	2,6	2,3	0,8	3,5	3,1	4,2	4,4	2,7	3,3	1,1	1,8	0,8	2,5
E_0	1,5	4,8	1,6	1,7	3,2	2,8	0,6	2,9	3,3	1,6	1,2	1,6	2,2
SE_0	2,4	2,7	2,9	4,5	1,8	1,7	0,8	1,5	3,5	2,3	4,8	1,5	2,5
S_0	2,3	1,9	2,7	5,7	2,9	2,0	1,5	2,4	5,3	3,7	5,0	3,1	3,2
SW_0	3,1	3,9	4,8	2,7	3,5	3,7	3,2	4,8	4,8	3,4	4,7	5,3	4,0
W_0	4,5	5,0	3,4	1,8	1,9	2,7	3,7	3,7	3,7	2,9	2,8	4,4	3,4
NW_0	4,7	3,9	4,7	3,3	2,9	3,5	5,0	2,7	4,0	4,2	3,8	4,4	3,9
0_0	1,5	2,5	2,3	1,5	2,3	3,7	2,4	3,4	2,5	1,0	1,8	1,8	2,2
Zero	25,0	28,3	26,0	27,3	24,8	29,5	25,5	29,0	35,8	23,5	30,0	26,5	27,6
N_c	5,2	3,4	2,1	2,8	4,4	5,7	4,4	5,2	4,3	2,4	4,3	4,4	4,0
NE_c	2,4	1,9	1,3	3,3	3,4	2,3	2,1	1,9	2,5	0,8	2,0	1,8	2,1
E_c	1,8	2,1	1,5	2,2	2,3	2,7	0,8	0,8	2,5	1,3	2,3	1,1	1,8
SE_c	1,5	1,2	1,3	3,7	2,3	1,7	0,8	1,8	5,5	2,1	2,0	1,9	2,1
S_c	3,1	2,5	2,9	6,2	4,5	2,8	2,9	2,3	4,5	5,8	4,3	3,2	3,8
SW_c	6,6	5,3	6,0	3,7	6,8	4,5	2,7	4,4	6,3	7,6	5,2	7,4	5,5
W_c	3,9	3,0	4,7	2,7	2,9	3,7	3,9	1,9	2,7	4,4	3,8	6,0	3,6
NW_c	6,9	6,9	7,7	5,0	2,7	6,0	4,8	2,3	2,7	5,8	4,5	6,1	5,1
O_c	1,9	2,1	3,9	4,3	4,5	3,5	2,3	3,9	3,2	2,4	1,8	3,5	3,1
Cykl.	33,2	28,5	31,3	33,8	33,7	32,8	24,7	24,4	34,2	32,6	30,3	35,5	31,3

Tabela 2. Skrajne wartości ciśnienia atmosferycznego w cyklonalnych typach cyrkulacji (1981-2000)

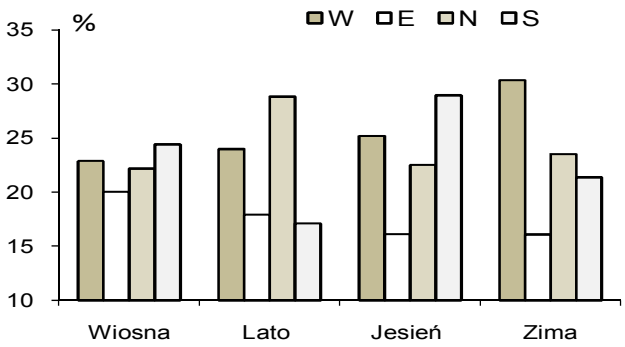
	Typy	p_{max}	Typy	p_{min}
I	E_c	994,4	NW_c	987,7
	0_c	994,0	N_c	989,2
II	SE_c	995,8	NW_c	988,8
	NE_c	994,0	W_c	989,5
III	NE_c	996,6	N_c	989,9
	SE_c	994,6	NW_c	990,0
IV	W_c	995,0	NE_c	992,3
	N_c	994,7	0_c	993,0
V	SW_c	997,0	0_c	994,5
	W_c	996,8	N_c	994,6
VI	SE_c	998,1	N_c	995,5
	SW_c	997,1	W_c	995,8
VII	E_c	998,3	NE_c	995,6
	0_c	996,8	W_c i SW_c	996,1
VIII	E_c	999,6	W_c	994,9
	SE_c	998,4	NW_c	995,7
IX	W_c	997,5	E_c	995,1
	SW_c	997,3	SE_c	995,3
X	NE_c	998,3	W_c	993,6
	E_c	997,7	N_c	994,5
XI	E_c	996,0	NE_c	991,0
	SE_c	995,9	W_c	991,4
XII	E_c	993,5	W_c	989,3
	S_c	993,1	NW_c	990,3
Rok	E_c	995,1	NW_c	992,6

Tabela 3. Liczba dni z ekstremalnymi wartościami ciśnienia w poszczególnych typach cyrkulacji atmosferycznej

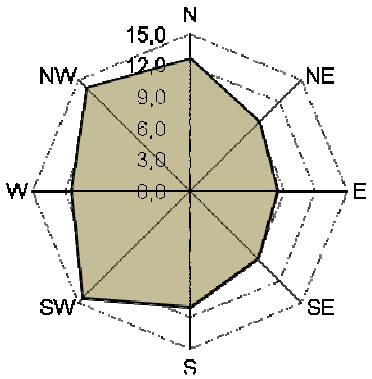
Typy	Liczba dni p > 1025 hPa	Typy	Liczba dni p < 980 hPa
N_a	9	N_c	7
NE_a	6	NE_c	4
E_a	20	E_c	3
SE_a	21	SE_c	2
S_a	19	S_c	4
SW_a	5	SW_c	9
W_a	9	W_c	12
NW_a	7	NW_c	21
O_a	22	0_c	4



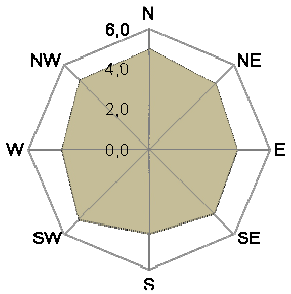
Rys. 1. Udział (%) poszczególnych makrotypów cyrkulacji w porach roku (1981-2000)



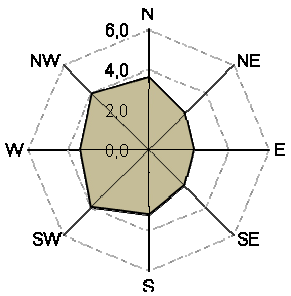
Rys. 2. Częstość adwekcji powietrza z poszczególnych sektorów w porach roku (1981-2000)



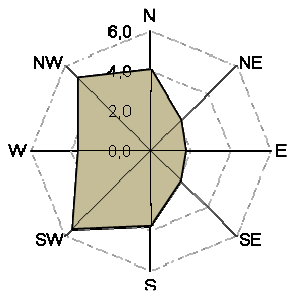
Rys. 3. Częstość (%) kierunków adwekcji powietrza (1981-2000).



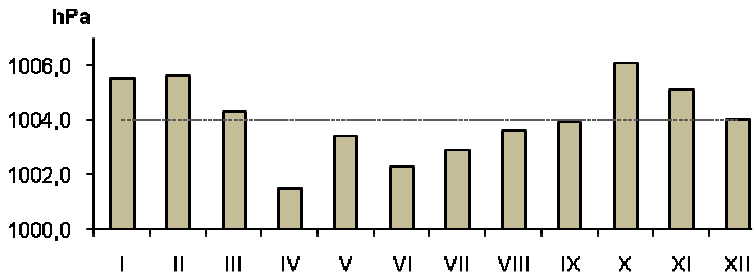
Rys. 4. Częstość (%) kierunków adwekcji powietrza w makrotypie cyrkulacji antycyklonalnej (1981-2000)



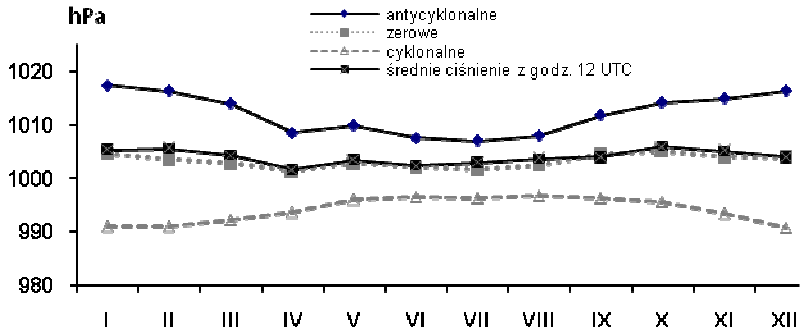
Rys. 5. Częstość (%) kierunków adwekcji powietrza w makrotypie cyrkulacji zerowej (1981-2000)



Rys. 6. Częstość (%) kierunków adwekcji powietrza w makrotypie cyrkulacji cyklonalnej (1981-2000)



Rys. 7. Przebieg roczny ciśnienia atmosferycznego w Świdrze (1981-2000)



Rys. 8. Przebieg roczny ciśnienia atmosferycznego w poszczególnych makrotypach cyrkulacji (1981-2000)

3.2.2 Wpływ cyrkulacji nad Polską na ciśnienie atmosferyczne (na przykładzie Świdra, 1981-1990)

Autor: Jarosław B O C H E Ń S K I
Opiekun naukowy: Urszula K O S S O W S K A - C E Z A K

Materiały i metody opracowania

Materiały wykorzystane w pracy pochodzą z publikacji Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk, któremu podlega Obserwatorium Geofizyczne im. Stanisława Kalinowskiego w Świdrze. Obserwatorium to położone jest od strony SEE od Warszawy w odległości 25 km. Jego współrzędne wynoszą: szerokość geograficzna $\varphi = 52°7'$ N, długość geograficzna $\lambda = 21°15'$ E. Pierwsze pomiary rozpoczęto w 1910 roku, a od 1936 r. działalność obserwatorium rozszerzono o pomiary elektryczności atmosferycznej. Pod koniec 1948 r. powstał także dział obserwacji meteorologicznych. Barometr znajduje się na wysokości 107 m n.p.m. Wartości ciśnienia odczytywane są trzykrotnie w ciągu doby w godzinach: 6, 12 i 18 UTC.

Pracę wykonano na podstawie „Katalogu typów cyrkulacji atmosferycznej 1976-1990" B. Osuchowskiej-Klein (1991). Znalazło się w nim 13 typów cyrkulacji występujących nad Polską: 6 cyklonalnych, 6 antycyklonalnych i l typ pośredni. Tworząc klasyfikację każdemu z nich przyporządkowany został umowny symbol literowy. Autorka określiła także stopień podobieństwa do typu wzorcowego. Wyróżniła typy cyrkulacji: o bardzo dużym – TC, dużym – (TC) i małym – XTC podobieństwie do wzorcowego.

W pracy zestawiono wartości ciśnienia o godzinie 12 UTC z charakterem cyrkulacji, tzn. z typami występującymi w odpowiednich dniach. Ważniejsze wyniki badań zestawiono w tab. 1-6 i na rys. 1.

Typy cyrkulacji atmosferycznej nad Polską w latach 1981-1990

Warunki klimatyczne charakterystyczne dla obszaru Polski są ściśle związane z klimatem Europy. Głównymi centrami działania atmosfery kształtującymi pogodę i klimat Europy Zachodniej i Środkowej są rozbudowane w ciągu całego roku Niż Islandzki (z największą aktywnością w zimie) i Wyż Azorski (który w znacznym stopniu wpływa na kształtowanie się pogody w lecie). Obecność swoją zaznaczają także Wyż Azjatycki (zimą) i Niż Południowoazjatycki (latem). Niż Islandzki najgłębszy jest w styczniu, a wartość ciśnienia w jego centrum wynosi średnio 995 hPa. Swym zasięgiem obejmuje on Morze Barentsa, Morze Norweskie i Spitsbergen. Tworzenie się Wyżu Azjatyckiego w tej porze roku powoduje z kolei wzrost ciśnienia. Swym zasięgiem obejmuje on Europę Środkową. O tej porze roku oddziaływanie innych centrów na pogodę w Polsce jest stosunkowo małe.

Działalność Niżu Islandzkiego ulega osłabieniu w lecie, natomiast wyraźnie rozbudowuje się nad Atlantykiem Wyż Azorski z ciśnieniem do 1030 hPa. Wyż ten zalega w wyższych szerokościach niż w zimie. Jego klin oddziałuje na warunki pogodowe aż do środkowej Europy, głównie na Nizinę Węgierską i Zachodnią Ukrainę. Oddziaływanie tego ośrodka wysokiego ciśnienia przejawia się m. in. w napływie z zachodu wilgotnego powietrza pochodzenia morskiego. O tej porze roku słabe jest też oddziaływanie na środ-

kową i zachodnią część Europy rozległego Niżu Południowoazjatyckiego, którego centrum znajduje się nad Iranem i Pakistanem (Woś, 1999). W rzeczywistości warunki cyrkulacyjne nad Polską są bardziej złożone. Można wyróżnić znacznie więcej sytuacji barycznych, niż to wynika z głównych ośrodków działania atmosfery. Sytuacje te przedstawiają tzw. typy cyrkulacji.

W Polsce powszechnie stosowana jest typologia cyrkulacji opracowana przez B. Osuchowską-Klein (1975). Autorka w swojej pracy wyróżniła 13 typów cyrkulacji atmosferycznej.

Cyrkulacja cyklonalna

E_0 – cyrkulacja północno-wschodnia i wschodnia (NE, E). Nad Europą Środkową i obszarem Polski tworzy się rozległy układ niżowy z centrum nad Białorusią, a nad Skandynawią jest wyż. Pośród typów cyrkulacji cyklonalnych w 10-leciu 1981-1990 występował on bardzo często, średnio 11,1% w ciągu roku, czyli ponad 40 dni. Największy jego udział przypadł na czerwiec: aż 21%, a najrzadziej notowany był w październiku, tylko 3,2%.

F – cyrkulacja południowo-wschodnia (SE). Centrum rozległego niżu znajduje się nad Europą Środkową i Południową. W ciągu roku typ F stanowił tylko 4,3%, czyli niespełna 16 dni. Zwiększony jego udział przypadał na miesiące: kwiecień (12,7%), maj (9,7%) i luty (8,2%). Częściej jednak jego frekwencja nie przekraczała 2%.

B – cyrkulacja południowa (S). Ma ona miejsce, gdy rozległy niż, z centrum nad Morzem Północnym, obejmuje całą Europę Zachodnią i Środkową. Udział tego typu wyniósł tylko 6%, czyli około 22 dni w ciągu roku. W maju wystąpił najczęściej (l 1,3%), w sierpniu zaś najrzadziej (3,2%).

D – cyrkulacja południowo-zachodnia (SW). Centrum rozległego niżu znajduje się nad Wyspami Brytyjskimi. Obejmuje on swym zasięgiem Europę Zachodnią i Południową. Średni udział w roku wyniósł 8,3%, czyli ponad 30 dni. Największy przypada na marzec (l 1,9%), a najmniejszy na lipiec (3,9%).

A – cyrkulacja zachodnia (W). Ma ona miejsce, gdy głęboki i rozległy niż baryczny przemieszcza się nad Europą znad Islandii w kierunku wschodnim. Wyż Azorski obejmuje wówczas południowo-zachodnia Europę. Ten rodzaj cyrkulacji wystąpił w omawianym 10-leciu w ponad 20 dniach (5,6%). Zwiększona frekwencja przypadła na miesiące od stycznia do marca (8-10% dni). Najmniejszy udział wystąpił w kwietniu i maju (tylko po 1% dni).

CB – cyrkulacja północno-zachodnia (NW). Ośrodek niżowy jest nad Europą Środkową z centrum nad Bałtykiem. Pod działaniem Wyżu Azorskiego znajduje się tylko część południowo-zachodniej Europy. W przeciwieństwie do poprzednio omawianych typ CB występuje bardzo często, a jego udział w ciągu roku wyniósł aż 15,4%, czyli około 56 dni. Tylko w maju jego frekwencja nie przekroczyła 10%. W pozostałych miesiącach była bardzo wysoka (czerwiec 19,7% i kwiecień 18,4% dni).

Cyrkulacja antycyklonalna

E – cyrkulacja północno-wschodnia (NE). Centrum wysokiego ciśnienia znajduje się nad Skandynawią. Spośród typów antycyklonalnych wystąpił on najczęściej, aż w 15%,

czyli w około 55 dniach. Frekwencja typu E wykazała sezonowość. Najczęstszy był od maja do lipca, z maksimum frekwencji w czerwcu (23,3%). Z kolei od początku jesieni i przez pierwsze miesiące zimowe udział był najmniejszy (od listopada do lutego 7-10% dni).

E_1 – cyrkulacja południowo-wschodnia i wschodnia (NE, E). Sytuacja ta ma miejsce, gdy nad Europą Wschodnią i Azją zalega rozległy wyż, uniemożliwiający napływ powietrza znad Atlantyku i wstrzymujący przemieszczanie niżów w kierunku wschodnim.Udział typu E_1 wyniósł około 31 dni (8,5%). Od października do marca był on największy (marzec 16,5%). Miesiące wiosenne i letnie charakteryzuje mała jego frekwencja (2-6% dni).

D_2C – cyrkulacja południowo-zachodnia i południowa (S, SW). Centrum wyżu umiejscowione jest wówczas w południowej części Europy lub nad Morzem Śródziemnym. Udział w ciągu roku był jednym z najniższych i wyniósł 4,8%, czyli ponad 17 dni. Najczęściej ten typ wystąpił w listopadzie (9,7%), a najmniejsza frekwencja przypadła na maj (1,9%).

C_2D – cyrkulacja zachodnia (W). W tym przypadku układ wysokiego ciśnienia obejmuje swym zasięgiem Europę Zachodnią i Południową. Niż związany z ośrodkiem islandzkim przesunięty jest wówczas daleko na północ, a swymi wpływami obejmuje głównie Skandynawię. Udział typu cyrkulacji C_2D wyniósł 9%, czyli około 33 dni. Najczęściej wystąpił od lipca do października i w styczniu. Natomiast od lutego do maja frekwencja była najmniejsza.

C_2D – cyrkulacja północno-zachodnia (NW). Centrum układu wysokiego ciśnienia znajduje się nad Grenlandią. Pod jego wpływami jest jednak cala zachodnia i środkowa Europa, również i Polska. Niskie ciśnienie występuje w Skandynawii i północnej części Rosji. Udział tego typu był najniższy spośród wszystkich antycyklonalnych i wyniósł 4,2%, czyli około 15 dni. Największy był w listopadzie (8%), w marcu natomiast jego udział był znikomy (0,6%).

G – cyrkulacja centralna. Ma ona miejsce, gdy rozległy wyż tworzy się nad Polską. Pod jego wpływem znajduje się wówczas cała Europa Środkowa.. Udział w ciągu roku wyniósł 5,8%, czyli około 21 dni. Największa frekwencja przypadła na styczeń (9,7%), najmniejsza zaś od lutego do kwietnia (mniej niż 4% dni).

Cyrkulacja pośrednia BE i sytuacje nieokreślone X

BE – cyrkulacja południowa pośrednia między cyrkulacją antycyklonalną i cyklonalną (S). W zasięgu niżu znajduje się wówczas zachodnia część Europy (również zachodnia część Polski), a wschodnia objęta jest przez rozległy wyż. Ten typ cyrkulacji występuje jednak niezwykle rzadko, w ciągu roku stanowił niespełna 2%, czyli około 7 dni. Względnie częściej można go zaobserwować w kwietniu i październiku. Najmniejszy udział przypadł na lipiec i sierpień.

X – przypadki, których nie można zakwalifikować do żadnego typu. Są to tzw. sytuacje nieokreślone. Stanowią one jednak znikomy udział. Ich frekwencja w ciągu roku to tylko 0,2%, czyli około l dnia.

W ciągu dziesięciolecia 1981-1990 średni udział roczny cyrkulacji cyklonalnej wyniósł 50,7% (około 185 dni) i był większy od antycyklonalnej o 3,4%. Miesiące, w których najbardziej przeważały typy cyklonalne, to czerwiec i kwiecień (po 57%). Duży ich udział

był także od listopada do stycznia oraz w marcu (52-54%). Zdecydowanie najniższa frekwencja przypadła na październik (zaledwie 42%).

Udział cyrkulacji antycyklonalnej był mniejszy od cyrkulacji cyklonalnej i wyniósł 47,3% (około 173 dni). Typy antycyklonalne przeważały w lipcu, sierpniu i październiku (po 54%), a także w lutym (51%). Zdecydowanie najmniejszą ich frekwencją charakteryzował się kwiecień (tylko 38%) i marzec (41%).

Spośród typów cyklonalnych najczęściej występuje CB (15,4%). Dominujący typ antycyklonalny to bez wątpienia E (15,0%). Dużym udziałem charakteryzują się także cyrkulacje: E_0, C_2D, E_1 i D (razem 37%). Wymienione 6 typów występuje w ponad 2/3 dni w roku (246 dni). Pozostałe 7 typów występuje znacznie rzadziej.

Nad Polską występuje duża różnorodność sytuacji synoptycznych, zmieniających się często w ciągu roku i z roku na rok. Obecność lub brak któregoś z wymienionych typów cyrkulacji w znacznym stopniu wpływa na pogodę nad omawianym obszarem.

Podsumowanie i wnioski końcowe

Poszukując związków wartości ciśnienia z typami cyrkulacji atmosferycznej posłużono się klasyfikacją tych typów opartą na położeniu ośrodków barycznych nad Europą i w jej sąsiedztwie oraz krzywiźnie izobar nad Polską. Okazuje się, że tak określone typy cyrkulacji znacznie różnią się wartościami ciśnienia nad środkową Polską.

Typom cyklonalnym towarzyszy ciśnienie poniżej średniej (1003,9 hPa). Wartości mieszczą się w przedziale od 995,5 hPa (w typie B) do 999,6 hPa (w typie E_0). Różnica między tymi typami wynosi 4,1 hPa, a różnica między wartością średnią ze wszystkich typów a typem E_0 4,3 hPa. Najniższa wartość średnia miesięczna wystąpiła w styczniu przy typie F (984,9 hPa), a najwyższa w kwietniu przy typie A (1003,6 hPa).

Typom antycyklonalnym towarzyszy ciśnienie powyżej średniej, od 1008,5 hPa (przy typie C_2D) do 1014,3 hPa przy typie G. Zatem ciśnienie przy typie C_2D różni się od przeciętnego o 4,6 hPa, a w typie G jest większe niż przy C_2D o 5,8 hPa. Różnica ciśnienia między typami G i B wynosi 18,8 hPa. Najniższe średnie miesięczne ciśnienie stwierdzono w czerwcu przy typie D_2C (1002,5 hPa), a najwyższe w styczniu przy typie G (1020,5 hPa).

Zakresy wartości średnich rocznych ciśnienia przy poszczególnych typach cyrkulacji cyklonalnej i antycyklonalnej całkowicie się wykluczają, ale zakres wartości średnich miesięcznych w obu grupach może być podobny: przy cyklonalnym typie A 1003,6 hPa, przy antycyklonalnym typie D_2C 1002,5 hPa. Amplituda roczna ciśnienia większa jest w typach antycyklonalnych niż w cyklonalnych.

Ciśnienie przy danym typie cyrkulacji jest związane ze stopniem podobieństwa do typu wzorcowego: w typach cyklonalnych najniższe przy bardzo podobnych i wzrastające wraz ze zmniejszaniem się podobieństwa. Najmniejsze różnice (2 hPa) występują w typach D i E_0, a największe w typie B, któremu towarzyszy średnio najniższe ciśnienie (995,5 hPa). Przy bardzo dużym podobieństwie ciśnienie wynosi średnio tylko 993,2 hPa, a przy małym 999,7 hPa (różnica to 6,5 hPa).

W typach antycyklonalnych największe ciśnienie jest przy bardzo dużym podobieństwie do typu wzorcowego. Różnice ciśnienia związane ze stopniem podobieństwa są w przypadku typów antycyklonalnych większe niż w typach cyklonalnych. Najmniejsza

różnica (3,9 hPa) jest przy typie C_2D, przeciętnie o względnie niskim ciśnieniu (1008,5 hPa). Natomiast największa różnica występuje przy typach, którym towarzyszy najwyższe ciśnienie: przy typie E aż 9,5 hPa (w sytuacjach o bardzo dużym podobieństwie do typu wzorcowego 1015,5 hPa, o małym 1006,0 hPa, średnio 1011,4 hPa), przy typie G 8,5 hPa (odpowiednio 1016,2; 1007,7; 1014,3 hPa).

Ciśnienie atmosferyczne jest zatem elementem meteorologicznym o bardzo dużej zmienności, zwłaszcza w okresie zimy. Jest to wynikiem zmian cyrkulacji atmosferycznej. Szczególnie duże spadki ciśnienia nad Polską powodują niże z centrum nad Morzem Północnym (typ B) i Bałtykiem (CB), a do wzrostów przyczynia się wyż z centrum nad Polską (typ G) i kliny wyżu znad Morza Kaspijskiego (typ Et).

Tabela 1. Udział (%) typów cyrkulacji nad Polską według Osuchowskiej - Klein (1981-1990)

TYP	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
E_0	13,2	8,9	6,1	14,3	11,6	21,0	14,2	13,5	10,7	3,2	8,3	8,7	11,1
F	1,0	8,2	3,2	12,7	9,7	3,7	1,6	2,3	1,3	1,9	4,0	1,9	4,3
B	3,5	3,9	7,7	8,3	11,3	4,7	3,5	3,2	4,7	7,4	7,7	6,5	6,0
D	9,4	8,9	11,9	5,7	7,7	5,7	3,9	4,5	7,0	11,0	10,3	13,2	8,3
A	9,7	7,8	8,1	1,0	1,0	2,3	4,2	6,8	8,0	6,1	5,7	6,1	5,6
CB	17,4	10,3	17,4	14,7	8,7	19,7	18,4	15,2	17,0	12,3	18,0	16,1	15,4
Cykl.	54,2	47,9	54,5	56,7	50,0	57,3	45,8	45,5	48,7	41,9	54,0	52,6	50,7
E	6,5	17,0	13,2	16,3	21,3	23,3	20,3	18,1	16,3	10,6	9,7	7,7	15,0
E_1	6,8	14,5	16,5	6,3	6,5	2,0	1,6	5,8	4,7	14,8	8,0	14,5	8,5
D_2C	6,8	6,4	2,3	3,0	1,9	3,7	4,5	6,8	2,7	6,5	9,7	3,5	4,8
C_2D	11,6	5,7	5,5	5,0	5,5	6,7	19,7	14,2	11,7	10,0	4,0	8,1	9,0
C_2D	1,6	3,9	0,6	4,0	7,1	2,7	2,6	2,9	7,7	2,6	8,0	6,5	4,2
G	9,7	3,9	3,2	3,3	6,8	4,0	5,2	6,5	6,3	9,4	4,7	6,5	5,8
Ant.	42,9	51,4	41,3	38,0	49,0	42,3	53,9	54,2	49,3	53,9	44,0	46,8	47,3
BE	2,9	0,7	3,9	4,3	1,0	0,7	0,3	0,3	1,7	4,2	1,7	0,6	1,9
X	0,0	0,0	0,3	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,2

Tabela 2. Średnie miesięczne ciśnienie atmosferyczne (hPa) w Świdrze w latach 1981- 1990

	Śr.	13h	Odch. stand
I	1003,8	1003,7	12,7
II	1006,4	1006,1	12,6
III	1004,3	1004,2	10,6
IV	1002,2	1002,1	7,0
V	1003,4	1003,4	6,6
VI	1001,8	1001,8	5,5
VII	1003,5	1003,5	4,5
VIII	1003,3	1003,3	5,2
IX	1004,3	1004,2	6,5
X	1006,9	1006,8	9,3
XI	1005,0	1004,9	10,3
XII	1003,1	1003,1	12
Rok	1004,0	1003,9	9,2

Tabela 3. Ciśnienie atmosferyczne w typach cyrkulacji cyklonalnej: E_0, F, B

	E_0			F			B		
	TC	(TC)	XTC	TC	(TC)	XTC	TC	(TC)	XTC
I	997,4	998,2	1001,1	990,6	982,1	-	991,5	995,7	992,9
II	1000,6	1003,0	998,0	997,7	1009,1	999,5	977,6	991,9	-
III	985,5	1006,6	996,0	992,7	997,4	1002,7	996,7	991,9	999,5
IV	997,0	999,0	1002,6	998,4	996,2	1004,0	996,2	994,5	998,7
V	1000,5	1002,1	999,3	995,5	998,2	999,0	995,4	998,4	1000,8
VI	997,9	999,0	999,6	996,3	991,9	999,3	-	996,2	997,7
VII	999,6	1001,0	1000,0	-	998,6	-	996,5	998,3	997,0
VIII	998,2	999,8	999,7	1000,2	1001,2	-	994,6	996,7	996,4
IX	998,6	1000,7	1002,6	998,3	1001,8	-	999,1	992,0	1005,4
X	999,0	1002,7	1002,3	994,7	1001,1	-	989,7	993,7	1003,4
XI	998,7	996,8	997,1	995,4	1005,6	-	995,6	997,9	1006,0
XII	996,8	994,1	998,6	994,1	989,6	-	989,4	991,7	998,7
Rok	998,0	1000,0	1000,0	996,3	999,2	1000,8	993,2	994,8	999,7
Xrc-TC	2,0			4,5			6,5		

Tabela 4. Ciśnienie atmosferyczne w typach cyrkulacji cyklonalnej: D, A, CB

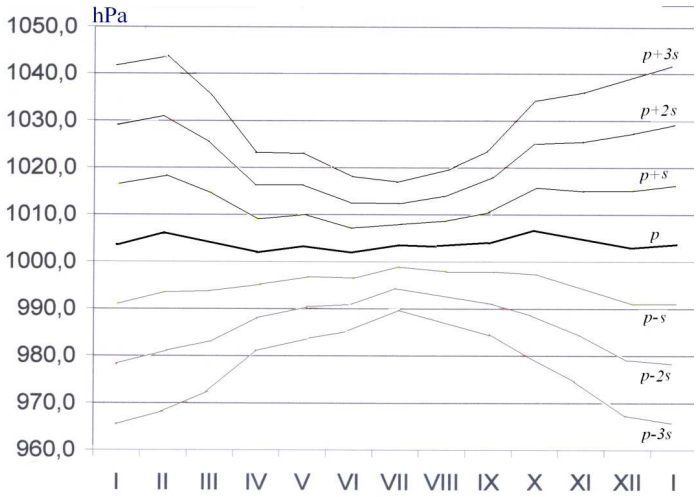
	D			A			CB		
	TC	(TC)	XTC	TC	(TC)	XTC	TC	(TC)	XTC
I	996,8	993,8	-	996,8	993,8	-	996,8	993,8	-
II	998,0	991,5	1002,0	998,0	991,5	1002,0	998,0	991,5	1002,0
III	998,2	998,8	999,9	998,2	998,8	999,9	998,2	998,8	999,9
IV	994,6	997,3	997,4	994,6	997,3	997,4	994,6	997,3	997,4
V	997,0	1000,1	1000,9	997,0	1000,1	1000,9	997,0	1000,1	1000,9
VI	1002,6	1000,2	1002,4	1002,6	1000,2	1002,4	1002,6	1000,2	1002,4
VII	1001,1	1000,2	1002,7	1001,1	1000,2	1002,7	1001,1	1000,2	1002,7
VIII	1003,6	1001,0	1000,0	1003,6	1001,0	1000,0	1003,6	1001,0	1000,0
IX	1001,5	1003,1	1004,6	1001,5	1003,1	1004,6	1001,5	1003,1	1004,6
X	999,8	1001,4	1007,0	999,8	1001,4	1007,0	999,8	1001,4	1007,0
XI	999,7	1006,0	998,6	999,7	1006,0	998,6	999,7	1006,0	998,6
XII	989,4	997,4	995,9	989,4	997,4	995,9	989,4	997,4	995,9
Rok	998,8	998,8	1000,7	998,8	998,8	1000,7	998,8	998,8	1000,7
Xrc-TC	1,9			3,6			4,0		

Tabela 5. Ciśnienie atmosferyczne w typach cyrkulacji antycyklonalnej: E, E_1,D_2C

	E			E_1			D_2C		
	TC	(TC)	XTC	TC	(TC)	XTC	TC	(TC)	XTC
I	1007,8	1013,1	998,5	1013,0	1015,2	1007,4	1014,8	1013,8	1005,6
II	1015,2	1013,3	1004,8	1018,5	1018,3	999,2	1013,4	1013,8	-
III	1016,4	1014,0	1005,2	1018,6	1012,0	1008,9	1022,1	1008,7	-
IV	1009,2	1008,4	1004,6	1011,2	1007,4	1007,4	1004,6	1005,7	1002,7
V	1013,7	1006,4	1005,9	1009,3	1008,5	1006,3	-	1009,8	1002,5
VI	1007,4	1005,0	1001,9	-	1008,4	999,3	1005,3	1001,8	1003,3
VII	1007,3	1005,8	1004,4	-	1007,9	1006,6	1006,6	1005,2	1002,1
VIII	1005,8	1004,8	1001,3	-	1008,2	1004,2	1004,2	1004,8	1004,1
IX	1008,4	1007,3	1006,2	1006,5	1006,1	1002,7	-	1009,8	-
X	1013,1	1013,4	-	1017,8	1010,8	1004,2	1009,5	1008,9	1011,0
XI	1017,5	-	1009,6	1012,1	1011,3	-	1011,1	1014,1	1001,3
XII	1016,2	1013,5	1003,3	1009,9	1012,8	1006,0	1009,1	1007,1	-
Rok	1011,2	1008,6	1004,2	1015,5	1011,9	1006,0	1010,6	1009,6	1004,7
TC-xtc	7,0			9,5			5,9		

Tabela 6. Ciśnienie atmosferyczne w typach cyrkulacji antycyklonalnej: C_2D, C_2D, G

	C_2D			C_2D			G		
	TC	(TC)	XTC	TC	(TC)	XTC	TC	(TC)	XTC
I	1023,2	1012,3	-	-	1009,8	-	1023,0	1018,9	-
II	1015,5	1012,9	1005,0	1013,6	1012,7	1011,4	1013,8	1019,8	1022,8
III	1012,3	1011,9	1006,4	-	1018,0	-	1021,8	1015,8	-
IV	1011,7	1008,2	1015,0	1008,1	1007,2	1005,3	1013,4	1013,0	-
V	1012,6	1009,4	1008,9	1010,4	1004,2	1008,4	1009,2	1012,3	1006,3
VI	1008,9	1006,6	1002,4	1004,8	1003,6	-	1011,3	1008,1	1008,5
VII	1010,2	1005,9	1005,4	1002,4	1005,2	1001,1	1009,7	1006,2	1001,5
VIII	1009,8	1007,5	1004,8	1003,9	1006,1	-	1011,1	1007,8	-
IX	1011,9	1010,3	1008,1	1006,2	1007,3	-	1013,1	1009,8	-
X	1015,0	1010,7	1012,7	1012,4	1013,8	-	1020,8	1014,1	-
XI	1012,0	1009,9	-	1009,5	1010,2	1007,2	1015,6	1017,4	-
XII	1012,4	1012,9	-	1007,6	1012,8	1003,0	1018,0	1017,1	1001,4
Rok	1013,3	1009,4	1006,7	1009,3	1008,4	1006,0	1016,2	1013,7	1007,7
TC-xtc	6,6			3,9			8,5		



Rys. 1. Przebieg roczny ciśnienia atmosferycznego w Świdrze (godz.13,1981-1990) (p, p±s, p±2s, p±3s ; p – średnie miesięczne, s- odchylenie standardowe)

3.2.3. Zmiany roczne ciśnienia atmosferycznego w 10-leciu 1981-1990 na przykładzie obserwacji w Świdrze

Autor: Mariola M I R O W S K A
Opiekun naukowy: Urszula K O S S O W S K A - C E Z A K

Wprowadzenie

Ciśnienie atmosferyczne jest elementem meteorologicznym obecnie rzadko poruszanym w literaturze klimatologicznej. Faktem jest, że większość istniejących prac pochodzi z okresu, gdy sieć stacji meteorologicznych była niedostatecznie rozwinięta, a wiedza o ciśnieniu atmosferycznym niepełna, chociaż pierwsze pomiary prowadzono już w XVIII w. W Polsce istnieje zachowany nieprzerwany ciąg obserwacji z Warszawy od 1825 r.

Znajomość jedynie wartości ciśnienia zadecydowała o charakterze prac, w których poruszano głównie zagadnienia przebiegu rocznego ciśnienia i jego rozkładu geograficznego. Od dawna zaobserwowano związek zmian pogody ze zmianami ciśnienia, chociaż nie znano przyczyn powodujących jej zmiany w czasie i w przestrzeni.

Rokiem przełomowym w meteorologii był rok 1918, kiedy to J. Bjerknes odkrył istnienie mas powietrznych i frontów atmosferycznych. Umożliwiło to rozpoznanie i zrozumienie poznanych już skutków pogodowych ich napływu nad dany obszar. Obecnie w dużej mierze dzięki rozwojowi techniki, dzięki zdjęciom satelitarnym uzyskujemy informacje o ruchu i ewolucji układów barycznych oraz frontów, co umożliwia lepszą analizę zachodzących procesów atmosferycznych. Szeroko rozwinięta wiedza nie ma jednak dostatecznego odzwierciedlenia we współczesnej literaturze, chociaż należy tu wspomnieć o aktualnych publikacjach ośrodka krakowskiego, np. pracy J. Trepińskiej (1988) pt. „Wieloletni przebieg ciśnienia i temperatury powietrza w Krakowie na tle ich zmienności w Europie".

Niniejsza praca jest próbą określenia charakteru i zakresu zmian ciśnienia atmosferycznego, jakim podlega ono w cyklu rocznym oraz zmian nieokresowych i ich związku z charakterem cyrkulacji. Próba ta będzie dokonana na podstawie danych z posterunku klimatologicznego w Świdrze z okresu 10-lecia 1981-1990.

Materiały i metody opracowania

Praca składa się z dwóch zasadniczych części: w pierwszej jest omówiony przebieg roczny ciśnienia na podstawie wartości średnich miesięcznych, tematem drugiej jest zmienność ciśnienia z dnia na dzień, do której obliczenia zostały wykorzystane wartości codzienne. W celu poznania warunków cyrkulacyjnych występowania największych i najmniejszych wartości ciśnienia, zestawiono zarówno wartości skrajne ciśnienia, jak i jego zmiany z charakterem cyrkulacji w okresach, w których wystąpiły.

Materiały wykorzystane w niniejszej pracy pochodzą z publikacji Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk, któremu podlega Obserwatorium Geofizyczne im. Stanisława Kalinowskiego w Świdrze. Za datę początkową powstania obserwatorium przyjmuje się rok 1910, w którym wykonano pierwsze pomiary magnetyczne.

Budowę obiektu rozpoczęto w 1914 r. dzięki funduszom, jakie napłynęły po odezwie St. Kalinowskiego do społeczeństwa polskiego, zatytułowanej „W pilnej sprawie naukowej":

„Nauka jest kwiatem, ale zarazem i dźwignią cywilizacji. Jeżeli więc pragniemy iść w jednym szeregu z resztą świta ucywilizowanego, powinniśmy zaliczać potrzeby naukowe do rzędu najważniejszych".

Obserwatorium magnetyczne w Świdrze było pierwszą i przez wiele lat jedyną polską magnetyczną placówką badawczą. Od roku 1936 zakres działalności obserwatorium rozszerzono na elektryczność atmosferyczną. Pod koniec 1948 r. uruchomiono dział obserwacji meteorologicznych, dzięki uzyskaniu wcześniej zamówionych przyrządów, m.in. barometru rtęciowego z Berlina (Kalinowska, 1962).

Obecnie ciśnienie powietrza jest odczytywane trzy razy dziennie, tj. o godz.: 6^{00}, 12^{00}, 18^{00} GMT. Barometr zawieszony jest na wysokości 107 m. n.p.m. wewnątrz budynku administracyjnego. Posterunek klimatologiczny w Świdrze jest położony na SEE od Warszawy w odległości 25 km. Jego współrzędne wynoszą: $\varphi = 52°07'N$, $\lambda = 21°15'$ E.

W pracy wykorzystano dane pomiarowe na poziomie rzeczywistym. Jak wspomniano, wartości skrajne ciśnienia i jego zmian zestawiono z charakterem cyrkulacji, tzn. z typami występującymi w odpowiednich miesiącach i dniach. W tym celu posłużono się "Katalogiem typów cyrkulacji atmosferycznej" według klasyfikacji Osuchowskiej-Klein (1975, 1978, 1991). Autorka wyróżniła 13 typów cyrkulacji nad Polską, w tym 6 cyklonalnych, 6 antycyklonalnych i l typ pośredni, oznaczając je umownymi symbolami literowymi. Są to następujące typy cyrkulacji:

A – zachodnia cyklonalna,
CB – północno-zachodnia cyklonalna,
D – południowo-zachodnia cyklonalna,
B – południowa cyklonalna,
F – południowo-wschodnia cyklonalna,
C_2D – zachodnia antycyklonalna,
D_2C – południowo-zachodnia i południowa antycyklonalna,
G – centralna antycyklonalna,
E_2C – północno-zachodnia antycyklonalna,
E_0 – północno-wschodnia i wschodnia cyklonalna,
E – północno-wschodnia antycyklonalna,
E_1 – południowo-wschodnia i wschodnia antycyklonalna,
BE – południowa pośrednia między cyrkulacją antycyklonalna i cyklonalną

W „Katalogu typów cyrkulacji atmosferycznej" autorka określiła stopień podobieństwa cyrkulacji w każdym dniu (w okresie 1901-1990) do typu wzorcowego (bardzo duże, duże i małe podobieństwo; dni, w których rozkład ciśnienia nie wykazywał podobieństwa do któregokolwiek typu, oznaczono symbolem *x*). W niniejszej pracy typy cyrkulacji będą brane pod uwagę bez względu na stopień podobieństwa do wzorca.

Ważniejsze wyniki badań przedstawiono w tabelach: 1-11, 12a, 12b, 13 i na wykresach: rys. 1-3.

Przegląd literatury

Pierwsze, a jednocześnie najobszerniejsze polskie prace dotyczące ciśnienia atmosferycznego, pochodzą sprzed I wojny światowej. Jedną z nich jest „Klimatologia ziem polskich" R.Mereckiego (1914), w której rozdział dotyczący ciśnienia atmosferycznego jest najobszer-

niejszy, a autor stwierdza: . ."Ciśnienie powietrza jest czynnikiem podstawowym i jego zmiany stanowią podłoże klimatu danego kraju". Merecki zastrzega się jednak, że stan ciśnienia w jednym miejscu nie rozstrzyga stanu pogody. W celu prognozowania pogody w danej miejscowości należy znać przebieg ciśnienia z kilku innych miejscowości od niej odległych, które autor nazywa ośrodkami głównymi ogólnej cyrkulacji atmosfery.

Analizując przebieg roczny ciśnienia w Warszawie w latach 1826-1900 stwierdził, że maksimum główne występowało w styczniu, wtórne we wrześniu, a minimum główne w marcu, wtórne w lipcu. Stwierdził również, że średnie ciśnienie w danym miesiącu z roku na rok ulega znacznym wahaniom. Na podstawie danych z 30-lecia 1851-1880 z Warszawy wyznaczył średnią zmienność ciśnienia w danym miesiącu, czyli odchylenia od przebiegu normalnego. Dla lepszego zobrazowania otrzymanych wyników dokonał porównania z kilku miejscowościami europejskimi. I tak w Warszawie zmienność od października jest znaczna i osiąga maksimum w grudniu, a od kwietnia następuje spadek zmienności, z minimum w lipcu.

Autorem najobszerniejszych prac dotyczących ciśnienia jest W. Gorczyński. Pierwsza z nich „O rozkładzie geograficznym ciśnienia powietrza w Polsce" ukazała się w 1916 r. Materiał przedstawiony w pracy opiera się na danych z 244 miejscowości, z których 81 należy do właściwego obszaru Polski historycznej. Rozpatrywane terytorium zajmuje ok. 1 mln km.^{2} Wartości średnie ciśnienia, zestawione, w tabeli, zostały zredukowane do poziomu morza i jednolicie sprowadzone do okresu 1851-1900 za pomocą danych redukcyjnych, uzyskanych z 52 stacji z długoletnimi nieprzerwanymi obserwacjami w ciągu całego wymienionego okresu.

Podsumowanie i wnioski

Roczny przebieg ciśnienia atmosferycznego w 10-leciu 1981-1990 w Świdrze charakteryzują dwa maksima: główne w październiku – 1006,9 hPa, wtórne w lutym – 1006,4 hPa oraz dwa minima: główne w czerwcu – 1001,9 hPa, wtórne w kwietniu – 1002,1 hPa. Podobny charakter przebiegu zaobserwowano również w innych okresach, chociaż różne były miesiące występowania ekstremów oraz ich wartości; zawsze jednak były to maksima jesienne i zimowe oraz minima wiosenne i letnie, co należy uznać za prawidłowość.

Amplituda roczna wyznaczona przez średnie 10-letnie wartości miesięczne ciśnienia wyniosła 5,0 hPa, sugerując jego niewielką zmienność w czasie, czego nie potwierdzają jednak najwyższe (blisko 1015 hPa) i najniższe (nie przekraczające 991 hPa) wartości średnie ciśnienia w pojedynczych miesiącach. Obie skrajne wartości średnie miesięczne ciśnienia wystąpiły w miesiącach zimowych -najwyższa 1014,8 hPa w styczniu 1989 r., najniższa 990,8 hPa w grudniu 1981 r. – wyznaczając największy zakres wahań ciśnienia zimą (24,0 hPa), zwłaszcza w grudniu (22,3 hPa) i w styczniu (19,4 hPa), tj. ponad 8-krotnie większy niż w lipcu (2,6 hPa).Ekstrema absolutne również zanotowano zimą. Maksimum 1033,5 hPa (2 XII 1983 r.) i minimum 959,5 hPa (26 II 1989 r.) wyznaczają rzeczywisty zakres wahań ciśnienia w 10-leciu 1981-1990 w Świdrze, sięgający 74,0 hPa.

Średnie 10-letnie wartości terminowe ciśnienia największym zmianom podlegają latem (średnio do 1,0 hPa), gdy następuje stopniowy spadek ciśnienia w ciągu dnia. Zimą natomiast zmiany te są 2-krotnie mniejsze (średnio do 0,4 hPa), a największa wartość ciśnienia występuje przeważnie w godzinach południowych.

Średnia zmienność ciśnienia z dniała dzień wyniosła 4,9 hPa, w poszczególnych latach wahając się od 4,4 do 5,3 hPa. W przebiegu rocznym najwyższe średnie wartości – 6-7 hPa

charakteryzują miesiące od listopada do stycznia. Najniższa średnia zmienność z dnia na dzień – nie przekraczająca 3-3,5 hPa – występuje od maja do sierpnia.

Najpowszechniejsze w ciągu roku są niewielkie zmiany – do 2 hPa, które szczególnie dominują w okresie lata (lipiec – 42 % zmian),kiedy są ponad dwukrotnie częściej niż zimą (grudzień 19 % zmian); zimę charakteryzuje duży udział zmian największych. Występują wówczas najbardziej znaczące, chociaż najmniej liczne w roku (3 % zmian) zmiany przekraczające 15 hPa (głównie w styczniu – 10 % i w grudniu –7 % zmian), które w miesiącach letnich w ogóle nie występują. Przewaga zmian ciśnienia – określanych jako meteorotropowe – w miesiącach zimowych powoduje, że okres ten z punktu widzenia samopoczucia człowieka jest najbardziej niekorzystny.

Okresy jednokierunkowych zmian ciśnienia w omawianym 10-leciu trwały od l do 8 dni. Najwięcej było zmian jednodniowych. Zmiany do 4 hPa włącznie występowały we wszystkich miesiącach, a 6-dniowe i dłuższe występowały nieregularnie. Pod względem łącznego czasu trwania przeważały jednak zmiany dwudniowe i taka też była średnia długotrwałość okresów wzrostu i spadku, składających się na falę ciśnienia o średniej długotrwałości ponad 4 doby. W przebiegu rocznym falami o największej średniej długotrwałości (4,8 i 4,7 doby) wyróżniły się miesiące o najwyższym średnim ciśnieniu (październik i luty). Średnia długość fali wykazywała małe różnice w ciągu roku (do l doby). Struktura fali ulegała zmianom, przeważnie jednak spadek trwał dłużej niż wzrost.

Konfrontacja z typami cyrkulacji pozwoliła na stwierdzenie, że wartość ciśnienia, wielkość zmian z dnia na dzień oraz tempo zmian ciśnienia są uzależnione od charakteru cyrkulacji, określonego poprzez typy cyrkulacji (według Osuchowskiej-Klein).

Wysokiemu ciśnieniu (powyżej 1014 hPa) szczególnie sprzyjają : wyż z centrum nad Polską (typ G) oraz oddziaływanie wyżów rozbudowanych nad Skandynawią (typ E) i Rosją (typ E_1). Niskie wartości ciśnienia (nie przekraczające 990 hPa) są natomiast związane z niżami przemieszczającymi się znad Morza Północnego (typ B) nad Bałtyk (typ CB) i dalej w kierunku Litwy i Białorusi (typ E_0).

Udział wymienionych typów cyrkulacji w ciągu roku jest bardzo zróżnicowany. Zarówno cyrkulacja antycyklonalna centralna (typ G), jak i cyrkulacja cyklonalna południowa (typ B) występują średnio najrzadziej w roku w porównaniu z pozostałymi typami (w badanym 10-leciu: E – 15,0 %; E_1 – 8,5 %; G – 5,8 % ; CB – 15,4 %; E_0 – 11,1 %, B – 6,0 %). Każdorazowe pojawienie się tych typów cyrkulacji prowadzi jednak do dużych wzrostów (typ G) i głębokich spadków (typ CB) ciśnienia, czego nie można powiedzieć o pozostałych typach cyrkulacji.

Największe zmiany ciśnienia z dnia na dzień związane są głównie z oddziaływaniem układów niskiego ciśnienia. Duże wzrosty występują bowiem przeważnie podczas utrzymywania się przez dwa kolejne dni typów cyrkulacji cyklonalnych z sektora północnego (typy CB, E0) bądź typu południowego (typ B). Wzrosty te rozpoczynają się od bardzo niskich wartości, związanych z centrum niżu, którego przemieszczanie się i stopniowe wypełnianie się prowadzi do wzrostu ciśnienia. Największe spadki ciśnienia z dnia na dzień są natomiast związane ze zmianą typów cyrkulacji antycyklonalnych na cyklonalne, najczęściej w trakcie wypierania wyżu znad południo-zachodniej Europy (typ C_2D), bądź wyżu z centrum nad Grenlandią (typ E_2C) przez głęboki niż znad Morza Bałtyckiego (typ CB sprzyjający bardzo małym wartościom ciśnienia, do których następuje spadek).

Określone następstwo wymienionych typów cyrkulacji sprzyja utrzymywaniu się długotrwałych jednokierunkowych zmian ciśnienia, tzn. wzrostów i spadków. I tak stopniowe wypełnianie się niżu znad Morza Północnego (typ CB) i następnie rozwój wyżu nad Skandynawią (typ E) lub Rosją (typ E_1) sprzyjają długotrwałym wzrostom ciśnienia. Kilkudniowe spadki notowane są natomiast w okresie słabnięcia wymienionych wyżów i następnie pojawiania się niżów przemieszczających się na północ od Polski. W trakcie najdłuższych okresów jednokierunkowych zmian ciśnienia, podlega ono dużym wahaniom większym jednak w przypadku wzrostów (do 54 hPa) niż spadków (do 48 hPa) ciśnienia, przy czym wielkość tych zmian nie wykazuje związku z długością okresów.

Najdłuższe fale ciśnienia są najczęściej obserwowane w miesiącach jesienno-zimowych, kiedy widoczna jest przewaga typów cyrkulacji antycyklonalnych, zwłaszcza wyżu nad Rosją (typ E_1), który sprzyja wysokim wartościom ciśnienia w trakcie fali.

Ponieważ ciśnienie atmosferyczne jest elementem meteorologicznym podlegającym stosunkowo niewielkim zmianom w przestrzeni, omówione w niniejszej pracy zmiany roczne ciśnienia w Świdrze można uznać za charakterystyczne dla większego obszaru Polski.

Tabela 1. Udział (%) typów cyrkulacji według klasyfikacji Osuchowskiej-Klein w wybranych miesiącach (Świder, 1981-1990)

Typy	Październik (1006,9)	Luty (1006,4)	Lipiec (1003,5)	Czerwiec (1001,9)	Kwiecień (1002,1)	Marzec (1004,2)
A	6,1	7,8	4,2	2,3	1,0	8,1
CB	12,3	10,3	18,4	19,7	14,7	17,4
D	11,0	8,9	3,9	5,7	5,7	11,9
B	7,4	3,9	3,5	4,7	8,3	7,7
F	1,9	8,2	1,6	3,7	13,0	3,2
C_2D	10,0	5,7	19,7	6,7	5,0	5,5
D_2C	6,5	6,4	4,5	3,7	3,0	2,3
G	9,4	3,9	5,2	4,0	3,3	3,2
E_2C	2,6	3,9	2,6	2,7	4,0	0,6
E_0	3,2	8,9	14,2	21,0	14,3	6,1
E	10,6	17,0	20,3	-	16,0	13,2
E_1	14,8	14,5	1,6	2,0	6,3	16,5
BE	4,2	0,7	0,3	-	4,3	3,9
X	-	-	-	0,7	1,0	0,3
a	53,9	51,4	53,9	42,4	37,6	41,3
c	41,9	48,0	45,8	57,1	57,0	54,4

Tabela 2. Największe (pmax) i najmniejsze (pmin) wartości średnie miesięczne ciśnienia atmosferycznego (hPa) i częstość typów cyrkulacji (%) (Świder, 1981-1990)

	p_{max}	Rok	Cykl.	Ant.	p_{min}	Rok	Cykl.	Ant.
I	1014,8	1989	22,6	77,4	995,4	1986	77,4	19,3
II	1013,2	1982	10,7	89,3	1000,1	1988 1990	86,2, 71,4	13,8, 28,6
III	1008,7	1986	32,3	67,7	996,4	1988	74,2	16,0
IV	1006,3	1984	46,7	53,3	997,9	1985	70,0	30,0
V	1007,3	1986	19,3	80,7	998	1984	74,2	25,8
VI	1006,1	1983	33,4	66,6	999,1	1988	73,3	26,6
VII	1005,1	1989	32,2	67,7	1002,5	1981	64,5	35,5
VIII	1005,7	1990	35,5	64,5	1000,4	1989	51,5	48,4
IX	1008,2	1982	20,0	76,6	998,1	1984	90,0	10,0
X	1012,7	1987	9,7	61,3	1000,5	1981	83,8	16,1
XI	1009,6	1986	36,6	56,7	999,9	1990	63,3	36,7
XII	1013,1	1984	9,7	90,3	990,8	1981	96,8	3,2
ROK	1005,6	1982			1002,5	1981		

Tabela 3. Maksymalne (p_{max}) i minimalne (p_{min}) wartości ciśnienia w miesiącach (Świder, 1981-1990)

	p_{max}	Data	p_{min}	Data
I	1029,8	18-1987	966,5	15-1981
II	1030,2	15-1984	959,5	26-1989
III	1028,3	07-1982	961,5	01-1990
IV	1020,2	17-1985	983,5	19-1986
V	1022,6	02-1990	982,3	02-1983
VI	1017,8	01-1982	985,1	05-1986
VII	1014,6	06-1987	989,4	02-1988
VIII	1020,0	04-1981	987,4	08-1985
IX	1023,5	28-1986	981,9	21-1990
X	1028,8	29-1982	972,0	30-1990
XI	1033,0	18-1985	967,8	28-1983
XII	1033,5	02-1983	965,4	09-1981

Tabela 4. Typy cyrkulacji (liczba przypadków) w dniach z maksimami (p_{max}) i minimami (p_{min}) miesięcznymi ciśnienia atmosferycznego (Świder, 1981-1990)

Typy	p_{max}	(%)	p_{min}	Udział (%)
A	-	-	12	9,9
CB	1	0,8	41	33,9
D	-	-	13	10,7
B	-	-	22	18,2
F	1	0,8	8	6,6
C_2D	21	16,9	-	-
D_2C	4	3,2	1	0,8
G	36	29,0	1	0,8
E_2C	6	4,8	-	-
E_0	3	2,4	20	16,5
E	33	26,6	-	-
E_1	19	15,3	2	1,7
BE	-	-	1	0,8

Tabela 5. Przebieg roczny ciśnienia atmosferycznego (wartości średnie terminowe, średnie dzienne)(Świder, 1981-1990)

	7^{00}	13^{00}	19^{00}	Średnia
I	1003,8	1003,6	1004,1	1003,8
II	1006,6	1006,2	1006,4	1006,4
III	1004,3	1004,2	1004,3	1004,3
IV	1002,5	1002,1	1002,0	1002,2
V	1003,9	1003,5	1002,9	1003,4
VI	1002,2	1001,8	1001,5	1001,8
VII	1003,9	1003,5	1003,1	1003,5
VIII	1003,7	1003,3	1003,0	1003,3
IX	1004,4	1004,2	1004,3	1004,3
X	1007,1	1006,8	1006,8	1006,9
XI	1005,0	1004,9	1005,1	1005,0
XII	1003,0	1003,1	1003,3	1003,1

Tabela 6. Średnia miesięczna zmienność ciśnienia atmosferycznego z dnia na dzień (Świder, 1981-1990)

		Max	Rok	Min	Rok
I	6,8	9,8	1981	4,2	1989
II	5,8	7,6	1990	4,8	1986, 1987
III	5,2	6,9	1982	2,9	1985
IV	4,5	5,8	1987	3,7	1989
V	3,6	4,4	1982	2,9	1988
VI	3,5	4,8	1981	2,5	1988
VII	3,0	3,6	1985, 1987	2,5	1982, 1990
VIII	3,3	4,3	1986	2,6	1982
IX	4,3	5,8	1985	3,0	1981
X	5,1	6,2	1990	4,0	1985, 1987
XI	6,1	8,0	1983	4,5	1984
XII	7,1	8,0	1981, 1983	5,0	1984

Tabela 7. Częstość (%) zmian ciśnienia z dnia na dzień (Świder, 1981-1990)

Zmiany niemeteotropowe				Zmiany meteotropowe				
hPa	<2	2,1-4,0	∑	4,1-6,0	6,1-10,0	10,1-15,0	>15,1	∑
I	21,0	18,0	39,0	17,8	18,7	14,2	10,3	61,0
II	24,1	22,3	46,4	15,3	21,3	11,0	6,0	53,6
III	29,0	21,3	50,3	15,2	20,6	10,0	3,9	49,7
IV	28,3	27,4	55,7	15,3	21,3	5,7	2,0	44,3
V	37,4	27,1	64,5	17,8	14,5	3,2	-	35,5
VI	37,7	26,0	63,7	19,3	14,3	2,7	-	36,3
VII	41,6	31,3	72,9	17,1	8,7	1,3	-	27,1
VIII	39,4	27,7	67,1	17,7	13,6	1,6	-	32,9
IX	27,7	29,6	57,3	17,7	18,7	6,0	0,3	42,7
X	24,5	24,2	48,7	15,5	22,6	11,3	1,9	51,3
XI	22,3	19,4	41,7	19,0	21,3	12,7	5,3	58,3
XII	18,7	16,1	34,8	13,2	23,6	21,0	7,4	65,2
Rok	29,3	24,2	53,5	16,7	18,3	8,4	3,1	46,5

Tabela.8.Typy cyrkulacji najczęściej towarzyszące wzrostom i spadkom ciśnienia (Świder, 1981-1990)

Dzień przed wzrostem	Lp.	Dzień wzrostu	Lp.	Dzień przed spadkiem.	Lp.	Dzień spadku	Lp
CBB E_0	109 7	CB B E_0	7 2 10	CD EC G	7 4 1	CB BD	8 3 2
CB B E_0	2 2 2	C_2D EC	4 3 1	A B	3 1	B CB A	4

Tabela 9b. Typy cyrkulacji towarzyszące skrajnym wzrostom (↑) i spadkom (↓) ciśnienia (Świder,1981-1990), (D. data, <przed)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
↑	23,4	21,9	22,5	16,6	15,0	12,4	10,1	13,5	18,8	18,1	22,8	21,1
D	7-1987	1-1982	2-1990	14-1988	12-1982	20-1981	5-1982 11-1990	14-1983	25-1984	2-1990	29-1983	1-1983
<	F-E_1	CB-E	CB-CB	B-E_0	F-E_2C	E-E, H	A-A CB-C,D	E-E_0	B-B	CB-E		E_0-E
↓	29,2	28,0	19,3	16,6	12,0	12,2	10,7	10,9	13,0	19,7	33,4	28,6
D	15-1981	3-1981 7-1984 7-1984	16-1988	5-1987	2-1983	12-1982	31-1989	25-1989	20-1987	11-1981	29-1988	4-1981
<	A-CB	C,D-CB A-B	CB-D	BE-BE	B-B	E_2C-E	C_2D-B	C_2D-CB	E_2C- E_2C	D-B	C_2D-CB	E_0-CB

Tabela 10. Średnia długotrwałość wzrostu, spadku oraz fali ciśnienia (Świder, 1981-1990)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
Wzrost	2,09	2,09	1,99	2,15	1,99	1,96	2,13	2,06	1,92	2,44	2,30	1,84	2,08
Spadek	2,21	2,64	2,27	2,09	2,30	2,07	2,11	2,12	2,04	2,34	2,16	1,99	2,20
Fala	4,30	4,73	4,26	4,24	4,29	4,03	4,24	4,18	3,96	4,78	4,46	3,83	4,28

Tabela 11. Liczba okresów wzrostu i spadku ciśnienia różnej długości (Świder, 1981-1990)

Wzrost								
	1	2	3	4	5	6	7	8
I	29	24	10	4	3	1	1	-
II	24	26	5	2	5	-	-	1
III	32	23	16	1	1	1	-	1
IV	24	26	10	8	3	-	-	-
V	29	23	18	2	2	-	-	-
VI	32	23	11	4	2	1	-	-
VII	27	27	9	4	2	2	1	-
VIII	25	27	14	4	1	1	-	-
IX	41	19	7	7	-	2	-	1
X	33	16	14	5	1	1	-	-
XI	25	21	14	4	2	3	-	1
XII	38	19	17	1	1	1	-	-
Σ	359	298	145	46	23	13	2	4
%	9,7	16,1	11,8	5,0	3,1	2,1	0,4	0,9
Spadek								
	1	2	3	4	5	6	7	8
I	31	18	13	6	6	1	-	-
II	21	20	11	8	2	2	-	-
III	25	26	12	6	4	1	1	-
IV	23	27	18	1	2	1	-	-
V	24	26	8	4	2	3	1	1
VI	31	21	12	3	3	1	1	-
VII	25	24	17	5	2	-	-	-
VIII	27	23	13	7	2	2	-	-
IX	32	19	18	6	-	-	1	-
X	26	22	11	5	3	2	-	2
XI	27	19	14	5	3	-	1	-
XII	36	18	11	9	2	-	-	-
Σ	328	263	158	65	31	13	5	3
%	8,9	14,2	12,8	7,0	4,2	2,1	1,0	0,7

Tabela 12a. Najdłuższe okresy wzrostu o największych zmianach wartości ciśnienia (Świder, 1981-1990) (Δp/1d – przyrost ciśnienia na dobę)

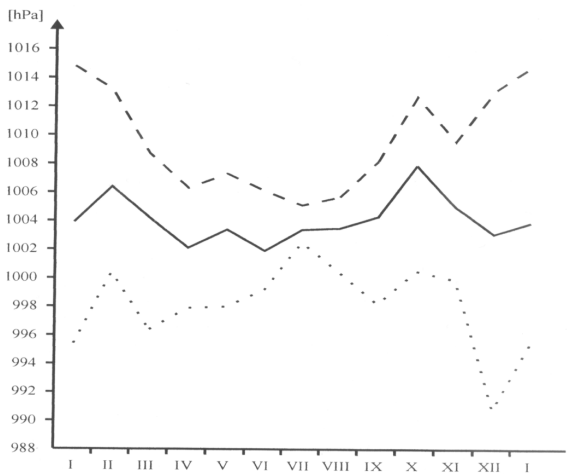
Dni wzrostu	III 1982		II 1990		XI 1985		XII 1986	
	Typy	Δp/1d	Typy	Δp/1d	Typy	Δp/1d	Typy	Δp/1d
0	B		D		CB		B	
1	B	8,6	E_0	9,9	CB	4,6	E_0	3,3
2	D	8,3	CB	15,7	CB	4,5	E_0	9,6
3	D	8,2	A	12,0	E	10,0	E_0	3,8
4	D	6,6	D	1,5	E	3,5	E_0	3,9
5	D	0,6	D	4,5	E	9,0	E_0	17,2
6	F	8,4	D_2C	6,6	E	4,1	C_2D	5,4
7	D_2C	11,4	D_2C	3,6	E	2,0	-	-
8	E	3,0	D_2C	7,9	E	8,2	-	-
Ciś. pocz.	962,0		971,4		986,6		972,2	
Ciś. końc.	1017,1		1025,4		1032,5		1015,4	
Wzrost	55,1		54,0		45,9		43,2	

Tabela 12b. Najdłuższe okresy spadku o największych zmianach wartości ciśnienia (Świder, 1981-1990)

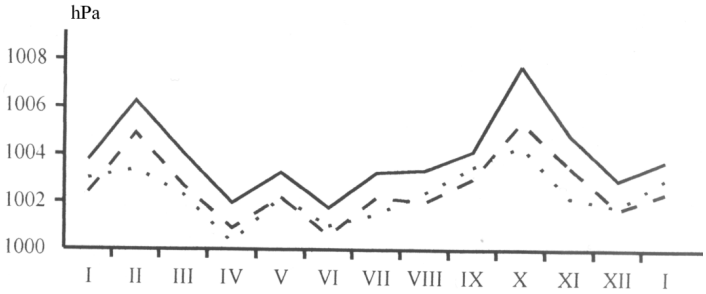
Dni spadku	X1990		X1986		II 1986		III 1981	
	Typy	Δp/1d	Typy	Δp/1d	Typy	Δp/1d	Typy	Δp/1d
0	E		G		E_1		E_1	
1	E	1,0	G	5,2	E	6,6	E_1	0,7
2	G	7,4	E_1	2,3	E	1,4	E_1	1,1
3	G	2,3	E_1	0,2	E_1	0,9	E_1	1,6
4	E_1	2 2	C_2D	3,7	E_1	6,9	E_1	7,5
5	-	3,6	G	1,4	F	11,3	E_1	10,3
6	B	6,1	BE	13,9	F	5,9	F	9,8
7	B	13,7	A	4,0	-	-	F	1,9
8	B	11,3	A	10,9	-	-	-	-
Ciś. pocz.	1019,6		1023,5		1023,1		1025,2	
Ciś. końc.	972,0		981,9		990,1		992,3	
Wzrost	55,1		54,0		45,9		43,2	

Tabela 13. Najdłuższe fale ciśnienia w Świdrze w 10-leciu 1981-1990 ($p_{śr}$ – średnie ciśnienie w okresie fali, p_m – śr. miesięczne, p_0 – w przeddzień fali, p_{max} – najwyższe, p_k w ostatnim dniu fali)

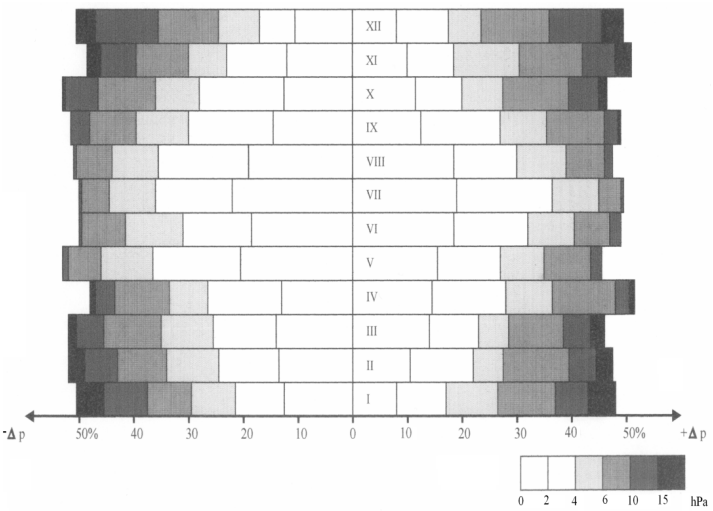
	VIII-IX	II	IX-X	II	III	VIII	XI	IV-V	X
	1981	1990	1987	1982	1982	1984	1985	1988	1990
0	E_0	D	A	E,	BE	E_0	CB	E_0	F
1	E_0	E_0	CB	E,	B	E	CB	E_0	E_0
2	E_0	CB	CB	E,	B	E	CB	E_0	E
3	E_0E	AD	CB	E,	EE	E	E,	E_0	E
4	EG	D	E_0E	E,	E	E	E,	E	E
5		DC	EE	E,	CD	G	E,		G
6		DC	E	E			E,		G
7	G	DC		E	C_2D	GE	E,	EE	E
8	G			G	D_2C	G	E,	E	E
9	G	D_2C	G	E	C_2D	E_2C	E,	E	B
10	G	D_2C	G	E	CB	E	E	D	B
11	D	A	G	E	CB	F	F	D	B
12	G	A	BE	-	-	-	-	-	-
13	E	A	-	-	-	-	-	-	-
$p_{śr}$	1010,4	1001,1	1010,5	1012,7	1009,6	1005,5	1013,9	1004,1	1003,1
p_m	1004,2 1006,1	1000,1	1004,6	1013,2	1006,5	1005,3	1004,0	1004,3 1004,4	1004,9
p_0	993,7	971,4	989,8	1010,1	1002,0	1000,3	986,6	997,5	1000,3
p_{max}	1017,6	1025,4	1027,7	1022,1	1023,2	1012,4	1032,5	1013,7	1019,6
p_k	1003,7	966,6	1000,4	998,9	989,1	996,9	1009,0	994,2	972,0



Rys.1. Przebieg roczny ciśnienia atmosferycznego (Świder, 1981-1990)



Rys. 2. Przebieg roczny ciśnienia atmosferycznego : —— Świder (1981-1990), – – – Warszawa (1981-1990), ····· Warszawa (1966-1990)



Rys. 3. Częstość zmian ciśnienia różnej wartości (Świder 1981-1990)

3.2.4. Ogólna charakterystyka klimatu Świdra

Autor: Władysław D U L C Z E W S K I
Opiekunowie naukowi: Maria S T O P A - B O R Y C Z K A ,
Maria K O P A C Z - L E M B O W I C Z

Praca stanowi charakterystykę ogólną warunków klimatycznych Świdra. Przedstawiono w niej podstawowe elementy meteorologiczne jak: temperatura, wilgotność powietrza, zachmurzenie i usłonecznienie, opady oraz wiatr. Opracowanie poszczególnych elementów klimatu wykonano na podstawie materiałów obserwacyjnych z okresu piętnastoletniego1951-1965 – temperatury, jedenastoletniego 1955-1965 – wilgotności powietrza, zachmurzenia, opadów i wiatru oraz siedmioletniego 1959-1965 – w przypadku usłonecznienia. Wybór długości okresów wynikał z braku niektórych danych źródłowych. Ważniejsze wyniki badań przedstawiono w tabelach 1-16.

Położenie fizycznogeograficzne Świdra

Świder jest dzielnicą Otwocka znajdującego się (według podziału fizycznogeograficznego Polski prof. J. Kondrackiego) w mezoregionie 318.75 – Doliny Środkowej Wisły. Położony jest on w odległości 25 km od Warszawy (rys. 1).

Na badanym terenie utwory plioceńskie, pochodzące z trzeciorzędu leżą pod czwartorzędowymi osadami polodowcowymi, zwłaszcza w postaci zniszczonych równin morenowych.

W dolinie Wisły powstały najniższe tarasy: zalewowy i praski, wyżej położony taras otwocki (na którym leży również Świder) zbudowany jest z akumulacyjnych piasków rzecznych. W wyższych partiach położonych w części wschodniej występują utwory akumulacji lodowcowej w postaci piasków wydmowych, piasków z głazami w glinie zwałowej, piaski warstwowe (między morenami), iły warwowe i piaski na iłach. Na tarasie zalewowym występują bagna i torfy. Taras otwocki pod względem budowy geologicznej odznacza się zaleganiem od kilkunastu do kilkudziesięciometrowej warstwy piasków, suchych w górnej części. Obszar ten jest wyniesiony około 10-15 m ponad poziom Wisły. Taras zalewowy zbudowany jest z piasków, mad i osadów rzecznych nieregularnie uławiconych.

Świder leży na terenie, gdzie górna Wisła wchodzi do rozległej niziny nadrzecznej utworzonej w widłach Wisły i Bugo-Narwi. Dlatego też wody Prawisły stały się czynnikiem decydującym w kształtowaniu tej części badanego terenu.

Dolina Prawisły charakteryzuje się położeniem na paru poziomach – tarasach, odpowiadających różnym momentom dzisiejszej doliny Wisły oraz wałami wydmowymi usypanymi przez wiatry z piasków znajdujących się w tym obniżeniu.

Najmłodszy taras zalewowy, utworzony w czasie wylewów przez współczesną Wisłę wznoszący się od 2 do 3 m nad średni poziom wód w rzece. Ponad nim oddzielony do 3 m wysokim stopniem wznosi się piaszczysty, (pokryty drobnymi wydmami) taras karczewski - odpowiednik tarasu praskiego. Obie w/wym. jednostki zbudowane są z utworów rzecznych, głównie żwirów i piasków.

Trzeci z kolei taras otwocki zbudowany jest z piasków głównie pochodzenia lodowcowego o średniej grubości ziarna, dobrze przemytych przez rzekę, powierzchownie przero-

bionych tylko przez wiatry. Jest on tarasem erozyjnym, wymytym przez rzekę w istniejących już utworach lodowcowych. Warstwa piasków osiąga znaczną, grubość ponad 30 m. Na tym tarasie leży Świder i pobliski Otwock ze swoimi pozostałymi dzielnicami. Piaski tej jednostki zostały przerobione przez wiatry. W tych warunkach powstały na tym terenie wały wydmowe, często o klasycznych kształtach parabol wznoszące cię ponad teren do dwudziestu paru metrów. Wszystkie wydmy mają łagodne zbocza zachodnie i południowe a strome północne i wschodnie, co świadczy o zachodnim kierunku usypujących piasków. Na tym obszarze nie ma poza Świdrem innej rzeki, która zabierałaby wody, czy tworzyła inną sieć rzeczną odwadniającą teren. Utwory dyluwialne nie występują nigdzie na powierzchni, nie stwierdzono ich również w wierceniach do głębokości 30 m. Występuje tu bardzo ciekawe zjawisko (rys. l) hydrologiczne w postaci jak gdyby podziemnego wodospadu.

Wody wysoczyzny po dojściu do jej krawędzi szybko spływają w dół po stronie podziemnej krawędzi zbudowanej z trudno przepuszczalnych glin, poziom obniża się gwałtownie ze 102-107 m do 95 m n.p.m. Wszystkie strumienie (nieraz dość znaczne) z chwilą, gdy przekroczą granice wysoczyzny deluwialnej o nieprzepuszczalnym podłożu giną w piaskach tarasu otwockiego. Dzieje się tak ze wszystkimi strumieniami, które biegną na płd. od rzeki Świder. Wody zaskórne na tym terenie w zasadzie nie występują. Wody powierzchniowe wsiąkają w głąb, gromadząc się w warstwie piasków gruboziarnistych i żwirów na głębokości 4-5 m, a czasem więcej niż 10 m poniżej powierzchni gruntu. Cały obszar bez odpływu powierzchniowego leży na płd od rzeki i obejmuje około 30 km^2. Taras otwocki obniża się ku zachodowi i przechodzi nieco większym spadkiem w taras karczewski.

Zmiana poziomu zaznacza się pojawieniem podmokłych terenów z drobnoziarnistymi osadami śladowymi, a w zagłębieniach podmokłych łąk i torfowisk. Na tarasie zalewowym odwodnienie jest bardzo słabe, z wyjątkiem przyrzecza, cała powierzchnia pokryta jest przez starorzecza i podmokłe łąki.

Cały obszar tarasu otwockiego jest porośnięty sosną z poszyciem jałowcowym i ubogim runem złożonym z traw, w miejscach przerzedzonych i naświetlonych - wrzosów. Drzewa liściaste występują w znacznym stopniu jedynie w wąskim pasie przybrzeżnym rzeki Świder, na pozostałym obszarze udział ich jest znikomy.

Materiały źródłowe i metody opracowania

Materiał źródłowy do analizy poszczególnych elementów meteorologicznych stanowiły wyniki pomiarów ze stacji meteorologicznej przy Obserwatorium Geofizycznym im. Profesora St. Kalinowskiego w Świdrze. Posterunek meteorologiczny zlokalizowany jest na jednej z polan leśnych o powierzchni około l ha. Na północ, płn.-wsch. i wschód, w odległości 80-100 m, od ogródka meteorologicznego teren jest porośnięty wysokim lasem sosnowym.

Na południe i zachód w odległości 60-70 m rośnie również las nieco niższy od poprzedniego. Od południwo-wschodniej strony w odległości 25 m od klatek znajduje się budynek biurowy, z pracowniami elektryczności i meteorologii, a od południo-zachodu pawilon do wykonywania pomiarów jąder kondensacji.

Przy opracowaniu poszczególnych elementów meteorologicznych zastosowano wartości średnie (temperatury, wilgotności, zachmurzenia i usłonecznienia, opadu, wiatru),

które zostały uzupełnione wartościami skrajnymi (max. i min. temperatury, max. opadu, min. sumy opadów), amplitudy (dobowe, roczne i absolutne ampl. temp.), dodatnie i ujemne odchylenia od średnich wieloletnich wartości, liczba dni charakterystycznych (liczba dni: pogodnych i pochmurnych, przymrozkowych, mroźnych, b. mroźnych, gorących i upalnych, z opadem >0,1 mm, >1,0 mm, >10,0 mm).

Usłonecznienie opracowano tylko za lata 1959-1965 z powodu braku danych – obserwacje prowadzone od września 1958 r.. Opracowano liczbę dni bez słońca, ze średnim usłonecznieniem od 0,1 godz. do 0,9 godz. i liczbę dni z usłonecznieniem >10 godz. Wyznaczono termiczne pory roku, okresy wegetacji i pełnej wegetacji. Dla wiatru wykreślono róże kierunkowe i kierunkowo prędkościowe w przedziałach (0-2 m/s, >2-5 m/s i 5-10 m/s), oraz wyliczono średnią prędkość wiatru. Wyliczono też średnią grubość pokrywy śnieżnej (w cm), oraz liczbę dni z zaleganiem pokrywy i opadem śnieżnym.

W końcowej części opracowania każdego elementu (z wyjątkiem zachmurzenia i usłonecznienia) umieszczone są porównania wyników obserwacyjnych Świdra z wynikami ze stacji Warszawa-Bielany za analogiczny okres czasu.

Zakończenie

Teren Świdra wchodzi w skład VII (według prof. R. Gumińskiego) środkowej dzielnicy klimatycznej, która charakteryzuje się najniższym w Polsce opadem atmosferycznym, dużym stosunkowo usłonecznieniem oraz długim okresem wegetacyjnym.

Warunki klimatyczne Świdra są uzależnione między innymi od podłoża (suche piaski wydmowe) porośniętego lasem sosnowym.

Dlatego też wpływ lasu i podłoża odzwierciedla się w przebiegu niektórych elementów meteorologicznych. W ciepłej porze roku piasek (charakteryzujący się małą pojemnością cieplną i słabym przewodnictwem) silnie nagrzewa się w ciągu dnia a następnie znacznie wychładza nocą, powodując tym (mimo łagodzącego wpływa lasu) zwiększenie dobowej amplitudy temperatury powietrza. Lasy otwockie są doskonałą przeszkodą terenową zmniejszającą prędkość wiatru. Są, one jednak niezbyt gęste, dlatego teren jest stosunkowo dobrze przewietrzany. Dodatkową właściwością wpływającą na lokalny klimat okolicy, jest jej położenie w cieniu dwóch wałów morenowych, które osłaniają w dużym stopniu od wiatrów ze wschodu; północo-wschodu. Suche piaski tarasu otwockiego nagrzewając się silnie podczas letnich upałów są źródłem prądów wstępujących. Na miejsce wyniesionego prądami pionowymi powietrza, napływa świeże powietrze od dolnej Wisły.

Przez cały rok utrzymuje się stosunkowo niska zawartość pary wodnej, która (szczególnie latem) przy wysokich temperaturach nie powoduje odczucia parności.

Dodatnią cechą Świdra jest również niezbyt duża liczba dni z opadem (ok. 115), dni gorących (41,2) i bardzo mroźnych (18,0). Dość długie lato charakteryzuje się wysokimi średnimi temperaturami, oraz przewagą opadów letnich.

Latem przeważają wiatry zachodnie, północno-zachodnie i północne. W zimie zwiększa się częstość sektora wschodniego.

Największe prędkości mają wiatry zachodnie a najmniejsze północno-zachodnie. Rejestruje się również duży stosunkowo odsetek cisz.

Świder cechuje średni stopień zachmurzenia (śr. roczna 67%) w ciągu roku, z minimum na przełomie lata i jesieni, przy dużej ilości dni pogodnych w tym okresie.

Największe usłonecznienie rzeczywiste notowane jest w maju i czerwcu (śr. roczna suma - 1529,8 godzin) dni bez słońca bywa średnio w roku 91,1. Do niezbyt korzystnych cech klimatu tej okolicy trzeba zaliczyć wysoki stopień zapylenia (zwłaszcza w porze zimy) ponad 60 pyłów w cm^3, powietrza przy średniej rocznej około 35 pyłów w cm^3.

Na zapylenie powietrza niewątpliwie największy wpływ miały kierunki i prędkości wiatrów. Według badań Z. Haberko średnie zapylenie wykazało zależność od różnych kierunków wiatrów. Najniższa ilość pyłów występowała przy kierunku N, nieco większa przy kierunku S, przy wiatrach sektora W i E stwierdzono nieznaczne wahania.

Przy różnych prędkościach wiatru zaznaczały się różnice zapylenia tylko w półroczu zimowym, w okresie letnim nie uwidocznił się ten związek. W czasie ciszy liczba pyłów dochodziła do około 72/cm^3. W miarę wzrostu prędkości wiatru zapylenie zmniejszało się. Na ten stan chwilowego zanieczyszczenia miało wpływ zalesienie Świdra i okolicy. Roślinność przyczynia się do oczyszczania powietrza, ale w tych warunkach hamowała jednak odpływ zanieczyszczeń powietrza z tego terenu.

Reasumując, trzeba stwierdzić, że Świder posiada jednak korzystne warunki (zwłaszcza w miesiącach letnich) do wypoczynku i rekreacji oraz może w pełni służyć jako zaplecze turystyczne dla pobliskiej Warszawy.

Tabela 1. Absolutne maksima i minima oraz amplituda temperatury powietrza

	Abs. max	Data	Abs. min.	Data	Amplituda
I	11,1	23.01.1959	-30,9	19.01.1963	42,0
II	11,2	11.02.1958	-28,7	27.02.1963	39,9
III	19,2	23.03.1959	-21,9	1.03.1963	41,1
IV	28,3	23.04.1962	-8,3	4.05.1963	36,6
V	33,0	28.05.1958	-5,1	7.06.1965	38,1
VI	35,0	24.06.1951	-0,4	1.07.1958	35,4
VII	36,6	25.07.1963	-4,3	24.08.1956	32,2
VIII	36,6	7.08.1952	-4,1	26.09.1964	32,5
IX	33,0	7.09.1951	0,2	10.10.1959	32,8
X	26,0	2.10.1956	-4,9	12.10.1959	30,9
XI	22,8	2.11.1958	-10,0	12.10.1956	32,8
XII	15,7	5.12.1961	-23,6	17.12.1961	39,3
R	36,8		-30,9		67,7

Tabela 2. Średnie miesięczne temperatura powietrza w Świdrze (1951-1965)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R
7^h	-3,9	-4,7	-2,5	-5,4	11,1	15,9	16,9	15,3	10,4	5,3	2,1	-1,3	5,8
13^h	-1,3	-1,6	3,5	12,2	16,9	21,7	22,8	22,2	18,4	12,4	4,9	0,6	11,1
21^h	-3,1	-3,5	0,5	6,3	11,4	15,9	17,3	16,2	12,0	7,4	2,9	-0,9	6,9
M	-2,8	-3,3	0,2	7,9	12,7	17,3	18,6	17,5	13,2	8,1	3,2	-0,6	7,7
Max	0,3	0,4	4,8	13,6	18,5	23,4	24,7	23,8	19,7	13,4	5,8	1,6	12,5
Min	-6,0	-6,8	-4,2	2,4	6,6	10,8	12,7	12,0	8,1	3,6	0,4	-3,4	3,0
A	6,3	7,2	9,0	11,2	11,9	12,6	12,0	11,8	11,6	9,8	5,4	5,0	21,9

Tabela 3. Średnie sezonowe wartości temperatury powietrza w Świdrze

	Wiosna	Lato	Jesień	Zima	Półrocze	
					Chłodne	Ciepłe
t	6,9	18,8	8,2	-2,2	0,8	14,5
t_{max}	12,3	23,4	12,9	0,8	4,3	20,6
t_{min}	1,6	11,8	4,0	-5,4	-5,5	8,8
A	10,7	11,6	8,9	6,2	9,8	11,8

Tabela 4. Liczba dni charakterystycznych (bardzo mroźne, mroźne, przymrozkowe, gorące – letnie, bardzo gorące – upalne

°C	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R
$t_{min} \leq -10$	5,5	7,1	2,2								0,4	2,8	18,0
$t_{max} \leq 0$	12,3	13,8	6,3								2,2	9,8	44,4
$t_{min} < 0$	25,2	24,0	22,7	7,1	0,2					4,2	11,9	21,0	116,3
$t_{max} \geq 25$				1,2	4,0	10,0	12,5	9,4	4,0	4,2	0,1		41,2
$t_{max} \geq 35$					1,0	2,0	4,1	4,0	1,0	1,0			12,1

Tabela 5. Termiczne pory roku w Świdrze

Pora roku	Średnia data		Liczba dni
	Początku	Końca	
Przedwiośnie	15.03	2.04	19
Wiosna	3.04	31.05	59
Lato	1.06	9.09	100
Jesień	10.09	8.11	60
Przedzimie	9.11	14.12	36
Zima	15.12	15.03	91

Tabela 6. Czas trwania okresu wegetacyjnego w Świdrze

Okres wegetacji ($t \geq 5$°C)			Okres pełnej wegetacji ($t \geq 10$°C)		
Początek	Koniec	Długość trwania	Początek	Koniec	Długość trwania
5.04	2.11	212 dni	1.05	30.09	152 dni

Tabela 7. Średnie miesięczne (*M)* oraz najwyższe (f_{max}) i najniższe (f_{min}) wartości wilgotności względnej (*f*%)

	7^h	13^h	21^h	*M*	f_{max}	Data	f_{min}	Data
I	84	77	84	82	86	1958	77	1956
II	84	72	83	79	88	1961	76	1965
III	83	61	78	74	79	1958	65	1961
IV	82	54	78	71	80	1958	65	1961
V	77	52	78	69	81	1962	64	1959
VI	76	51	77	68	75	1958	63	1957
VII	81	55	82	73	80	1960	60	1963
VIII	85	57	83	75	84	1962	76	1964
IX	91	58	86	78	84	1962	76	1964
X	92	67	87	82	88	1963	72	1959
XI	90	80	88	86	93	1958	77	1956
XII	87	81	86	84	89	1960	81	1956
Rok	83	64	82	76	81	1958	74	1956 i 63

Tabela 8. Zachmurzenie średnie (*M*) oraz liczba dni pogodnych i pochmurnych

	Zachmurzenie			Średnie	Dni pogodne		Dni pochmurne	
	7^h	13^h	21^h	*M*		%		%
I	8,3	8,1	7,0	7,7	1,9	6,1	17,2	55,5
II	8,0	7,6	6,5	7,4	2,0	6,6	14,5	50,0
III	7,0	6,9	5,6	6,1	3,9	12,6	13,6	43,0
IV	6,9	7,2	5,6	6,6	4,0	13,3	12,2	40,7
V	6,1	7,3	5,9	6,4	2,8	9,0	11,5	37,1
VI	5,8	6,6	5,5	5,9	3,0	10,0	7,5	25,0
VII	6,0	6,0	5,4	6,1	3,3	10,6	10,0	32,2
VIII	6,1	6,8	4,8	5,9	4,0	12,9	7,5	24,2
IX	6,1	6,1	3,8	5,3	5,4	18,0	6,9	23,0
X	7,4	6,9	5,4	6,6	3,8	12,2	12,4	40,0
XI	8,7	8,5	7,7	8,3	1,9	6,3	19,7	65,6
XII	8,3	8,6	7,5	8,1	1,1	3,5	19,2	61,9
Rok	7,0	7,3	5,9	6,7	37,1	10,1	15,2	41,6

Tabela 9. Usłonecznienie rzeczywiste i liczba dni bez słońca oraz ze słońcem (0,1-0,9 i ≥10) w Świdrze w latach 1959-1965 (w godzinach)

	Suma	Średnia	Bez słońca.	Ze słońcem	Ze słońcem
I	47,0	1,5	16,1	3,1	-
II	56,4	2,0	12,0	4,7	-
III	124,1	4,0	8,7	2,0	-
IV	163,3	5,4	3,7	3,4	5,3
V	189,9	6,1	2,0	3,0	7,0
VI	221,2	7,4	1,6	1,8	10,4
VII	212,6	6,8	1,4	1,8	9,3
VIII	184,9	6,0	2,6	1,7	7,4
IX	165,8	5,5	2,0	3,1	4,1
X	110,2	3,5	6,1	5,0	-
XI	31,7	1,0	18,1	3,7	-
XII	22,7	0,7	20,8	2,7	-
Rok	1529,8	4,2	95,1	36,0	43,5

Tabela 10. Miesięczne i roczne sumy opadów (mm)

Lata	1955	1956	1957	1958	1959	1960	1961	1962	1963	1964	1965
I	39,3	31,9	25,5	34,0	28,3	43,1	42,5	26,0	14,1	12,4	29,1
II	25,0	47,2	52,4	57,1	16,2	39,8	22,4	45,5	24,2	48,2	38,1
III	50,6	29,3	29,3	60,2	24,5	29,0	25,5	56,2	15,5	29,8	17,2
IV	35,8	39,3	20,4	48,8	36,8	29,3	35,3	48,6	28,8	15,1	45,2
V	34,8	32,9	32,4	48,7	38,3	17,3	49,6	168,2	59,1	37,5	87,7
VI	55,2	77,9	35,7	57,4	123,2	43,1	77,2	100,0	59,3	74,5	72,9
VII	157,7	110,0	80,4	41,3	68,8	120,4	90,5	58,7	22,3	45,0	106,7
VIII	21,6	53,9	78,6	46,6	24,0	83,0	58,6	69,6	93,3	88,5	113,6
IX	47,5	38,2	9,1	31,6	21,0	39,0	18,6	77,9	127,3	25,5	63,6
X	17,3	70,7	21,3	63,2	11,2	57,9	5,4	7,1	56,9	51,8	8,1
XI	36,1	14,9	42,0	33,9	18,2	26,9	80,9	40,2	55,6	82,9	43,8
XII	75,9	52,8	42,0	35,1	73,8	33,5	24,9	17,8	18,3	41,9	61,0
Rok	596,8	599,0	510,7	557,9	484,3	562,3	531,5	715,8	574,7	553,1	687,0

Tabela 11. Liczba dni charakterystycznych

Dni	≥0,1 mm		≥1,0 mm		≥10,0 mm		Z burzą	
	Ld	%	Ld.	%	Ld.	%	Ld.	%
I	14,4	46,4	8,1	26,1	0,1	0,3	0,1	0,3
II	12,2	42,0	9,2	31,7	1,1	3,8	0,1	0,3
III	8,5	27,4	5,9	19,0	0,2	0,6	0,3	1,0
IV	8,4	28,0	5,4	18,0	0,8	2,6	1,5	5,0
V	7,8	25,2	7,2	23,2	1,1	3,5	4,0	12,9
VI	9,2	30,6	8,1	27,0	2,1	7,0	6,1	20,3
VII	11,2	36,1	10,7	34,5	2,4	7,7	6,8	21,9
VIII	7,9	25,5	7,5	24,1	1,9	6,1	4,1	13,2
IX	7,2	24,0	6,8	22,6	1,8	6,0	2,1	7,0
X	6,5	20,9	5,2	16,7	1,2	3,9	0,2	0,6
XI	10,5	36,0	9,0	30,0	0,8	2,7	0,1	0,3
XII	10,8	34,8	8,3	26,7	0,7	2,2	0,2	0,6
Rok	115,0	31,4	91,4	25,0	14,2	3,9	23,6	6,5

Tabela 12. Opad śnieżny i liczba dni ze śniegiem

	XI	XII	I	II	III	IV	XI-IV
Z opadem śnieżnym≥0,1 mm	2,9	9,1	13,5	12,2	9,1	2,0	48,6
Z pokrywą śnieżną	2,1	16,4	26,2	21,5	22,1	2,3	80,6
Grubość pokrywy śnieżnej, cm	3,2	8,9	9,3	15,1	17,3	3,2	9,5

Tabela 13. Średnie częstości kierunków wiatru (w %)

	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	C
I	5,5	5,4	5,2	14,2	17,8	16,0	14,2	7,7	14,0
II	6,0	7,8	9,5	12,1	11,9	12,3	15,5	7,5	17,4
III	8,7	15,2	13,5	12,2	6,8	8,2	13,1	8,1	14,1
IV	9,4	10,1	13,0	12,1	9,2	8,5	11,1	11,1	5,6
V	10,9	8,4	9,2	7,9	7,9	9,5	14,5	14,3	17,4
VI	9,6	7,1	7,6	10,9	9,8	13,2	12,9	12,7	16,1
VII	8,1	7,1	4,9	11,0	10,4	15,8	15,5	11,4	17,6
VIII	4,9	6,7	7,7	11,4	9,5	16,2	14,6	7,5	21,4
IX	4,1	4,2	8,2	11,9	10,6	14,7	13,4	7,5	26,2
X	4,8	6,0	9,4	15,9	9,9	11,6	11,8	6,3	25,1
XI	3,3	8,0	13,6	17,2	9,3	12,0	10,6	5,6	18,9
XII	6,3	5,1	7,3	17,7	13,6	13,7	14,1	6,0	16,2
R	6,8	7,8	9,0	12,9	10,5	12,6	13,3	8,8	18,3
Wiosna	9,7	11,2	11,9	10,7	7,9	8,7	12,9	11,3	15,7
Lato	7,5	7,0	6,7	11,1	9,9	15,1	14,3	10,5	18,4
Jesień	4,1	6,1	10,4	15,0	9,9	12,8	11,9	6,5	23,4
Zima	5,9	6,1	7,3	14,7	14,4	13,9	14,6	7,1	15,9

Tabela 14. Średnia prędkość wiatru według kierunków (m/s)

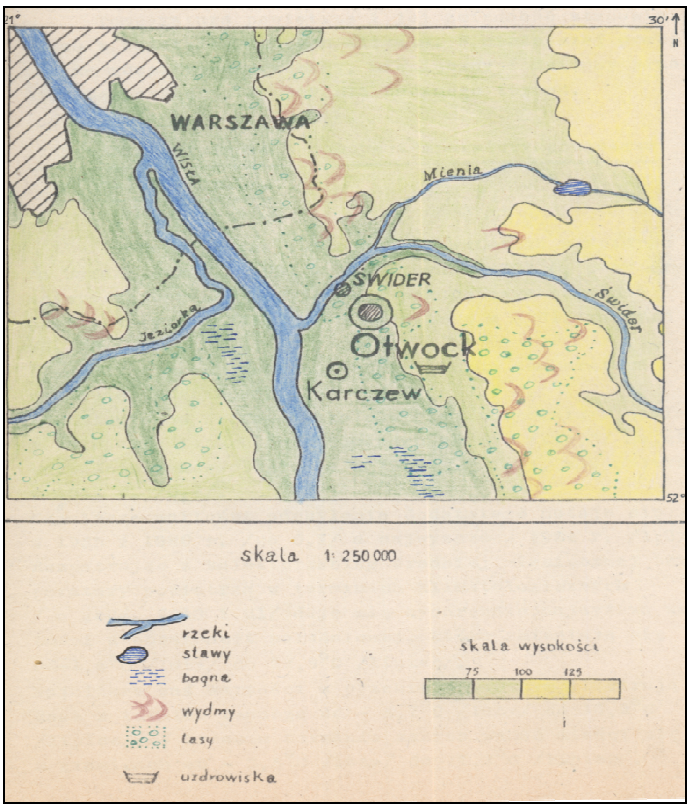
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I	2,0	2,2	2,0	2,4	2,8	3,6	2,5	2,6
II	2,4	2,1	2,6	2,2	2,4	3,0	3,2	3,2
III	2,3	2,0	2,6	2,8	2,2	3,0	3,4	3,1
IV	2,1	2,7	2,6	2,7	2,3	2,4	2,7	2,9
V	2,0	2,2	2,3	2,2	2,0	2,3	2,6	2,6
VI	2,2	2,1	2,0	2,2	2,2	2,8	2,6	2,6
VII	2,3	2,3	2,0	2,2	2,2	2,8	2,6	2,4
VIII	1,7	1,8	2,0	2,4	2,2	2,8	2,6	2,5
IX	1,7	2,2	2,2	2,2	2,2	2,8	2,7	2,3
X	2,3	1,7	2,1	2,2	2,3	2,6	2,6	2,2
XI	2,0	2,0	2,4	2,6	2,3	2,4	3,2	2,6
XII	2,0	2,9	2,5	2,3	3,1	2,7	3,2	2,8
R	2,1	2,2	2,3	2,4	2,4	2,8	3,0	2,6

Tabela 15. Średnia prędkość wiatru według terminów obserwacji

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	R
Śr.	2,2	2,3	2,5	2,2	1,9	2,2	2,0	1,9	2,2	2,2	2,2	2,2	2,1
7^h	2,0	2,1	2,0	2,0	1,7	1,8	1,7	1,6	1,5	1,3	2,1	1,8	1,8
13^h	2,6	2,7	3,6	3,1	2,9	3,1	3,0	3,0	2,9	2,6	2,6	2,5	2,9
21^h	2,0	2,0	2,0	1,5	1,1	1,1	1,1	1,0	1,2	1,4	1,9	2,1	1,5

Tabela 16. Liczba dni z wiatrem: bardzo silnym >15 m/s, silnym≥10 m/s i liczba cisz

m/s	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
>15	-	0,1	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,2
	-	1,0	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	2,0
≥10	0,2	0,3	-	0,1	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6
	2,0	4,0	-	1,0	-	-	-	-	-	-	-	-	7,0
L. cisz	21,3	14,8	13,1	14,4	16,2	14,4	16,4	22,1	23,6	27,0	15,1	20,7	



Rys. 1. Położenie fizycznogeograficzne Świdra

3.2.5. Bioklimat Otwocka

Autor: Maria K O P A C Z
Opiekun naukowy: Zofia K A C Z O R O W S K A

W pracy przedstawiono charakterystykę bioklimatu uzdrowiska w Otwocku. Właściwości klimatyczne Otwocka badano z uwzględnieniem potrzeb lekarskich i uzdrowiskowych. Jej celem jest określenie i ocena klimatu Otwocka jako ośrodka klimatycznego w zakresie leczenia chorób dróg oddechowych, a głównie gruźlicy. Charakter mikroklimatu, a zwłaszcza osobliwości klimatu miejscowego odgrywają ogromną rolę przy organizacji leczenia uzdrowiskowego, a szczególnie w planowaniu właściwych form klimatoterapii i klimatoprofilaktyki. Znajomość warunków klimatycznych nieodzowna jest również lekarzom dla prawidłowego wyboru uzdrowiska i sezonu kuracyjnego, który najlepiej odpowiada stanowi zdrowia i aktualnej odczynowości obronnej ustroju danego chorego. Ważne zatem jest badanie wpływu pogody na przebieg procesów fizjologicznych w organizmie i na objawy patologicznych reakcji przy jej zmianach. Z tych powodów wydawało się celowym opracowanie klimatu Otwocka, będącego uzdrowiskiem o dużym znaczeniu, właśnie pod tym kątem widzenia.

Obraz klimatu uzdrowiska w przekroju wieloletnim przedstawiony został w postaci diagramu struktur pogody w klimacie wraz z dodatkowymi charakterystykami oddzielnych elementów. Zwrócono przy tym uwagę głównie na powtarzalność klas pogód, ich stałość oraz następstwo po sobie ich biegu w ciepłych i chłodnych okresach roku. Opracowano strukturę klimatu pod względem pogód w okresie 1961-1965 i przedstawiono znaczenie poszczególnych klas pogód dla klimatoterapii gruźlicy oraz reakcje chorych na te pogody i ich zmienność.

Do badań wykorzystano metodę kompleksową, gdzie klimat Otwocka scharakteryzowany został powtarzalnością poszczególnych kompleksów pogodowych, ujętych w tzw. klasy pogody, opracowane przez Fiedorowa (1925), a udoskonalona i przystosowana do potrzeb klimatologii lekarskiej przez Czubukowa w 1948r. Taka metoda opracowania klimatu pozwala przedstawić konkretne warunki pogody obserwowane w danym uzdrowisku i ocenić prawdopodobieństwo ich wystąpienia. Daje ona znacznie lepsze możliwości oceny klimatu z punktu widzenia medycyny, niż często stosowana metoda średnich wartości poszczególnych elementów czy metoda klimatologii dynamicznej.

Podstawą opracowania warunków klimatycznych uzdrowiska Otwock były dane ze stacji meteorologicznej w Świdrze (leży w granicach miasta Otwock) z okresu 5-lecia 1961-1965 oraz badania mikroklimatyczne wykonane na terenie sanatorium w okresie lipiec 1965 – marzec 1966.

Przeprowadzona analiza wykazała, że leczenie klimatyczne w Otwocku można prowadzić we wszystkich porach roku przy zastosowaniu pewnych specjalnych środków mających na celu stworzenie jak najlepszych warunków odczucia ciepła. Człowiek nie może usunąć całkowicie niesprzyjających wpływów pogody ani też regulować jej przebiegu, lecz może niektóre elementy pogody uczynić bardziej korzystnymi, np. stworzyć warunki odczucia ciepła poprzez usunięcie ochładzającego wpływu wiatru. Powinno się również wykorzystywać tylko te pory dnia, w których istnieją warunki komfortu atmosferycznego.

Należy tu jeszcze podkreślić, że odczucie komfortu zmienia się w biegu rocznym; czas trwania tych warunków w ciągu dnia jest różny, w chłodniejszym okresie roku występują one tylko przy pogodach słonecznych w pełnym słońcu, natomiast w ciepłej porze roku – w cieniu.

Warunki klimatyczne Otwocka charakteryzują się dużą zmiennością i zróżnicowaniem pogód, mających różne znaczenie klimatoterapeutyczne. Największą zmienność wykazują pogody wczesną wiosną i późną jesienią. Najbardziej stale są natomiast pogody słoneczne w ciepłej porze roku oraz mroźne w zimie (tab. 1-2, rys. 1)

Stałość pogody jest bardzo korzystną cechą klimatu, ponieważ nie wymaga od organizmu człowieka dużego nakładu przysposabiającego go do nowych warunków pogodowych.

Niesprzyjającą cechą klimatu jest natomiast występowanie dużych kontrastów termicznych, szczególnie znacznych wartości amplitud dobowych oraz międzydobowej zmienności temperatury. Organizm człowieka chorego, poddawany jest leczeniu w czasie przebywania w sanatorium, zajęty jest przede wszystkim pokonywaniem choroby i szkodliwe jest narażanie go na wahania temperatury.

W Otwocku tego rodzaju niekorzystne warunki wykazują znaczną częstość, szczególnie w odniesieniu do dobowych amplitud temperatury, które najwyższe wartości osiągają w ciepłej porze roku od kwietnia do września. Jest to pewna specyfika klimatu Otwocka, który posiada cechy klimatu kontynentalnego wynikające głównie z charakteru podłoża. Nawet łagodzący wpływ lasu nie może zatrzeć tych znacznych kontrastów termicznych.

Międzydobowe zmienności temperatury są bardziej korzystne, ponieważ w przeważającej części przypadają na wartości od 0 do 4°C – nie odczuwane przez człowieka.

Do niekorzystnych cech klimatu Otwocka należy również stosunkowo znaczne zapylenie, szczególnie w zimie, kiedy to ilość pyłów przekracza średnioroczne stężenie.

Stosunki higrometryczne są natomiast korzystne. Przez cały rok utrzymuje się stosunkowo niska wilgotność względna powietrza, która szczególnie latem, przy wysokich wartościach temperatury nie stwarza warunków odczucia parności. Dodatnią cecha klimatu uzdrowiska jest również niewielka liczba dni z mgłą oraz stosunkowo niewielka liczba dni z opadem.

Lasy Otwockie są doskonałą naturalną przeszkodą zmniejszającą prędkość wiatru. Ze względu jednak na to, że nie jest on zbyt gęsty, zapewnia dostateczne przewietrzanie terenu.

Piękne krajobrazy podnoszą jeszcze dodatnie walory tego uzdrowiska.

Najkorzystniejszy okres do leczenia klimatycznego istnieje od maja do października; wówczas pogody słoneczne stwarzają większe możliwości stosowania kąpieli powietrznych i wykazują najwyższą w ciągu roku powtarzalność. Przeważają w tym czasie warunki komfortu atmosferycznego. W okresie od czerwca do września nie zdarzają się również warunki przegrzania; w takich przypadkach możliwe jest przebywanie na werandach nawet w nocy.

Znaczną jednak częstość wykazują również w tym czasie warunki przechłodzenia. Konieczne jest wówczas stosowanie urządzeń zabezpieczających od ochładzającego wpływu wiatru, które pozwalają na rozszerzenie okresu z korzystnymi warunkami do stosowania kąpieli powietrznych.

W pracy dokonano również oceny klimatu odczuwalnego w warunkach dużego miasta Warszawy i podmiejskiego uzdrowiska Otwock. Porównanie warunków odczucia ciepła w śródmieściu Warszawy i poza miastem przeprowadzono na przykładzie dwóch letnich miesięcy: wyjątkowo upalnego lipca 1963r. oraz niepogodnego, deszczowego lipca 1965 r.

Warunki śródmiejskie reprezentowała stacja meteorologiczna Uniwersytetu Warszawskiego- położona w zabudowie, a warunki podmiejskie (leśne) stacja Świder. Dodatkowo uwzględniono jeszcze dane ze stacji Warszawa Okęcie, traktując je jako przejściowe między miastem a peryferiami. Na wstępie przedstawiono metodą kompleksową warunki pogody wraz z sytuacją synoptyczną na stacji Świder i UW. Ogólny charakter przebiegu pogody jest podobny. Najbardziej widoczne różnice w charakterze pogód między miastem i terenem uzdrowiska występują w warunkach pogody wyżowej, zwłaszcza w dniach 21 – 25 lipca 1963r., kiedy następowała transformacja masy powietrza polarnego morskiego (PP_m). W wyniku tego procesu zmiana pogody, dzięki różnicom w warunkach lokalnych na obu stacjach przebiegała inaczej. Zaszedł tu jednak fakt zupełnie nieoczekiwany: w zasadzie w mieście należało się spodziewać bardziej gorącej i suchej pogody niż poza nim. Jednak na skutek specyficznych warunków podłoża w Otwocku w ciągu trzech kolejnych dni utrzymywała się pogoda bardzo gorąca i bardzo sucha (I klasy), podczas gdy w Warszawie tego typu pogoda wystąpiła tylko jednego dnia. Główną przyczyna tego stanu rzeczy była znacznie mniejsza wilgotność powietrza w przygruntowej warstwie – nad nagrzanymi piaskami otwockimi.

Temperatury maksymalne w tych dniach wykazują również w Otwocku wyższe wartości niż w śródmieściu Warszawy. Średnie dobowe wartości temperatury niewiele różnią się między sobą ze względu na dużo niższe wartości temperatury minimalnej (o prawie 6°C niższe w Otwocku).

Procesy frontalne zaznaczają się równocześnie na obu stacjach , przy pogodach chmurnych i deszczowych a zróżnicowanie mikroklimatyczne jest wtedy znacznie słabiej zaznaczone.

Warunki pogodowe w Otwocku nie odbiegają w zasadzie od warunków typowych dla całego regionu warszawskiego, inne jest natomiast tylko „natężenie" zjawisk i wartości elementów.

Warunki odczuwalne scharakteryzowano wartościami temperatury ekwiwalentnej w trzech porach dnia.

W lipcu 1963r. na wszystkich trzech stacjach (UW, Świder, Okęcie) przeważały warunki komfortu atmosferycznego. Przegrzanie ($TE > 23°C$) pojawiało się w godzinach południowych, osiągając na stacjach Świder i UW jednakową powtarzalność 29% , a na stacji Okęcie – 23%. Wieczorem w Otwocku na skutek szybkiego wychładzania się podłoża przegrzanie należało do rzadkości, i znacznie mniejszą częstość wykazywały warunki komfortu. Zastąpione przez przechłodzenie, które osiągnęło aż 23%. A w tym czasie w Warszawie przechłodzenie stanowiło 3%.

W godzinach rannych na wszystkich trzech stacjach warunki komfortu i przechłodzenia wykazywały tę samą wartość. Dla tych stacji typowy jest również bardzo ostry wzrost wartości temperatury odczuwalnej w godzinach 7.00-13.00, natomiast bardzo łagodny spadek między 13.00 a 21.00 (z wyjątkiem Otwocka, gdzie kontrasty termiczne w ciągu dnia są bardziej ostre).

W warunkach pogody chmurnej i deszczowej w lipcu 1965r. bardziej korzystne warunki odczucia ciepła (za wyjątkiem godzin wieczornych) wystąpiły w rejonie Otwocka. Rano warunki przechłodzenia były tu o 10% rzadsze niż w Warszawie. W godzinach południowych w Otwocku warunki komfortu przewyższały aż o 16% takie same warunki w Warszawie.

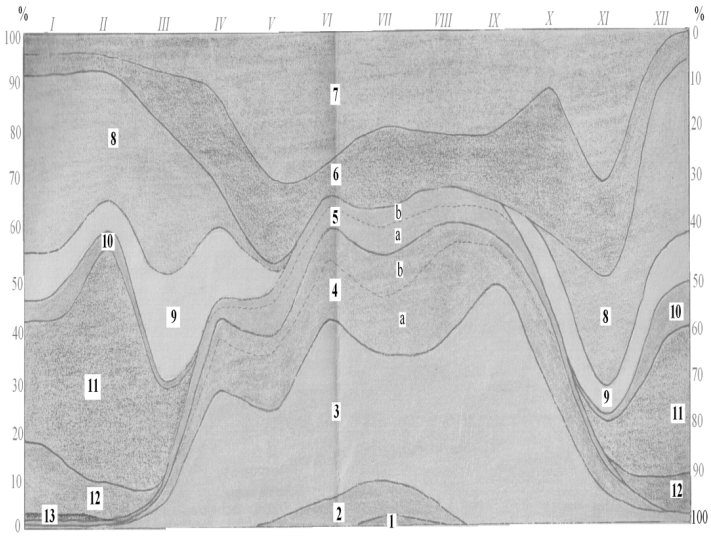
Zatem powyższa analiza ukazała specyfikę warunków mikroklimatycznych, w szczególności odczuwalnych w Otwocku, uwarunkowaną charakterem podłoża.

Tabela 1. Umowne oznaczenia klas pogody

Klasy pogody	Pogody bezmroźne
1	Słoneczna bardzo gorąca ($t_{max} > 22°C$), sucha ($f_{śr}$ dob $< 40\%$)
2	Słoneczna gorąca i sucha
3	Słoneczna umiarkowanie wilgotna i wilgotna
4	Pochmurna dniem z pogodną nocą
5	Słoneczna umiarkowanie wilgotna i wilgotna z chmurną nocą
6	Pochmurna bez opadu
7	Deszczowa
	Pogody mroźne
8	Chmurna, z przejściem temperatury przez 0°C
9	Słoneczna, z przejściem temperatury przez 0°C
10	Słabo mroźna (temperatura od 0 do -2,4°C)
11	Umiarkowanie mroźna (temperatura od -2,4 do -12,4°C)
12	Znacznie mroźna (temperatura od -12,4 do -22,4°C)
13	Silnie mroźna, temperatura od -22,4 do -32,4°C)

Tabela 2. Powtarzalność (%) klas pogody w kolejnych miesiącach w Otwocku w latach 1961-1965, a – bez opadów, b – z opadami

Klasy pogody		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1		-	-	-	-	-	-	2,0	0,6	-	-	-	-
2		-	-	-	-	1,3	5,3	7,1	-	-	-	-	-
3		0,6	0,7	4,5	27,4	22,4	36,0	25,8	31,6	48,6	27,0	6,0	2,0
4	a	0,6	0,7	3,3	10,6	11,0	11,9	11,6	18,8	8,0	12,3	4,6	0,6
	b	0,7	-	-	3,3	3,9	6,7	8,4	5,1	2,0	2,6	0,7	-
5	a	-	-	0,6	3,3	7,1	4,7	5,8	3,9	4,7	2,0	1,3	-
	b	-	-	-	1,3	2,6	2,0	3,8	3,9	2,0	0,6	0,7	-
6		3,9	4,3	10,3	18,0	17,5	6,7	15,5	11,6	14,7	29,0	19,3	7,1
7		4,5	4,2	7,8	12,7	29,7	26,7	20,0	20,6	20,0	12,9	30,8	2,9
8		35,0	25,0	30,2	8,7	0,6	-	-	-	-	2,0	22,0	33,6
9		9,0	6,4	22,0	14,7	3,9	-	-	-	-	11,6	6,0	9,6
10		5,1	3,5	1,3	-	-	-	-	-	-	-	1,3	9,6
11		26,4	47,4	19,4	-	-	-	-	-	-	-	7,3	26,5
12		13,6	7,8	0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	7,1
13		0,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Rys. 1. Częstość typów pogody w ciągu roku w uzdrowisku Otwock (1961-1965)

3.2.6. Zmiany odczucia termicznego w Otwocku w latach 1991-1995

Autor: Patrycja K O L B E - S O K O L I K
Opiekun naukowy: Maria K O P A C Z - L E M B O W I C Z

W pracy przedstawiono charakterystykę bioklimatu Otwocka w okresie 1991-1995 w celu potwierdzenia wyjątkowości warunków klimatycznych tego terenu, szczególnie zaś ich korzystnego wpływu na organizm człowieka (rys. 1-6).

Otwock był niegdyś szeroko znanym ośrodkiem leczenia chorób płuc, między innymi dzięki dobroczynnemu działaniu bodźców biologicznych (olejki eteryczne sosny) oraz osobliwości klimatu lokalnego. Ten właśnie klimat będzie przedmiotem pracy – jego analizę przeprowadzono na podstawie wskaźnika biometeorologicznego zwanego temperaturą efektywną, bowiem zawiera on w sobie informacje zarówno o stosunkach termicznych, wilgotnościowych jak i czynniku chłodzenia wiatrem na badanym terenie.

Należy podkreślić, że praca ta może stanowić jedynie podstawę do szczegółowych badań bioklimatu Otwocka. Zawarta została w niej jedynie wstępna charakterystyka bioklimatu mająca na celu pokazanie specyfiki Otwocka. Szczegółowe opracowanie bioklimatu, wymagałoby długookresowych badań oraz współpracy klimatologów z lekarzami (wpływ konkretnych warunków meteorologicznych na poszczególnych pacjentów) oraz geofizykami (badania z zakresu bodźców elektrycznych, odgrywających również dużą rolę w odczuwaniu przez organizm warunków pogodowych).

Charakterystyka fizycznogeograficzna Otwocka

Otwock położony jest w Kotlinie Warszawskiej, w odległości 25 km od Warszawy w kierunku SE. Otwock leży na wysokości 97 m n.p.m., na południowym skraju rozległej niziny nadrzecznej, utworzonej w widłach Wisły i Bugonarwi, w odległości około 3 km od prawego brzegu Wisły, 2 km powyżej ujścia wpadającego do niej Świdra.

Miasto liczy około 43 000 mieszkańców, zajmuje obszar 4 733 ha, z czego: 39,3% stanowią lasy i grunty zadrzewione, 26,9% – użytki rolne, 19,6% – tereny zabudowane.

Na obszarze Otwocka są trzy rezerwaty przyrody, kilkanaście pomników przyrody, w granicach miasta znalazły się też fragmenty Mazowieckiego Parku Krajobrazowego i Warszawskiego Obszaru Chronionego Krajobrazu.

Charakterystyka danych obserwacyjnych i metod opracowania

W niniejszej pracy oparto się na metodzie obliczeniowej wskaźników umownych. Wskaźniki umowne to są, według Teresy Kozłowskiej-Szczęsnej, wskaźniki ujmujące w postać wzorów empirycznych związek między wartościami kilku elementów meteorologicznych. Przedmiotem oceny są tu odczucia cieplne człowieka kształtujące się pod wpływem różnych warunków meteorologicznych. Do najczęściej stosowanych kompleksowych wskaźników biometeorologicznych należą: temperatura odczuwalna, entalpia powietrza, oraz wskaźniki oceny warunków bioklimatycznych okresu zimowego. Miarami temperatury odczuwalnej są:

• Temperatura ekwiwalentna (Te) – zawiera w sobie temperaturę powietrza i wilgotność, nie uwzględnia jednak ruchu powietrza i zakłada stałe ciśnienie (755 mmHg), dlatego stosowana jest głównie jako wskaźnik parności;

• Temperatura efektywna (TE) – kombinacja trzech elementów: temperatury powietrza, wilgotności, prędkości wiatru. Praktyczne zastosowanie tego wskaźnika polega na możliwości określenia za jego pomocą warunków termicznych dla zabiegów klimatoterapeutycznych na świeżym powietrzu (w cieniu);

• Temperatura radiacyjno-efektywna (TRE) – do jej wyznaczania służy temperatura efektywna oraz natężenie bezpośredniego promieniowania słonecznego, pochłoniętego przez ciało człowieka. Pozwala to na określenie odczuć cieplnych człowieka w terenie otwartym, zarówno w miejscach zacienionych jak i nasłonecznionych.

Jako wskaźnik, na którym bazowano, wybraano temperaturę efektywną. Temperatura radiacyjno-efektywna ma mniejsze znaczenie, ponieważ teren Otwocka jest zalesiony, trudno więc o otwarte przestrzenie, gdzie nasłonecznienie byłoby znaczącym czynnikiem. Poza tym część kuracjuszy sanatoriów otwockich stanowią chorzy na gruźlicę, którym szkodzi przebywanie na słońcu. Ponadto dane meteorologiczne, którymi dysponuję, nie uwzględniają natężenia promieniowania słonecznego.

Temperatura efektywna odzwierciedla łączny wpływ temperatury, wilgotności i prędkości wiatru na kształtowanie się odczuwalności cieplnej człowieka przebywającego w cieniu (nie uwzględnia promieniowania słonecznego).

W celu obliczenia wartości temperatury efektywnej korzystano z wzorów empirycznych Missenarda:

$$TE = T - 0{,}4(T - 10)(1 - 0{,}01f),$$

dla $v = 0$ i

$$TE = 37 - (37 - T)[0{,}68 - 0{,}0014f + (1{,}76 + 1{,}4v^{0{,}75})^{-1}]^{-1} - 0{,}29T(1 - 0{,}01f),$$

dla $v > 0$

gdzie: T – temperatura powietrza (°C), f – wilgotność względna powietrza (%), v – prędkość wiatru (m/s).

Wyniki badań subiektywnych odczuć cieplnych ludzi oraz ich reakcji fizjologicznych przy różnych wartościach temperatury efektywnej, pozwoliły na skonstruowanie skal odczuwalności cieplnej. W niniejszej pracy bazowano na skali Marii Baranowskiej, gdyż jest ona najlepiej dostosowana do warunków polskich: dzieli obszar Polski według średniej wieloletniej temperatury powietrza ($T < 7$; 7-8; > 8°C) i w obszarach przyjęto graniczne wartości temperatury efektywnej, zapewniając miastom Polski odczucia termiczne (zimno, chłodno, komfort, ciepło, gorąco).

Podstawą do opracowania warunków bioklimatycznych Otwocka są dane meteorologiczne ze Stacji Geofizycznej PAN w Świdrze za okres pięciolecia 1991-1995. W samym Otwocku nie ma stacji meteorologicznej. Świder jest dzielnicą Otwocka odległą 2,5 km na NW od centrum. Według krótkiej analizy porównawczej przeprowadzonej przez M. Kopacz w jej pracy magisterskiej p.t. „Bioklimat Otwocka", nie ma znaczących różnic w klimacie lokalnym Otwocka i Świdra.

Zmiany temperatury efektywnej w pięcioleciu 1991-1995

Temperatura efektywna jest jednym ze wskaźników biometeorologicznych klimatu odczuwalnego. Dokładne poznanie jej zmian w pięcioleciu, zarówno w aspekcie wartości średnich rocznych, jak wartości w każdym z badanych terminów obserwacyjnych, pozwoli na określenie jej wahań i pewnych anomalnych cech. Przebieg temperatury efektywnej jest także punktem wyjścia dla rozważań dotyczących ogólnie bodźcowości bioklimatu, dużych wahań, a także częstości warunków odczuwalnych i długotrwałości okresów z poszczególnymi warunkami odczuwalnymi.

Przebieg wartości temperatury efektywnej w przybliżeniu odwzorowuje przebieg temperatury powietrza; pojawiające się niekiedy odstępstwa od tej reguły są najczęściej spowodowane zwiększoną prędkością wiatru (powodującą zmniejszenie wartości temperatury efektywnej w stosunku do wartości temperatury powietrza) lub okresami bezwietrznymi (analogicznie – wpływającymi na zwiększenie wartości temperatury efektywnej), co jest widoczne szczególnie w miesiącach półrocza chłodnego. Nie sposób również pominąć wpływu wilgotności powietrza na temperaturę efektywną – jej wpływ zaznacza się przede wszystkim w miesiącach letnich, ale nie ma takiego znaczenia jak prędkość wiatru.

Przebieg dzienny temperatury efektywnej w pięcioleciu 1991-1995

Temperatura efektywna, podobnie jak temperatura powietrza, zmienia się w ciągu dnia – potwierdza to obraz średniego pięcioletniego przebiegu temperatury efektywnej, w każdym z terminów obserwacyjnych.

Przebieg dzienny temperatury efektywnej rozpoczyna poranne minimum (godzina 6), po którym następuje wzrost aż do południowego maksimum (godzina 12), następnie znowu spadek do wieczornego terminu obserwacyjnego (godzina 18.00), jednak nie zostaje to minimum osiągnięte.

Wartości temperatury efektywnej o godzinie 12 są największe spośród wszystkich trzech terminów. W badanym pięcioleciu najwyższe średnie temperatury efektywne obserwujemy w lipcu o godzinie 12 – osiągają one wartość 18,7°*TE*, podczas gdy w pomiarach wieczornych (o godzinie 18) osiągają 17,6°*TE*, zaś porannych (o godzinie 6) zaledwie 14,6°*TE*.

Najniższe wartości temperatury efektywnej są notowane o godzinie 6 – średnie w pięcioleciu najniższe były w lutym (-8,6°*TE)*, podczas gdy o godzinie 12 wyniosła -5,5°*TE,* zaś o godzinie 18 osiągnęła wartość -6,6°*TE*.

Przebieg roczny częstości odczuć cieplnych

Średnia częstość warunków odczuwalnych okresu 1991-1995 wskazuje, że występują tu warunki odczucia termicznego w całej skali odczuwalności: od zimna do gorąca, zmienia się tylko ich częstość w ciągu roku i w porach dnia, widoczne są też różnice w poszczególnych latach .

Średnio w pięcioleciu miesiącem z największym udziałem komfortu w porze rannej (godzina 6) jest styczeń (47% dni w pięcioleciu). Jednocześnie w tym miesiącu zaznacza się mały udział pozostałych odczuć (rzędu kilkuset procent). Najmniej odczuć komfortu w porannym terminie pomiarowym zanotowano w sierpniu (20% dni w pięcioleciu). Miesiącem, w którym w ciągu pięciu lat zaobserwowano największy udział odczuć nie-

korzystnych ze względu na przegrzanie był lipiec (57%), w tym też miesiącu zanotowano najmniejszą w pięcioleciu ilość odczuć związanych z przechłodzeniem (15%). Obserwujemy też pewne okresy w roku, kiedy to o godzinie 6.00 jest wyraźnie mniej warunków przegrzania – są to miesiące przejściowe: jesienno-zimowe (wrzesień, październik, listopad) i zimowo-wiosenne (luty, marzec). Jeśli chodzi o miesiące z największym udziałem warunków przechłodzenia w porannym terminie pomiarowym, to w marcu i październiku odczucia osiągnęły 75% dni w pięcioleciu.

W południowym terminie pomiarowym najbardziej komfortowym miesiącem w pięcioleciu był luty (55%), natomiast najmniej komfortowym – lipiec (11%). W lipcu też przypada największy w pięcioleciu udział odczuć przegrzania (85%) oraz najmniejszy przechłodzenia (4%). W listopadzie odnotowano najmniejszy udział przegrzania (9%), zaś w grudniu – największy udział przechłodzenia (52%) w pięcioleciu o godzinie 12.00.

W wieczornym terminie pomiarowym trudno wskazać jeden miesiąc z wyraźną dominacją odczucia komfortu – w pierwszych pięciu miesiącach roku warunki komfortu oscylują w pobliżu 40% dni w pięcioleciu. Wyraźnie widać natomiast minimum odczuć korzystnych w lipcu (6%) – dominujące wtedy warunki przegrzania (89%), również odczucia przechłodzenia spychają na margines (5% dni w pięcioleciu). Najmniej warunków przegrzania (5%) i najwięcej przechłodzenia (65%) zaobserwowano w listopadzie.

Przebieg częstości temperatury efektywnej w kolejnych latach 1991-1995

Na początku tych rozważań warto wskazać pewne prawidłowości w przebiegu dziennym odczuć, widoczne na wykresie uśrednionego przebiegu częstości temperatury efektywnej.

Największe różnice w udziale poszczególnych odczuć występują w porannym terminie pomiarowym w całym badanym pięcioleciu: znacznie nad pozostałymi odczuciami dominuje przechłodzenie, najmniej zaś jest odczucia przegrzania; w porze pomiarów południowych ma miejsce sytuacja odwrotna: dominuje odczucie przegrzania, przechłodzenie ma udział najmniejszy (nie są to jednak tak duże różnice, jak o godzinie 6.00). Natomiast w wieczornym terminie pomiarowym udział wszystkich odczuć jest zbliżony, z nieznaczną przewagą przechłodzenia; komfortu i przegrzania jest dokładnie tyle samo.

Podsumowując, należy stwierdzić, że rok 1991 był najbardziej korzystny dla organizmu człowieka w pięciolecia 1991-1995. W tym roku zanotowano największą liczbę dni wskazujących warunki komfortowe i jednocześnie najmniejszą liczbę dni z warunkami dyskomfortowymi ze względu na przegrzanie oraz stosunkowo małą ilość warunków przechłodzenia. Najbardziej niekorzystnym rokiem był niewątpliwie 1995, w którym zanotowano największą ilość pomiarów wskazujących warunki komfortowe i jednocześnie najmniejszą liczbę dni z warunkami dyskomfortowymi ze względu na przegrzanie oraz stosunkowo małą ilość warunków przechłodzenia. Najbardziej niekorzystnym rokiem był niewątpliwie 1995, w którym zaobserwowano nie tylko najmniej odczucia komfortu zarówno w poszczególnych terminach pomiarowych jak i w roku traktowanym jako całość, ale największą – w sumie i w dwóch terminach – ilość warunków przegrzania oraz stosunkowo duży udział warunków przechłodzenia. Pozostałe lata badanego pięciolecia nie są już tak zdecydowanie korzystne lub niekorzystne, jak dwa wyszczególnione wyżej.

W ciągu pięciolecia 1991-1995 zdarzały się zarówno miesiące, w których nie było dużych różnic w udziale poszczególnych odczuć z roku na rok, były też takie, w których te różnice były znaczne. Na te właśnie szczególne miesiące zwrócono uwagę w końcowej części analizy przebiegu warunków odczuwalnych temperatury efektywnej w poszczególnych latach.

Zmiany warunków odczuwalnych w kolejnych dniach

Sporządzając charakterystykę bioklimatu należy zwrócić uwagę na zmienność temperatur efektywnych w krótkich przedziałach czasowych z dnia na dzień a także z terminu pomiarowego na termin. Najbardziej optymalnymi warunkami dla organizmu są te, kiedy wahania temperatury efektywnej są niewielkie. Do zmian gwałtownych organizm ludzki nie potrafi zaadaptować się w szybkim tempie, dlatego odbiera je, jako negatywne silne bodźce. Bywa to przyczyną zaburzeń w funkcjonowaniu organizmu, zaostrzenia objawów chorobowych i ogólnego pogorszenia samopoczucia (szczególnie widocznego u osób chorych, ale dotykających również osób nie uskarżających się na przewlekłe dolegliwości).

W związku z tak dużym wpływem na człowieka zmienności warunków odczuwalnych w krótkich przedziałach czasowych, uznano za celowe zamieszczenie w niniejszej pracy analizy bodźcowości klimatu Otwocka w pięcioleciu 1991-1995.

Liczba dni z małymi wahaniami warunków odczuwalnych (w obrębie odczuć „sąsiednich") w pięcioleciu stanowi aż 91% wszystkich dni pięciolecia, w tym 49% są to dni, po których zmiana odczucia nie następuje (takie same warunki odczuwalne w dniach kolejnych), zmiany temperatury efektywnej odczuwalne przez organizm jako „duże" stanowią zaledwie 9% wszystkich dni pięciolecia. Aż 44% zmian z dnia na dzień zanotowano w obrębie odczucia komfortu (komfort-komfort, komfort-ciepło, komfort-chłodno), przy czym najwięcej (16%) było dni z następującym po sobie odczuciem komfortu, a więc bez zmiany warunków odczuwalnych.

Spośród dni o dużych wahaniach temperatury efektywnej z dnia na dzień, najwięcej było zmian odczucia zimna w odczucie komfortu oraz odczucia chłodu w odczucie ciepła (po 3%). Wart odnotowania jest również pojedynczy w pięcioleciu przypadek nastąpienia z dnia na dzień przejścia odczucia gorąca w odczucie zimna w czerwcu 1995.

W analizie zmienności warunków odczuwalnych w porach roku, podobnie jak w przypadku analizy całego pięciolecia, nie ma znacznych różnic między porą najbardziej i najmniej bodźcową – najwięcej dni z dużymi zmianami warunków odczuwalnych było wiosną (12%), wtedy tez zanotowano najmniejszą liczbę dni z małymi wahaniami temperatury efektywnej (88% z czego 46% stanowiły dni bez zmiany odczucia). Najbardziej „stabilną" porą roku okazała się zima, z 93% udziałem dni o małych zmianach warunków odczuwalnych z dnia na dzień oraz 7% udziałem dni o warunkach gwałtownie zmieniających się z dnia na dzień (podobny udział tych dni z warunkami silnie bodźcowymi, więc ta pora roku była jednak nieco mniej korzystna).

Powyższe spostrzeżenie potwierdzają również najbardziej i najmniej bodźcowe miesiące roku – maj oraz styczeń. W maju zanotowano 13% zmian dużych w pięcioleciu oraz 87% zmian małych (w tym 43% dni bez zmiany odczucia dzień po dniu), w styczniu zaś bez zmiany odczucia z dnia na dzień).

Długotrwałość warunków odczuwalnych

Warunki odczucia termicznego tj. przegrzanie i przechłodzenie (w szczególności zaś gorąco i zimno) są traktowane jako niekorzystne w bioklimatologii. Jednak ich negatywne oddziaływanie na organizm człowieka wzmaga ich długotrwałość, czyli liczba dni, w których te niekorzystne warunki następują bezpośrednio po sobie. Im dłuższe są okresy wysokich lub niskich temperatur efektywnych, tym intensywniej organizm człowieka odczuwa przegrzanie lub przechłodzenie. Wyszczególniono najbardziej długotrwałe a więc najmniej korzystne okresy przegrzania i przechłodzenia ze szczególnym uwzględnieniem odczuć ekstremalnych – gorąca i zimna. W badanym pięcioleciu więcej było długotrwałych okresów przegrzania niż przechłodzenia, były one poza tym znacznie dłuższe, prawie wcale zaś nie występowały długotrwałe warunki komfortu (najdłuższy okres ciągłego występowania komfortu to 10 kolejnych dni).

W roku 1991 najdłuższe okresy przechłodzenia zaobserwowano: na przełomie stycznia i lutego – 12 dni: w tym cztero- i sześciodniowy okres bezustannego odczucia zimna, w marcu (7 dni), październiku (14 dni) oraz grudniu (9dni). Dłuższe okresy przegrzania w tym roku nastąpiły w kwietniu (6 dni), lipcu (14 dni, z czego 12 dni stanowiło bezustanne odczucie gorąca), na przełomie lipca i sierpnia (23 dni w tym 10 dni bezustannego gorąca), na przełomie sierpnia i września (8 dni) oraz październiku (8 dni).

Rok 1992 był szczególny ze względu na najdłuższy w pięcioleciu okres bezustannego przegrzania: 55 dni, od 9 lipca do 1września. W tym czasie było kilka okresów występowania odczucia gorąca: 5-, 8-, 12-, 5-, 6 dniowych. Poza tym okresy przegrzania występowały też w innych miesiącach tego roku: w kwietniu (6 dni), w maju (7 dni, w tym 3 dni bezustannego gorąca), na przełomie maja i czerwca (11 dni, w tym 3 dni gorąca dzień po dniu), w czerwcu (8 dni), na przełomie czerwca i lipca (18 dni, w tym dwa okresy bezustannego gorąca: 5- i 6 dniowy). Były też okresy długotrwałego przechłodzenia: w styczniu (właściwie ciągnący się od grudnia 1991 sześciodniowy okres przechłodzenia), lutym (7 dni), październiku (dwa okresy: 6 i 11 dni), listopadzie (6 dni) i na przełomie grudnia i stycznia 1993 (16 dni, w tym 5 dni bezustannego zimna).

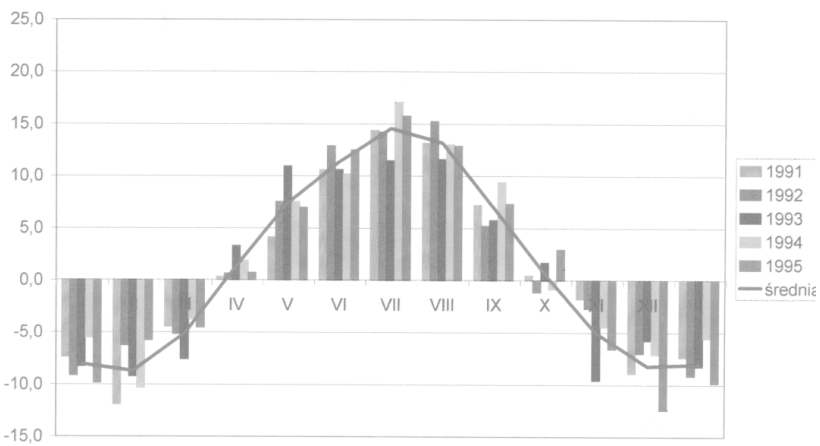
Rok 1993 był nieco odmienny od pozostałych ze względu na to, że najdłuższy okres przegrzania nastąpił nie w miesiącach letnich, ale na przełomie kwietnia i maja (34 dni w tym 10-, 7- i 5 dniowy okres bezustannego gorąca). Inne miesiące tego roku z długotrwałym przegrzaniem to: przełom maja i czerwca (14 dni w tym 4 dni bezustannego gorąca), przełom czerwca i lipca (6 dni), lipiec (6 dni), przełom lipca i sierpnia (8 dni w tym 5 dni gorąca dzień po dniu) oraz sierpień (6 dni, w tym 4 dni bezustannego gorąca). Jeśli chodzi o przechłodzenie, również rok 1993 jest charakterystyczny – bowiem następuje wtedy najdłuższy okres długotrwałego przechłodzenia: 23 dni, od 10 listopada do 2 grudnia. W ciągu tego czasu trzykrotnie zdarzają się kilkudniowe okresy bezustannego odczucia zimna: 4-, 7- i 5 dniowy. Siedmiodniowy okres bezustannego odczuwalnego zimna jest najdłuższym, jaki zanotowano w pięcioleciu. Inne miesiące z długotrwałym przechłodzeniem w tym roku to: przełom stycznia i lutego (7 dni), marzec (8 dni w tym 3 dni bezustannego zimna) oraz październik (9 dni).

Rok 1994 również w pewnym sensie, był rokiem wyjątkowym – był to rok z najmniejszą liczbą miesięcy z długotrwałymi warunkami dyskomfortowymi: w marcu zaobserwowano jedyny w tym roku, sześciodniowy okres przechłodzenia, okresy przegrzania zano-

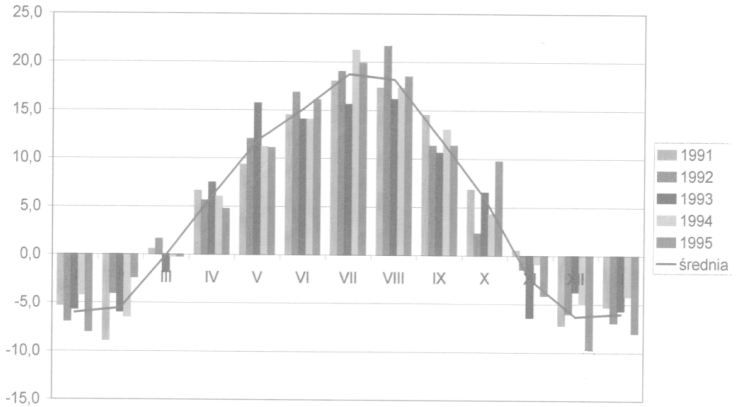
towano zaś w maju (9 dni w tym 3 dni bezustannego gorąca), na przełomie czerwca i lipca (13 dni, w tym dwa pięciodniowe okresy z gorącem), lipca i sierpnia (35 dni, w tym trzy okresy bezustannego gorąca: 3-, 9- i najdłuższy w pięcioleciu –19 dniowy), w sierpniu (7 dni) oraz we wrześniu (6 dni).

Rok 1995 nie odbiega od pozostałych lat – najdłuższy okres przegrzania zaobserwowano na przełomie lipca i sierpnia (36 dni, w tym 6-, 3- i10 dniowe okresy bezustannego gorąca), inne miesiące z długotrwałym przegrzaniem to kwiecień (9dni, w tym 7 dni gorąca dzień po dniu), przełom maja i czerwca (8 dni bezustannego gorąca), czerwiec (14 dni, w tym dwa trzydniowe okresy gorąca), przełom czerwca i lipca (5 dni, w tym trzydniowe występowanie gorąca dzień po dniu), lipiec (20 dni, w tym jedenastodniowy okres gorąca następującego dzień po dniu), wrzesień (5 dni nieustannego gorąca), oraz październik (13 dni, w tym dwa okresy gorąca dzień po dniu: cztero- i trzydniowy). Dłuższe okresy przechłodzenia odnotowano natomiast w kwietniu (7 dni, w tym trzydniowy okres bezustannego zimna), listopadzie (sześcio- i siedmiodniowy) oraz grudniu (7 dni w tym czterodniowy okres bezustannego zimna). W ostatnich dniach grudnia pojawia się również pięciodniowy okres zimna, który kończy się wraz z rokiem 1995, więc trudno cokolwiek powiedzieć o jego rzeczywistej długotrwałości.

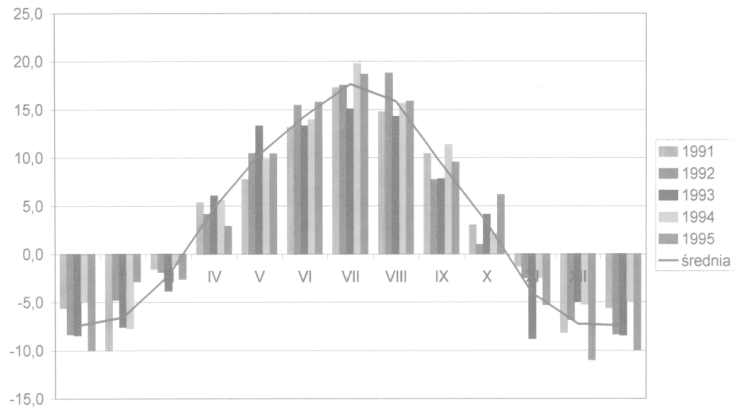
Na zakończenie warto wspomnieć, że długotrwałe okresy odczuć niekorzystnych dla organizmu zdarzały się najczęściej w miesiącach letnich: czerwiec – sierpień, więc pod tym względem (długotrwałości warunków dyskomfortowych), lato okazało się niekorzystną, z punktu widzenia bioklimatologii, porą roku (przynajmniej południowy termin pomiarowy).



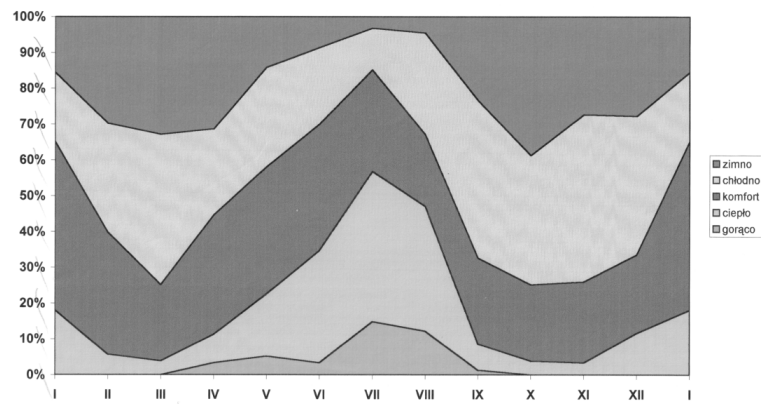
Rys. 1. Częstość temperatury efektywnej w pięcioleciu 1991-1995, godzina 6.00



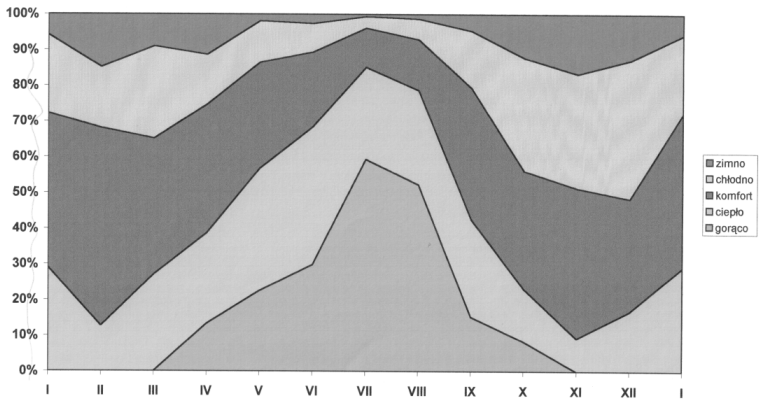
Rys. 2. Częstość temperatury efektywnej w pięcioleciu 1991–1995, godzina 12.00.



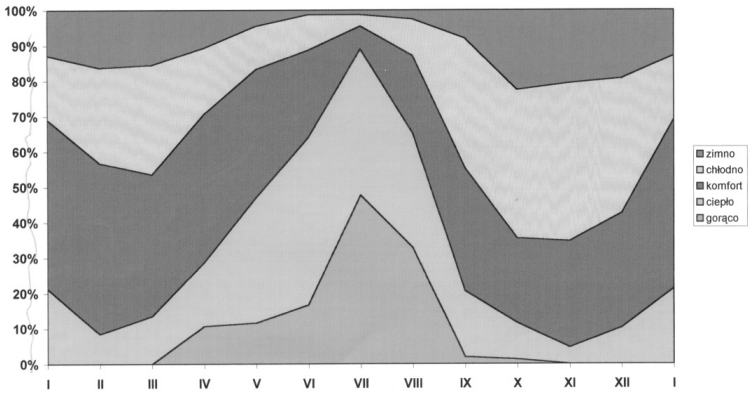
Rys. 3. Częstość temperatury efektywnej w pięcioleciu 1991–1995, godzina 18.00



Rys. 4. Przebieg częstości temperatury efektywnej TE o godzinie 6.00



Rys. 5. Przebieg częstości temperatury efektywnej *TE* o godzinie 12.00



Rys. 6. Przebieg częstości temperatury efektywnej *TE* o godzinie 18.00

3.3. Klimat Wesołej k. Warszawy

3.3.1 Charakterystyka klimatu lokalnego Wesołej k. Warszawy

Autor: Anna K I R Y L U K
Opiekun naukowy: Krzysztof O L S Z E W S K I

Cel pracy

Zasadniczym celem badań klimatu miast różnej wielkości jest określenie ich wpływu na warunki klimatyczne. Celem pracy jest analiza klimatu lokalnego Wesołej na podstawie krótkiej, dwunastomiesięcznej serii obserwacji oraz zbadanie zróżnicowania przestrzennego tego klimatu. Chodzi też o zaobserwowanie różnic między warunkami klimatycznymi niewielkiego miasta, jakim jest Wesoła, a klimatem miejskim dużego sąsiadującego z nią ośrodka-Warszawy oraz zbadanie ewentualnego wpływu Warszawy na kształtowanie się zmian poszczególnych elementów meteorologicznych w Wesołej. Szerszym opracowaniem zależności elementów meteorologicznych w Warszawie zajął się W. Gorczyński (1913). Na podstawie 25-letniej serii obserwacji badał on różnice temperatury między centrum miasta a jego okolicami. Opracował on również zmienność wybranych charakterystyk zachmurzenia i opadów dla Warszawy (Gorczyński, 1911). Spośród przedwojennych publikacji dotyczących stosunków klimatycznych Warszawy na uwagę zasługuje również praca R. Mereckiego (1914). Autor analizuje w niej średnie temperatury miesięczne, prędkości wiatrów oraz częstości ich kierunków, a także usłonecznienie w Warszawie.

Po wojnie problemy klimatu Warszawy były poruszane w wielu pracach omawiających poszczególne jego elementy. Zagadnienie zmienności temperatury na terenie Warszawy podejmowano w pracach: A. Tomaszewskiej (1964) i U. Kossowskiej (1973, 1976). Stan fizyczny atmosfery nad miastem analizowany był w pracach: A. Dziewulskiej-Łosiowej (1962), M. Stopy (1964) i B. Krawczyk (1968). Powstało również kilka prac dotyczących promieniowania i zachmurzenia w Warszawie, między innymi: D. Martyn (1964), J. Podogrockiego (1965) i U. Kossowskiej (1978). Opadami w Warszawie zajmowała się E. Budziszewska (1966, 1967) a także Z. Kaczorowska (1967). Ponadto powstały prace dotyczące ogólnych cech klimatu Warszawy. Z ich zakresu należy wymienić W. Okołowicza (1961) i U. Kossowską (1970, 1973). Na uwagę zasługuje również opracowanie przedstawiające historyczny rys badań klimatu Warszawy od początku XVII w. do lat sześćdziesiątych XX wieku (Kossowska, 1964).

W okresie powojennym powstało również wiele prac magisterskich wykonanych w Zakładzie Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych. Prace te charakteryzują poszczególne elementy meteorologiczne np. temperatura (Sznurowska, 1981), promieniowanie (Drzewiecka, 1972), wilgotność (Zakrzewski, 1972), Błażejczyk, (1989), zachmurzenie (Zakrzewski, 1972), opad atmosferyczny (Bogdańska, 1978) i wiatr (Świderska-Lubelska, 1966).

Charakterystyka fizycznogeograficzna terenu badań

Wesoła jest niewielkim miastem liczącym 10800 mieszkańców (1990r.). Powstało ono z połączenia odrębnych osiedli: Wesoła, Wola Grzybowska oraz Stara Miłosna. Ponieważ

osiedla te położone są względem siebie w stosunkowo dużej odległości i oddzielają je obszary leśne, powierzchnia administracyjna Wesołej wynosi ponad 23 km, a tereny zabudowane stanowią 1/3 ogólnego jej obszaru (rys.1). Niniejsze opracowanie dotyczy terenu zamkniętego granicami administracyjnymi miasta.

Według fizycznogeograficznego podziału Polski (Kondracki, 1968) Wesoła leży na obszarze przejściowym między równiną polodowcową a zastoiskowym tarasem doliny Wisły. Zachodnia część miasta znajduje się w strefie brzeżnej Zastoiska Warszawskiego, natomiast część wschodnia leży na skraju równiny polodowcowej, opadającej w kierunku zachodnim. Teren Wesołej umiejscowić można w mezoregionie zwanym Równiną Wołomińską (równinny poziom zastoiskowy nadbudowany przez wydmy) stykającą się bezpośrednio od wschodu z Wysoczyzną Kałuszyńską,

Ważniejsze wyniki badań

Podsumowując wyniki obserwacji i badań przedstawionych, w niniejszej pracy uzyskano obraz kształtowania się elementów meteorologicznych w Wesołej od XII 1988 do XI 1989 roku (tab. 1-11, rys. 1-6)

W porównaniu z klimatem regionu otwockiego, do którego należy Wesoła (Stopa-Boryczka i inni, 1986), badany okres charakteryzował się wysokimi temperaturami, a zwłaszcza ciepłą i suchą zimą. Średnia dobowa temperatura w styczniu wyniosła 2,0°C. Średnia dobowa amplituda temperatury tego miesiąca osiągnęła stosunkowo niedużą wartość 2,6°C, na co wpłynęła wysoka średnia temperatura minimalna 1,0°C przy temperaturze maksymalnej 3,6°C. Średnia wilgotność względna w styczniu wynosiła 87%. Charakterystyczne jest też znaczne zachmurzenie o godz. 7°CSE – 90 % przy stosunkowo małych opadach: 16 mm. Pokrywa śnieżna zalegała w Wesołej przez 21 dni, a liczba dni ze szronem wyniosła 30.

Warunki klimatyczne ciepłej pory roku reprezentowane są przez lipiec. Średnia dobowa temperatura tego miesiąca wyniosła 19,9°C. Dla badanego okresu charakterystyczna była wysoka średnia temperatura maksymalna lipca: 25,8°C przy temperaturze minimalnej: 13,5°C. Wartości te wpłynęły na wielkość średniej amplitudy dobowej tego miesiąca, która była stosunkowo wysoka: 12,3°C. Średnia wilgotność względna lipca osiągnęła wartość 71%. Średnie zachmurzenie poranne wyniosło 45%, a opady – 75 mm. Lipiec, w badanym okresie, nie wyróżnił się na tle warunków klimatycznych regionu otwockiego.

Średnia prędkość wiatru była stosunkowo niewielka: 0,7m/s. Największymi prędkościami charakteryzowały się wiatry południowo-wschodnie wiejące w lutym i kwietniu (ponad 2m/s). Najmniejsze prędkości notowano we wrześniu. W Wesołej przeważały wiatry z północnego zachodu, zwłaszcza w styczniu 33,3%. W lipcu dominowały wiatry południowo-wschodnie 31,6%.

W porównaniu z Warszawą Wesoła okazała się miastem chłodniejszym. Dużo niższe były tu temperatury minimalne, zwłaszcza zimą. Stąd też wyższe amplitudy dobowe występują w ciągu miesięcy zimowych. Temperatury maksymalne kształtowały się podobnie na obydwu stacjach, a latem wyższe były w Wesołej, wpływając na wzrost amplitudy dobowej na tej stacji. W ciągu doby w Wesołej cieplej było w południe i w czasie letnich wieczorów, na co wpływ miało piaszczyste podłoże o dużej pojemności cieplnej. Nocą, rano, a oprócz miesięcy letnich również wieczorem wyższe temperatury występowały w Warszawie.

Piaszczyste podłoże miało też wpływ na warunki wilgotnościowe w Wesołej. Nocą i w godzinach porannych utrzymywała się tutaj wyższa niż na Bielanach wilgotność powietrza. W południe, w ciągu całego roku, oraz wieczorem w czasie cieplejszej jego części powietrze w Wesołej było znacznie suchsze niż w Warszawie. Przyczyną stanowiło silnie nagrzewające się piaszczyste podłoże podnoszące w ten sposób temperaturę powietrza i wzmagające prądy konwekcyjne. Charakteryzujący się dobrą przepuszczalnością piasek nie mógł też długo utrzymywać wilgoci. Sytuacji sprzyjały też „suche" i „ciepłe" lasy sosnowe przeważające na obszarze Wesołej.

Wyniki badań ujawniły pewien wpływ Warszawy na zachmurzenie, opady i przeważające kierunki wiatrów w Wesołej. Zachmurzenie i opady były w Wesołej znacznie wyższe niż w Warszawie. Wyjaśnienia takiej sytuacji, pozornie sprzecznej z przyjętymi teoriami o zwiększonym zachmurzeniu i opadach na terenie intensywnie zabudowanym, szukać należy w charakterze cyrkulacji nad Warszawą. Znajdująca się na wschodnim brzegu Wisły Praga, dzielnica o zwartej zabudowie i dużych zanieczyszczeniach powietrza, wpływa na wzrost turbulencji i kondensacji pary wodnej, co sprzyja powstawaniu chmur. Chmury te przenoszone są na wschód wskutek dominującej cyrkulacji zachodniej. W ten sposób opad z nich pochodzący otrzymują wschodnie peryferie Warszawy i sąsiednia okolica. Znaczne sumy opadów występujące w Wesołej wynikają również ze wzmożonej konwekcji lokalnej nad piaszczystymi wydmami.

Mżawka, mgła i rosa częściej występowała w Wesołej niż w Warszawie. Możliwe, że sprzyjało temu zalesienie terenu oraz występujące w okolicy wydmy, które są czynnikiem osłabiającym prędkość wiatru. Natomiast zamglenie na ogół występowało częściej w Warszawie i było prawdopodobnie związane z dużym zanieczyszczeniem powietrza.

Ponadto w Wesołej w ciągu całego roku dał się zauważyć zmniejszony udział wiatrów zachodnich w porównaniu z Warszawą. Zimą dominowały tu natomiast wiatry z północnego zachodu a latem z południowego wschodu. Można się domyślać, że Warszawa stanowi dla Wesołej pewną osłonę od wiatrów zachodnich.

Powierzchnia Wesołej w większości zagospodarowana jest zgodnie z walorami naturalnymi klimatu. Mazowiecki Park Krajobrazowy obejmujący południowe tereny miasta chroni zalesione wydmy i charakterystyczny dla nich klimat lasu sosnowego. W większości zagłębień bezodpływowych również pozostawiono las gdyż ich mikroklimat jest stosunkowo najmniej korzystny dla zabudowy mieszkaniowej. Jeden z istniejących na obszarze Wesołej zbiorników wodnych wchodzi w skład Mazowieckiego Parku Krajobrazowego. Drugi uznany został za rezerwat przyrody. Większość zabudowy usytuowano na dobrze przewietrzanych partiach zboczowych lub na równinie, gdzie nie ma niebezpieczeństwa gromadzenia się zanieczyszczeń. Kontrowersyjne wydaje się jedynie wykorzystanie niektórych zagłębień bezodpływowych oraz rozległego podmokłego obniżenia w Starej Miłosnej pod zabudowę mieszkaniową. Bardziej racjonalne byłoby włączenie wspomnianego obszaru w Starej Miłosnej do Mazowieckiego Parku Krajobrazowego.

W planowaniu rozwoju miasta należy zwrócić uwagę szczególnie na obniżenia bezodpływowe na terenie zabudowanym. Ze względu na zwiększoną możliwość koncentracji zanieczyszczeń w tych miejscach niepożądana jest w ich obrąbie lokalizacji zakładów rzemieślniczych o technologii mogącej szkodzić środowisku naturalnemu. Od czerwca 1989r. uchwałą Rady Miejskiej Wesoła zyskała statut miasteczka ekologicznego. Zobo-

wiązuje to do liczenia się z zasadami ochrony środowiska i naturalnymi walorami terenu w planowaniu przestrzennym rozwoju miasta.

Tabela 1. Temperatura powietrza (°C): średnia dobowa ($T_{śr}$), maksymalna (T_{max}) i minimalna (T_{min}) – Wesoła (W), Warszawa-Bielany (WB); XII 1988-XI 1989

	$T_{śr}$			T_{max}			T_{min}		
	W	WB	W-WB	W	WB	W-WB	W	WB	W-WB
XII	0,9	1,1	-0,2	3,1	2,1	1,6	0,3	-1,2	1,5
I	2,0	2,4	-0,4	4,2	3,6	0,6	1,0	0,5	0,5
II	4,0	4,4	-0,4	7,4	6,6	0,8	2,2	2,1	0,1
III	5,8	6,2	-0,4	10,1	10,2	-0,1	2,6	2,7	-0,1
IV	10,0	9,6	0,4	14,6	14,5	0,1	6,1	5,6	0,5
V	15,1	15,0	0,1	20,8	21,5	-0,7	7,9	8,9	-0,1
VI	16,5	16,5	0,2	21,2	20,9	0,3	12,1	0,8	0,3
VII	19,9	19,4	0,5	24,5	25,8	-1,3	13,5	14,0	-0,5
VIII	18,4	18,5	-0,1	23,9	23,9	0,0	13,4	13,9	-0,5
IX	14,1	14,6	-0,5	20,3	21,1	-0,8	9,0	10,2	-1,2
X	10,5	10,7	-0,4	14,0	13,5	0,5	8,2	8,3	-0,1
XI	1,8	1,8	0,0	4,3	3,6	0,7	0,7	-0,7	1,4

Tabela 2. Średnia minimalna temperatura powietrza (°C) przy powierzchni gruntu.Wesoła (W), Warszawa-Bielany (WB); XII 1988-XI 1989

	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
W	-3,7	-2,3	-1,5	-2,0	2,9	4,4	8,9	7,9	8,2	4,9	3,2	-4,3
WB	-2,4	-0,9	0,1	0,0	3,4	5,3	9,3	11,2	10,6	6,8	5,6	-2,8
W-WB	-1,3	-1,4	-1,6	-2,0	-0,5	-0,9	-0,4	-3,3	-2,4	-1,9	-2,4	-1,5

Tabela 3. Średnia amplituda dobowa temperatury powietrza (°C). Wesoła (W), Warszawa-Bielany (WB); XII 1988-XI 1989

	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
W	1,8	2,6	4,4	7,6	8,4	13,6	8,8	12,3	10,5	12,1	5,3	2,9
WB	4,3	3,7	5,3	7,4	9,0	11,9	9,4	16,5	10,0	10,1	5,7	5,0
W-WB	2,5	1,1	0,9	-0,2	0,6	-1,7	0,6	-1,8	-0,5	-2,0	0,4	2,1

Tabela 4. Średnie miesięczne wartości temperatury powietrza (°C) o godzinie: 1^h, 7^h, 13^h i 19^h CSE, Wesoła (W), Warszawa-Bielany (WB); XII 1988-XI 1989

	1^h			7^h			13^h			19^h		
	W	WB	W-WB	W	WB	W-WB	W	WB	W-WB	W	WB	W-WB
XII	0,5	0,7	-0,2	0,3	0,8	0,5	2,1	1,9	0,2	0,8	1,1	0,8
I	1,6	1,9	-0,3	1.1	1,7	0,0	3,5	3,4	0,1	2,0	2,6	2,0
II	3,0	3,7	-0,7	2,4	2,9	-0,5	6,6	6,2	0,4	4,0	4,9	4,0
III	3,1	4,6	-1,5	2,7	3,9	-1,2	9,8	8,9	0,9	6,5	7,2	6,5
IV	7,4	7,9	-0,5	6,6	7,3	-0,7	14,1	12,6	1,5	12,0	10,5	12,0
V	10,9	11,3	-0,4	10,3	12,8	-2,5	20,7	19,3	1,4	18,8	16,5	18,8
VI	12,9	13,4	-0,5	13,5	14,9	-1,4	20,5	19,5	1,0	18,6	17,4	18,6
VII	15,4	16,0	-0,6	15,4	17,5	-2,1	25,3	23,0	2,2	23,2	21,1	23,2
VIII	15,1	16,0	-0,9	13,8	16,1	-1,3	22,9	22,4	0,5	21,4	19,5	21,4
IX	10,4	12,2	-1,2	9,5	11,7	-2,2	20,3	19,2	1,1	15,6	15,3	15,6
X	8,8	9,7	-0,9	8,2	9,1	-0,9	13,5	13,0	0,5	10,2	11,1	10,2
XI	1,2	1,6	-0,4	1,0	1,1	-0,1	3,6	3,0	0,6	1,6	1,7	1,6

Tabela 5. Średnia dobowa wilgotność względna (%) – Wesoła (W),Warszawa-Bielany (WB); XII 1988-XI 1989

	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
W	85	87	77	68	68	67	76	71	71	78	84	90
WB	82	83	77	67	70	63	76	65	70	80	82	89
W-WB	3	4	0	1	-2	4	0	6	1	-2	2	1

Tabela 6. Wilgotność względna (%) o godzinie: 1^h, 7^h,13^h i 19^h CSE – Wesoła (W), Warszawa-Bielany (WB), XII 1988-XI 1989

	1^h			7^h			13^h			19^h		
	W	WB	W-WB	W	WB	W-WB	W	WB	W-WB	W	WB	W-WB
XII	90	84	6	87	83	4	78	77	1	86	82	4
I	91	85	6	90	85	5	80	80	0	86	83	3
II	84	81	3	86	84	2	56	67	-11	80	76	4
III	83	75	8	89	79	10	42	54	-12	63	61	2
IV	83	76	7	67	78	9	45	56	-11	62	68	-6
V	92	78	14	91	71	20	58	46	-8	51	57	-6
VI	92	88	4	92	81	3	53	61	-8	67	73	-6
VII	91	79	12	91	74	17	41	51	-10	61	57	-6
VIII	86	81	5	92	78	14	50	54	-4	58	65	-7
IX	94	92	2	94	90	4	44	60	-16	80	78	2
X	93	87	6	93	88	5	64	71	-7	88	81	7
XI	94	91	3	93	92	1	80	84	-4	92	89	3

Tabela7. Średnie zachmurzenie (*%)* o godz. 7 CSE. Wesoła (W), Warszawa-Bielany (WB), Warszawa-Uniwersytet (WU); XII 1988-XI 1989

	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
W	92	90	93	87	82	49	72	45	61	60	64	96
WB	88	64	64	48	61	43	54	35	47	41	60	73
WU	88	82	64	69	78	52	72	47	61	63	76	94

Tabela 8. Miesięczne sumy opadów (mm). Wesoła (W), Warszawa-Bielany (WB), Warszawa-Okęcie (WO); XII 1988-XI 1989

	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
W	47	16	26	20	49	21	117	75	51	31	41	47
WB	48	14	24	20	54	18	101	50	45	14	40	36
WO	43	15	19	14	44	27	113	45	50	24	44	32

Tabela 9. Maksymalne dobowe sumy opadów (mm) Wesoła (W), Warszawa-Bielany (WB); XII 1988-XI 1989

	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
W	5,5	6,5	5,4	5,7	20,5	8	31,5	19,3	25,6	17	6,7	13,5
Data	18	10	15	31	17	10	2	9	28	15	9	22
WB	5,1	6,4.	5,6	5,7	23,1	6,6	29,4	24,6	21,1	5,8	9,2	9
Data	18	10	15	31	17	10	7	19	28	15	9	22

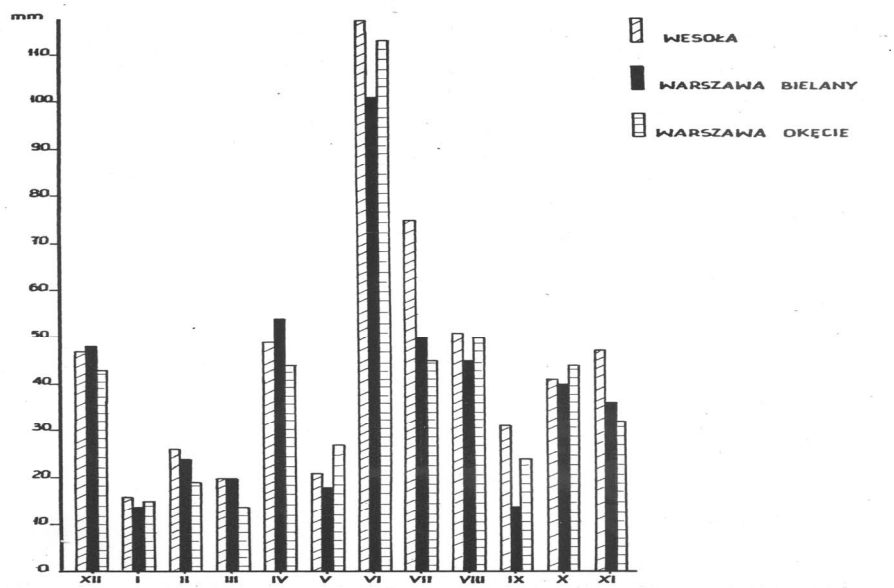
Tabela 10. Liczba dni z szatą śnieżną oraz pokrywą śnieżną, Wesoła (W), Warszawa-Bielany (WB); XII 1988-XI 1989

	Stacja	XII	I	II	...	XI	ROK
Szata śnieżna	W	19	2	1	...	8	30
	WB	13	1	3	...	8	25
Pokrywa śnieżna	W	13	.	.	...	8	21
	WB	19	.	.	...	8	17

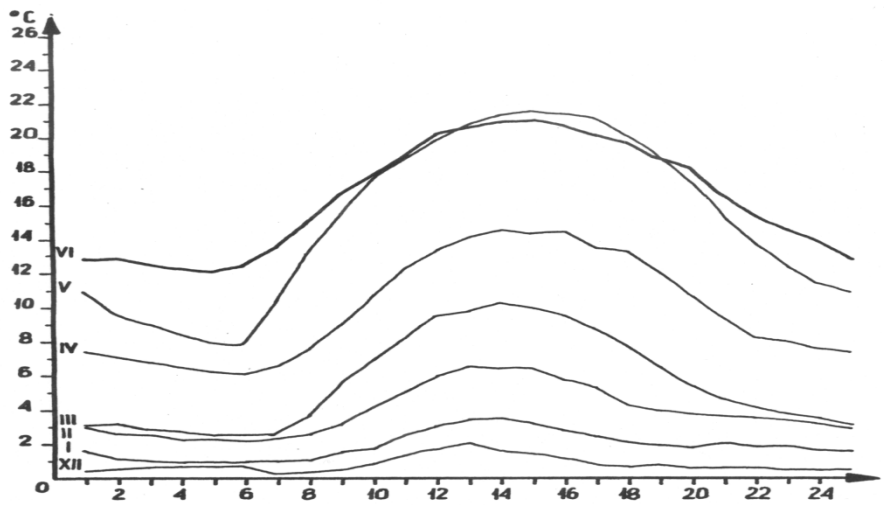
Tabela 11. Średnie prędkości wiatru (m/s) o godz.7^h CSE – Wesoła; XII 1988-XI 1989

	XII	I	II	I	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI
m/s	0,9	0,6	0,9	0,8	1,0	0,7	0,6	0,5	0,6	0,4	0,5	0,6

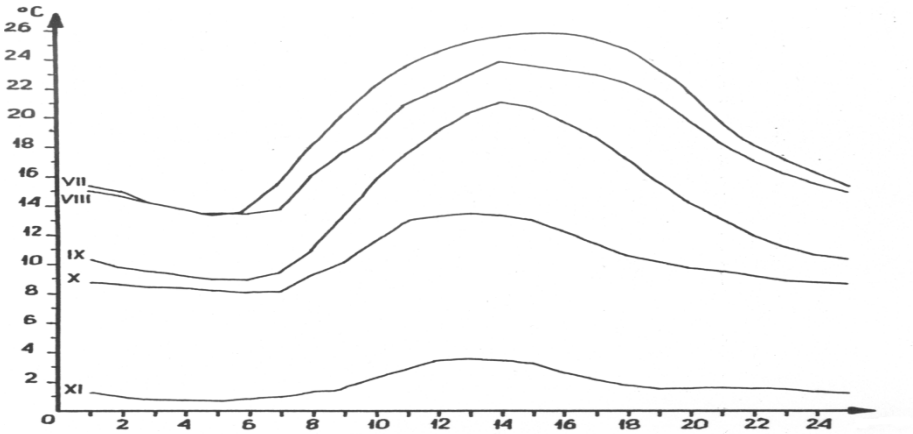
Rys. 1. Szkic położenia Wesołej względem Warszawy



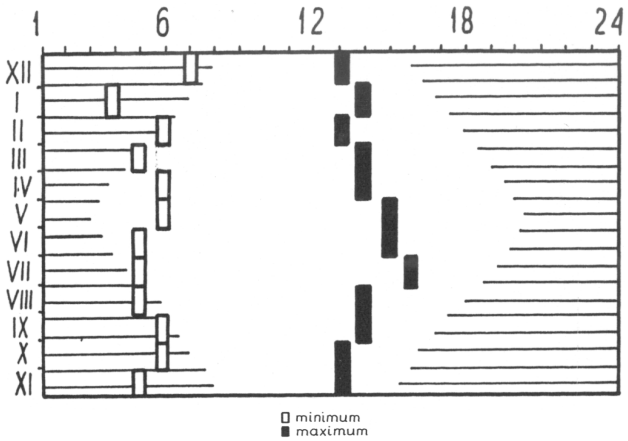
Rys. 2. Miesięczne sumy opadów (Wesoła, Warszawa-Bielany, Warszawa-Okęcie); XII 1988-XI 1989



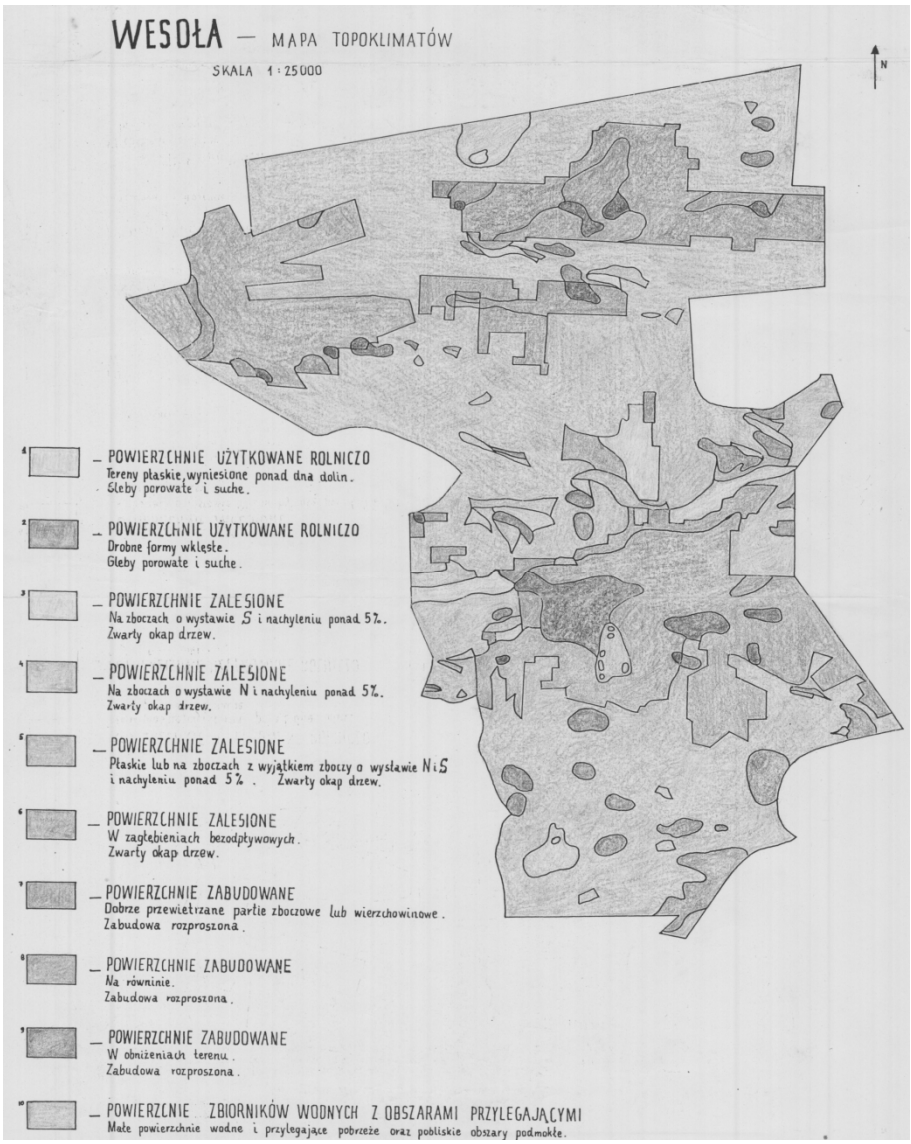
Rys. 3. Zmiany dobowe temperatury powietrza w miesiącach: I-VI (Wesoła,XII 1988-XI 1989)



Rys. 4. Zmiany dobowe temperatury powietrza w miesiącach: VII-XI (Wesoła, XII 1988-XI 1989)



Rys. 5. Terminy występowania wartości ekstremalnych temperatury powietrza, Wesoła, XII 1988-XI 1989



Rys. 6. Mapa topoklimatów-Wesoła

3.4. Klimat Legionowa

3.4.1. Charakterystyka klimatu Legionowa (1971-1980)

Autor: Ewa W I J A S
Opiekun naukowy: Urszula K O S S O W S K A - C E Z A K

Celem pracy jest przedstawienie cech charakterystycznych klimatu Legionowa. Pierwsza część pracy poświęcona jest ogólnemu opracowaniu poszczególnych elementów klimatu. Materiały do tej części obejmują okres 1971-1980 i pochodzą ze stacji aerologicznej w Legionowie, a udostępnione zostały przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Opracowanie materiału z tego okresu stanowi tło do dalszych rozważań, a więc do ukazania ewentualnego wpływu przekształconego środowiska miejskiego na warunki klimatyczne oraz do przedstawienia klimatu Legionowa na tle ogólnych cech klimatycznych Polski. Materiały dotyczące Polski (1951-1960) pochodzą z pracy Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce (Stopa-Boryczka, Boryczka, 1976). Uzyskane wyniki mogą być wykorzystane przy planowaniu rozwoju miasta oraz do dalszych prac badawczych, tym bardziej, że Legionowo i jego najbliższe okolice nie mają jeszcze dokładnego i wyczerpującego opracowania klimatu.

Obszar ten zasługuje na oddzielne opracowanie, ponieważ już z różnych ogólnych opracowań wynika, że wyraźnie wyodrębnia się on na tle Kotliny Warszawskiej (Ziaja 1979, Wawer 1977), a także dużymi obszarami piaszczystymi, nie pokrytymi przez roślinność trawiastą.

Na terenie miejskim nie występują większe zakłady przemysłowe mogące wpłynąć na zanieczyszczenie (jedynie ciepłownia Łajski położona na północ od miasta). Pewnego rodzaju uciążliwością są dymy z systemów grzewczych szklarni (Jabłonna), nawiewanych na miasto przy wiatrach zachodnich i południowo-zachodnich.

Obszar ten charakteryzuje się brakiem zbiorników wodnych. Jedyny duży zbiornik to Zalew Zegrzyński, odległy od Legionowa o 7 km na północo-wschód. W okolicznych lasach występuje jeszcze kilka bardzo małych zbiorników śródwydmowych.

Stacja aerologiczna w Legionowie mieści się w północo-wschodniej części miasta. Nie jest to stacja w pełni reprezentatywna dla terenu miasta, ponieważ zlokalizowana jest na jego skraju. Położona jest ona na szczycie płaskiego pagórka o wysokości 94 m n.p.m. Wysokość względna tej wydmy wynosi 15 m, a powierzchnia 10 ha. W odległości 200 m teren ten opada ku północy, w kierunku północno-wschodnim i wschodnim rozciąga się wieś Michałów, a na południo-zachód osiedle domków jednorodzinnych.

Na zachód i północo-zachód od stacji znajduje się osiedle Piaski (zabudowa luźna, 4 piętrowa).

Ważniejsze wyniki badań

Podstawowa część pracy dotycząca poszczególnych elementów klimatycznych dała ogólny pogląd na klimat występujący na terenie Legionowa i obszarze bezpośrednio do niego przyległym.(tab. 1-7, rys. 1-10)

Z obserwacji i badań klimatu w Legionowie wynika, że średnia roczna temperatura wyniosła 7,7°C, najcieplejszym miesiącem był lipiec (17,9°C), a najchłodniejszym styczeń (-3,6°C). Przebieg roczny ciśnienia pary wodnej nawiązywał do przebiegu temperatury, najwyższą wartość osiągnęło ono w lipcu – 14,8 hPa, a najniższą w styczniu – 4,6 hPa, przy średniej rocznej 9,1 hPa. Średnia roczna wilgotność względna wyniosła 79 %, a niedosyt wilgotności 4,9 hPa, Zachmurzenie w okresie 1971-1980 w Legionowie osiągnęło 66%, najbardziej pochmurnym okazał się listopad i grudzień – po 79 %, a najmniej sierpień 56%. Przebieg roczny opadów w Legionowie zachował ogólne prawidłowości dla Polski czyli letnie maksimum (lipiec 82 mm) i zimowe minimum (luty 26 mm). Roczna suma opadów w okresie tego 10-lecia wyniosła 581 mm. W Legionowie mgła występowała w 34 dniach roku, a burza w 17. W skali roku przeważały wiatry południowo-zachodnie i zachodnie – odpowiednio 20 i 18% przypadków obserwacji. Wiatry te charakteryzowały się także największymi prędkościami – powyżej 4 m/s. Średnia roczna prędkość wiatru wyniosła 3,9 m/s.

Inne spojrzenie na klimat Legionowa, to próba wykazania zmian jakie zaszły pod wpływem rozbudowy miasta w przeciągu kilkunastu lat. Pomimo, że Legionowo nie jest dużym ośrodkiem miejskim to jednak należy spodziewać się że klimat jego ma już pewne cechy klimatu miejskiego. Porównanie danych z dwóch okresów badawczych 1951-1960 i 1971-1980 pozwoliło zauważyć że: wzrosła średnia roczna temperatura minimalna (o 0,2°C), wzrosło zachmurzenie w terminie południowym w lecie (do 4%), wzrosły sumy opadów. Należy sądzić, że zmiany te są wynikiem rozbudowy miasta jaka zaszła w przeciągu tego okresu. Ze względu na niekorzystną lokalizację stacji należałoby przeprowadzić dodatkową serię obserwacji na terenie samego miasta. Prawdopodobnie wyniki tych obserwacji pozwoliłyby stwierdzić, że wartości niektórych elementów uległyby większym i bardziej wyraźnym zmianom.

Porównanie wartości elementów klimatycznych w Legionowie i Polsce miało na celu wyodrębnienie swoistych cech klimatu Legionowa wynikających w głównej mierze z położenia Legionowa na wale wydmowym i charakterystycznego piaszczystego podłoża. Klimat Legionowa na tle klimatu Polski wyodrębnił się jako cieplejszy i suchszy. Piaszczyste utwory powierzchniowe na tym terenie wpłynęły na podwyższenie średniej miesięcznej temperatury dobowej o 0,6°C, maksymalnych o 0,7°C i minimalnych o 1,0°C. Najwyraźniej wpływ ten uwidocznił się w przypadku temperatury maksymalnej, która w porze letniej była wyższa w Legionowie do 1,9°C.

Utwory te charakteryzują się nie tylko małą pojemnością cieplną, ale także dużą pojemnością wodną i dużą przepuszczalnością, tak więc wpływają one na warunki wilgotnościowe przez podwyższenie temperatur i szybsze odprowadzanie wód opadowych. W rezultacie Legionowo ma mniejszą wilgotność względną o 3% i większy niedosyt wilgotności o 0,7 hPa. Położenie Legionowa na wale wydmowym wpłynęło także na znaczne zmniejszenie sum opadów o 33% w porównaniu z Polską.

Tabela 1. Wilgotność powietrza: ciśnienie pary wodnej – *e* (hPa), wilgotność względna – *f* (%), niedosyt wilgotności – Δ (hPa)(Legionowo 1971-1980)

Średnia		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
e	7^{00}	4,4	4,7	5,6	7,2	10,8	13,6	15,0	14,7	11,5	8,5	6,7	5,5	9,0
	13^{00}	4,8	5,1	5,8	7,0	10,1	12,5	14,3	14,2	11,6	8,9	7,1	5,8	8,9
	19^{00}	4,6	5,1	6,0	7,4	10,7	13,4	15,1	15,1	12,1	9,0	7,0	5,7	9,3
	Dob.	4,6	5,0	5,8	7,2	10,5	13,2	14,8	14,6	11,7	8,8	7,0	5,6	9,1
f	7^{00}	90	91	88	82	77	77	81	85	90	92	90	90	86
	13^{00}	82	78	63	56	52	54	57	57	62	71	80	83	66
	19^{00}	87	86	75	68	65	65	68	71	79	84	86	88	77
	Dob.	86	86	78	72	70	70	73	75	80	84	86	88	79
Δ	7^{00}	0,5	0,4	0,8	1,9	3,4	4,2	3,8	2,8	1,3	0,8	0,8	0,6	1,8
	13^{00}	11,0	1,5	4,0	5,9	10,5	12,2	12,0	12,2	7,9	4,1	1,8	1,0	6,2
	19^{00}	0,7	0,8	2,2	3,5	6,5	8,1	8,0	6,8	4,1	1,7	1,1	0,8	3,7
	Dob.	0,7	0,9	2,3	4,1	6,8	8,2	8,0	7,3	4,3	2,2	1,2	0,8	3,9

Tabela 2. Średnie miesięczne zachmurzenie (%) o godzinie 7, 13, 19 (Legionowo 1971-1980)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
7^{00}	7,3	7,9	6,6	6,3	5,4	5,4	5,8	5,6	6,0	7,3	8,4	8,2	6,7
13^{00}	7,3	7,6	6,7	7,1	6,6	6,8	6,8	6,5	6,5	7,0	8,2	7,8	7,1
19^{00}	6,8	6,6	5,5	6,2	5,7	5,8	5,9	5,3	5,5	5,6	7,0	7,5	6,1
Średnia	7,1	7,4	6,3	6,6	5,9	6,0	6,2	5,8	6,0	6,6	7,9	7,8	6,6

Tabela 3. Usłonecznienie – średnie sumy miesięczne i dobowe (godz.)(Legionowo 1971-1980)

∑	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Miesięczne	32,3	46,5	99,2	116,5	168,0	177,4	167,6	176,6	115,0	72,9	33,3	25,5	1225,7
Dobowe	1,0	1,6	3,2	3,9	5,4	55,9	5,4	5,7	3,8	2,4	1,1	0,8	3,4

Tabela 4. Miesięczne sumy opadów **(mm) (Legionowo 1971-1980)**

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
∑	30,6	25,9	27,4	38,7	43,9	74,4	82,4	75,9	51,4	55,7	37,4	37,3	581

Tabela 5. Zjawiska atmosferyczne – mgła, burza (dni)(Legionowo 1971-1980)

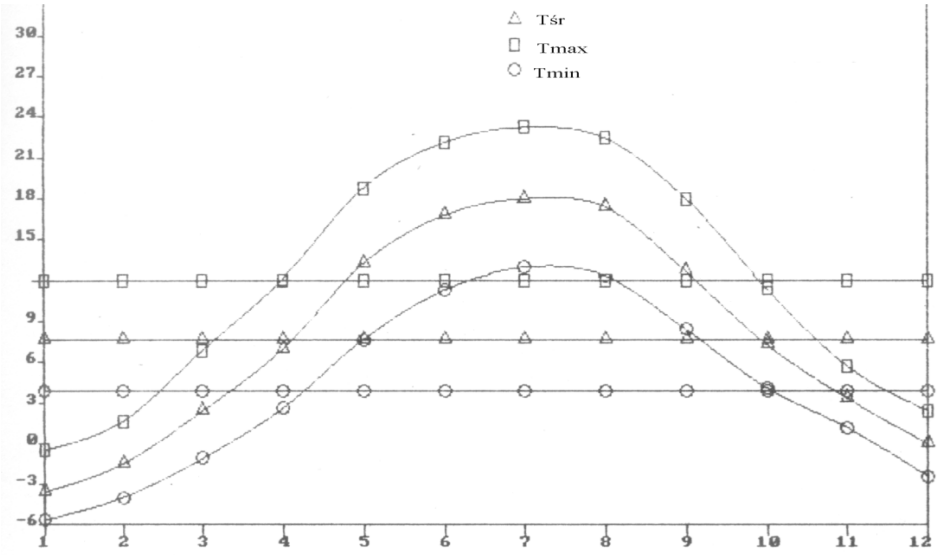
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
Mgła	3,3	5,2	3,6	1,1	0,5	0,3	0,5	1,8	3,3	5,9	4,7	4,2	34,4
Burza	0,2	-	0,3	0,9	3,2	4,2	3,0	3,3	1,2	0,3	0,1		16,7

Tabela 6. Prędkość wiatru według kierunków (m/s)(Legionowo 1971-1980)

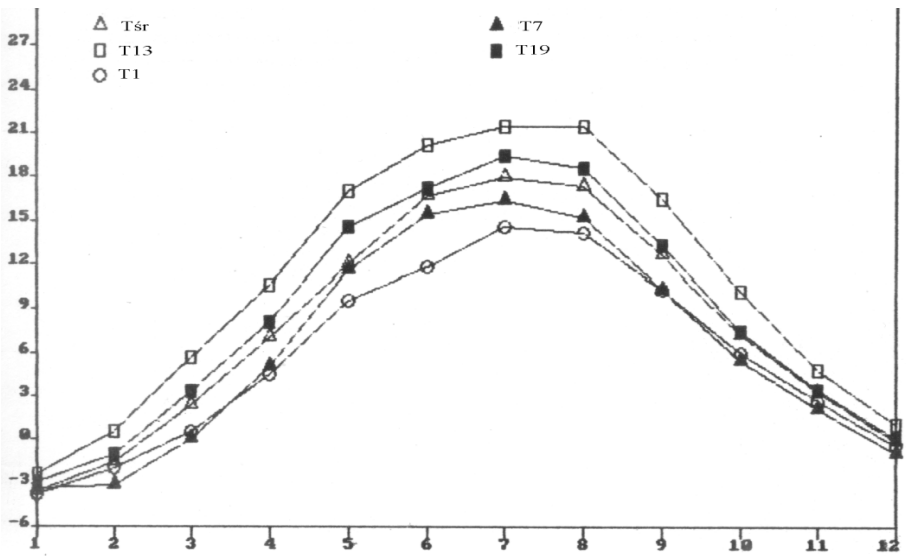
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
I	3,3	3,1	3,7	3,9	3,7	3,8	5,5	4,2
II	3,6	3,5	4,0	4,7	3,6	5,0	5,2	3,7
III	3,7	4,0	4,4	4,2	3,9	4,7	5,9	4,7
IV	4,1	4,1	4,1	3,8	3,5	4,7	5,2	4,2
V	3,6	3,7	3,7	3,9	3,2	3,6	4,2	3,5
VI	3,3	3,3	3,1	2,9	3,4	3,5	3,9	3,6
VII	3,2	3,0	3,2	2,8	2,8	3,6	4,2	3,7
VIII	2,9	3,0	2,8	3,1	3,8	3,8	4,0	2,9
IX	2,8	3,0	3,2	3,2	3,4	3,8	4,3	3,6
X	3,3	3,3	3,7	3,4	3,7	4,3	4,8	4,0
XI	3,7	3,2	3,8	3,7	3,9	5,2	5,9	3,8
XII	3,2	3,7	5,1	4,1	3,7	4,4	5,7	6,6
Rok	3,4	3,4	3,7	3,6	3,7	4,2	4,9	4,0

Tabela 7. Średnie miesięczne prędkości wiatru o godzinie 7, 13, 19 (m/s)(Legionowo 1971-1980)

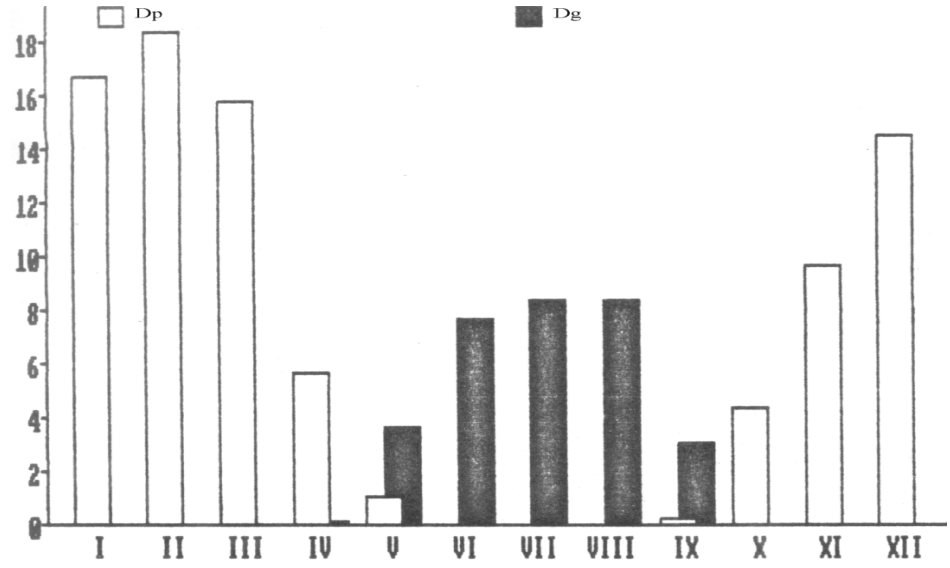
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
7^{00}	3,9	3,6	4,0	3,4	3,1	3,0	3,1	2,5	2,9	3,5	3,9	4,3	3,4
13^{00}	4,4	4,3	5,4	5,3	4,6	4,5	4,4	4,1	4,3	4,5	5,1	4,7	4,7
19^{00}	4,2	3,9	4,1	3,7	2,9	3,0	3,0	2,8	3,1	3,8	4,6	4,6	3,6
Średnia	4,2	3,9	4,5	4,3	3,7	3,5	3,5	3,2	3,5	4,0	4,6	4,5	3,9



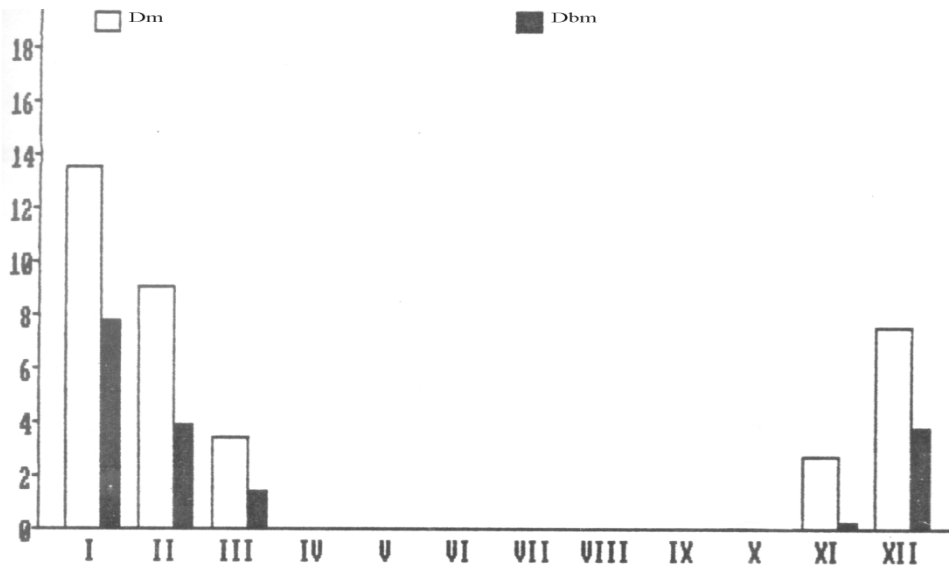
Rys. 1. Przebieg roczny temperatury powietrza – średnie miesięczne i ekstremalne (Legionowo 1971-1980)



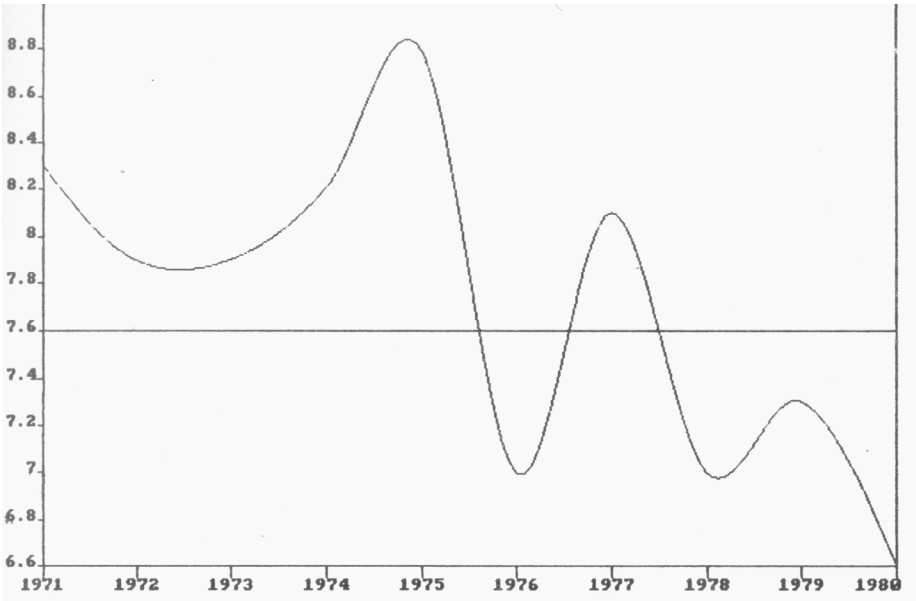
Rys. 2. Przebieg roczny temperatury powietrza ($T_{śr}$ – średnia, T_{13}, T_1, T_7, T_{19} – o godzinie 13, 1, 7 i 19 (Legionowo 1971-1980)



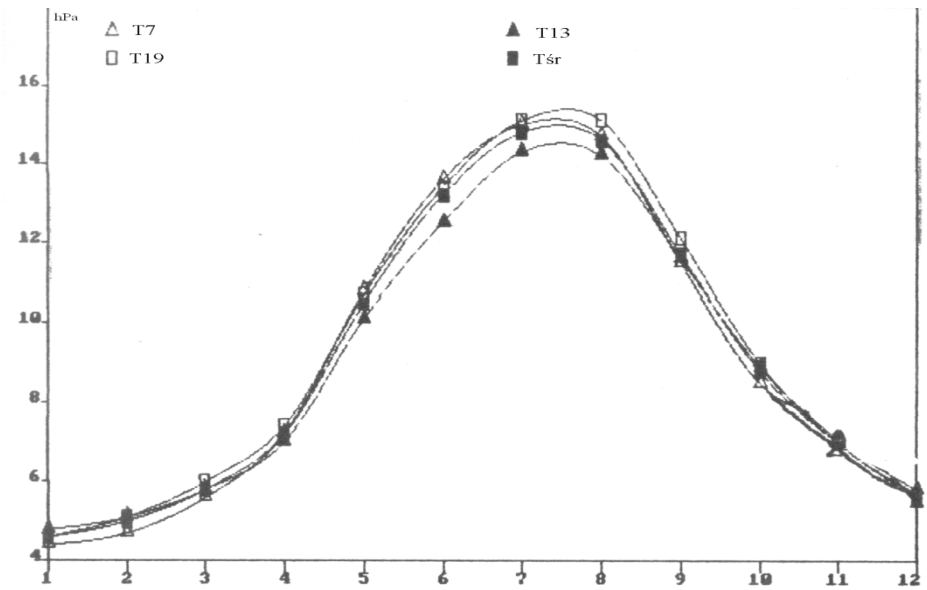
Rys. 3a. Przebieg roczny liczby dni charakterystycznych: D_p – dni przymrozkowe , Dg – dni gorące (Legionowo 1971-1980)



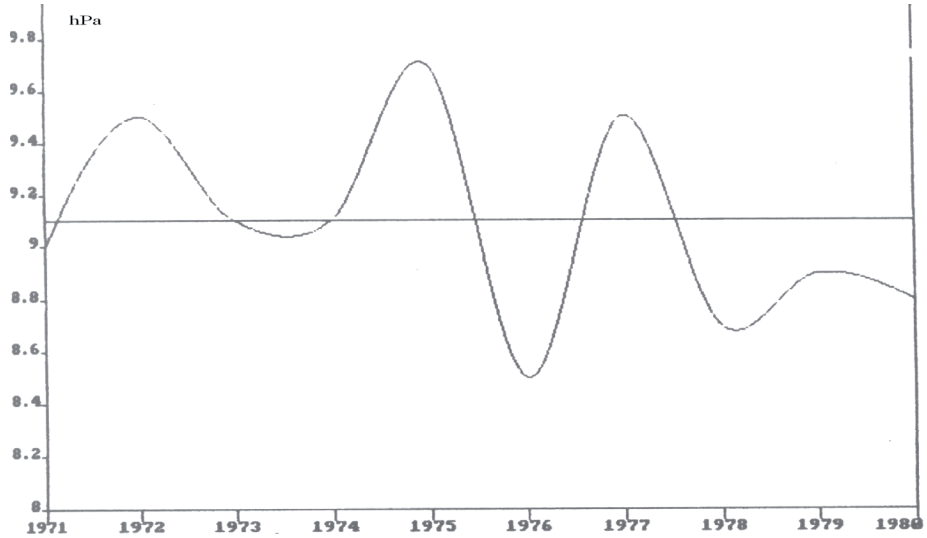
Rys. 3b. Przebieg roczny liczby dni charakterystycznych: D_m – dni mroźne, D_{bm} – dni bardzo mroźne)(Legionowo 1971-1980)



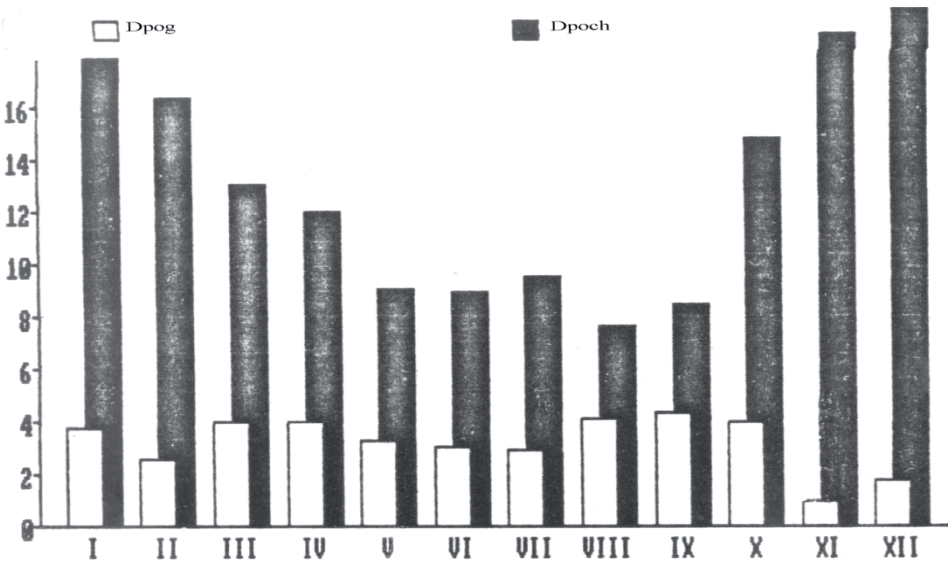
Rys. 4. Średnie roczne wartości temperatury w poszczególnych latach (Legionowo 1971-1980)



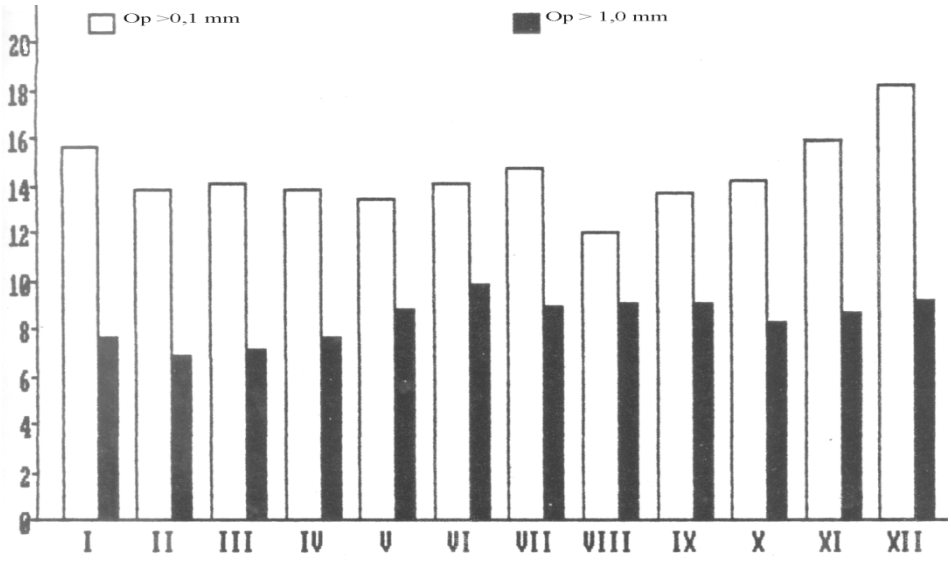
Rys. 5. Przebieg roczny ciśnienia pary wodnej (Legionowo 1971-1980)



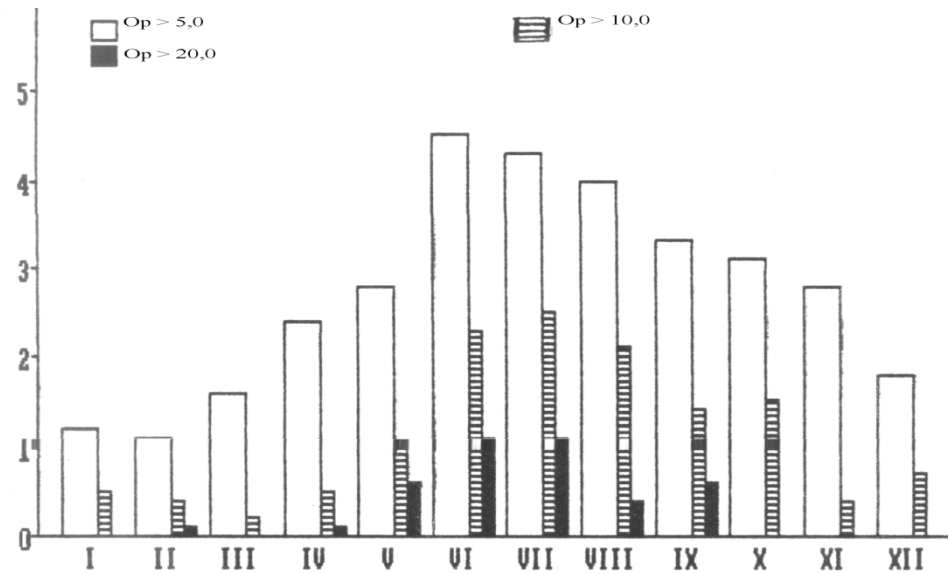
Rys. 6. Średnie roczne ciśnienie pary wodnej w poszczególnych latach (Legionowo 1971-1980)



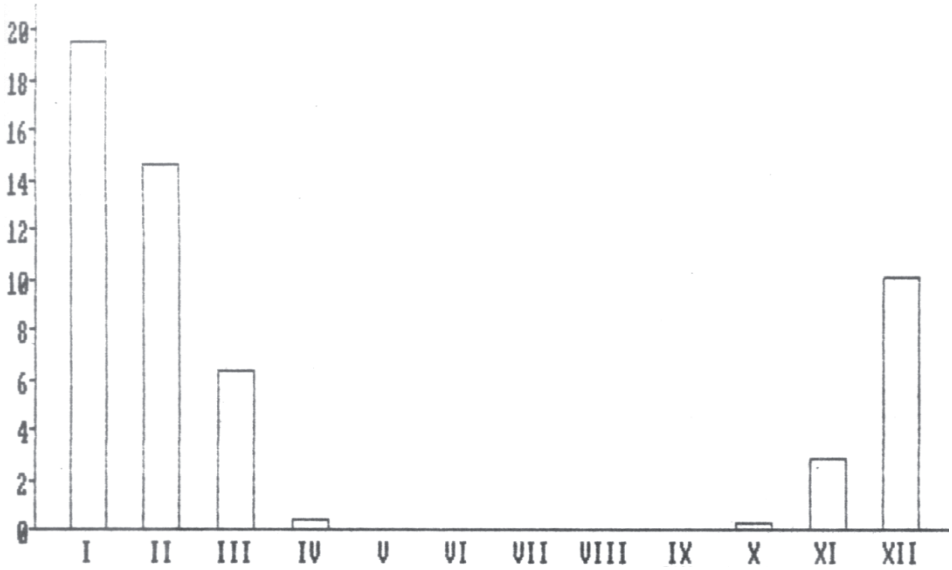
Rys. 7. Przebieg roczny dni charakterystycznych (Legionowo 1971-1980)



Rys. 8. Liczba dni z opadem ≥0,1; ≥1,0 mm (Legionowo 1971-1980)



Rys. 9. Liczba dni z opadami: ≥5,0, ≥10,0 , ≥20,0 mm (Legionowo 1971-1980)



Rys. 10. Liczba dni z pokrywą śnieżną (Legionowo 1971-1980)

3.4.2. Inwersje temperatury przyziemne i w swobodnej atmosferze w Legionowie w okresie II 1954-31 XII 1958

Autor: Lucjan NOWOSIELSKI
Opiekun naukowy: Wincenty OKOŁOWICZ

Celem pracy jest ustalenie związków między występowaniem różnych typów inwersji a układami ciśnienia i masami powietrza. Ważniejsze wyniki badań zestawiono w tabelach 1-13 i na rys.1.

Zależność inwersji radiacyjnych od mas powietrza i od układów ciśnienia

Częstość występowania inwersji temperatury powietrza zależy od rodzajów mas powietrza napływającego nad obszar Polski i towarzyszących im układów barycznych. Jest to powietrze: polarno-morskie (PPm), polarno morskie stare (PPms), plarno-kontynentalne (PPk), powietrze arktyczne (PA) i powietrze zwrotnikowe (PZ).

W średnich rocznych inwersje radiacyjne najczęściej występują w masie PPk, dużą liczba przypadków inwersji występuje także w masie PPms i PPm. Najmniej inwersji występuje przy PA i PZ. W średnich obliczonych dla czterech pór roku sytuacja jest bardzo podobna na wiosnę i w zimie. Na jesieni maksimum częstości przypada na masę PPk, jednak na drugim miejscu znajduje się tu PPm i następnie PPms. W lecie maksimum częstości przypada na masę PPms, również duża liczba inwersji występuje przy PPm i PPk. We wszystkich porach roku inwersji przy PA i PZ jest stosunkowo mało. Najwięcej inwersji przy PA obserwuje się na wiosnę, a przy PZ – latem. W średnich miesięcznych w styczniu, lutym, marcu, kwietniu, wrześniu i listopadzie maksimum częstości występuje przy PPk, w maju, czerwcu, lipcu, sierpniu i grudniu przy PPms, a w październiku przy PPm.

W średnich rocznych maksimum częstości inwersji radiacyjnych ma miejsce przy wyżach. Bardzo duża liczba przypadków inwersji występuje przy klinach wysokiego ciśnienia oraz w układach o słabym gradiencie. Najmniej inwersji występuje w układach siodłowych, niżach i zatokach niskiego ciśnienia. Na wiosnę maksimum częstości występuje przy wyżach i klinach wysokiego ciśnienia. Duża liczba przypadków inwersji ma również miejsce w układach słabo gradientowych. Najmniej inwersji radiacyjnych jest w siodłach i niżach. W lecie maksimum występuje w układach o słabym gradiencie i przy klinach wysokiego ciśnienia. Dużo inwersji występuje również w wyżach. Najmniej inwersji obserwuje się w tym okresie w siodłach i niżach. Jesienią najwięcej inwersji notowane było w wyżach i klinach oraz układach słabo gradientowych. Najmniej inwersji było w niżach. W zimie maksimum występowania inwersji radiacyjnych ma miejsce przy wyżach. Dużo inwersji występuje również w klinach. Najmniej inwersji notowane było w układach siodłowych. W poszczególnych miesiącach sytuacja jest podobna, tu także maksima występują głównie przy wyżu, klinie lub układzie o słabym gradiencie ciśnienia. W styczniu, lutym, marcu, wrześniu i październiku maksimum częstości inwersji radiacyjnych przypada na wyże. Maksimum przy klinach wysokiego ciśnienia ma miejsce w maju, lipcu, sierpniu i grudniu. Przewaga inwersji przy układach o słabym gradiencie

ciśnienia występuje w kwietniu i czerwcu. W listopadzie przy wyżu i klinie ma miejsce ta sama liczba inwersji.

Zależność inwersji adwekcyjnych od mas powietrza i od układów ciśnienia

W średnich rocznych inwersje adwekcyjne występują najczęściej w masie PPm, a następnie przy PPms i PPk. Rzadko występują w masie PZ. Nie występują wcale przy PA. W średnich dla czterech pór roku wiosną inwersje adwekcyjne występują najczęściej przy PPm, latem przy PPms. Na jesieni przy PPm, PPms i PPk liczba inwersji jest taka sama. W zimie maksimum częstości inwersji występuje przy PPms. W średnich miesięcznych maxima częstości występowania inwersji w lutym, marcu, kwietniu, maju i październiku występują przy PPm, w styczniu przy PPk, w grudniu przy PPms. W listopadzie na PPms i PPk przypada taka sama liczba inwersji.

W średnich rocznych maksimum częstości inwersji adwekcyjnych występuje przy zatokach niskiego ciśnienia. Dużo inwersji występuje również przy niżach. Przy pozostałych układach inwersje adwekcyjne występują rzadko. Na wiosnę i w zimie również największa częstość inwersji ma miejsce w zatokach i niżach. W lecie i na jesieni inwersje adwekcyjne występują rzadko. Rozpatrując częstość występowania inwersji w zależności od układów ciśnienia w poszczególnych miesiącach widać, że w miesiącach, w których występują częściej przeważają one przy zatokach niskiego ciśnienia i niżach.

Zależność inwersji frontalnych od mas powietrza i od układów ciśnienia

Maksimum częstości występowania inwersji frontalnych ma miejsce przy PPm. Duża liczba inwersji występuje przy PPk i PPms. Przy PA inwersje te występują rzadziej. W masie PZ obserwowane są bardzo rzadko. W średnich obliczonych dla czterech pór roku maksimum przy PPm obserwuje się w lecie i w zimie a przy PPms – na jesieni. Na wiosnę przy PPms i PPk występuje taka sama liczba inwersji. Zimą i wiosną dość często inwersje te występują w masie PA. W poszczególnych miesiącach maksima częstości występowania inwersji frontalnych obserwuje się przy PPm, PPms i PPk.

W średnich rocznych inwersje frontalne występują najczęściej przy zatokach niskiego ciśnienia. Również dosyć często występują przy niżach. Inwersje frontalne najrzadziej spotykane są w siodłach, układach o słabym gradiencie ciśnienia, wyżach i klinach wysokiego ciśnienia. W średnich obliczonych dla czterech pór roku maksimum częstości przypada również na układy niżowe. Na drugim miejscu pod względem częstotliwości występowania inwersji frontalnych znajdują się zatoki niskiego ciśnienia. W średnich miesięcznych we wszystkich miesiącach z wyjątkiem lutego, czerwca, września i grudnia maksima częstości przypadają na zatoki niskiego ciśnienia. Na drugim miejscu znajdują się niże. W październiku maksimum przypada na niże. W lutym, czerwcu i grudniu w zatokach i niżach występuje taka sama liczba inwersji. We wrześniu w ciągu opracowywanych pięciu lat inwersje frontalne nie występowały.

Zależność inwersji osiadania od mas powietrza i od układów ciśnienia

W średnich rocznych maksimum częstości inwersji osiadania występuje przy PPk. Duża liczba inwersji powstaje także przy PPm i PPms. Inwersje osiadania dość rzadko występują przy PA i prawie nie występują przy PZ. W poszczególnych porach roku inwersje osiadania przy PPk najczęściej występują wiosną i w zimie, przy PPm – latem i jesienią. Na wiosnę dosyć często występują także przy PA. Maksimum częstości inwersji osiadania przy PPk występuje w styczniu, lutym, marcu i grudniu, przy PPms – w listopadzie, a przy PPm – w lipcu, sierpniu i październiku.

Inwersje osiadania występują jedynie przy wyżach i klinach wysokiego ciśnienia. Maksimum ich częstości w średnich rocznych, w średnich dla czterech pór roku i w średnich miesięcznych – występuje przy wyżach. Na drugim miejscu pod względem częstości występowania inwersji osiadania znajdują się kliny wysokiego ciśnienia.

Zależność inwersji nieokreślonych od mas powietrza i od układów ciśnienia

W średnich rocznych maksimum częstości inwersji przypada na PPk. Nie wiele mniej inwersji występuje przy PPms. Również dość często inwersje występują w masie PPm. W średnich obliczonych dla czterech pór roku na wiosnę i w zimie najwięcej inwersji nieokreślonych występuje przy PPk, w lecie – przy PPm, a jesienią – przy PPms. W średnich miesięcznych największa liczba inwersji przypada na masy PPk i PPms.

W średnich rocznych maksimum częstości inwersji nieokreślonych przypada na zatoki niskiego ciśnienia. Inwersje te występują również dość często przy klinach i układach o słabym gradiencie ciśnienia. Najrzadziej występują w siodłach. Wiosna inwersje nieokreślone występują najczęściej w układach słabo gradientowych, w lecie, na jesieni i w zimie występują najczęściej w zatokach niskiego ciśnienia.

Podsumowanie

Inwersje radiacyjne występują najczęściej w masach powietrza PPk, PPms i PPm. Wydawać się może, że nie ma dużej zależności między częstością występowania inwersji radiacyjnych i rodzajem masy powietrza. Z pracy St. Rafałowskiego „*Częstotliwość występowania poszczególnych mas powietrza w Polsce*" wynika, że obliczoną za okres 1. III.1946-29.II.1952 r. częstość występowania mas można uporządkować w następującej kolejności: PPms, PPk, PPm, PA, PZ.

Jeśli inwersje mogą powstawać we wszystkich masach, to kolejność powinna być taka sama. Tymczasem jest inaczej. Inwersje radiacyjne najczęściej występują przy PPk, ponieważ jest to masa sucha, przy której zachmurzenie jest zwykle małe – co sprzyja powstawaniu inwersji. Podobne warunki panują w masie PPms, która ma właściwości zbliżone do masy PPk. W PPm w nocy – jesienią i latem, również brak jest zachmurzenia, co sprzyja powstawaniu inwersji. W zimie przy PPm panuje zwykle duże zachmurzenie, dlatego w tej porze roku liczba inwersji radiacyjnych w masie PPm jest mała. Wiosnę i w zimie masa PPk napływa do nas ze wschodu, jako chłodna, zwykle w cyrkulacji antycyklonalnej. Występujące w niej rozpogodzenia sprzyjają powstawaniu inwersji. Rów-

nież masa PA sprzyja powstawaniu inwersji radiacyjnych, jednak napływa ona do nas dość rzadko i dlatego liczba inwersji w niej powstających jest niewielka. Masa PZ jest najrzadziej u nas spotykana. Ponadto na skutek dużego zapylenia – jeśli jest pochodzenia kontynentalnego, lub dużej wilgotności – przy pochodzeniu morskim, nie sprzyja ona powstawaniu inwersji radiacyjnych.

Inwersje radiacyjne powstają najczęściej w wyżach, klinach wysokiego ciśnienia i układach o słabym gradiencie. Układy te w większości przypadków charakteryzują się słabymi wiatrami i małym zachmurzeniem, co sprzyja nocnemu wypromieniowaniu ciepła i powstawaniu inwersji. Stosunkowo mała liczba inwersji radiacyjnych przy niżach i zatokach niskiego ciśnienia wynika zwykle z większej prędkości wiatru i dużego zachmurzenie, co nie sprzyja tworzeniu się inwersji radiacyjnych. Mała liczba inwersji tego typu przy siodłach spowodowana jest chyba tym, że układy te rzadziej występują, bo warunki w nich są w większości przypadków sprzyjające tworzeniu się inwersji. W chłodnym okresie roku, kiedy Polska znajduje się często pod wpływem wyżu syberyjskiego, inwersje radiacyjne częściej powstają przy wyzach i klinach. W lecie w Polsce występuje niższe ciśnienie i układy baryczne o małym gradiencie ciśnienia. Wiąże się z tym częstsze występowanie inwersji przy układach słabo gradientowych. Wpływ klina wysokiego ciśnienia wyżu azorskiego daje się tu zauważyć, ponieważ duża liczba inwersji radiacyjnych występuje w lecie także przy klinach.

Inwersje adwekcyjne związane są z napływem ciepłych mas nad chłodniejsze podłoże, głównie w chłodnej porze roku. Inwersje adwekcyjne występują więc w przeważającej większości, w chłodnych miesiącach przy napływie PPm i PPms. Masy te napływające do nas w zimie i na wiosnę, są cieplejsze od zalegającej u nas masy PPk i podłoża, co prowadzi do powstawania inwersji adwekcyjnej. Zjawiskami towarzyszącymi są częste mgły i niskie chmury warstwowe. Inwersje adwekcyjne powstają również przy napływie PZ, które napływa do nas w ciągu całego roku jako powietrze ciepłe. Inwersje te nie powstają przy napływie PA, które napływa do nas przez cały rok jako powietrze zimne.

Inwersje adwekcyjne występują najczęściej w zatokach niskiego ciśnienia i niżach. Jak wiadomo, aby inwersja adwekcyjna się utworzyła musi istnieć dość szybki napływ cieplejszego powietrza nad chłodne podłoże. W naszych warunkach dzieje się to zwykle właśnie przy przemieszaniu się układów niżowych z zachodu na wschód i związanym z tym napływem ciepłego i wilgotnego powietrza z nad morza, lub też przy niżach przemieszczających się z południa, przy napływie – zwykle w ciepłym wycinku niżu – ciepłego powietrza pochodzenia zwrotnikowego. Układy wyżowe, kliny, siodła i układy o słabym gradiencie nie sprzyjają powstawaniu inwersji adwekcyjnych, ponieważ ruch w tych układach jest powolny, a masy powietrza jak wiadomo ulegają dosyć szybkiej transformacji.

Inwersje frontalne występują przy wszystkich rodzajach mas powietrza. Najczęściej notowane są przy PPm, PPk i PPms. Dosyć często występują przy PA, a najrzadziej spotykane są przy PZ. Nie jest to jednak spowodowane tym, że pewne masy sprzyjają ich powstawaniu bardziej od innych. Jest to wynik tego, że właśnie te masy występują częściej, a inwersje frontalne mogą występować przy wszystkich rodzajach mas.

Inwersje frontalne występują najczęściej w zatokach i niżach. Jest to zrozumiałe, ponieważ fronty atmosferyczne związane są z układami niżowymi i przebiegają przez zatoki niskiego ciśnienia. Ponieważ powierzchnia frontalna jest nachylona w stosunku do po-

wierzchni ziemi pod bardzo małym kątem, może ona wyprzedzać znacznie niż lub zatokę – przy froncie ciepłym, lub pozostawać dość daleko w tyle – przy froncie chłodnym. Tym tłumaczy się występowanie inwersji frontalnych przy pozostałych układach ciśnienia.

Inwersje osiadania występują najczęściej przy PPk. Również dość duża częstość ich występowania ma miejsce przy PPm i PPms. Rzadziej występują przy PA i niezmiernie rzadko przy PZ. Można to wytłumaczyć tym, że w układach wyżowych przy których inwersje te powstają, mamy do czynienia najczęściej z PPk, PPms i PPm. Maksimum przy PPk wiosną i zimą powodowane jest napływem tego powietrza ze wschodu w cyrkulacji antycyklonalnej związanej z wyżem syberyjskim. Latem przewaga inwersji przy PPm i PPms spowodowana jest cyrkulacją antycyklonalną związaną z wyżem azorskim. Na jesieni duża liczba inwersji przy PPms i PPk związana jest również z cyrkulacją wyżową, z tym, że w zależności od położenia wyżu napływa do nas albo PPms, albo PPk z południa lub wschodu. Duża liczba inwersji osiadania przy PPk w styczniu, lutym, marcu i grudniu wskazuje na duży wpływ wyżu syberyjskiego i związany z nim napływ na nasze terytorium chłodnych mas PPk ze wschodu. Mała liczba inwersji przy PA i PZ tłumaczy się dość rzadkim napływem do Polski tych mas.

Inwersje osiadania występują jedynie w wyżach i klinach wysokiego ciśnienia, bowiem jedynie w tych układach na skutek rozpływania się przy ziemi powietrza na zewnątrz układu, następuje zjawisko osiadania powietrza – ruchów zstępujących, które prowadzą do powstania inwersji. Inwersje osiadania przy innych układach ciśnienia nie występują.

Inwersje nieokreślone występują najczęściej przy PPk i PPms oraz dość często przy PPm. Trudno tu jednak wyciągać jakieś wnioski, ponieważ w tej grupie występują różne inwersje, które powstają w zupełnie odmiennych warunkach.

Inwersje nieokreślone nie mają wyraźnego związku z układami ciśnienia. Duża ich liczba występuje zarówno przy zatokach niskiego ciśnienia, klinach wysokiego ciśnienia i układach o słabym gradiencie. Dzieje się tak dlatego, ponieważ do grupy tej wchodzi kilka rodzajów inwersji, których warunki powstawania są różne.

Grubość warstw inwersji przyziemnych

Grubość inwersji przyziemnych waha się w bardzo szerokich granicach, od kilkudziesięciu metrów do tysiąca pięciuset a czasem i więcej metrów. Jednak zarówno inwersje bardzo cienkie – poniżej stu metrów, jak i bardzo grube, występują dosyć rzadko. Najczęściej występują inwersje o grubości 300-500 m.

Grubość warstw inwersji radiacyjnych

Rozpatrując średnie miesięczne liczby przypadków inwersji tego typu w poszczególnych przedziałach grubości widać wyraźnie, że najczęściej występują inwersje radiacyjne o grubości 300-500 m. W styczniu najczęściej występują inwersje o grubości 300-500 m i 500-700 m. W lutym sytuacja jest podobna, z tym, że dosyć często występują inwersje w przedziale 700-1000 m. W marcu najczęściej spotykane są inwersje o grubości 300-500 m, oraz dość często – o grubości powyżej 1000 m. W kwietniu najliczniej reprezentowany jest również przedział grubości 300-500 m, z tym, że liczba przypadków inwersji jest tu znacznie większa od liczby w pozostałych przedziałach. Inwersji powyżej 1000 m nie ma. W maju poza grubością 300-500 m, najczęściej występują inwersje w przedziale grubości

700-1000 m. Inwersji powyżej tysiąca metrów brak. W czerwcu najczęściej występują inwersje o grubości 300-500 i 500-700 m. W lipcu najczęściej spotykane są inwersje o grubości 300-500 m i występują one kilkakrotnie częściej niż inwersje w pozostałych przedziałach grubości. W tym miesiącu także inwersje powyżej 1000 m nie występują. W sierpniu sytuacja jest bardzo podobna z tym, że zdarzają się inwersje o grubości powyżej 1000 m. We wrześniu inwersje radiacyjne również najczęściej mają grubość 300-500 m, średnio występują 10,2 (przypadków) . Jest to najwyższa wartość ze wszystkich miesięcy. Również dość często występują inwersje o grubości 500-700 m (4 przypadki). Inwersje o grubości powyżej 1000 m, we wrześniu nie występują. W październiku liczba inwersji zaczyna się zmniejszać, ale również najczęściej występują inwersje o grubości 300-500 i 500-700 m. W listopadzie także najczęstsze są inwersje o grubości 300-500 m, jednak przewaga ich nad pozostałymi nie jest już tak duża, jak w miesiącach letnich. W grudniu w odróżnieniu od pozostałych miesięcy najczęściej występują inwersje o grubości 700-1000 m, a dopiero na drugim miejscu znajdują się inwersje o grubości 300-500 m. Inwersje o grubościach do 100 m, jak już było powiedziane występują dosyć rzadko. Wystąpiły one tylko w lutym, maju i październiku. Inwersje o miąższości 100-200 m, nie występowały w listopadzie i grudniu. Inwersje, których grubość przekraczała 1000 m nie były notowane w kwietniu, maju, lipcu, wrześniu i listopadzie.

Z liczby inwersji radiacyjnych w czterech porach roku w poszczególnych przedziałach grubości wynika, że na wiosnę najczęściej występują inwersje o grubości 300-500 m – 16,6, 700-1000 m – 5,4 i 500-700 m – 5,2 przypadków. W lecie inwersje o grubości 300-500 występują o liczebności aż 27,2 i są najczęstsze w porównaniu z częstością inwersji w pozostałych porach roku. Również dość często występują inwersje o grubości 500-700 i 200-300 m. Inwersje cieńsze od 100 m, nie występowały. Jesienią liczba inwersji o grubości 300-500 m, jest jeszcze znaczna i wynosi 19,6. Dość często występują także inwersje o grubości 500-700 i 700-1000 m. W zimie inwersje o grubości 300-500 m również występują najczęściej, jednak nie wyróżniają się zbytnio w stosunku do inwersji o grubości 500-700 i 700-1000 m. Ponadto inwersje o grubości powyżej 1000 m są tu najczęstsze w porównaniu z pozostałymi porami roku.

Rozpatrując średnie roczne liczby inwersji w poszczególnych przedziałach grubości widać, że najczęstsze są inwersje o średnich grubościach – od 200 do 1000 m. najczęściej występują inwersje o grubości 300-500 m i następnie kolejno 500-700, 700-1000 i 200-300 m.

Zarówno w średnich miesięcznych, średnich dla czterech pór roku i w średnich rocznych widać wyraźnie jak w miarę wzrostu grubości inwersji radiacyjnych zwiększaja się ich liczba. Maksimum występuje przy grubości 300-500 m, i następnie rozpoczyna się spadek liczby inwersji. W niektórych miesiącach zimowych i w zimnej porze roku od tego rozkładu są odchylenia – czasami maksimum liczby inwersji przypada na większe grubości. Spowodowane jest to tym, że długie zimowe noce sprzyjają powstawaniu bardzo grubych inwersji radiacyjnych. Niskie położenie Słońca i słabe nagrzania gruntu w dzień nie powoduje ich zanikui, w ciągu następnych nocy inwersja się pogłębia osiągając w sprzyjających warunkach bardzo dużą miąższość. W lecie inwersje radiacyjne mogą powstawać tylko w nocy, a w dzień ulegają likwidacji, to też grubość ich nigdy nie jest tak duża jak w zimie. Brak lub mała liczba inwersji o grubości mniejszej od 100 m, jest spowodowana dużą

bezwładnością termometru bimetalowego stosowanego w radiosondzie. Urządzenie to nie jest zbyt dokładne i czułe. Możliwe, że przy dość dużej prędkości wznoszenia radiosondy i małej grubości inwersji, termometr w ogóle nie zdąży na nią zareagować.

Grubość warstw inwersji adwekcyjnych

Rozpatrując średnie miesięczne liczby inwersji adwekcyjnych w różnych przedziałach grubości w poszczególnych miesiącach widać, że nie ma tu już takiej regularności, jak przy inwersjach radiacyjnych. Jest to zrozumiałe, jeśli się weźmie pod uwagę, że wpływ na ich miąższość ma grubość wdzierającego się ciepłego powietrza. Ponadto występują one w porównaniu z inwersjami radiacyjnymi dosyć rzadko. Również i w przypadku inwersji adwekcyjnych grubość do 100 m, jest reprezentowana niezmiernie rzadko. Inwersje do grubości do 100 m, występują tylko w kwietniu i grudniu. Niezbyt często występują także inwersje adwekcyjne o grubości 100-200 m. Występowały one tylko w styczniu, marcu, kwietniu, maju i październiku. Inwersje o grubości 300-500 m, notowane są prawie we wszystkich miesiącach najczęściej, z wyjątkiem lutego, kiedy maksymalna liczba inwersji ma grubość 300-500 i 700-1000 m, oraz w grudniu, kiedy maksymalna liczba inwersji ma grubość 700-1000 m. Inwersje powyżej 1000 m są raczej dość rzadkie i występują w lutym i maju.

Rozpatrując średnie liczby inwersji w poszczególnych przedziałach grubości w czterech porach roku widać tu już większą prawidłowość. Wiosną, latem i jesienią liczba inwersji począwszy od małych grubości wzrasta. Przy grubości 300-500 m, występuje maksimum i następnie liczba inwersji zaczyna maleć. W zimie inwersji adwekcyjnych jest najwięcej. Występują tu wyraźnie dwa maksima: przy grubości 300-500 i 700-1000 m. Również w średnich rocznych najczęściej występują inwersje o grubości 300-500, 700-1000 i 500-700 m.

Zależność częstości występowania inwersji w swobodnej atmosferze od wysokości

Największa liczba inwersji występuje blisko powierzchni Ziemi. W średnich rocznych na wysokości 100 – 500 znajdowało się przeszło 31 inwersji, a na wysokości 500-1000 m – 28 inwersji. Im większa jest wysokość, tym mniejsza jest liczba inwersji. Do wysokości 1500 m spadek liczby inwersji wraz ze wzrostem wysokości jest stosunkowo równomierny. Od 1500 do 2200 m spadek jest wolniejszy. Następnie spadek do 3000 m znów jest szybszy i począwszy od 3000 m wzwyż, liczba inwersji jest bardzo mała, ale też i spadek liczby inwersji ze wzrostem wysokości jest stosunkowo niewielki.

Duża liczba inwersji w pobliżu powierzchni ziemi spowodowana jest silnym wpływem podłoża na temperaturę powietrza. Wpływ ten jest szczególnie duży w pobliżu gruntu i w miarę wzrostu wysokości stopniowo maleje. Jak z tego widać na inwersje temperatury w swobodnej atmosferze duży wpływ ma powierzchnia ziemi. Inwersje występujące na dużych wysokościach, na które powierzchnia ziemi nie ma wpływu, występują rzadziej.

Częstość występowania warstw inwersyjnych w swobodnej atmosferze o różnej grubości

Średnie miesięczne częstości występowania inwersji o różnych grubościach świadczą o dużej przewadze liczby inwersji o grubości od 200 do 600 m. Maksimum częstości in-

wersji o grubościach 200 – 400 m występuje w styczniu, lutym, marcu, kwietniu, czerwcu, sierpniu i listopadzie. Duża liczba inwersji zwłaszcza w styczniu, lutym, marcu i listopadzie występuje także w przedziale grubości 400-600 m. W maju, lipcu, październiku i grudniu, maksimum liczby inwersji znajduję się w przedziale grubości 200-400 m. W poszczególnych porach roku maksimum częstości występowania inwersji znajduję się w przedziale grubości 200-400 m. Wiosną i latem rzadziej występują inwersje o dużej miąższości – powyżej 800 m. Jesienią i zimą inwersje o dużej miąższości występują częściej. Inwersje o grubości przekraczającej 1500 m występują niezmiernie rzadko. W średnich rocznych również pierwsze miejsce pod względem częstości występowania zajmują inwersje o grubości 200-400 m – średnio występują o liczebności 35 w ciągu roku. Drugie miejsce zajmują inwersje o grubości 400- 600 m – średnio 28 przypadków w roku. Inwersje o grubości od 0 do 200 m występują średnio o liczebności 16 na rok, a o grubości 600-800 m – 15. Inwersje o grubości powyżej 1500 m występują zaledwie jeden raz na rok.

Tabela 1. Średnia liczba przypadków inwersji w zależności od rodzaju masy powietrza w Legionowie, w okresie 1.I.1954-31.XII.1958 r.

Masy	Radiacyjne	Adwekcyjne	∑	Frontalne	Osiadania	Nieokreślone	∑
Wiosna							
PPm	7,2	2,2	9,4	0,8	1,0	1,2	3,0
PPms	9,4	0,8	10,2	1,2	2,2	3,4	6,8
PPk	13,6	1,0	14,6	1,2	7,8	5,0	14,0
PA	3,2	-	3,2	1,0	2,2	1,0	4,2
PZ	1,4	0,4	1,8	0,2	-	0,2	0,4
Lato							
PPm	15,2	0,6	15,8	2,6	3,2	1,6	7,4
PPms	18,4	1,0	19,4	0,6	2,2	1,4	4,2
PPk	12,6	0,4	13,0	0,2	0,2	0,6	1,0
PA	1,4	-	1,4	-	0,2	0,4	0,6
PZ	1,6	-	1,6	-	-	-	-
Jesień							
PPm	12,0	0,6	12,6	0,6	5,6	2,0	8,2
PPms	10,0	0,6	10,6	1,0	4,6	4,0	9,6
PPk	12,4	0,6	13,0	0,8	3,8	3,0	7,6
PA	1,8	-	1,8	-	0,6	0,2	0,8
PZ	0,2	0,2	0,4	-	0,2	0,4	0,6
Zima							
PPm	3,8	2,4	6,2	2,4	3,0	3,2	8,6
PPms	5,0	3,0	8,0	1,4	3,6	4,8	9,8
PPk	9,8	1,2	11,0	2,2	10,8	5,4	18,4
PA	0,8	-	0,8	1,6	1,0	0,8	3,4
PZ	0,4	0,8	1,2	-	-	0,4	0,4
Rok							
PPm	38,2	5,8	44,0	6,4	12,8	8,0	27,2
PPms	42,8	5,4	48,2	4,2	12,6	13,6	30,4
PPk	48,4	3,2	51,6	4,4	22,6	14,0	41,0
PA	7,2	-	7,2	2,6	4,0	2,4	9,0
PZ	3,6	1,4	5,0	0,2	0,2	1,0	0,4

Tabela 2. Średnia liczba inwersji przyziemnych w poszczególnych układach ciśnienia w Legionowie, za okres 1.I.1954-31.XII.1958 r.

Inwersje	Wyż	Klin	Niż	Zatoka	Siodło	Bezgradientowe	∑
	Wiosna						
Radiacyjne	10,0	9,8	2,4	3,2	1,6	7,8	34,8
Adwekcyjne	-	-	1,8	1,8	0,4	0,4	4,4
∑	10,0	9,8	4,2	5,0	2,0	8,2	39,2
	Lato						
Radiacyjne	10,4	15,2	1,8	5,2	1,2	15,4	49,2
Adwekcyjne	-	-	0,4	1,4	-	0,2	2,0
∑	10,4	15,2	2,2	6,6	1,2	15,6	51,2
	Jesień						
Radiacyjne	14,0	10,0	0,4	3,6	1,0	7,4	36,4
Adwekcyjne	0,6	0,4	0,4	0,6	-	-	2,0
∑	14,6	10,4	0,8	4,2	1,0	7,4	38,4
	Zima						
Radiacyjne	10,4	6,0	-	1,6	0,4	1,4	19,8
Adwekcyjne	0,2	0,8	2,8	3,4	-	0,2	7,4
∑	10,6	6,8	2,8	5,0	0,4	1,6	27,2
	Rok						
Radiacyjne	44,8	41,0	4,6	13,6	4,2	32,0	140,2
Adwekcyjne	0,8	1,2	5,4	7,2	0,4	0,8	15,8
∑	45,6	42,2	10,0	20,8	4,6	32,8	156,0

Tabela 3. Średnia liczba inwersji w swobodnej atmosferze w poszczególnych układach ciśnienia w Legionowie, za okres 1.I.1954-31.XII.1958 r.

Inwersje	W	K	N	Z	S	B	∑
	Wiosna						
Frontalne	-	0,2	1,4	2,4	0,2	0,2	4,4
Osiadania	9,2	3,8	-	-	-	0,2	13,2
Nieokreślone	1,2	2,0	2,0	2,0	0,8	2,8	10,8
∑	10,4	6,0	3,4	4,4	1,0	3,2	28,4
	Lato						
Frontalne	0,2	0,6	0,6	1,4	0,2	0,4	3,4
Osiadania	3,4	2,4	-	-	-	-	5,8
Nieokreślone	0,2	0,8	0,4	1,4	-	1,2	4,0
∑	3,8	3,8	1,0	2,8	0,2	1,6	13,2
	Jesień						
Frontalne	0,6	-	0,4	1,0	0,2	0,2	2,4
Osiadania	10,6	4,2	-	-	-	-	14,8
Nieokreślone	0,6	2,6	1,0	3,6	0,4	1,4	9,6
∑	11,8	6,8	1,4	4,6	0,6	1,6	26,8
	Zima						
Frontalne	0,2	1,2	2,4	3,4	0,2	0,2	7,6
Osiadania	11,2	7,2	-	-	-	-	18,4
Nieokreślone	2,6	3,4	1,8	5,0	0,8	1,0	14,6
∑	14,0	11,8	4,2	8,4	1,0	1,2	40,6
	Rok						
Frontalne	1,0	2,0	4,8	8,2	0,8	1,0	17,8
Osiadania	34,4	17,6	-	-	-	0,2	52,2
Nieokreślone	4,6	8,8	5,2	12,0	2,0	6,4	39,0
∑	40,0	28,4	10,0	20,2	2,8	7,6	109,0

Tabela 4. Częstość występowania inwersji radiacyjnych w przedziałach grubości w Legionowie, w okresie 1.I.1954-31.XII.1958 r.

	Grubość warstwy (m)							Σ
	0-100	101-200	201-300	301-500	501-700	701-1000	1001-1500	
I	-	1,0	0,2	2,0	1,4	0,6	1,0	6,2
II	0,2	0,4	0,8	2,8	2,2	1,8	0,8	9,0
III	-	0,6	1,0	3,2	1,2	1,4	1,6	9,0
IV	-	0,8	1,4	5,2	1,6	0,4	-	9,4
V	0,2	0,6	1,2	8,2	2,4	3,6	0,2	16,4
VI	-	1,0	2,6	8,8	3,8	1,0	0,2	17,4
VII	-	1,0	1,6	9,4	2,2	1,2	-	15,4
VIII	-	0,2	2,4	9,0	2,8	1,6	0,4	16,4
IX	-	0,2	1,4	10,2	4,0	1,4	-	17,2
X	0,2	0,4	1,6	7,0	2,8	2,4	0,6	15,0
XI	-	-	0,4	2,4	0,6	0,8	-	4,2
XII	-	-	0,2	1,2	0,6	2,0	0,6	4,6
Rok	0,6	6,2	14,8	69,4	25,6	18,2	5,4	140,2

Tabela 5. Częstość występowania inwersji adwekcyjnych w przedziałach grubości w Legionowie, w okresie 1.I.1954-31.XII.1958 r.

	Grubość warswy (m)							Σ
	0-100	101-200	201-300	301-500	501-700	701-1000	1001-1500	
I	-	0,2	-	1,0	-	0,2	-	1,4
II	-	-	0,4	0,8	0,4	0,8	0,4	2,8
III	-	0,2	-	1,0	0,2	0,2	-	1,6
IV	0,2	0,2	-	0,8	-	0,4	-	1,6
V	-	0,2	-	0,4	0,2	0,2	0,2	1,2
VI	-	-	-	0,2	-	0,2	-	0,4
VII	-	-	-	0,6	-	-	-	0,8
VIII	-	-	0,2	0,4	0,2	0,2	-	0,8
IX	-	-	-	0,2	-	-	-	0,2
X	-	0,2	-	0,4	-	-	-	0,6
XI	-	-	0,2	0,8	0,2	-	-	1,2
XII	-	-	-	1,0	0,8	1,2		3,2
Rok	0,4	1,0	0,8	7,6	2,0	3,4	0,6	15,8

Tabela 6. Średnia częstość występowania inwersji w przedziałach grubości warswy w Legionowie, za okres 1.I.1954 – 31.XII.1958 .

Inwersje radiacyjne								∑
Grubość warstwy (m)	0-100	101-200	201-300	301-500	501-700	701-1000	1001-1500	
Wiosna	0,2	2,0	3,6	16,6	5,2	5,4	1,8	34,8
Lato	-	2,2	6,6	27,2	8,8	3,8	0,6	49,2
Jesień	0,2	0,6	3,4	19,6	7,4	4,6	0,6	36,4
Zima	0,2	1,4	1,2	6,0	4,2	4,4	2,4	19,8
Rok	0,6	6,2	14,8	69,4	25,6	18,2	5,4	140,2
Inwersje adwekcyjne								
Wiosna	0,2	0,6	-	2,2	0,4	0,8	0,2	4,4
Lato	-	-	0,2	1,2	0,2	0,4	-	2,0
Jesień	-	0,2	0,2	1,4	0,2	-	-	2,0
Zima	0,2	0,2	0,4	2,8	1,2	2,2	0,4	7,4
Rok	0,4	1,0	0,8	7,6	2,0	3,4	0,6	15,8

Tabela 7. Średnia liczba inwersji w swobodnej atmosferze w przedziałach grubości warstwy w Legionowie, za okres 1.I.1954-31.XII.1958 r.

Grubość warstwy (m)	0-200	201-400	401-600	601-800	801-1000	1001-1200	1201-1500	1501-2000	∑
I	2,8	6,0	4,6	2,0	1,2	1,6	0,4	-	18,6
II	1,4	3,8	2,8	0,8	1,6	0,2	0,2	-	10,8
III	1,8	5,0	3,2	2,4	0,8	-	0,2	0,2	13,6
IV	1,0	2,6	1,4	1,2	0,4	-	-	-	6,6
V	2,2	1,6	2,6	1,0	0,6	-	0,2	-	8,2
VI	0,8	2,6	2,2	0,4	-	0,2	-	-	6,2
VII	0,8	0,6	1,0	0,6	-	-	0,2	-	3,2
VIII	0,8	1,4	0,6	0,6	0,4	-	-	-	3,8
IX	0,4	0,6	0,6	0,4	0,2	-	-	-	2,8
X	1,4	2,6	2,8	1,2	0,4	0,4	-	-	8,8
XI	1,2	5,8	2,6	2,0	2,0	1,0	0,2	0,4	15,2
XII	1,6	2,8	3,6	1,8	0,6	0,4	-	0,4	11,2
∑	16,2	35,4	28,0	14,6	8,4	4,0	1,4	1,0	109,0

Tabela 8. Średnia liczba inwersji w swobodnej atmosferze w przedziałach grubości w Legionowie, za okres 1.I.1954-31.XII.1958 r.

h (m)	0-200	201-400	401-600	601-800	801-1000	1001-1200	1201-1500	1501-2000	∑
Wiosna	5,0	9,2	7,2	4,6	1,8	-	0,4	0,2	28,4
Lato	2,4	4,6	3,8	1,6	0,4	0,2	0,2	-	13,2
Jesień	3,0	9,0	6,0	3,8	2,8	1,6	0,2	0,4	26,8
Zima	5,8	12,6	11,0	4,6	3,4	2,2	0,6	0,4	40,6
∑	16,2	35,4	28,0	14,6	8,4	4,0	1,4	1,0	109,0

Tabela 9. Średnia liczba inwersji w przedziałach grubości (*h*) i wysokości (*H*) w Legionowie, za okres 1.I.1954-31.XII.1958 r. (Wiosna)

H/h	0-200	201-400	401-600	601-800	801-1000	1001-1200	1201-1500	1501-2000	∑
100-500	1,4	2,6	2,0	1,0	0,6	-	0,2	-	7,8
501-1000	2,4	2,2	1,4	1,2	0,2	-	-	-	7,4
1001-1500	0,2	1,8	1,0	1,0	0,2	-	-	-	4,2
1501-2000	0,4	1,2	0,8	0,4	0,4	-	-	0,2	3,4
2001-2500	0,2	0,8	1,0	0,6	0,2	-	-	-	2,8
2501-3000	0,4	0,6	0,6	0,4	0,2	-	0,2	-	2,4
3001-3500	-	-	0,4	-	-	-	-	-	0,4
3501-4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4001-4500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4501-5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
∑	5,0	9,2	7,2	4,6	1,8	-	0,4	0,2	28,4

Tabela 10. Średnia liczba inwersji w przedziałach grubości (*h*) i wysokości (*H*) w Legionowie, za okres 1.I.1954-31.XII.1958 r. (Lato)

H/h	0-200	201-400	401-600	601-800	801-1000	1001-1200	1201-1500	1501-2000	∑
100-500	1,2	2,2	0,8	0,4	0,2	-	0,2	-	5,0
501-1000	0,2	0,4	0,8	0,4	0,2	-	-	-	2,0
1001-1500	0,6	0,2	0,2	0,2	-	-	-	-	1,2
1501-2000	0,2	0,2	0,8	0,2	-	0,2	-	-	1,6
2001-2500	-	0,6	0,8	0,2	-	-	-	-	1,6
2501-3000	0,2	0,6	0,2	-	-	-	-	-	1,0
3001-3500	-	0,2	0,2	-	-	-	-	-	0,4
3501-4000	-	0,2	-	0,2	-	-	-	-	0,4
4001-4500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4501-5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
∑	2,4	4,6	3,8	1,6	0,4	0,2	0,2	-	13,2

Tabela 11. Średnia liczba inwersji w przedziałach grubości (*h*) i wysokości (*H*) w Legionowie, za okres 1.I.1954-31.XII.1958 r. (Jesień)

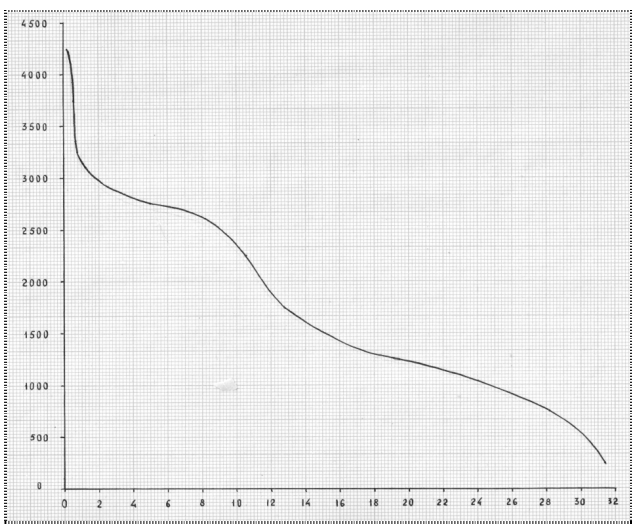
H/h	0-200	201-400	401-600	601-800	801-1000	1001-1200	1201-1500	1501-2000	∑
100-500	0,6	3,4	1,2	0,8	0,2	0,2	-	0,2	6,6
501-1000	0,6	2,4	1,6	0,6	1,0	1,0	-	0,2	7,4
1001-1500	1,4	1,6	1,4	1,4	1,0	0,2	0,2	-	7,2
1501-2000	0,2	0,8	0,6	0,4	0,6	0,2	-	-	2,8
2001-2500	0,2	0,4	1,0	0,6	-	-	-	-	2,2
2501-3000	-	0,4	0,2	-	-	-	-	-	0,6
3001-3500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3501-4000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4001-4500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4501-5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
∑	3,0	9,0	6,0	3,8	2,8	1,6	0,2	0,4	26,8

Tabela 12. Średnia liczba inwersji w przedziałach grubości (*h)* i wysokości (*H*) w Legionowie, za okres 1.I.1954-31.XII.1958 r. (Zima)

H/h	0-200	201-400	401-600	601-800	801-1000	1001-1200	1201-1500	1501-2000	∑
100-500	2,2	3,2	3,0	1,0	1,0	1,2	0,2	0,2	12,0
501-1000	1,0	4,0	2,0	2,0	1,0	0,8	0,4	0,2	11,4
1001-1500	0,8	2,4	2,6	0,4	0,4	0,2	-	-	6,8
1501-2000	1,0	1,8	1,0	0,4	0,8	-	-	-	5,0
2001-2500	0,6	1,0	1,6	0,6	0,2	-	-	-	4,0
2501-3000	0,2	-	0,6	0,2	-	-	-	-	1,0
3001-3500	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3501-4000	-	0,2	-	-	-	-	-	-	0,2
4001-4500	-	-	0,2	-	-	-	-	-	0,2
4501-5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
∑	5,8	12,6	11,0	4,6	3,4	2,2	0,6	0,4	40,6

Tabela 13. Średnia liczba inwersji w przedziałach grubości (*h*) i wysokości (*H*) w Legionowie, za okres 1.I.1954 – 31.XII.1958 r. (Rok)

H/h	0-200	201-400	401-600	601-800	801-1000	1001-1200	1201-1500	1501-2000	∑
100-500	5,4	11,4	7,0	3,2	2,0	1,4	0,6	0,4	31,4
501-1000	4,2	9,0	5,8	4,2	2,4	1,8	0,4	0,4	28,2
1001-1500	3,0	6,0	5,2	3,0	1,6	0,4	0,2	-	19,4
1501-2000	1,8	4,0	3,2	1,4	1,8	0,4	-	0,2	12,8
2001-2500	1,0	2,8	4,4	2,0	0,4	-	-	-	10,6
2501-3000	0,8	1,6	1,6	0,6	0,2	-	0,2	-	5,0
3001-3500	-	0,2	0,6	-	-	-	-	-	0,8
3501-4000	-	0,4	-	0,2	-	-	-	-	0,6
4001-4500	-	-	0,2	-	-	-	-	-	0,2
4501-5000	-	-	-	-	-	-	-	-	-
∑	16,2	35,4	28,0	14,6	8,4	4,0	1,4	, 10	109,0



Rys. 1. Średnia roczna liczba (*L*) inwersji w swobodnej atmosferze w poszczególnych przedziałach wysokości (*H*, m) zalegania podstawy inwersji w Legionowie w okresie 1.I. 1954-31.XII. 1958 r.

3.5. Bioklimat Dziekanowa Leśnego

3.5.1. Bioklimat Dziekanowa Leśnego

Autor: Małgorzata G N I A D E K
Opiekunowie naukowi: Wincenty O K O Ł O W I C Z ,
Zofia K A C Z O R O W S K A , Maria S T O P A

Celem opracowania jest charakterystyka bioklimatu miejscowości podmiejskiej o charakterze uzdrowiskowo- wypoczynkowym, położonej na skraju Puszczy Kampinoskiej w Dziekanowie Leśnym i porównanie go z bioklimatem Otwocka.

Podstawą do opracowania klimatu Dziekanowa Leśnego były materiały archiwalne obserwacji meteorologicznych ze stacji Zakładu Ekologii PAN z lat 1961-1965 oraz badania własne autorki prowadzone w okresie od 1 marca 1967r. do 31 marca 1968 r. W pracy wykorzystano metodę kompleksową klasyfikacji pogód Fiodorowa-Czubukowa, która okazuje się najlepszą metodą z punktu widzenia medycyny. Charakterystykę układu pogód uzupełniono krótką charakterystyką wybranych elementów meteorologicznych. Ważniejsze wyniki badań przedstawiono w tab. 1-6 i na rys. 1-3.

W analizowanej klasyfikacji pogód w Dziekanowie Leśnym występuje dwanaście klas od 2 do 13 (tab. 6). Nie występuje klasa 1 – słoneczna, bardzo gorąca (średnia dobowa temperatura powietrza 22,5-42,4°C) i bardzo sucha (średnia dobowa wilgotność do 60%). Z pogód okresu letniego nie występuje też pogoda bardzo gorąca i bardzo wilgotna (klasa 1). Wśród pogód mroźnych nie zanotowano w badanym okresie klasy 14 – pogody srogo mroźnej i 15 – skrajnie mroźnej o średnich temperaturach dobowych poniżej -32,5°C.

Z pogód letniej pory roku największą częstość przejawia klasa 3 – pogody słoneczne o średniej temperaturze dobowej do 27,4°C i wilgotności >60%, zachmurzeniu poniżej 60% pokrycia nieba (nie uwzględniając wysokiego) i brakiem opadów. Największa frekwencja tej klasy przypada we wrześniu (42,6%), czerwcu i lipcu (30% dni) oraz w sierpniu (25%).

Pogody klasy 4 (chmurne dniem i pogodne nocą) występują w ciągu całego roku z większą częstością w miesiącach letnich (czerwiec 16,6%). Podobny przebieg ma klasa 5 (umiarkowanie wilgotna z pogodnym dniem, a chmurną nocą) z większą frekwencją w czerwcu (>14%). Z klas ciepłej pory roku zaledwie dwukrotnie w 5 latach obserwowano pogodę słoneczną, gorącą i suchą klasy 2. Większą rolę odgrywają licznie występujące pogody klasy 6 i 7, które charakteryzują się dużym zachmurzeniem w ciągu całej doby, wysokimi średnimi dobowymi temperaturami powietrza do 22,4°C oraz szerokim zakresem wilgotności względnej. Klasy te występują w ciągu całego roku a ich udział w niektórych miesiącach przekracza 50% (maj, listopad). W ciepłej połowie roku zdarzają się też pogody przymrozkowe i pochmurne – klasa 8 i słoneczne – 9. Pojawiają się one sporadyczne w sierpniu, częściej we wrześniu, a na wiosnę utrzymują się do maja. W grupie klas mroźnych występowały w badanym 5-leciu klasy: 10, 11 i 12, a tylko 2-krotnie klasa 13.

Taka struktura klimatu w pogodach kształtowana jest przez rożne typy cyrkulacji atmosferycznej (cyklonalne i antycyklonalne), a częsta zmienność typów jest specyficzna

dla przejściowego klimatu Polski. W celu oceny stałości klas pogód w poszczególnych porach roku sporządzono tab. 2, z której wynika, że wśród wszystkich klas zdecydowanie przeważają pogody o czasie trwania jednej doby. Okazało się, że do najbardziej stałych należą pogody mroźne zimą, które utrzymują się niekiedy 10 dni (w lutym 1963r. klasa 11 występowała przez 22 dni z rzędu). Latem do najbardziej trwałych należą pogody słoneczne utrzymujące się przez 6 kolejnych dni.

Formowanie się klas pogody i ich następstwo ma ścisły związek z występującymi sytuacjami synoptycznymi. Zmiany pogód niekiedy mają charakter skokowy, a kontrastowość pogód ujemnie wpływa na zdrowie i samopoczucie człowieka. Przedstawiono zatem kontrastowość zmian pogód w porach roku, przyjmując przy charakterystyce zmienności układu pogód progi częstości:

- bardzo stałe: <25% dni w miesiącu,
- stałe: 25-34% dni w miesiącu,
- zmienne: 35-50% dni w miesiącu,
- silnie zmienne >50% dni w miesiącu.

W Dziekanowie Leśnym najmniejszą kontrastowością cechuje się zima 31% i lato 32%. Nieco większą kontrastowość mają pory przejściowe :jesień 35% i wiosna 43%.

Przeprowadzona analiza struktury klimatu w rodzajach pogody wraz z jej bioklimatyczną interpretacją oraz oceną meteorologicznych warunków klimatoterapii i klimatoprofilaktyki wykazała, że przy zastosowaniu specjalnych środków mających na celu stworzenie jak najlepszych warunków odczucia ciepła. Dziekanów Leśny może służyć jako ośrodek rehabilitacji leczniczej. Trzeba zwrócić uwagę, że rehabilitacja obejmująca stadium przejściowe od chwili, gdy proces chorobowy i proces czynnego leczenia jest zasadniczo zakończony a zaczyna się okres rekonwalescencji pacjenta, będzie zajmować w przyszłości dni coraz pocześniejsze miejsce w uzdrowiskach. Postępowanie lecznicze w tym okresie ustawia się pod kątem szybkiego przywrócenia pełni sił fizycznych, polepszenia sprawności funkcjonalnej organizmu niszczonego poprzednio przez chorobę a także regeneracji psychiki pacjenta. Właśnie w tym aspekcie bardzo istotną rolę odgrywa uzdrowiskowe leczenie klimatyczne, stanowiące metodę leczenia bodźcowego, prowadzącego do przestrojenia organizmu i wzmożenia jego sił obronnych. Proces leczniczy polega na tym, że włącza się na pewien czas człowieka w korzystne przy danym schorzeniu środowisko przyrodnicze, gdzie działa w sposób dynamiczny zespół naturalnych czynników. Bodźce te wywołują usprawnienie funkcji organizmu i przyczyniają się do regeneracji chorych tkanek i narządów. Niektórzy autorzy przy leczeniu lub rehabilitacji uzdrowiskowej szczególnie podkreślają, że uzdrowiska niwelują niekorzystny wpływ domestykacji i cywilizacji stanowiących podłoże wielu schorzeń. Kontakt z przyrodą, walory krajobrazowe wywierają też niewątpliwie dodatni wpływ na psychikę chorego. Człowiek nie może usunąć całkowicie niesprzyjających wpływów pogody ani też regulować jej przebiegu, lecz może niektóre elementy szkodliwe wyeliminować (np. wpływ wiatru), aby uzyskać lepsze warunki odczucia ciepła. Powinno się również wykorzystywać na klimatoterapię tylko te pory dnia, w których istnieją warunki komfortu atmosferycznego. Należy jednak zwrócić uwagę, że odczucie komfortu zmienia się w przebiegu rocznym, w chłodnej porze roku występuje tylko przy pogodach słonecznych w pełnym słońcu w godzinach okołopołudniowych, natomiast w ciepłej porze roku – w miejscach ocienionych i przez większą część dnia.

Warunki klimatyczne Dziekanowa Leśnego charakteryzują się dużym zróżnicowaniem pogód. Największą zmienność wykazują pogody wczesną wiosną i późną jesienią, a najbardziej stałe to mroźne zimą i słoneczne latem. Stałość pogody jest bardzo korzystną cechą klimatu, ponieważ nie wymaga od organizmu człowieka szybkiego przysposobienia się do nowych warunków atmosferycznych.

Organizm chorego człowieka, który przebywa na leczeniu, nie jest odporny na duże wahania temperatury. Niesprzyjającą więc cechą jest występowanie dużych kontrastów termicznych. Szczególnie znaczne wartości amplitud dobowych występują latem, a niekorzystne zmiany średniej dobowej temperatury z dnia na dzień zimą. Jednak udział procentowy tych niekorzystnych pogód w Dziekanowie Leśnym jest niewielki.

Mniej korzystne są warunki wilgotnościowe. Dziekanów Leśny charakteryzuje się wysoką wilgotnością względną, co w lecie przy wysokich temperaturach stwarza uciążliwe dla człowieka warunki parności.

W pracy porównano też warunki bioklimatyczne dwu podwarszawskich miejscowości uzdrowiskowych Dziekanowa Leśnego i Otwocka, w szczególności charakterystykę struktury klas pogody wg warunków odczucia ciepła dla ludzi chorych na gruźlicę, posiłkując się wartościami temperatury ekwiwalentnej z godziny 13.00. Okazało się że w tym aspekcie obie miejscowości mają bardzo zbliżone warunki klimatoterapeutyczne z lekką przewagą Otwocka i wydaje się nie słuszna (z klimatycznego punktu widzenia) decyzja przeniesienia Sanatorium Przeciwgruźliczego z Dziekanowa Leśnego do Otwockiego zespołu leczniczego, który dla pewnych grup chorych jest zbyt suchy. Wydaje się, że Dziekanów Leśny mógłby nadal spełniać warunki ośrodka leczniczego. Ponadto Dziekanów Leśny wyróżnia się też korzystnie pod względem czystości powietrza.

Do walorów Dziekanowa Leśnego należą ładne widoki krajobrazowe i urok Puszczy Kampinoskiej. Lasy sosnowe odświeżają powietrze, są też naturalną przeszkodą, lecz nie zbyt zmniejszającą prędkość wiatru, zapewniając jednocześnie przewietrzanie terenu.

Najkorzystniejszy okres do leczenia klimatycznego istnieje od maja do października, kiedy to pogody słoneczne, sprzyjające klimatoterapii, wykazują największą częstość i stwarzają warunki komfortu atmosferycznego (w miesiącach letnich $>5\%$, we wrześniu $>20\%$ dni). W okresie od czerwca do września zdarzają się dość często warunki przegrzania podczas dnia a dopiero nocą występujący stan komfortu umożliwia spanie chorych na werandach. Przy warunkach przechłodzenia, które jednak wykazują znaczną częstość konieczne jest stosowanie urządzeń zabezpieczających od ochładzającego wpływu wiatru. Próbne badania w domku campingowym wykazały duże błędy w sposobie ich budowy, gdyż nie chronią dostatecznie od chłodu podczas występowania minimum temperatury w godzinach porannych, szybko ulegają nagrzewaniu (szczególnie dach pokryty papą) i w godzinach popołudniowych są bardzo częste przypadki przegrzania i parności, ze względu na brak odpowiedniej wentylacji.

Niniejsza praca stanowi osnowę, na podstawie której można by przeprowadzić szczegółową charakterystykę bioklimatyczną opierając się na wspólnych badaniach meteorologa i lekarza badającego reakcje chorych i wyniki rehabilitacji. Kierowanie chorych na leczenie klimatyczne powinno opierać się o udokumentowaną materiałami obserwacyjnymi charakterystykę bioklimatyczną regionu uzdrowiskowego i klimatu lokalnego danego uzdrowiska, uwzględniającą przebieg roczny pogód. Gorzej przedstawia się sprawa

lekarskiej oceny biologicznego oddziaływania klimatu i oceny wyników leczenia. Klimatoterapia jako metoda właściwa nie jest jeszcze w naszych uzdrowiskach zorganizowana i prowadzona, a badań z tego zakresu jest stosunkowo mało. W tym stanie rzeczy klimatofizjologiczną charakterystykę Dziekanowa Leśnego z konieczności ograniczono do interpretacji materiałów meteorologicznych w aspekcie ich biologicznego oddziaływania, do uwzględnienia wskaźników zespołowych, takich jak wielkość ochładzania powietrza, temperatura ekwiwalentna i efektywna, parność oraz oceny bioklimatu oparte na wynikach badań podawanych w literaturze z krajów o zbliżonych do naszych warunkach klimatycznych (wszelkie normy i kryteria brano z literatury radzieckiej).

W celu poznania warunków klimatoterapeutycznych konieczne jset wyposażenie stacji w dodatkowe przyrządy: anemograf do ciągłego zapisu prędkości wiatru na wysokości dostosowanej do badań specjalnych, frygorygraf do pomiarów ochładzania, a do pomiaru natężenia promieniowania słonecznego – solarygraf.

Klimatoterapia wymaga też pewnych specjalnych urządzeń takich jak: solarium, hala kryta, werandy do leżakowania, place do gier i zabaw, system odpowiednio wybranych szlaków spacerowych itp., które to urządzenia pozwoliły by na prowadzenie wszelkich form leczenia klimatycznego.

Tabela 1. Powtarzalność (w %) klas pogody wg miesięcy w Dziekanowie Leśnym za okres 1961-1965, a – bez opadów, b – z opadami

Klasy pogody		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
2		-	-	-	-	-	-	0,6	0,6	-	-	-	-
3		1,9	0,7	3,9	20,7	15,5	36,6	32,9	26,4	42,6	20,0	2,0	-
4	a	1,3	0,7	2,6	10,0	9,0	12,0	9,7	10,3	8,0	6,4	2,0	2,6
	b	0,6	-	0,6	0,7	2,6	4,6	5,2	4,5	4,0	2,6	-	-
5	a	1,3	-	3,2	6,0	7,7	6,7	9,0	10,3	8,0	8,4	2,0	0,6
	b	-	-	0,6	2,7	3,9	8,0	3,2	1,9	2,7	0,6	0,7	-
6		3,9	6,4	10,3	17,3	23,2	13,4	16,1	20,0	16,0	27,1	25,3	7,1
7		2,6	3,5	7,7	19,3	29,0	18,7	23,2	25,2	16,7	14,2	32,0	3,9
8		34,8	27,7	27,7	5,3	3,9	-	-	-	-	3,9	21,3	38,1
9		9,7	2,8	22,6	18,0	5,2	-	-	0,6	2,0	16,8	6,7	7,1
10		3,2	1,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4,5
11		25,1	46,8	18,7	-	-	-	-	-	-	-	7,9	29,6
12		14,1	9,9	1,9	-	-	-	-	-	-	-	-	6,4
13		1,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 2. Charakterystyka stałości klas pogody w Dziekanowie Leśnym wg pór roku (w liczbie przypadków). Okres 1961-1965, zima (XII, I, II)

Klasy pogody	Liczba kolejnych dni z tą samą klasą pogody						Zmiana klas pogody
	1	2	3	4-5	6-8	9-12	
3	4	-		-	-	-	3 → 8
4	8	-	-	-	-	-	4 → 8, 9
5	3	-	-	-	-	-	5 → 6, 7, 8
6	18	4	-	-	-	-	6 → 8, 4
7	13	1	-	-	-	-	7 → 8, 6
8	24	14	13	11	2	-	8 → 9, 6
9	17	4	2	-	-	-	9 → 8, 11
10	12	1	-	-	-	-	10 → 8, 11
11	15	14	7	4	4	3	11 → 8, 12
12	5	5	3	2	2	-	12 → 11
13	-	1	-	-	-	-	8 → 12

Tabela 3. Charakterystyka stałości klas pogody w Dziekanowie Leśnym wg pór roku (w liczbie przypadków). Okres 1961-1965, wiosna (III, IV, V)

Klasy pogody	Liczba kolejnych dni z tą samą klasą pogody						Zmiana klas pogody
	1	2	3	4-5	6-8	9-12	
3	24	2	2	2	2	-	3 → 5, 7
4	40	-	-	-	-	-	4 → 9, 3, 5
5	29	4	-	-	-	-	5 → 6, 7
6	35	13	4	1	-	-	6 → 7, 4
7	33	12	5	3	-	-	7 → 6, 4
8	19	10	5	1	-	-	8 → 9, 7
9	17	7	4	4	-	1	9 → 6, 8
11	2	3	-	2	2	-	11 → 9, 8
12	3	-	-	-	-	-	12 → 11

Tabela 4. Charakterystyka stałości klas pogody w Dziekanowie Leśnym wg pór roku (w liczbie przypadków). Okres 1961-1965, lato (VI, VII, VIII)

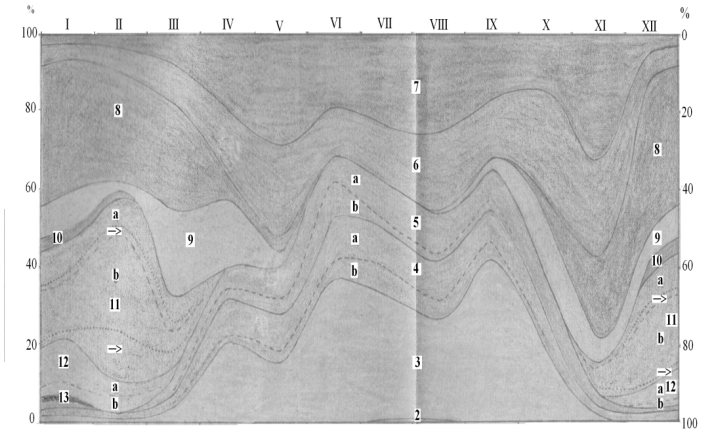
Klasy pogody	Liczba kolejnych dni z tą samą klasą pogody						Zmiana klas pogody
	1	2	3	4-5	6-8	9-12	
2	2	-	-	-	-	-	2 → 5
3	35	16	5	11	1	1	3 → 5, 7
4	62	4	-	-	-	-	4 → 3, 5
5	54	3	-	-	-	-	5 → 7, 6
6	44	10	1	2	-	-	6 → 7, 4
7	39	10	9	4	-	-	7 → 6, 4
9	1	-	-	-	-	-	9 → 3

Tabela 5. Charakterystyka stałości klas pogody w Dziekanowie Leśnym wg pór roku (w liczbie przypadków). Okres 1961-1965, jesień (IX, X, XI)

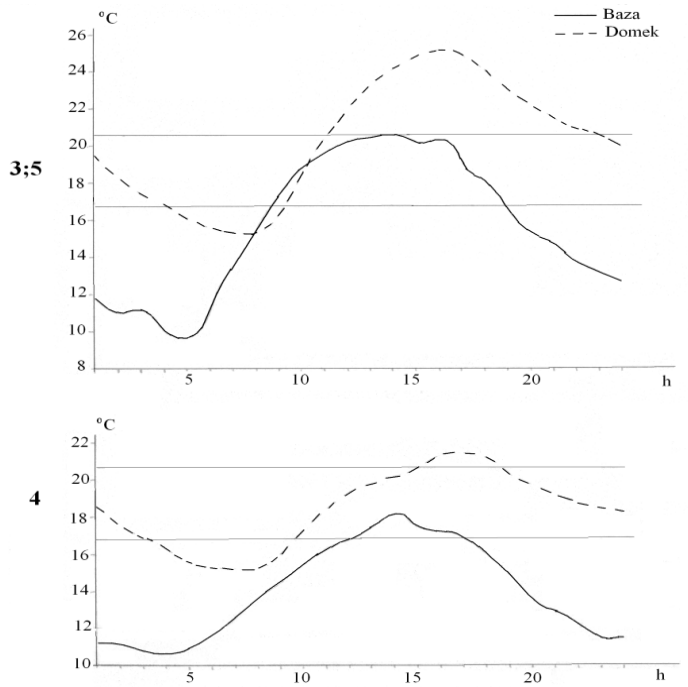
Klasy pogody	Liczba kolejnych dni z tą samą klasą pogody						Zmiana klas pogody
	1	2	3	4 - 5	6 - 8	9 - 12	
3	24	8	4	7	2	-	3 → 5, 6
4	35	-	-	-	-	-	4 → 3, 5
5	34	-	-	-	-	-	5 → 7, 4
6	34	14	5	5	1	-	6 → 7, 4, 3
7	41	11	5	4	-	-	7 → 6, 4
8	12	6	1	1	1	-	8 → 6
9	12	5	2	1	1	-	9 → 8
11	1	-	1	-	1	-	11 → 8

Tabela 6. Klasy pogody

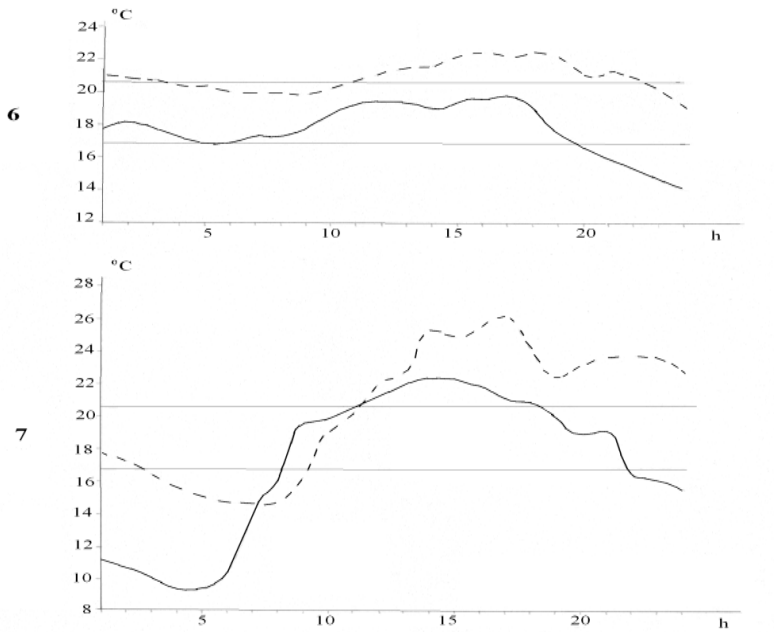
Klasy	Pogody bezmroźne
2	Słoneczna gorąca i sucha
3	Słoneczna umiarkowanie wilgotna
4	Pochmurna dniem pogodna nocą
5	Słoneczna, umiarkowanie wilgotna z chmurną nocą
6	Pochmurna bez opadów
7	Deszczowa
	Pogody mroźne
8	Z chmurnym dniem, z przejściem temperatury przez 0°C
9	Ze słonecznym dniem, z przejściem temperatury przez 0°C
10	Słabo mroźna (Śr.temperatura od 0 do -2,4 °C)
11	Umiarkowanie mroźna (temperatura od -2,5 do -12,4 °C)
12	Znacznie mroźna (temperatura od -12,5 do -22,4 °C)
13	Silnie mroźna, temperatura od -22,5 do -32,4 °C)
4 i 5	a . Bez opadów b. Z opadami
11 i 12	a Słoneczna b Pochmurna → Z wiatrem



Rys. 1. Dziekanów Leśny. Struktura klimatu w pogodach (1961-1965)



Rys. 2. Średni przebieg dobowy temperatury ekwiwalentnej w Dziekanowie Leśnym (Baza i Domek Kampingowy) w sierpniu 1967 r. w klasach pogody: 3 i 5 oraz 4



Rysunek 3 Średni przebieg dobowy temperatury ekwiwalentnej w Dziekanowie Leśnym (Baza i Domek Kampingowy) w sierpniu 1967 r. – w klasach pogody 6 i 7

3.6. Klimat w Morach

3.6.1 Charakterystyka termiczna sezonu grzewczego 1976/77 na przykładzie stacji w Morach

Autor: Bożena G R O C H U L S K A
Opiekunowie naukowi: Maria S T O P A - B O R Y C Z K A ,
Krzysztof O L S Z E W S K I

Cel i metody opracowania

Podstawowych wyników pomiarów do tego opracowania dostarczył posterunek klimatologiczny zainstalowany w Morach przez Zakład Klimatologii Instytutu Geografii Uniwersytetu Warszawskiego. Celem prowadzonych badań była charakterystyka meteorologiczna sezonu grzewczego 1976/1977. Miała ona posłużyć Instytutowi Energetyki jako materiał wyjściowy do prac nad nowymi systemami wykorzystania źródeł ciepła oraz poszukiwania optymalnych sposobów gospodarowania energią elektryczną. Wykonane opracowanie stanowi część całości, ograniczone do charakterystyk termicznych. W zainstalowanym posterunku klimatologicznym, działającym od trzeciej dekady października 1970 r. do końca kwietnia 1977 r., przeprowadzono pomiary temperatury, wilgotności powietrza (psychrometr Augusta), ciśnienia atmosferycznego (aneroid) oraz kierunku i prędkości wiatru (anemometr Robinsona) na standardowej wysokości 2m nad poziomem gruntu. Obserwacje wykonywano trzy razy na dobę o godzinie 7, 13, 19 uzupełniając je odczytami z termohigrografu.

Posterunek w Morach położony jest w zachodniej części Warszawy na obszarze podmiejskim. W bezpośrednim sąsiedztwie stacji od południa i wschodu znajdują się niskie zabudowania Instytutu Energetyki. Otoczenie ogródka meteorologicznego stanowią pola i sad.

Do charakterystyki warunków termicznych wykorzystano również dane z dwóch innych stacji warszawskich: Warszawa-Uniwersytet i Warszawa-Okęcie. Pierwsza z nich jest położona w Śródmieściu, w obszarze zwartej, średniowysokiej zabudowy. Odzwierciedla warunki śródmiejskie. Warszawa-Okęcie, podobnie jak Mory, leży w strefie pozamiejskiej, po stronie zachodniej miasta, lecz jest bardziej przesunięta na południe:

Stacja	Współrzędne stacji		
	φ	λ	h
Mory	52°12’ N	20°51’ E	109 m n.p.m..
Uniwersytet	52°14’ N	21°02’ E	106 m n.p.m..
Okęcie	52°10’ N	20°58’ E	106 m n.p.m..

Wszystkie te stacje, wg podziału fizyczno-geograficznego Polski J. Kondrackiego, leżą na Nizinie Południowomazowieckiej w mezoregionie Kotliny Warszawskiej.

Na podstawie zebranych danych z tych stacji opracowano miesięczne, dekadowe i dobowe przebiegi temperatury. Ocenę warunków termicznych w sezonie grzewczym 1976/1977 uzupełniono o charakterystykę dziesięciolecia 1961-1970, wykorzystując do tego celu dane ze stacji Warszawa Uniwersytet. Wyniki badań przedstawiono w tabelach 1-13 i na wykresach – rys. 1-3.

Ważniejsze wyniki badań

Analiza poszczególnych charakterystyk termicznych w sezonie grzewczym 1976/77 pozwala na sprowadzenie wniosków do następujących stwierdzeń:

Kształtowanie się wahań temperatury w sezonie 1976/77 potwierdziło ogólne prawidłowości związane z przebiegiem temperatury w tej porze roku. Jedynie inaczej kształtowały się wartości w porównaniu z 10-leciem 1961-1970. W okresie od listopada 1976 do marca 1977 temperatury średnie miesięczne były wyższe od 0,9 do 4,0°C, zaś kwiecień 1977 był chłodniejszy o 2,0°C niż w dziesięcioleciu 1961-1970.

Temperatura powietrza bardzo często zmieniała się pod wpływem adwekcji powietrza o różnych właściwościach termicznych. Wyrazem tego są duże wahania średnich temperatur dekadowych. Zmiany temperatury z dnia na dzień nie odbiegały od średnich wartości notowanych w strefie klimatu umiarkowanego. Wynosiły one w sezonie grzewczym 1976/77 ok. ±2,0°C.

Podobnie jak średnie temperatury dobowe, tak i temperatury ekstremalne przyjmowały od listopada 1976 do marca 1977 większe wartości niż w dziesięcioleciu 1961-1070. W kwietniu 1977 były one mniejsze. Najczęściej temperatury minimalne obserwowano na jesieni i wiosną pomiędzy godziną 5 a 7, zaś zimą pomiędzy 6 a 8. Temperatury najwyższe notowano najczęściej między godziną 13 a 15.

Związek temperatury z kierunkami wiatru wykazał jej wzrost przy napływie powietrza z sektora południowego, zaś spadek przy wiatrach z sektora północnego i (w czasie zimy) wschodniego. Nie otrzymano natomiast istotnych powiązań temperatury z prędkością wiatru. Współczynniki korelacji tych dwóch elementów mają niskie wartości (około 0,2-0,3).

Wyniki pomiarów prowadzonych na stacjach meteorologicznych pozamiejskich Mory i Okęcie, oraz śródmiejskiej: Uniwersytet Warszawski – również potwierdziły znane prawidłowości. Temperatury powietrza w centrum miasta były wyższe niż w Morach i na Okęciu. Szczególnie wysokie różnice obserwowano nocą w pełni zimy.

Na zakończenie należy zauważyć, że otrzymane wyniki potwierdziły znane prawidłowości o różnicach temperatury powietrza między miastem i otoczeniem. Powyższe stwierdzenia dotyczą przede wszystkim sezonu grzewczego 1970/1977 r.

Tabela 1. Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C)

Okres	1976/1977			1961-1970
Stacja	Warszawa-Okęcie	Mory	Uniwersytet Warszawski	Uniwersytet Warszawski
XI	4,6	4,5	4,9	4,2
XII	-1,2	-1,0	-0,6	-2,0
I	-1,9	-1,7	-1,4	-3,9
II	0,1	0,3	0,6	-2,3
III	5,4	5,5	6,0	1,6
IV	6,4	6,9	7,1	9,1

Tabela 2. Średnia miesięczna temperatura powietrza (°C); O – Okęcie, M – Mory, UW – Uniersytet Warszawski

Godzina	1h			7h			13h			19h		
Stacja	O	M	UW	O	M	UW	O	M	UW	O	M	UW
XI 76	3,8	3,6	4,3	3,6	3,7	4,0	6,0	5,8	6,0	4,7	4,9	5,3
XII	-1,2	-1,1	-0,7	-1,6	-1,8	-1,2	-0,2	-0,3	0,1	-1,3	-1,2	0,7
I 77	-2,5	-2,1	-1,8	-2,6	-2,3	-2,0	-0,8	-0,7	-0,6	-1,8	-1,5	-1,0
II	-0,3	-0,1	0,4	-1,1	-0,8	-0,4	1,6	1,7	1,6	0,3	0,4	0,8
III	3,4	4,1	4,7	2,5	2,8	3,4	8,7	8,5	8,7	6,4	6,7	7,3
IV	4,0	4,8	5,5	4,2	4,5	5,0	9,4	9,5	9,6	7,4	7,4	8,3

Tabela 3. Średnia dekadowa temperatura powietrza (°C)

Stacja	Okęcie			Mory			Uniwersytet Warszawski		
Dekada	I	II	III	I	II	III	I	II	III
XI 76	7,0	5,4	1,4	7,2	5,4	1,2	7,5	5,4	1,8
XII	2,7	-2,1	-3,8	2,8	-1,5	-3,7	3,1	-1,7	-3,1
I 77	-2,5	-3,2	0,0	-2,6	-2,6	0,0	-2,4	-2,4	0,5
II	-1,0	-0,2	1,8	-0,8	-0,1	2,1	-0,4	-0,1	2,7
III	3,2	7,5	5,6	3,4	7,9	5,8	3,7	8,3	6,1
IV	4,5	4,1	10,6	4,8	3,4	10,5	5,2	5,1	11,1

Tabela 4. Średnie dekadowe wartości temperatury powietrza (°C) – Warszawa-Okęcie, Mory, Uniwersytet Warszawski.

Godzina	1h			7h			13h			19h		
Dekada	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
	Okęcie											
XI 76	6,0	5,4	0,1	5,5	5,0	0,9	9,4	6,0	2,7	7,1	5,4	1,4
XII	2,1	-2,2	-3,4	2,1	-2,6	-4,0	4,4	-1,5	-3,1	2,4	-1,9	-4,0
I 77	-3,7	-3,3	-0,8	-3,3	-4,1	0,6	-1,6	-2,0	1,1	-2,5	-3,2	0,1
II	-1,1	-0,6	1,1	-2,4	-1,1	0,3	0,4	1,1	3,6	-0,7	-0,2	2,2
III	1,5	4,6	3,9	1,0	3,4	3,2	5,8	12,1	8,3	3,7	9,0	6,4
IV	3,6	1,0	7,6	2,7	1,7	8,1	6,4	7,4	14,4	5,1	5,3	11,7
	Mory											
XI 76	5,6	5,7	0,0	5,5	5,0	0,7	9,1	6,0	2,7	7,7	5,4	1,6
XII	2,2	-1,7	-3,6	1,9	-2,6	-4,3	4,1	-1,5	-3,1	2,4	-1,9	-4,0
I 77	-3,4	-2,5	-0,6	-3,0	-3,5	-0,5	-1,0	-1,6	0,5	-2,4	-2,8	0,5
II	-1,0	-0,6	1,6	-2,1	-1,0	0,8	0,3	1,4	3,8	-0,7	-0,1	2,4
III	1,7	5,4	5,3	1,2	4,0	3,3	5,6	12,0	7,9	4,2	9,5	6,4
IV	3,9	1,3	7,6	2,7	0,6	8,6	6,3	7,0	14,5	5,1	4,5	11,4
	Uniwersytet Warszawski											
XI 76	6,7	5,4	0,7	6,0	4,9	1,0	9,5	5,8	2,8	7,9	5,5	2,5
XII	2,8	-1,6	-3,0	2,4	-2,2	-3,5	4,4	-1,1	-2,6	3,0	-1,7	-3,2
I 77	-3,2	-2,5	0,0	-3,0	-3,1	0,0	-1,5	-1,8	1,3	-2,0	-2,2	0,8
II	-0,7	-0,5	2,8	-1,3	-0,8	1,1	0,6	1,0	3,6	-0,1	-0,2	3,3
III	2,5	6,2	5,3	1,7	4,8	3,5	5,9	12,1	8,2	4,8	9,9	7,3
IV	4,4	3,4	8,7	3,8	2,6	8,7	6,6	7,7	14,4	5,8	6,6	12,5

Tabela 5. Częstość (%) występowania średniej dobowej temperatury powietrza – Okęcie: XI 1976-IV 1977

Przedziały (°C)	XI	XII	I	II	III	IV
6,1-7,0			3,2			3,3
5,1-6,0	3,5	3,2	6,4			3,3
4,1-5,0		6,4	6,4		6,4	10,0
3,1-4,0	6,1				3,2	
2,1-3,0	3,5		6,4	25,0	9,7	6,7
1,1-2,0	17,2	16,1	6,4	14,3	12,9	6,7
0,1-1,0	10,3	12,9	16,1	7,1	19,4	33,3
0,0						
-1,0- -0,1	31,0	19,4	12,9	10,7	16,1	6,7
-2,0- -1,1	17,2	19,4	22,6	25,0	16,1	20,0
-3,0- -2,1	3,5	6,4	9,7	7,1	12,9	6,7
-4,0- -3,1	6,9	9,7	6,4	7,1		3,3
-5,0- -4,1		6,4	3,2	3,6		
-6,0- -5,1						
-7,0- -6,1						
-8,0- -7,1						
-9,0- -8,1					3,2	
Zmienność (°C)	±1,6	±1,9	±2,2	±1,9	±1,9	±2,0

Tabela 6. Częstość (%) występowania wartości między dobowej zmienności dobowej temperatury powietrza – Mory: XI 1976-IV 1977

Przedziały (°C)	XI	XII	I	II	III	IV
6,1-7,0			3,3			
5,1-6,0		7,4			3,4	9,1
4,1-5,0	5,0		10,0	3,7	3,4	4,5
3,1-4,0	5,0	3,7	3,3	11,1		
2,1-3,0	5,0	3,7	6,7	7,4	6,9	9,1
1,1-2,0	15,0	7,4	6,7	3,7	20,8	22,7
0,1-1,0	15,0	11,1	13,3	22,3	24,2	13,7
0,0	5,0		3,3		3,4	
-1,0–-0,1	20,0	26,0	13,3	18,5	13,9	9,1
-2,0- -1,1	25,0	18,5	16,7	18,5	10,3	9,1
-3,0- -2,1		11,1	16,7		3,4	22,7
-4,0- -3,1	5,0	7,4	6,7	11,1	6,9	
-5,0- -4,1		3,7		3,7		
-6,0- -5,1						
-7,0- -6,1						
-8,0- -7,1						
-9,0- -8,1					3,4	
Zmienność (°C)	±1,5	±1,9	±2,1	±1,9	±1,9	±2,0

Tabela 7. Częstość (%) występowania wartości międzydobowej zmienności średniej dobowej temperatury powietrza – Uniwersytet Warszawski: XI 1976-IV 1977

Przedziały (°C)	XI	XII	I	II	III	IV
6,1-7,0		3,2				6,7
5,1-6,0			6,4			
4,1-5,0	3,4	3,2	9,7		3,2	3,3
3,1-4,0		3,2		10,7	9,7	6,7
2,1-3,0	6,9		6,4	7,1	6,4	10,0
1,1-2,0	13,8	12,9	6,4	7,1	6,4	13,3
0,1-1,0	17,2	9,7	9,7	17,9	25,8	23,3
0,0		3,2		3,6	3,2	3,3
-1,0- -0,1	31,0	22,6	22,6	21,4	16,1	6,7
-2,0- -1,1	20,7	22,6	22,6	17,9	12,9	13,3
-3,0- -2,1	6,9	9,7	9,7	3,6	12,9	6,7
-4,0- -3,1		9,7	6,4	7,1		6,7
-5,0- -4,1				3,6		
-6,0- -5,1						
-7,0- -6,1						
-8,0- -7,1						
-9,0- -8,1						
Zmienność (°C)	±1,3	±1,8	±2,0	±1,7	±1,8	±2,0

Tabela 8. Średnie miesięczne temperatury ekstremalne (°C)

Okres	Temperatura max.				Temperatura min.			
	1976/1977			1961-1970	1976/1977			1961-1970
Stacje	O	M	UW	UW	O	M	UW	UW
XI 76	6,5	6,3	7,0	6,4	2,4	2,8	3,4	1,9
XII	0,7	1,3	1,3	0,1	-3,2	-3,0	-2,3	-4,6
I 77	0,1	0,4	0,8	-1,5	-4,4	-3,8	-3,1	-6,7
II	2,2	2,3	2,6	0,3	-2,0	-1,7	-1,2	-5,2
III	9,7	9,9	10,2	4,6	1,1	2,5	3,0	-1,6
IV	10,7	10,6	11,0	13,1	2,1	2,9	4,0	4,8

Tabela 9. Najniższe i najwyższe wartości temperatur ekstremalnych (°C)

Stacje	maksimum			minimum		
	O	M	UW	O	M	UW
XI	14,5	13,3	14,5	-7,7	-7,1	-4,6
XII	9,7	9,7	9,7	-13,6	-13,1	-11,9
I	6,2	6,0	6,3	-15,1	-13,6	-11,5
II	9,4	8,8	8,8	-7,8	-7,5	-5,2
III	17,8	17,6	17,4	-4,4	-3,9	-4,0
IV	28,1	28,2	28,5	-2,9	-1,8	-2,5

Tabela 10. Średnia dobowa amplituda temperatury powietrza (°C)

Stacja	Okęcie	Mory	Uniwersytet Warszawski
XI **76**	2,5	2,3	2,0
XII	1,4	1,7	1,4
I **77**	1,9	2,0	1,6
II	3,0	2,7	2,2
III	7,0	6,9	5,9
IV	7,0	6,9	5,4

Tabela 11. Występowanie dni charakterystycznych (przymrozkowych, mroźnych i bardzo mroźnych)

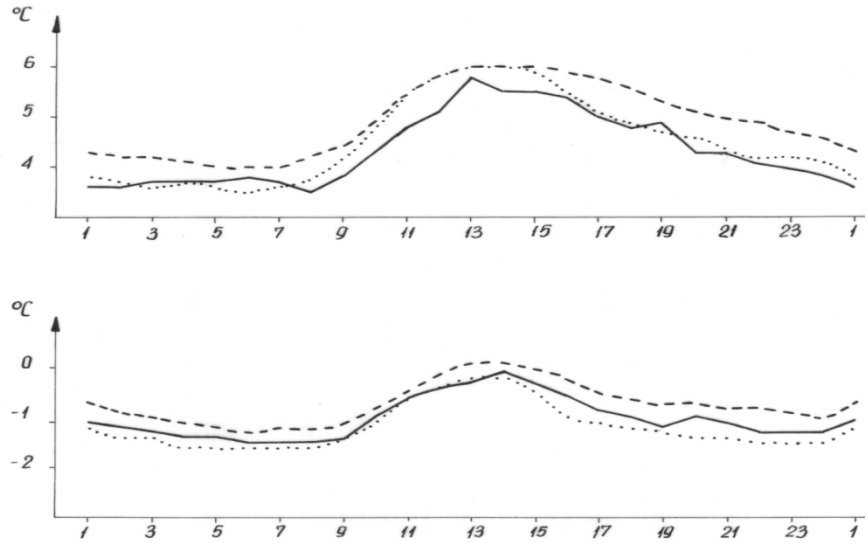
Temp.	T_{min} <0°C				T_{max} <0°C				T_{min} <-10°C			
Okres	1976/1977			1961-1970	1976/1977			1961-1970	1976/1977			1961-1970
Stacje	O	M	UW	UW	O	M	UW	UW	O	M	UW	UW
XI	6	6	5	8	2	1	1	2	-	-	-	-
XII	23	21	21	24	15	10	12	12	2	3	1	4
I	18	22	22	27	14	13	12	16	4	3	2	9
II	21	20	19	22	8	10	9	14	-	-	-	5
III	9	8	7	18	1	2	1	5	-	-	-	2
IV	10	6	4	3	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 12. Współczynniki korelacji całkowitej temperatury powietrza i prędkości wiatru

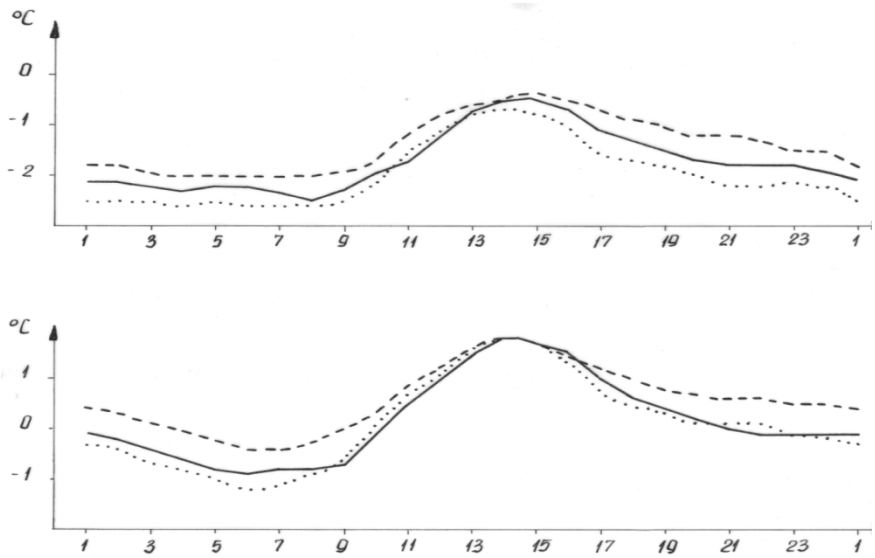
Stacje	Okęcie	Mory	Uniwersytet Warszawski
XI 76	+0,05	-0,39	-0,07
XII	0,09	-0,02	-0,03
I 77	0,27	0,30	0,11
II	0,06	0,31	0,08
III	-0,11	-0,12	-0,21
IV	-0,49	0,09	-0,21

Tabela 13. Równania prostych regresji temperatury powietrza i prędkości wiatru

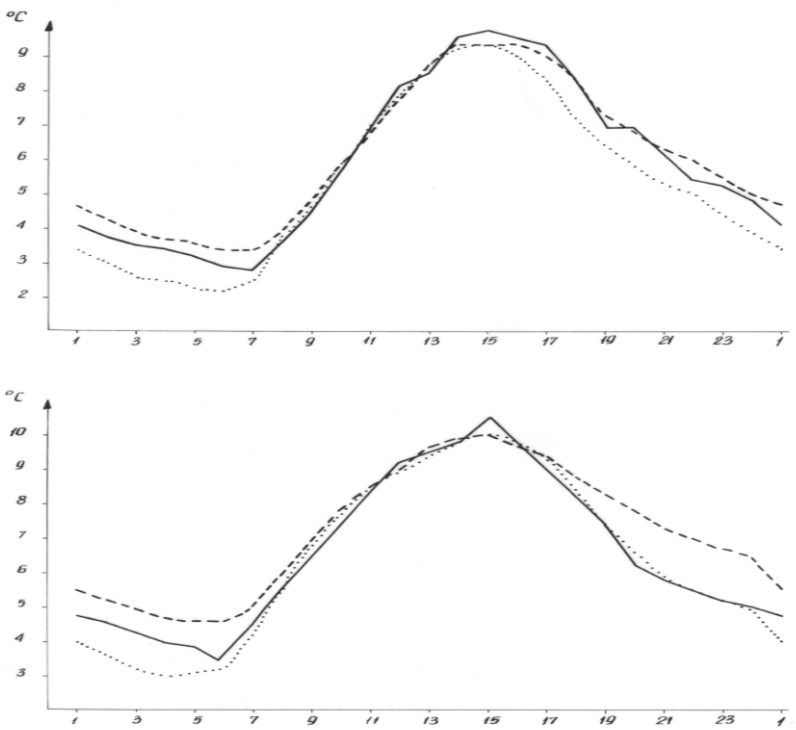
Stacje	Okęcie	Mory	Uniwersytet Warszawski
XI 76	$y=0,10x+4,38$	$y=-0,50x+6,35$	$y=-0,24x+5,46$
XII	$y=0,19x-1,88$	$y=-0,08x-1,00$	$y=-0,11x-0,45$
I 77	$y=0,57x-4,23$	$y=1,72x-0,32$	$y=0,39x-1,78$
II	$y=0,14x-0,23$	$y=1,54x-0,99$	$y=0,26x+0,32$
III	$y=-0,23x+6,93$	$y=0,60x+6,66$	$y=-0,85x+7,93$
IV	$y=1,06x+2,12$	$y=0,41x+6,63$	$y=-0,46x+8,39$



Rys. 1. Przebieg dobowy temperatury powietrza w miesiącach: listopad (XI) , grudzień (XII) 1976): —— Mory, - -- -- Uniwersytet Warszawski, ····· Okęcie



Rys. 2. Przebieg dobowy temperatury powietrza w miesiącach: styczeń (I), luty (II) 1977 r): —— Mory, - -- -- Uniwersytet Warszawski, ····· Okęcie



Rys. 3. Przebieg dobowy temperatury powietrza w miesiącach: marzec (III), kwiecień (IV) 1977 r.; ——— Mory, - -- -- Uniwersytet Warszawski, ····· Okęcie

3.6.2. Charakterystyka warunków wilgotnościowych sezonu grzewczego 1976/77 na przykładzie stacji w Morach

Autor: Zofia K R A W C O W
Opiekunowie naukowi: Maria S T O P A - B O R Y C Z K A ,
Krzysztof O L S Z E W S K I

Cel i metody opracowania

Celem tej pracy, jest analiza i ocena okresu grzewczego XI 1976-IV 1970 na tym terenie, pod względem stopnia zawartości pary wodnej w powietrzu, z uwzględnieniem wpływu wybranych elementów meteorologicznych.

Temat niniejszej pracy jest częścią opracowania obejmującego szczegółową charakterystykę termiczno-wilgotnościowych warunków meteorologicznych sezonu grzewczego 1976/77 na terenie Instytuty Energetyki w Morach.

Podstawę do opracowania stanowią materiały pochodzące z bezpośrednich pomiarów dokonywanych na posterunku klimatologicznym w Morach zainstalowanym przez Zakład Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego. Badania prowadzono od trzeciej dekady października 1976 r. do końca kwietnia 1977 r.

Teren należący do Instytutu Energetyki w Morach przylega do części zachodnich granic Warszawy. Otoczenie założonego ogródka meteorologicznego stanowiły od północy i zachodu pola i sad, od południa i wschodu w bezpośrednim sąsiedztwie stacji znajdowały się niskie zabudowania Instytutu (rys.1). Ze względu na dużą odległość od zwartych i wysokich zabudowań, powyższą lokalizację stacji można traktować jako pozamiejską.

Ponieważ okres pełnych obserwacji obejmuje 6 miesięcy i nie istnieje możliwość porównania go z podobnym z lat ubiegłych z tego terenu, do charakterystyki warunków wilgotnościowych wykorzystano również dane z dwóch innych stacji warszawskich: Warszawa-Uniwersytet i Warszawa-Okęcie. Pierwsza z nich położona jest w Śródmieściu, w obszarze zwartej, średniowysokiej zabudowy i odzwierciedla warunki śródmiejskie. Warszawa-Okęcie podobnie jak Mory, leży w strefie poza miejskiej, w zachodniej części miasta, lecz jest bardziej przesunięta na południe.

	φ	λ	h
Mory	52°12’ N	20°51’ E	109 m n.p.m.
Uniwersytet	52°14’ N	21°02’ E	106 m n.p.m.
Okęcie	52°10’ N	20°58’ E	106 m n.p.m.

Wszystkie te stacje wg podziału fizycznogeograficznego Polski J. Kondrackiego leżą na nizinie Południowo-mazowieckiej. W zainstalowanym na trenie Mor posterunku, przeprowadzono pomiaru temperatury, wilgotności powietrza (psychrometr Augusta), ciśnienia atmosferycznego (aneroid) oraz kierunku i prędkości wiatru (anemometr Robinsona), na standardowej wysokości 2m nad poziomem gruntu. Dane wyjściowe służące do dalszej analizy, zostały oparte na obserwacjach pochodzących z trzech terminów klimatologicznych godz. 7, 13 i 19. Na ich podstawie, opracowano miesięczne i dekadowe przebiegi wilgotności. Przebiegów dobowych nie rozpatrywano ze względu na brak ciągłości w zapisie higrografu.

W celu pełniejszego wykorzystania danych, charakterystykę stanu wilgotności powietrza opracowano uwzględniając cztery wskaźniki: ciśnienie pary wodnej (hPa), wilgotność bezwzględną (g/m^3), wilgotność względną powietrza (%) i niedosyt wilgotności (hPa). Zebrany materiał przedstawiono w trzech aspektach jako:

– Porównawczą charakterystykę wartości z tego okresu dla każdej ze stacji.

– Szczegółową charakterystykę warunków wilgotnościowych na terenie stacji Mory.

– Wskazanie związków i zależności jakie zachodzą między poszczególnymi wskaźnikami a innymi elementami meteorologicznymi na tym terenie.

Opracowanie warunków wilgotnościowych sezonu grzewczego 1976/77 zostało uzupełnione przez porównanie go z archiwalnymi materiałami z okresu ostatniego dziesięciolecia 1961-1970 dla stacji Warszawa-Uniwersytet.

Ważniejsze wyniki badań

Na podstawie analizy poszczególnych parametrów wilgotnościowych powietrza w sezonie grzewczym 1976/77 można wyciągnąć następujące wnioski.

Porównanie wyników pomiarów prowadzonych na stacjach meteorologicznych poza miejskich Mory i Okęcie oraz śródmiejskiej Uniwersytet Warszawski, potwierdziło znane prawidłowości. Powietrze na terenie Mor odznaczało się większą wilgotnością i zawartością pary wodnej. Z powodu krótkiego okresu pomiarów, nie udało się stwierdzić wpływu miasta na kształtowanie się warunków wilgotnościowych w Morach.

W przebiegu czasowym zaznaczył się wyraźny podział na miesiące jesienno-zimowe o stanie wilgotności powietrza zbliżonym do nasyconego i miesiące wiosenne charakteryzujące się większą suchością powietrza. Wystąpiły w tym okresie na przemian wzrosty i spadki wilgotności. Główne maksimum przypada w kwietniu 1977 r., jednak zawartość pary wodnej w powietrzu w tym miesiącu była mniejsza niż w listopadzie 1976 r. Wilgotność bezwzględna powietrza od listopada do lutego osiąga wyższe wartości w porze popołudniowej, w marcu i kwietniu w godzinach wieczornych. Najmniejsze wartości, niezależnie od miesiąca obserwacji występowały rano.

Miesiące zimowe odznaczały się największą częstością najniższych wartości określających wilgotność bezwzględną powietrza. W listopadzie, marcu i kwietniu obserwuje się wyraźną tendencję występowania wartości wyższych. W okresie jesienno-zimowym zmiany ciśnienia pary wodnej z doby na dobę wahały się najczęściej w niewielkich granicach wartości. Marzec i kwiecień charakteryzowały się przewagą częstości zmienności dobowej powyżej 1,0 hPa

Zależność ciśnienia pary wodnej (e) od temperatury powietrza (t) w Morach określono wyznaczając współczynniki korelacji r i równania prostych regresji

$$e = at + b$$

Współczynnik regresji a wskazuje o ile hPa zmieni się ciśnienie pary wodnej (e), gdy temperatura powietrza (t) zmieni się o 1°C. Zależność ciśnienia pary wodnej od temperatury powietrza zaznaczała się najbardziej w miesiącach zimowych. Współczynniki korelacji (r) tych dwóch elementów wynoszą w tym okresie 0,90-0,96 (tab. 12-13 i rys. 1-2).

Wilgotność bezwzględną powietrza (gęstość pary wodnej) wyznaczono z wzoru:

$$a = 216{,}7e/T$$

gdzie: a – wilgotność bezwzględna (g/m^3), e – ciśnienie pary wodnej (hPa), T – temperatura powietrza (K)

Jej zmiany w sezonie grzewczym (IX-IV) w Morach na Okęciu i na stacji UW charakteryzuje rys.3.

Wilgotność powietrza bardzo często zmieniała się pod wpływem adwekcji powietrza o różnych właściwościach termicznych. Związek z kierunkami wiatru wykazał wzrost wilgotności przy napływie powietrza z sektora południowego, zaś spadek z sektora północnego i wschodniego w czasie zimy.

Kształtowanie się zawartości pary wodnej w powietrzu w sezonie 1976/77 r. jest zgodne z ogólnymi prawidłowościami przebiegu wilgotności w tej porze roku. Inaczej jednak wyglądają jej wartości w porównaniu z 10-leciem 1961-1970. W okresie od listopada 1970 r. do marca 1977 r. ciśnienie pary wodnej było wyższe od 2,0 do 0,6 hPa, niedosyt wilgotności niższy od 0,3 do 0,6 hPa (jedynie marzec odznaczał się wyższym niedosytem) wilgotność względna wyższa od 9% w lutym do 1% w marcu. Kwiecień był zdecydowanie suchszy niż w ubiegłym dziesięcioleciu.

Na zakończenie należy zaznaczyć, że powyższe wnioski odnoszą się tylko do sezonu grzewczego 1976/77 r.

Tabela 1. Średnie miesięczne (dobowe) wartości ciśnienia pary wodnej (hPa)

	1976/77			1961-1970	
	M	O	UW	O	UW
XI	8,3	7,8	8,0	-	7,3
XII	5,5	5,1	5,2	-	4,9
I	5,1	4,8	4,9	-	4,2
II	5,9	5,7	5,5	-	4,6
III	7,5	7,2	7,0	-	5,5
IV	7,8	7,4	6,9	-	8,2

Tabela 2. Średnie miesięczne (terminowe) wartości ciśnienia pary wodnej (hPa).w lokresie 1978/1977

	godz. 7			godz. 13			godz. 19		
	M	O	UW	M	O	UW	M	O	UW
XI	7,8	7,5	7,6	8,6	8,1	8,3	8,4	7,9	8,2
XII	5,3	5,0	5,1	5,8	5,3	5,2	5,4	5,1	5,2
I	5,0	4,6	4,8	5,3	4,9	4,9	5,2	4,8	4,9
II	5,6	5,4	5,4	6,2	6,0	5,6	6,0	5,8	5,6
III	7,1	6,7	6,9	7,3	7,5	6,8	8,1	7,4	7,1
IV	7,6	7,2	7,0	7,9	7,3	6,6	8,1	7,6	7,2

Tabela 3. Średnie dekadowe (dobowe i terminowe) wartości ciśnienia pary wodnej (hPa). Mory XI 1976-IV 1977

	Śr. dobowa			godz. 7			godz. 13			godz. 19		
Dekady	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
X			7,3			6,7			7,8			7,5
XI	9,5	8,7	6,6	8,7	8,4	6,3	10,1	8,9	6,9	9,8	8,7	6,7
XII	7,1	5,1	4,3	6,8	4,9	4,2	7,6	5,3	4,4	6,9	5,2	4,3
I	4,3	4,8	5,8	4,2	4,6	5,7	4,4	5,0	5,8	4,2	4,7	6,0
II	5,0	5,7	6,8	5,2	5,6	6,2	5.6	5,8	7,3	5,4	5,7	7,1
III	6,7	8,3	7,6	6,4	7,7	7,3	6,5	8,0	7,3	7,1	9,0	8,3
IV	7,5	6,1	9,6	6,8	6,2	10,1	7,5	6,0	10,9	7,6	6,0	10,9

Tabela 4. Średnie dekadowe (dobowe i terminowe) wartości ciśnienia pary wodnej (hPa). Okęcie XI 1976-IV 1977

	Śr. dobowa			godz. 7			godz. 13			godz. 19		
Dekady	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
X			6,7			6,4			7,0			6,7
XI	9,1	8,4	6,1	8,5	8,2	5,7	9,5	8,5	6,3	9,2	8,4	6,2
XII	6,5	4,8	4,0	6,4	4,6	4,0	6,7	5,0	4,1	6,4	4,9	4,0
I	4,3	4,2	5,7	4,2	4,1	5,5	4,4	4,4	5,8	4,4	4,2	5,7
II	5,1	5,5	6,6	4,9	5,3	5,9	5,4	5,6	7,1	5,1	5,5	6,7
III	6,5	7,8	7,2	6,0	7,2	7,0	6,8	8,0	7,6	6,8	8,3	7,0
IV	6,8	5,6	9,6	6,5	5,9	9,2	6,9	5,3	9,6	6,9	5,7	10,1

Tabela 5. Średnie dekadowe (dobowe i terminowe) wartości ciśnienia pary wodnej (hPa). Uniwersytet Warszawski XI 1976-IV 1977

	Śr. dobowa			godz. 7			godz. 13			godz. 19		
Dekady	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
X			6,9			6,5			7,2			7,0
XI	9,5	8,4	6,2	8,3	8,2	5,9	10,1	8,6	6,3	9,5	8,5	6,5
XII	6,5	5,0	4,2	6,4	4,8	4,2	6,5	5,2	4,1	6,5	5,1	4,2
I	4,4	4,5	5,7	4,4	4,5	5,5	4,4	4,5	5,7	4,4	4,4	5,8
II	5,0	5,3	6,4	5,0	5,3	6,0	5,0	5,2	6,7	5,0	5,4	6,6
III	6,0	7,6	7,2	6,1	7,5	7,1	5,8	7,6	7,1	6,2	7,7	7,6
IV	6,5	5,1	9,2	6,4	5,6	8,9	6,4	4,7	8,6	6,7	4,9	9,8

Tabela 6. Częstość (%) występowania średniego dobowego ciśnienia pary wodnej (hPa). Mory XI 1976-IV 1977

Przedziały hPa	XI	XII	I	II	III	IV
2,1-3,0		6,4	10,0			
3,1-4,0		19,4	20,0	7,7	3,2	
4,1-5,0	3,3	9,7	16,7	30,8	12,9	3,7
5,1-6,0	10,0	29,0	23,3	15,4	9,7	18,5
6,1-7,0	13,3	19,4	30,0	19,2	3,2	22,2
7,1-8,0	13,3	9,7		19,2	29,0	25,9
8,1-9,0	30,0	3,2		3,8	19,4	3,7
9,1-10,0	10,0	3,2		3,8	16,2	7,4
10,1-11,0	20,0				6,4	18,5

Tabela 7. Częstość (%) występowania średniego dobowego ciśnienia pary wodnej (hPa). Okęcie XI 1976-IV 1977

Przedziały hPa	XI	XII	I	II	III	IV
2,1-3,0		16,2	16,2			
3,1-4,0	3,3	12,9	22,6	14,3	3,2	
4,1-5,0	3,3	9,7	12,9	25,0	16,2	13,3
5,1-6,0	13,3	35,5	19,4	17,8	3,2	10,0
6,1-7,0	10,0	16,2	29,0	21,4	16,2	36,7
7,1-8,0	20,0	9,7		17,8	22,6	13,3
8,1-9,0	20,0				25,8	10,0
9,1-10,0	16,7			3,6	9,7	3,3
10,1-11,0	13,3				3,2	13,3

Tabela 8. Częstość (%) występowania średniego dobowego ciśnienia pary wodnej (hPa). Uniwersytet Warszawski XI 1976-IV 1977

Przedziały hPa	XI	XII	I	II	III	IV
2,1-3,0		6,4	9,7		3,2	
3,1-4,0		22,6	25,8	21,4		3,3
4,1-5,0	6,7	9,7	16,2	25,0	16,2	16,7
5,1-6,0	10,0	38,7	19,4	14,3	6,4	16,7
6,1-7,0	13,3	9,7	25,8	21,4	22,6	26,7
7,1-8,0	16,7	12,7	3,2	14,3	25,8	16,7
8,1-9,0	20,0				12,9	3,3
9,1-10,0	16,7			3,6	9,7	3,3
10,1-11,0	16,7				3,2	13,3

Tabela 9. Maksymalne wartości ciśnienia pary wodnej (hPa)w danej temperaturze

t °C	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20	25	30
E hPa	0,5	0,8	1,2	1,9	2,8	4,2	6,1	8,7	12,3	17,0	23,4	31,7	42,4

Tabela 10. Średnie dekadowe (dobowe i terminowe) wartości temperatury powietrza (°C)

	Śr dobowa			godz. 7			godz. 13			godz. 19		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
XI	7,2	5,4	1,2	5,5	5,0	0,7	9,1	6,0	2,5	7,7	5,4	1,6
XII	2,8	-1,5	-3,7	1,9	-2,6	-4,3	4,1	-1,5	-3,1	2,4	-1,9	-4,0
I	-2,5	-2,6	0,0	-3,0	-3,5	-0,5	-1,0	-1,6	0,5	-2,4	-2,8	0,5
II	-0,8	-0,1	2,1	-2,1	-1,0	0,8	0,3	1,2	3,8	-0,7	-0,1	2,4
III	3,4	7,9	5,8	1,2	4,0	3,3	5,6	12,0	7,9	4,2	9,5	6,4
IV	4,8	3,4	10,5	2,7	0,6	8,6	6,3	7,0	14,5	5,1	4,5	11,4

Tabela 11. Współczynniki korelacji (*r*) temperatury i ciśnienia pary wodnej. Mory XI 1976-IV 1977

Miesiące	XI	XII	I	II	III	IV
r	1,00	0,96	0,96	0,96	0,90	0,94

Tabela 12. Współczynniki regresji temperatury i ciśnienia pary wodnej. Mory XI 1976-IV1977

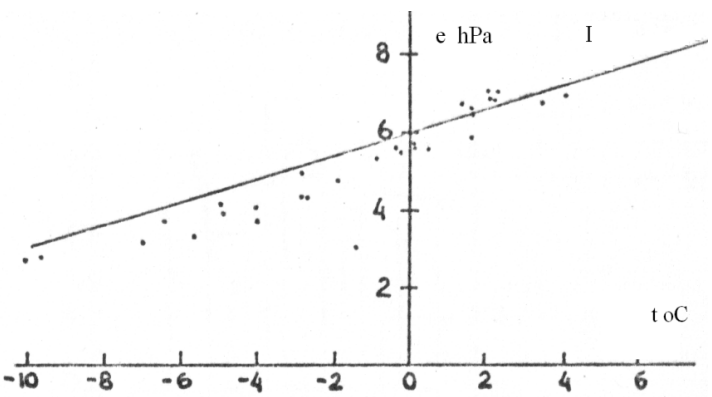
	XI		XII		I		II		III		IV	
	a	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*	*a*	*b*
e	0,47	6,18	0,44	5,92	0,34	5,65	0,56	5,64	0,44	5,28	0,52	4,23

Tabela 13. Ciśnienie pary wodnej przy poszczególnych kierunkach wiatru (hPa). Mory XI 1976-IV 1977

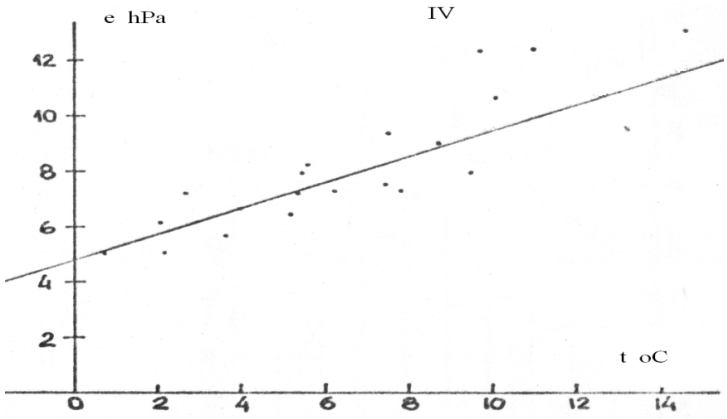
	N	NE	F	SF	S	SW	W	NW	C
XI	4,6	6,4	8,7	9,3	9,4	7,2	6,3	4,1	9,4
XII	5,0	7,0	4,6	5,8	6,1	5,5	6,0	4,4	5,2
I	0	5,4	4,1	5,4	5,6	5,4	5,1	5,0	4,6
II	7,6	5,4	5,6	6,0	7,0	6,6	4,6	5,7	5,5
III	4,1	4,1	8,3	7,8	7,7	7,8	9,1	6,6	8,4
IV	5,9	6,3	10,2	11,6	7,7	8,0	6,9	6,0	8,0
średnia	4,5	5,8	6,9	7,6	7,2	6,8	6,3	5,3	6,8

Tabela 14. Częstość występowania poszczególnych kierunków wiatru (%). Mory XI 1976-IV 1977

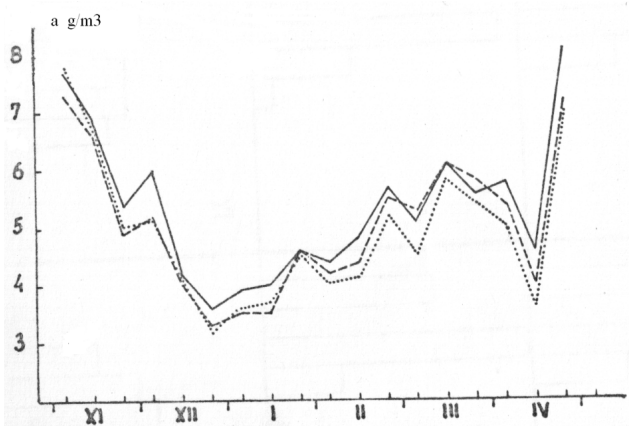
	N	NE	F	SF	S	SW	W	NW	C
XI	1,1	3,3	10,0	28,9	17,8	20,0	11,1	2,2	5,6
XII	2,2	3,2	15,0	18,3	11,8	33,3	4,4	5,4	6,4
I	0	1,1	14,4	36,6	6,7	23,4	7,8	6,7	3,3
II	2,4	9,8	12,2	24,4	8,5	17,1	7,3	11,0	7,3
III	2,2	6,4	6,4	30,1	5,5	23,6	7,5	10,8	7,5
IV	1,2	3,5	2,4	8,2	18,8	35,5	5,9	14,1	10,6
średnia	1,5	4,5	10,2	24,6	11,3	25,6	7,3	8,3	6,8



Rys. 1 . Prosta regresji ciśnienia pary wodnej (*e*) względem temperatury powietrza (*t*): $e = 0{,}34\ t + 5{,}65$ – Styczeń (I)



Rys. 2. Prosta regresji ciśnienia pary wodnej (*e*) względem temperatury powietrza (*t*): $e = 0{,}52\ t + 4{,}23$ – Kwiecień (IV)



Rys. 3. Przebiegi średnich dekadowych wartości wilgotności bezwzględnej *a* (g/m^3) – o godzinie 13; ——— Mory ------- Okęcie····· Uniwersytet Warszawski

3.7. Klimat Brwinowa

3.7.1. Promieniowanie całkowite w Warszawie w okresie 1966-1970

Autor: Elżbieta DRZEWIECKA
Opiekun naukowy: Wincenty OKOŁOWICZ,
Zofia KACZOROWSKA

Do opracowania stosunków solarnych na obszarze Warszawy posłużono się szczegółowymi materiałami opublikowanymi w rocznikach PIHM: „Promieniowanie słoneczne" w latach 1961-1970 oraz danymi zawartymi w „Tablicach słonecznych dla użytku obserwatorów stacji aktynometrycznych". Wykorzystano sumy roczne i miesięczne promieniowania całkowitego za lata 1961-1970, sumy dzienne i średnie wartości godzin za lata 1966-1970 dla Warszawy i Brwinowa. Poza tym wykorzystano sumy roczne, miesięczne, dzienne i godzinne promieniowania bezpośredniego i rozproszonego dla Warszawy oraz wartości promieniowania na górnej granicy atmosfery dla szerokości geograficznej północnej $\varphi = 52°$. Przy analizie związków promieniowania z wybranymi elementami meteorologicznymi materiały czerpano z wykazów klimatologicznych z Bielan i Brwinowa, oraz z dolnych map synoptycznych z godz. 00 GMT i 12 GMT dla obszaru Polski. Dane o codziennych sumach usłonecznienia otrzymano z miesięcznych wykazów usłonecznienia. Informacje o przebiegu rocznym plam słonecznych czerpano z kwartalnika „*Acta Geophysica Polonica*". Wyniki badań przedstawiono w tabelach 1-13 i na wykresach rys.1-5.

Sumy roczne promieniowania całkowitego w Warszawie i Brwinowie w latach 1961-1970

W dziesięcioleciu 1961-1970 roczne sumy promieniowania całkowitego zarówno w Warszawie jak i Brwinowie charakteryzowały się dużym zróżnicowaniem i zmiennością z roku na rok, maksymalny dopływ promieniowania miał miejsce w Warszawie w 1963 roku i wynosił 92,5 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$, w Brwinowie w 1969 roku i wynosił 96,0 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$. Minimalnym dopływem promieniowania wyróżniał się w Warszawie rok 1962: 77,4 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$, w Brwinowie 1966: 90,1 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$. Zakres wahań sum rocznych za okres dziesięciolecia wynosił w Warszawie 15,1 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$, w Brwinowie 15,9 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$. Roczne sumy promieniowania w Warszawie w ostatnich latach wykazują tendencję spadkową. Średnia roczna suma promieniowania obliczona z 10 lat wynosiła w Warszawie 83 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$, w tym średnia za pięciolecie 1961-1965: 84 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$, a za pięciolecie 1966-1970: 82 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$. Wyraźny spadek sum promieniowania w Warszawie zaznacza się od 1964 roku. Podobnie, znacznie niższe wartości od średniej wieloletniej wykazuje większość stacji aktynometrycznych w Polsce. Być może, wpłynęła na to mała aktywność Słońca w omawianym okresie. Na podstawie dostępnych publikacji poświęconych zagadnieniom związanym z zaobserwowanym i przedstawianym przebiegiem aktywności Słońca można wysunąć wniosek, że jesteśmy w cyklu wyraźnie zmniejszonej jego aktywności. W ciągu ostatnich trzydziestu lat bieżącego stulecia spodziewany jest dalszy spadek aktywności słonecznej, osiągając po 1980 roku poziom nienotowany od okresu, w którym rozpoczęto systematyczne obserwacje plam słonecznych, czyli od 1749 roku.

Poza teorią podkreślającą determinujący wpływ plam słonecznych na dopływ promieniowania do powierzchni Ziemi są tezy, że ogólne osłabienie promieniowania całkowitego wiąże się z osłabieniem dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego wskutek zapylenia atmosfery, powstałego z powodu wybuchu wulkanu Mt. Agung na wyspie Bali w marcu 1963 roku, które to osłabienia zaobserwowali na Antarktydzie Flowers i Viebrock. Przeciwny w stosunku do powyższego sąd wyraża Kondratiew, twierdząc, że zmniejszonemu dopływowi promieniowania bezpośredniego towarzyszy wzrost promieniowania rozproszonego i w związku z tym wahania promieniowania całkowitego nie są tak wielkie, jak by można sądzić po wahaniach składowych. Ponieważ większość stacji aktynometrycznych w Polsce wykazuje tendencje do spadku sum rocznych promieniowania, wobec tego Brwinów położony zaledwie 20 km na SW od Warszawy powinien być potwierdzeniem powyższych zmian, tymczasem mamy do czynienia z sytuacją odwrotną. Średnia roczna wartość promieniowania za lata 1961-1970 wynosiła w Brwinowie 87,0 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$, za pięciolecie 1961-1965: 86 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$, za pięciolecie 1966-1970 już 88 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$.Sumy promieniowania całkowitego w dziesięcioleciu były wyższe w Brwinowie w porównaniu z Warszawą. Wyjątek stanowił 1963 i 1965 rok, kiedy to sumy w Warszawie były nieco wyższe (1-1,5 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$) niż w Brwinowie. Największe zróżnicowanie pomiędzy omawianymi stacjami zaznaczyło się w 1968 roku – 10 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$ i w 1969 roku – 9 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$. Drugie pięciolecie 1966-1970 w porównaniu z pierwszym 1961-1965 wykazało zwiększone różnice między promieniowaniem Brwinowa i Warszawy . Zestawienie to jest ilustracją pogłębiających się w rozpatrywanym okresie różnic w dopływie energii słonecznej na niekorzyść Warszawy. Średnia różnica między obu stacjami w latach 1961-1965 wynosiła 2,1 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$, a w pięcioleciu następnym 5,9 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$ na korzyść Brwinowa. Powodem powyżej opisanego stanu, poza warunkami ściśle lokalnymi, być może, był wzrost zanieczyszczenia atmosfery na skutek uprzemysłowienia stolicy i dynamicznego rozwoju gospodarki komunalnej.

Sumy miesięczne promieniowania na górnej granicy atmosfery

Przy analizie klimatu solarnego danej miejscowości należy zwrócić uwagę również na dopływ promieniowania do górnej granicy atmosfery. Sumy miesięczne promieniowania górnej granicy atmosfery dla szerokości geograficznej 52° wahały się od około 5 kcal $cm^{-2}m\text{-}c^{-1}$ w grudniu do ponad 30 kcal $cm^{-2}m\text{-}c^{-1}$ w czerwcu. Sumy roczne przewyższały nieco 200 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$ („Tablice słoneczne na rok 1969”). Średnio rocznie Warszawa otrzymuje 34,10%, Brwinów 37,3% promieniowania dochodzącego do górnej granicy atmosfery. W przebiegu rocznym tylko w Brwinowie, w czerwcu suma przekracza 50% (50,7%).

Sumy dzienne promieniowania całkowitego

Analizę przebiegu sum dziennych promieniowania całkowitego oparto na rzeczywistych sumach dziennych z okresu 1966-1970; średnich dziennych sumach na granicy atmosfery. W Warszawie uwzględniono również sumy promieniowania rozproszonego i bezpośredniego. Zróżnicowanie średnich sum dziennych promieniowania kolejnych dni w roku w pięcioleciu (1966-1970) było niewiele mniejsze od zróżnicowania wartości rzeczywistych. Rzeczywiste sumy zmieniały się w Warszawie od 1 cal $cm^{-2}d^{-1}$ (28.X.1966)

do 741 cal $cm^{-2}d^{-1}$ (1.VIII.1966), zaś średnie sumy od 13 (6.XIII) do 658 cal $cm^{-2}d^{-1}$ (19.VI) w Warszawie, odpowiednio w Brwinowie – sumy rzeczywiste od 4 (6 i 19.XII.1966, 25.XI.1969) do 766 cal $cm^{-2}d^{-1}$ (1.VI.1967), średnie od 19 (6.XII) do 646 cal $cm^{-2}d^{-1}$ (19.VI). W Brwinowie było więc większe zróżnicowanie rzeczywistych sum dziennych, ale mniejsze średnich sum dziennych w porównaniu z Warszawą. Ponadto pomimo, że absolutne wartości ekstremalne w poszczególnych latach badanego pięciolecia przypadały na obu stacjach na różne dni w roku, to skrajne wartości średnie przypadały na te same dni w roku, tzn. na: 6.XII. i 19.VI., przy czym:19.VI. deklinacja = 23°4, równanie czasu zmieniało się od 0 do 1h; 6.XII. deklinacja = -22°5, równanie czasu – 9. Średnie miesięczne dzienne sumy promieniowania dla miesięcy wahały się od 29 (XII) do 487 cal $cm^{-2}d^{-1}$ (VI) w Warszawie i od 36 (XII) do 506 cal $cm^{-2}d^{-1}$ (VI) w Brwinowie. W przebiegu rocznym różnice między rozpatrywanymi stacjami zaznaczyły się najwyraźniej w maju i wrześniu (odpowiednio o 28,9 i 26,1 cal $cm^{-2}d^{-1}$ na korzyść Brwinowa), najsłabiej w sierpniu (tylko o 0,1 cal $cm^{-2}d^{-1}$).

Ekstremalne sumy dzienne promieniowania

Przy określaniu maksymalnych sum dziennych promieniowania uwzględniono: najwyższe sumy, jakie wystąpiły w poszczególnych miesiącach i latach od 1966 do 1970 roku ,najwyższe sumy w przebiegu rocznym w okresie 1966-1970 (sumy promieniowania $\geq$700 cal $cm^{-2}d^{-1}$). Omawiając minimalne sumy promieniowania ograniczono się do sum $\leq$5 cal $cm^{-2}d^{-1}$. Sumy dzienne promieniowania odznaczały się dużym zróżnicowaniem z dnia na dzień. Najwyższe sumy dzienne w przebiegu rocznym były powtórzeniem (przy zmniejszonych wartościach) przebiegu rocznego promieniowania na górnej granicy atmosfery. Sumy te w miesiącach letnich przypadały na dni o niewielkim stopniu zachmurzenia (śr. do 2,0), w miesiącach zimowych i na dni chmurne (zwłaszcza 5,0). Maksymalne sumy dzienne nie przekraczały w grudniu 80 cal $cm^{-2}d^{-1}$ w Warszawie i 90 cal $cm^{-2}d^{-1}$ w Brwinowie oraz w czerwcu 730 cal $cm^{-2}d^{-1}$ w Warszawie i 740 cal $cm^{-2}d^{-1}$ w Brwinowie. Wynika z tego, że miesięczna amplituda sum najwyższych była na obu stacjach taka sama, lub przynajmniej zbliżona. W związku z tym, że Brwinów otrzymywał większe sumy promieniowania, aniżeli Warszawa, udział maksymalnych sum dziennych Brwinowa w stosunku do promieniowania na górnej granicy atmosfery był większy, zmieniając się od 31,5% (1) do 74,1 (VII) w Warszawie i od 53,2% (1) do 76,6 (VII) w Brwinowie. Ciekawie przedstawia się zestawienie dwóch różnic: między maksymalnymi wartościami rzeczywistego promieniowania oraz w tych samych dniach różnicy pomiędzy promieniowaniem górnej granicy atmosfery. Okazuje się, że różnice na górnej granicy atmosfery są większe, a zatem wydaje się, że atmosfera wpływa łagodząco na wahania maksymalnych sum promieniowania. Zanotowane w pięcioleciu 1966-1970 maksymalne sumy promieniowania ($\geq$700 cal $cm^{-2}d^{-1}$) wystąpiły w dniach o podanej niżej wielkości i rodzaju zachmurzenia.

Podsumowanie

Średni stosunek rocznych sum promieniowania całkowitego do promieniowania docierającego do górnej granicy atmosfery wynosił w: Warszawie 34,1%, Brwinowie 37,2%. Sumy roczne promieniowania całkowitego za okres dziesięciolecia wahały się: w War-

szawie od 77 do 92 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$, w Brwinowie od 82 do 96 kcal $cm^{-2}rok^{-1}$.Sumy promieniowania całkowitego za półrocze letnie stanowiły: w Warszawie 81,2%, w Brwinowie 80,0%,promieniowania rocznego. Najwyższe sumy sezonowe występowały na obu stacjach w okresie lata, sumy dzienne – zawsze w II dekadzie czerwca. Najniższe sumy sezonowe przypadały na zimę, sumy dzienne na grudzień, chociaż bezwzględnie najniższą wartość zanotowano: w Warszawie w październiku, w Brwinowie w listopadzie. Zróżnicowanie sum dziennych promieniowania całkowitego na obu stacjach było podobne, przy stale wyższych sumach w Brwinowie. Sumy popołudniowe promieniowania zarówno w Warszawie jak i w Brwinowie przeważały w I połowie roku, a przedpołudniowe w II jego połowie. Udział promieniowania rozproszonego w całkowitym był największy w miesiącach zimowych, najmniejszy w okresie lata. Przyczyną tego stanu rzeczy poza wysokością Słońca była przewaga zachmurzenia warstwowego. Większą liczbę godzin ze Słońcem wyróżniała się Warszawa aniżeli Brwinów (1627 godz. i 1518 godz.).Wyższym stopniem pokrycia nieba przez chmury odznaczała się Warszawa. W lipcu 1969 roku występowała duża zależność sum promieniowania od określonej sytuacji barycznej warunkującej napływ przeważających mas powietrza oraz dany stopnień zachmurzenia. Zebrany w pracy materiał, dotyczący dwóch stacji aktynometrycznych, w zasadzie charakteryzują warunki solarne Warszawy jako dużego ośrodka miejskiego w porównaniu z Brwinowem, reprezentatywnym dla warunków pozamiejskich. Stosunkowo bliskie położenie obu stacji, oraz podobna wysokość n.p.m w zasadzie powinny sprzyjać wykazaniu różnic w dopływie promieniowania, spowodowanych większym zanieczyszczeniem atmosfery nad Warszawą. Spodziewane zróżnicowanie między obu stacjami stwierdzono. Uwydatnił się więc wpływ warunków środowiskowych urbanizacji i uprzemysłowienia (przy większym usłonecznieniu mniejszy dopływ promieniowania w Warszawie). Wydaje się jednak, że różnice zarysowałyby się jeszcze wyraźniej, gdyby obie stacje przeprowadzały pomiary na tej samej wysokości nad powierzchnią topograficzną. Tymczasem Warszawa prowadzi pomiary na wysokości 30 m, Brwinów około 10 m. Należy przypuszczać, że obniżenie wysokości, na której robi się pomiary w Warszawie do wysokości, na której są one przeprowadzane w Brwinowie, zaakcentowałoby korzystniejsze warunki tego ostatniego. Na obydwu stacjach zdarzały się w poszczególnych latach wartości bardzo podobne, ale średnie dziesięcioletnie wykazywały wyraźną przewagę sum promieniowania w Brwinowie. Zaobserwowane na obu stacjach duże zróżnicowanie sum dziennych (przy podobnej wielkości tego zróżnicowania) wywołane było nie tylko czynnikami geograficznymi, ale również dobowymi zmianami zachmurzenia, uzależnionego z kolei od ogólnej cyrkulacji. Można to było prześledzić, zwłaszcza w dniach, w których rola czynników astronomicznych była identyczna (podobne maksymalne wysokości Słońca, długość dnia).

Tabela 1. Różnice rocznych sum promieniowania całkowitego między Warszawą i Brwinowem

Rok	1961	1962	1963	1964	1965	1966	1967	1968	1969	1970
kcal $cm^{-2}rok^{-1}$	-4,2	-5,0	+1,5	-2,4	-0,6	+1,2	-3,6	-10,0	-9,0	-8,0

Tabela 2. Sumy promieniowania całkowitego na stacjach aktynometrycznych w Warszawie i Brwinowie ($Q_{śr}$) i promieniowania na górnej granicy atmosfery (Q_{atm}) orazi ich stosunek $Q_{śr}/Q_{atm}$ (%)

	Warszawa			Brwinów		
	Q_{atm}	$Q_{śr}$	$Q_{śr}/Q_{atm}$ %	Q_{atm}	$Q_{śr}$	$Q_{śr}/Q_{atm}$ %
I	6007	1315	21.9	6007	1653	27,5
II	9123	2317	25,4	9123	2718	28,7
III	16340	5613	34,3	16340	6042	37,0
IV	22434	7977	35,6	22434	8665	38,6
V	28548	11679	41,0	28548	12573	44,4
VI	30002	14675	48,9	30002	15214	50,7
VII	29793	13284	44,5	29793	13808	46,5
VIII	25271	11699	45,3	25271	11978	47,4
IX	18329	7464	40,7	18329	8214	44,8
X	12319	3955	32,1	12319	4349	35,3
XI	6902	1370	20,0	6902	1611	23,3
XII	4895	896	18,1	4895	1118	22,8

Tabela 3. Zróżnicowanie średnich dziennych sum promieniowania całkowitego (cal $cm^{-2}d^{-1}$) w Warszawie i w Brwinowie wraz z wielkością zachmurzenia (N)

	Warszawa				Brwinów				Różnica: Q_W-Q_B		
	Q_{max}	Q_{min}	ΔQ	N	Q_{max}	Q_{min}	ΔQ	N	ΔQ_{max}	ΔQ_{min}	N
XII	59	13	46	8,3	71	19	52	7,4	-12	-6	0,9
I	65	26	39	7,9	80	32	58	7,7	-15	-6	0,2
II	125	32	93	8,1	136	41	95	7,7	-11	-9	0,4
III	335	105	230	7,0	290	103	187	6,4	45	2	0,6
IV	393	128	265	6,5	403	133	270	6,3	-10	-5	0,2
V	481	147	334	6,1	560	173	387	6,0	-79	-25	0,1
VI	658	239	419	5,7	646	252	394	5,0	12	-13	0,7
VII	574	263	311	5,9	597	315	282	5,5	-23	-52	0,4
VIII	519	223	296	5,2	552	217	335	5,1	-33	6	0,1
IX	370	139	231	6,4	444	177	267	5,1	-74	-38	1,3
X	196	71	125	6,4	193	55	138	6,2	3	16	0,2
XI	88	25	63	7,9	87	23	64	7,7	1	1	0,2

Tabela 4. Udział promieniowania bezpośredniego i rozproszonego w całkowitym (cal $cm^{-2}d^{-1}$) w poszczególnych porach roku w Warszawie.

Pory roku	Całkowite	Bezpośrednie	Rozproszone
Wiosna	823,6	418,7	404,9
	100 %	51 %	49%
Lato	12916	7589	5327
	100%	60%	40%
Jesień	422,9	212,2	210,7
	100%	50%	50%
Zima	153,6	44,4	109,2
	100%	29%	71%

Tabela 5a. Sumy miesięczne i roczne promieniowania całkowitego (cal cm^{-2}) w Warszawie w latach 1961-1970 (I-VI)

	I	II	III	IV	V	VI
1961	1689	3421	5096	10752	11052	14017
1962	1437	2174	5764	8343	9481	13416
1963	2349	2939	7180	10189	14449	15120
1964	1730	3349	5087	8972	13742	15610
1965	1186	3170	6233	7255	9507	13038
1966	1257	2536	4903	8176	10689	15125
1967	1548	2373	5276	6959	12631	13169
1968	1018	1982	6522	9391	10655	13984
1969	1496	2307	6611	8643	12682	15015
1970	1258	2391	4753	6716	11736	15693
1961-1965	1678	2753	5872	9102	11646	14240
1966-1970	1315	2317	5613	7977	11679	14675
1961-1970	1497	2536	5742	8540	11662	14458

Tabela 5b. Sumy miesięczne i roczne promieniowania całkowitego (cal cm^{-2}) w Warszawie w latach 1961-1970 (VII-XII)

	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1961	11879	10343	8523	4623	1352	1231	82687
1962	13257	9916	6991	4351	1166	1107	77403
1963	16376	10842	6968	3280	1541	1233	92466
1964	14506	10245	8155	4790	1266	912	88367
1965	13021	10918	8144	4811	1550	919	79752
1966	13275	12480	7111	3933	1050	833	81368
1967	13716	11516	7392	4720	2013	953	82226
1968	12538	12875	6234	3323	1143	993	80658
1969	14245	10242	8667	4519	1540	1068	87015
1970	12645	11414	7918	3279	1104	633	79540
1961-1965	13808	10453	7756	4371	1375	1080	84135
1966-1970	13284	11699	7464	3955	1370	896	82164
1961-1970	13546	11076	7610	4163	1372	988	83148

Tabela 6a. Sumy miesięczne i roczne promieniowania całkowitego (cal cm^{-2}) w Brwinowie w latach 1961-1970 (I-VI)

	I	II	III	IV	V	VI
1961	(1797)	2489	(5568)	(11240)	11069	14634
1962	1738	2645	6810	8910	9116	13980
1963	2463	3125	7226	9421	13059	14059
1964	1992	(4031)	5307	9731	13598	14463
1965	(1599)	3540	6098	(7550)	(10145)	12712
1966	1692	2581	4795	8367	10899	14810
1967	1712	2611	5440	6493	12722	14126
1968	1419	2398	7095	10829	11683	(15057)
1969	1864	2825	7193	10105	14010	16009
1970	1580	3173	5687	7529	13553	16069
1961-1965	1918	3166	6202	9371	11397	13970
1966-1970	1653	2718	6042	8665	12573	15214
1961-1970	1786	2942	6122	9018	11985	14592

Tabela 6b. Sumy miesięczne i roczne promieniowania całkowitego (cal cm^{-2}) w Brwinowie w latach 1961-1970 (VII-XII i rok)

	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
1961	11852	10138	8508	4845	1374	1351	(86865)
1962	14785	10289	6936	4576	1305	1282	82382
1963	16584	11126	7045	3838	1603	1335	90946
1964	14144	10983	8834	4702	1238	1738	(90761)
1965	12420	(10781)	8251	4512	(1822)	941	(80371)
1966	11539	11510	7277	4083	1470	1092	80115
1967	15573	10796	7618	5352	2154	1195	85792
1968	(13570)	(14384)	7795	3958	1329	1099	90616
1969	15449	10818	9926	4924	1625	1220	95968
1970	13177	12380	8454	3426	1477	986	87488
1961-1965	13957	10675	7915	4495	1468	1329	86267
1966-1970	13808	11970	8214	4349	1611	1118	87996
1961-1970	13910	11326	8064	4422	1540	1224	87103

Tabela 7. Sumy promieniowania całkowitego (kcal cm^{-2}) w poszczególnych porach roku w Warszawie i Brwinowie w latach 1966-1970

	ZIMA XII-II		WIOSNA III-V		LATO VI-VIII		JESIEŃ IX-XI		ROK I-XII	
Stacje	Warsz.	Brwi..	Warsz.	Brwi.	Warsz.	Brwi.	Warsz.	Brwi.	Warsz.	Brwi.
1966	4,7	5,2	23,8	24,1	40,9	37,9	12,1	12,8	81,5	80,0
1967	4,7	5,4	24,9	24,6	38,4	40,5	14,1	15,2	82,1	85,7
1968	4,0	5,0	26,6	29,6	39,4	43,1	10,6	13,1	80,6	90,8
1969	4,8	5,8	27,9	31,3	39,4	42,2	14,7	17,6	86,8	96,9
1970	4,8	6,0	23,2	26,8	39,7	41,7	12,3	13,4	80,0	87,9
1966-1970	4,6	5,5	25,3	27,3	39,6	41,0	12,7	14,4	82,2	88,3

Tabela 8. Miesięczne i roczne sumy promieniowania rozproszonego (cal cm^{-2}) w Warszawie w latach 1966-1970

	1966	1967	1968	1969	1970	1966-1970
I	1023	1140	808	841	915	945,4
II	1774	1578	1352	1682	1834	1645,4
III	3391	3059	3025	2745	3115	3067,4
IV	4136	4008	4288	3648	4555	4123,0
V	3994	4658	5862	5416	6611	5290,2
VI	4847	5764	4748	5931	6542	5566,4
VII	5298	5789	5655	5390	6895	5805,4
VIII	4714	5215	5318	3938	5499	4936,8
IX	2886	4106	2752	3159	3913	2625,2
X	1696	2361	2068	2135	2324	2116,8
XI	725	1214	643	1063	813	8981,6
XII	622	676	594	742	526	631,6
Rok	35106	39658	37113	36742	43144	38352,6

Tabela 9. Miesięczne i roczne sumy promieniowania bezpośredniego padającego na powierzchnię poziomą (cal cm^{-2}) w Warszawie w latach 1966-1970

	1966	1967	1968	1969	1970	1966-1970
I	234	408	210	655	343	370,0
II	762	795	630	618	557	672,4
III	1512	2217	3497	3876	1636	2547,6
IV	4040	2951	5103	4995	2161	385,0
V	6695	7973	4795	7266	5525	645,1
VI	10278	7405	9236	9084	9151	9120,8
VII	7977	7927	6883	8855	5750	7478,4
VIII	7766	6301	7557	6229	5915	6753,6
IX	4225	3286	3482	5508	4005	4101,2
X	2237	2359	1255	2384	955	1836,0
XI	325	799	500	477	251	470,4
XII	211	277	399	326	101	262,8
rok	46262	42698	43545	50272	36396	43834,8

Tabela 10. Średnie wartości godzinne promieniowania całkowitego (cal cm^{-2}) w Warszawie w latach 1966-1970

h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4						0,1	0,1					
5				0,0	1,0	2,9	1,4	0,2				
6			0,0	1,3	5,7	9,6	6,2	3,0	0,4			
7			1,1	6,1	13,3	18,6	14,2	11,0	3,9	0,5		
8	0,0	0,6	5,3	13,5	21,8	28,7	23,2	20,0	11,3	3,8	0,4	
9	0,8	3,7	11,9	21,3	30,1	37,9	33,0	29,0	19,1	9,1	2,4	0,6
10	3,5	7,5	18,5	28,0	37,3	46,3	40,1	39,0	26,6	13,9	5,2	2,6
11	6,6	11,3	22,7	31,2	42,5	51,9	46,1	44,0	32,9	18,3	7,9	5,1
12	8,6	13,9	25,7	33,2	43,2	52,6	47,4	46,0	33,3	20,7	9,0	6,6
13	9,2	14,3	26,4	32,8	42,0	51,5	45,8	46,0	34,6	20,2	8,6	6,3
14	7,5	13,1	24,6	30,8	40,8	50,4	44,7	41,0	30,5	18,4	6,6	4,7
15	4,6	10,2	20,4	26,0	34,9	44,0	39,4	36,0	23,9	13,2	3,8	2,5
16	1,5	5,8	14,7	20,5	27,6	36,2	33,6	29,0	17,4	7,3	1,3	0,6
17	0,1	1,9	7,4	13,4	19,5	27,1	25,6	20,0	9,6	2,1	0,1	
18		0,1	2,0	6,3	12,0	17,3	16,7	11,0	3,1	0,1		
19			0,1	1,3	4,6	9,1	7,8	3,7	0,2			
20				0,0	0,8	2,6	2,0	0,3				
21						0,1	0,1					

Tabela 11. Średnie wartości godzinne promieniowania całkowitego (cal cm^{-2}) w Brwinowie w latach 1966-1970

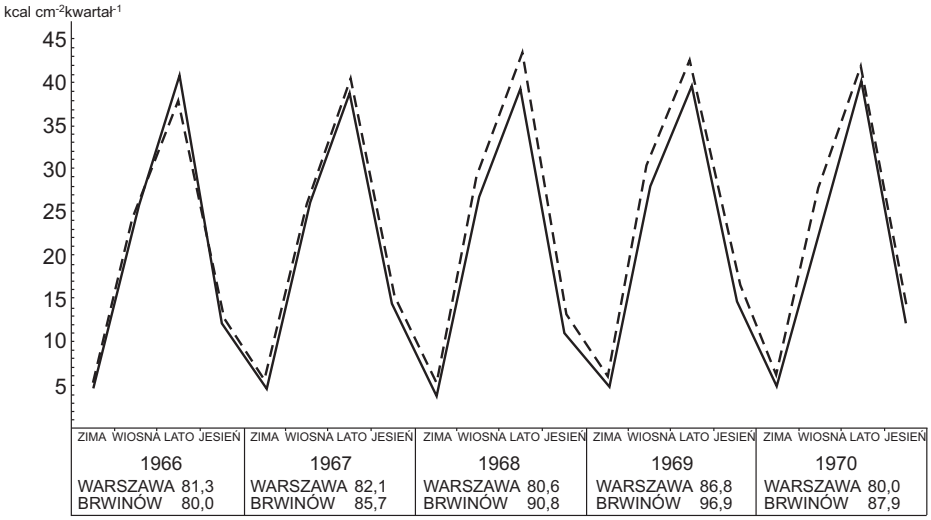
h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4					0,0	0,1	0,0					
5				0,0	1,1	3,0	1,6	0,1				
6			0,0	1,2	7,9	10,2	7,7	2,8	0,3			
7			1,1	6,7	12,0	19,4	16,0	10,0	3,7	0,5		
8	0,0	0,7	5,6	15,0	24,0	29,3	25,0	20,0	12,0	4,0	0,5	0,0
9	1,0	4,1	12,6	23,0	35,0	42,3	34,0	30,0	21,0	9,7	2,8	0,8
10	4,2	8,4	19,3	29,0	40,0	46,4	42,0	38,0	31,0	15,4	6,2	3,3
11	7,9	13,0	24,7	34,0	43,0	52,1	46,0	44,0	35,0	20,1	8,8	7,8
12	10,6	16,0	28,6	26,0	46,0	53,5	48,0	46,0	37,0	22,6	10,0	7,7
13	11,2	17,0	28,9	35,0	46,0	51,4	47,0	46,0	38,0	22,0	10,0	7,8
14	9,5	17,0	25,8	32,0	42,0	51,3	45,0	43,0	33,0	19,4	8,2	6,2
15	6,2	12,0	21,3	29,0	38,0	48,0	41,0	38,0	2,0	15,1	5,2	3,6
16	2,5	7,3	15,4	23,0	29,0	39,8	34,0	31,0	20,0	8,5	1,9	0,9
17	0,2	2,6	9,0	16,0	22,0	29,6	29,0	21,0	12,0	2,6	0,1	
18		0,6	2,5	8,1	13,0	19,9	19,0	14,0	4,0	0,1		
19			0,1	1,9	5,8	10,6	9,8	0,4	0,3			
20				0,0	1,1	2,8	2,7					
21					0,0	0,2	0,1					

Tabela 12. Średnie wartości godzinne promieniowania rozproszonego (cal cm^{-2}) w Warszawie w latach 1966-1970

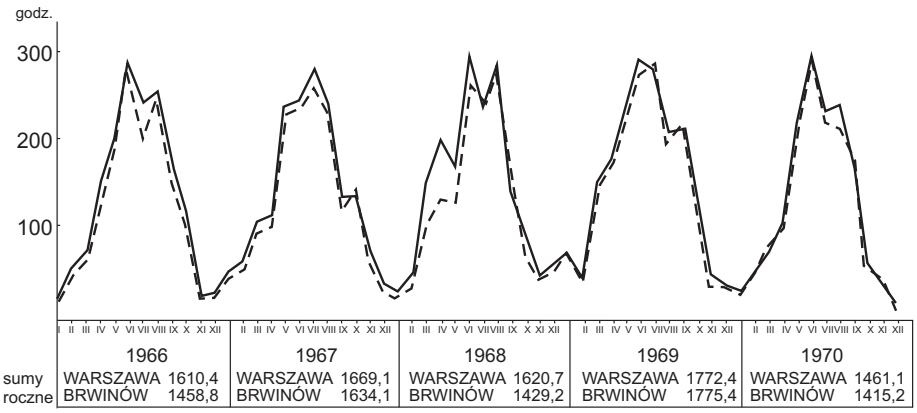
h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4						0,1	0,0					
5				0,0	0,8	1,8	1,0	0,2				
6			0,0	1,0	3,4	4,7	3,6	2,0	0,3			
7			0,8	3,8	6,7	7,9	7,1	5,4	2,5	0,4		
8	0,0	0,5	3,6	7,6	10,2	10,9	10,5	8,6	5,8	2,5	0,3	
9	0,7	2,7	7,3	11,1	13,1	13,4	13,4	11,2	9,1	5,5	1,8	0,5
10	2,8	5,5	10,3	14,1	15,7	15,5	16,5	14,6	11,3	8,0	3,6	2,0
11	4,7	8,1	12,1	15,5	17,9	17,6	18,9	17,1	13,2	9,5	5,1	3,1
12	5,9	9,7	13,6	15,8	17,7	18,9	19,2	18,2	14,3	10,2	5,5	4,3
13	6,2	10,0	13,6	16,1	17,8	19,2	19,9	18,2	14,6	10,3	5,3	4,4
14	5,2	8,9	12,8	15,0	17,4	18,3	18,8	17,4	13,7	9,3	4,3	3,3
15	3,5	7,0	10,4	13,4	15,3	16,9	17,3	15,4	11,3	6,9	2,5	1,9
16	1,3	4,4	8,1	11,1	12,6	14,0	15,2	13,0	8,5	3,9	1,0	0,5
17	0,1	1,6	4,5	7,7	9,7	11,4	11,7	9,6	5,1	1,4	0,1	
18		0,1	1,5	4,2	6,8	8,1	8,0	5,9	2,0	0,1		
19			0,1	1,1	3,0	4,7	4,4	2,4	0,2			
20					0,0	0,8	1,8	1,5	0,3			
21							0,1	0,1				

Tabela 13. Średnie wartości godzinne promieniowania bezpośredniego (cal cm^{-2}) w Warszawie latach 1966-1970

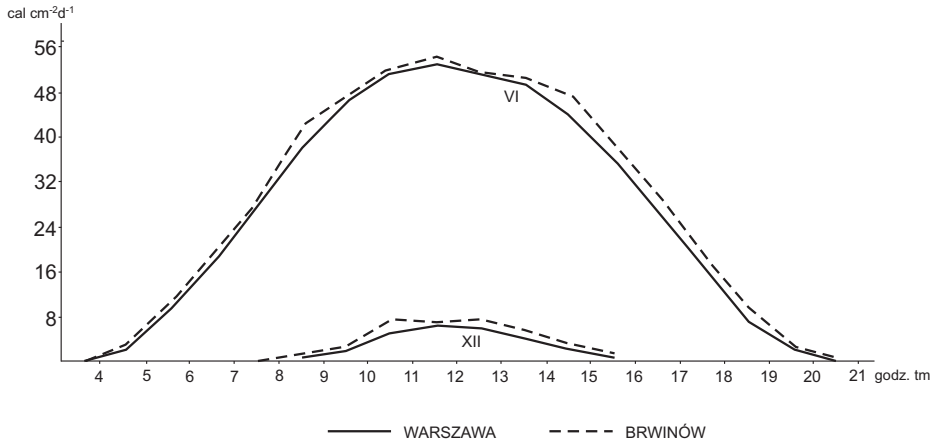
h	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
4						0,0	0,0					
5					0,2	1,1	0,4	0,0				
6				0,3	2,3	4,9	2,6	1,0	0,1			
7			0,3	2,3	6,6	10,7	7,1	5,1	1,4	0,1		
8		0,1	1,7	5,9	11,6	17,8	12,7	10,9	5,5	1,3	0,1	
9	0,1	0,9	4,6	10,2	17,0	24,0	19,6	17,9	10,0	3,6	0,6	0,1
10	0,7	2,0	8,2	13,9	21,6	30,8	23,6	24,0	15,3	5,9	1,6	0,6
11	1,9	3,2	10,6	15,7	24,6	34,3	27,2	27,2	19,7	8,8	2,8	2,0
12	2,7	4,2	12,1	17,4	25,5	33,7	28,2	27,7	19,0	10,5	3,5	2,3
13	3,0	4,3	12,8	16,7	24,2	32,3	25,9	27,4	20,0	9,9	3,3	1,9
14	2,3	4,2	11,8	15,8	23,4	32,1	25,8	23,5	16,8	9,1	2,3	1,4
15	1,1	3,2	10,0	12,6	19,6	27,1	22,1	20,4	12,6	6,3	1,4	0,6
16	0,2	1,4	6,6	9,4	15,0	22,2	18,4	16,0	8,9	3,4	0,3	0,1
17		0,3	2,9	5,7	9,8	15,7	13,9	10,4	4,5	0,7		
18			0,5	2,1	5,2	9,2	8,7	5,0	1,1	0,0		
19				0,2	1,6	4,4	3,4	1,3	0,0			
20					0,1	0,8	0,6	0,0				
21							0,0					



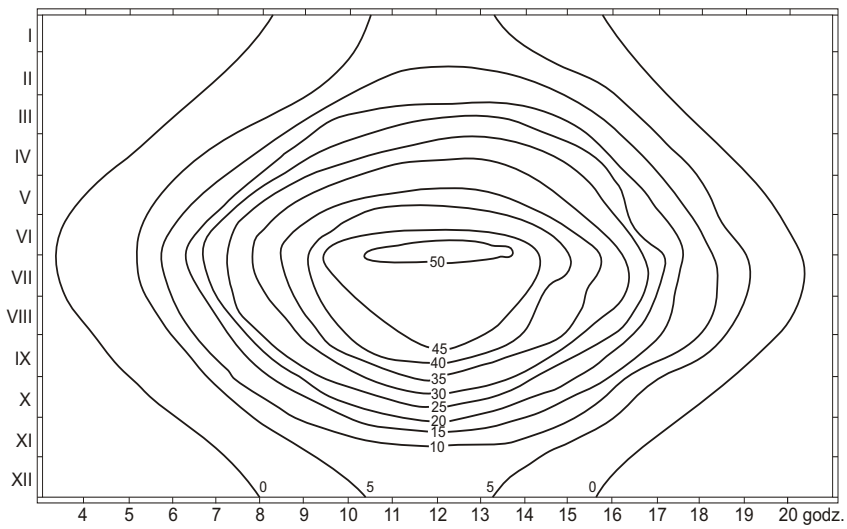
Rysunek 1. Przebieg sum promieniowania całkowitego (kcal cm^{-2}) według pór roku w Warszawie i Brwinowie



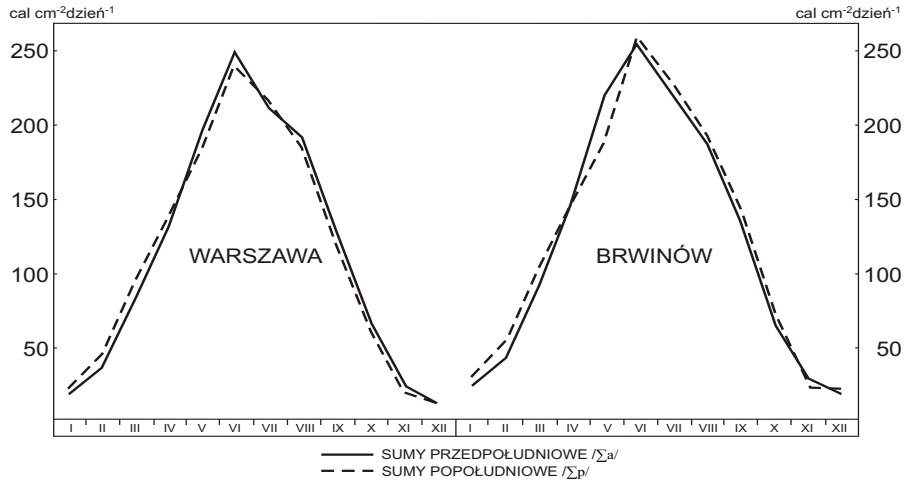
Rysunek 2. Przebieg miesięcznych sum usłonecznienia w Warszawie i Brwinowie w latach 1966-1970



Rysunek 3. Przebieg dzienny promieniowania całkowitego w Warszawie i Brwinowie w latach 1966-1970



Rysunek 4. Izoplety promieniowania całkowitego w Warszawie w cal cm^{-2} $godz^{-1}$ w latach 1966-1970



dane w 96	WARSZAWA		BRWINÓW		dane w 96	WARSZAWA		BRWINÓW	
	$\sum a/\sum d$	$\sum p/\sum d$	$\sum a/\sum d$	$\sum p/\sum d$		$\sum a/\sum d$	$\sum p/\sum d$	$\sum a/\sum d$	$\sum p/\sum d$
I	46,0	54,0	44,3	55,7	VIII	50,6	49,4	50,5	49,5
II	44,7	55,3	43,8	57,2	IX	52,0	48,0	51,1	48,9
III	47,0	53,0	47,2	52,8	X	52,0	48,0	51,6	48,4
IV	49,4	50,6	49,8	50,2	XI	54,8	45,2	52,7	47,3
V	51,7	48,3	53,7	46,3	XII	51,2	48,8	48,5	51,5
VI	51,2	48,8	49,8	50,2	ROK	50,1	49,9	50,1	49,5
VII	49,4	50,6	49,1	50,9					

Rysunek 5. Sumy przedpołudniowe i popołudniowe promieniowania całkowitego oraz ich udział w sumach dziennych ($\sum d$) w Warszawie i Brwinowie w latach 1966-1970

3.7.2. Związek między temperaturą powietrza i gruntu na stacji meteorologicznej w Brwinowie w latach 1956-1965

Autor: Andrzej G Ó R S K I
Opiekun naukowy: Urszula K O S S O W S K A - C E Z A K

Cel pracy i materiały źródłowe

Celem pracy jest zbadanie przebiegu temperatury powietrza i temperatury gruntu, wykazanie zachodzących związków między nimi, a także między temperaturą gruntu na różnych głębokościach.

Materiałem wyjściowym są średnie miesięczne wartości temperatury powietrza i gruntu w Brwinowie z lat 1956-1965, opublikowane w pracy Chomicza (1977) oraz Rocznikach gruntu PIHM. Temperatura powietrza była mierzona w klatce meteorologicznej na wysokości 2 m, temperaturę gruntu mierzono na głębokości 5, 10, 20, 50 i 100 cm.

W pracy dokonano analizy rocznego przebiegu temperatury powietrza i gruntu oraz określono typy stratyfikacji temperatury gruntu i ich zmiany w ciągu roku. Metodami statystycznymi obliczono współczynnik korelacji oraz wykreślono proste regresji. Ponadto w tej pracy omówiono przebieg temperatury i zmiany stratyfikacji w wybranych miesiącach o zróżnicowanych warunkach termicznych (tab.1-5, rys.1-7).

Lokalizacja stacji agrometeorologicznej w Brwinowie

Współrzędne stacji agrometeorologicznej w Brwinowie: $\varphi = 52°08'N$, $\lambda = 20°43'E$, wysokość 96 m n.p.m. Jest to stacja agrometeorologiczna. Na północ od ogródka w odległości 70 m znajduje się 4-metrowy budynek, a dalej pola warzywne. Od północo-wschodu, w odległości 500 m, rosną pojedyncze drzewa o wysokości 15 m, a dalej znajduje się staw i park z wysokimi drzewami.

Od strony wschodniej położone są ogródki działkowe i nasyp kolejowy 1,5 metrowej wysokości, drzewa i zabudowania. Od strony zachodniej i północo-zachodniej zlokalizowane są budynki, drzewa i ulice.

Profil glebowy stacji w Brwinowie przedstawia rys.1. Górną warstwę, ok. 40 cm, stanowi próchnica. Wytworzona jest z drobnych piasków. Na głębokości 40-60 cm występuje gleba lekko zbielicowana. Na głębokości 60 cm znajduje się ok. 15 centymetrowa warstwa orsztynu powstała na drobnych piaskach.

Poniżej głębokości 80 cm zalega drobny piasek, który jest skałą macierzystą. Poziom wody gruntowej znajduje się na głębokości 120 cm. Dosć płytki poziom zalegania wody gruntowej powoduje oddolne oglejenie gleby. Zachodzi proces redukcyjny.

Przebieg roczny temperatury powietrza (2 m) i gruntu na 5 poziomach (5, 10, 20, 50 i 100 cm).

Zmiany roczne temperatury powietrza i gruntu

W okresie 1956-1965 w Brwinowie najniższa średnia miesięczna temperatura powietrza wystąpiła w styczniu i wyniosła -2,9°C. Od stycznia do lipca temperatura rosła osiągając w lipcu średnią wartość 17,9°C. W półroczu tym największy przyrost temperatury wystąpił między marcem a kwietniem i wynosił 1,1°C. Od lipca nastąpił spadek

temperatury powietrza trwający do stycznia. Największy spadek temperatury wystąpił między październikiem a listopadem i wynosił 5,4°C. Najmniejszy spadek temperatury miał miejsce między lipcem a sierpniem i wynosił 1,1°C. Amplituda roczna temperatury powietrza wyniosła 29,1°C.

W tym samym okresie najniższe średnie miesięczne temperatury gruntu wystąpiły w lutym (rys. 4), były więc opóźnione w czasie o miesiąc w stosunku do temperatury powietrza. Na poziomach 5, 10 i 20 cm średnie miesięczne wartości temperatury gruntu były mniejsze od 0°C i wynosiły odpowiednio: -0,7, -0,8 i 0,6°C (tab. 1), na poziomach 50 i 100 cm były dodatnie i wnosiły odpowiednio 0,4 i 1,9°C. Zatem różnica między najniższymi wartościami miesięcznymi temperatury na poziomach 100 i 5 cm wyniosła 2,6°C, a między 100 i 10 cm – 2,7°C.

W marcu nastąpił wzrost temperatury gruntu, która maksymalne wartości osiągnęła w lipcu, tylko na głębokości 100 cm w sierpniu.

Wyniki badań w odniesieniu do literatury

Analiza temperatury gruntu w Brwinowie w okresie 1956-1965 w dużym stopniu potwierdziła wyniki otrzymane przez innych autorów, prezentowanych w przeglądzie literatury.

Przebieg roczny temperatury gruntu cechuje opóźnienie w występowaniu ekstremów w miarę wzrostu głębokości. Opóźnienia te są największe w zimie i w lecie, a najmniejsze jesienią i wiosną, tj. w okresach o ukierunkowanych zmianach temperatury powietrza. Podobnie jak ekstrema również ocieplenia i ochłodzenia docierają do warstw głębszych z pewnym opóźnieniem – im grunt wilgotniejszy, tym później one dotrą. Potwierdzają to wyniki prac, m.in.: Okołowicza (1937), Smosarskiego (1956), Kaczorowskiej (1968).

Analiza temperatury średnich miesięcznych określa charakterystyczny typ stratyfikacji dla danej pory roku: zimą ma miejsce stratyfikacja typu radiacyjnego, latem insolacyjnego, w porach przejściowych głębiej występuje pierwszy, a w płytszych warstwach drugi typ stratyfikacji. Analizując średnie dzienne wartości temperatury w wybranych miesiącach okazuje się, że nie zawsze ta stratyfikacja jest stała, charakterystyczna dla danej pory roku. Częste zmiany temperatury powodują zaburzenia w jej przebiegu, niejednokrotnie występuje całkowite odwrócenie stratyfikacji. Bardzo duży wpływ na kształtowanie się typu stratyfikacji ma temperatura i opady w miesiącach poprzedzających występowanie pokrywy śnieżnej i skład litologiczny gruntu. Potwierdzają to wyniki z prac Molgi (1986), Okołowicza (1969), Karwowskiego (1955), Śliwińskiej (1978).

Przeprowadzona analiza materiału wykazała, że istnieją wyraźne związki korelacyjne miedzy temperaturą powietrza i temperaturą gruntu. Zachodzą one z różną intensywnością w zależności od długości rozpatrywanego okresu, pory roku, wilgotności, występowania pokrywy śnieżnej. Związki te zmniejszają się w miarę wzrostu głębokości, lecz i tak na poziomie 1m są duże. Najsilniejsze są w okresach przejściowych (zwłaszcza jesienią), najsłabsze zimą – wpływ pokrywy śnieżnej.

Jeszcze większe związki korelacyjne zachodzą pomiędzy temperaturą gruntu na 5 cm a10 i 20 cm jesienią i wiosną, słabsze na 100 cm i zimą. Potwierdzają to wyniki z praz Bakońskiego (1955), Karwowskiego (1955), Śliwińskiej (1978), Smosarskiego (1956).

Tabela 1. Średnia temperatura miesięczna powietrza i gruntu (Brwinów 1956-1965)

Poziom	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	Temperatura powietrza											
2 m	-2,9	-2,3	0,5	7,7	12,5	16,9	17,9	16,8	13,0	8,6	3,2	-1,1
	Temperatura gruntu											
5 cm	-0,7	-0,7	1,4	7,9	14,0	18,9	20,0	18,3	14,0	8,9	3,8	0,6
10 cm	-0,7	-0,8	1,0	7,4	13,4	18,3	19,4	17,9	13,8	8,8	3,8	0,7
20 cm	-0,2	-0,6	1,1	6,9	12,9	17,8	19,1	17,9	14,1	9,2	4,5	1,3
50 cm	1,1	0,4	1,4	6,0	11,7	16,4	18,0	17,5	14,6	10,4	6,1	2,7
100 cm	2,9	1,9	2,2	5,2	9,9	14,1	16,1	16,4	14,6	11,3	7,9	4,7

Tabela 2. Współczynnik korelacji (r_{xy}) temperatury powietrza i równania prostych regresji ($y = ax + b$) względem temperatury gruntu (1), oraz temperatury gruntu na 5 cm i na pozostałych głębokościach (2) – Wiosna

	1		2	
Głębokość x	r_{xy}	$y = ax + b$	r_{xy}	$y = ax + b$
5	0,987	y=0,999x+0,82		
10	0,985	y=0,975x+0,52	0,999	y=0,978x–0,29
20	0,978	y=0,927x+0,55	0,997	y= 0,934x–0,25
30	0,960	y=0,802x+0,84	0,987	y=0,81x+0,09
100	0,929	y=0,581x+1,76	0,966	y= 0,597x+1,16

Tabela 3. Współczynnik korelacji (r_{xy}) temperatury powietrza i równania prostych regresji ($y = ax + b$) względem temperatury gruntu (1), oraz temperatury gruntu na 5 cm i na pozostałych głębokościach (2) – Lato

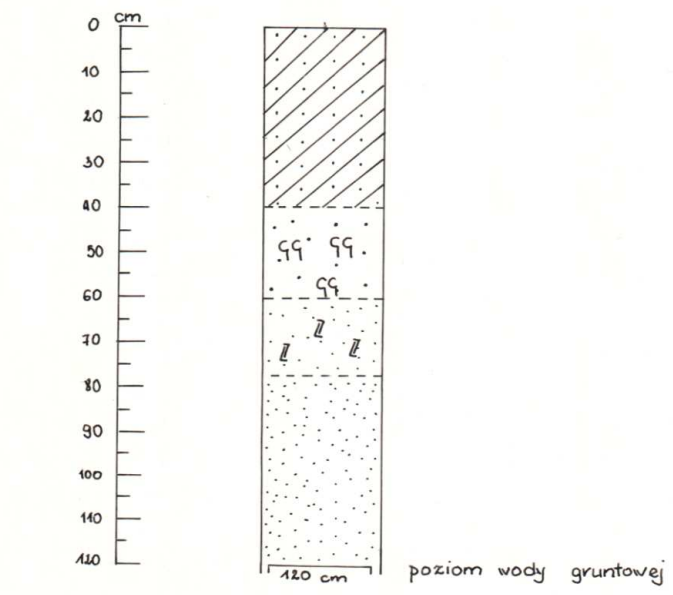
	1		2	
Głębokość x	r_{xy}	$y = ax + b$	r_{xy}	$y = ax + b$
5	0,952	y=1,141x–0,57		
10	0,962	y=1,075x–0,23	0,996	y=0,921x+0,71
20	0,961	y=1,001x+0,90	0,965	y=0,846x+2,15
30	0,878	y=0,867x+2,38	0,847	y=0,698x+3,99
100	0,625	y=50,592x+5,35	0,563	y=0,445x+7,05

Tabela 4. Współczynnik korelacji (r_{xy}) temperatury powietrza i równania prostych regresji ($y = ax + b$) względem temperatury gruntu (1), oraz temperatury gruntu na 5 cm i na pozostałych głębokościach (2) – Jesień

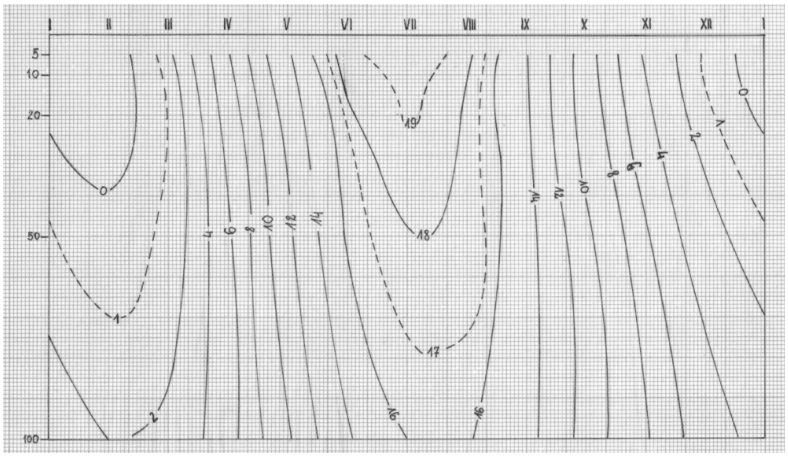
	1		2	
Głębokość x	r_{xy}	$y = ax + b$	r_{xy}	$y = ax + b$
5	0,984	y=0,991x+0,70		
10	0,981	y=0,960x+0,91	0,999	y=0,971x+0,21
20	0,981	y=0,932x+1,59	0,999	y=0,942x+0,92
30	0,974	y=0,815x+3,65	0,996	y=0,827x+3,03
100	0,964	y=0,632x+6,06	0,991	y= 0,645x+5,55

Tabela 5. Współczynnik korelacji (r_{xy}) temperatury powietrza i równania prostych regresji ($y = ax + b$) względem temperatury gruntu (1), oraz temperatury gruntu na 5 cm i na pozostałych głębokościach (2) – Zima

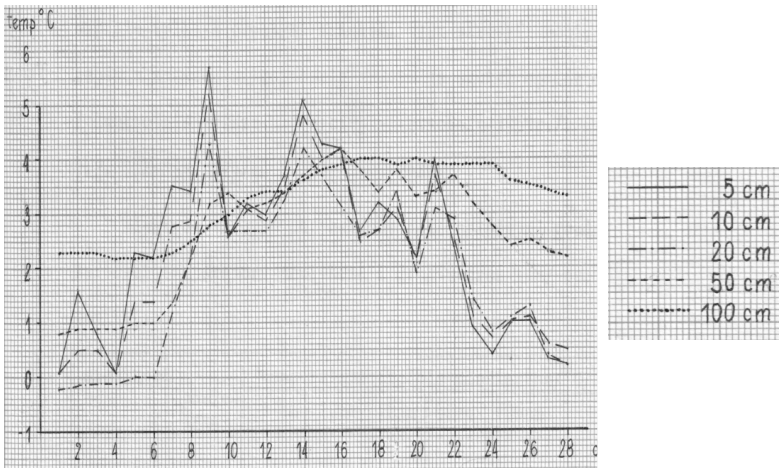
	1		2	
Głębokość x	r_{xy}	$y = ax + b$	r_{xy}	$y = ax + b$
5	0,851	y = 326x + 0,52		
10	0,842	y = 0,319x + 0,51	0,996	y = 0,981x + 0,01
20	0,813	y = 0,304x + 0,90	0,962	y = 0,940x + 0,41
30	0,699	y = 0,260x + 2,04	0,871	y = 0,847x + 1,64
100	0,522	y = 0,187x + 3,63	0,689	y = 0,644x + 3,35



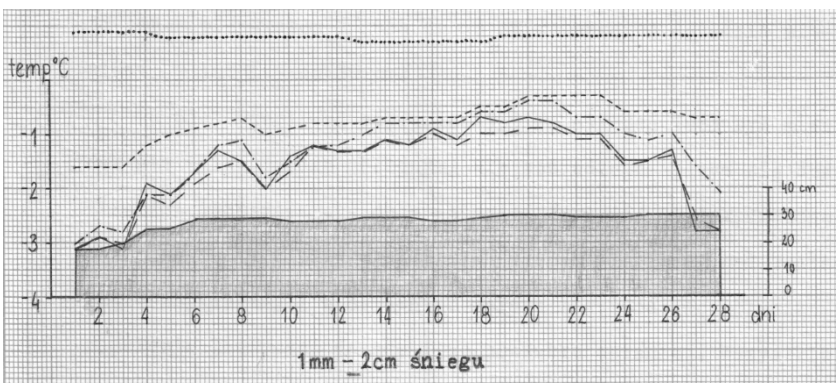
Rys. 1. Profil glebowy na stacji meteorologicznej w Brwinowie.



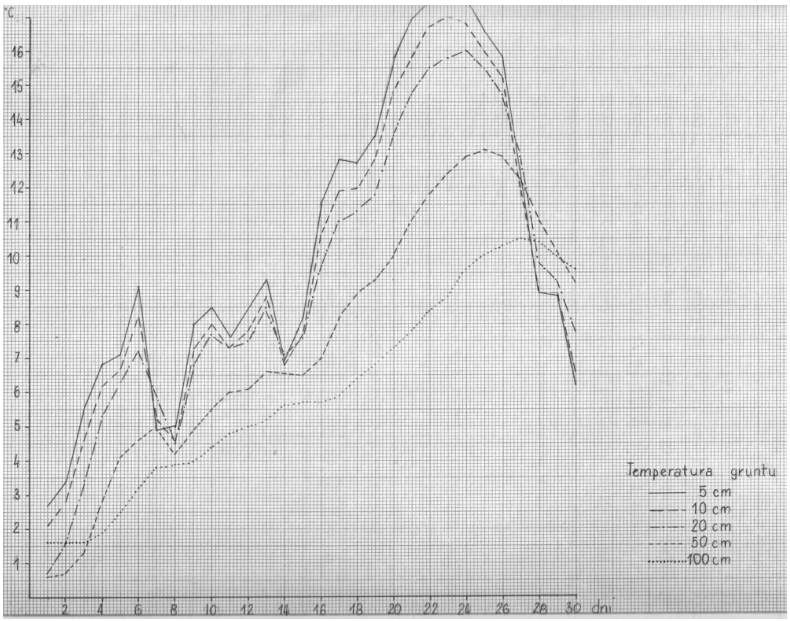
Rys. 2. Zmiany roczne temperatury gruntu w warstwie 5-100 cm (Brwinów 1956-1965).



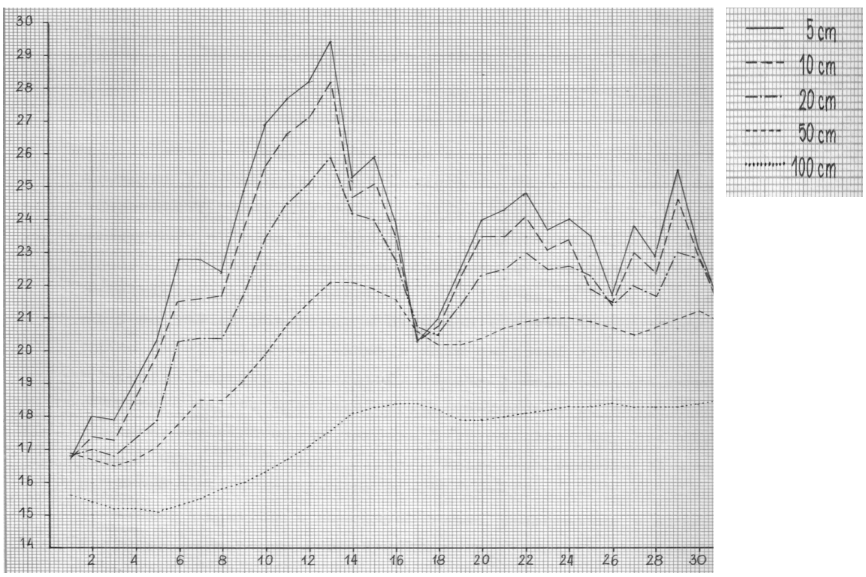
Rys. 3. Przebieg temperatury gruntu w Brwinowie w lutym 1957 r.



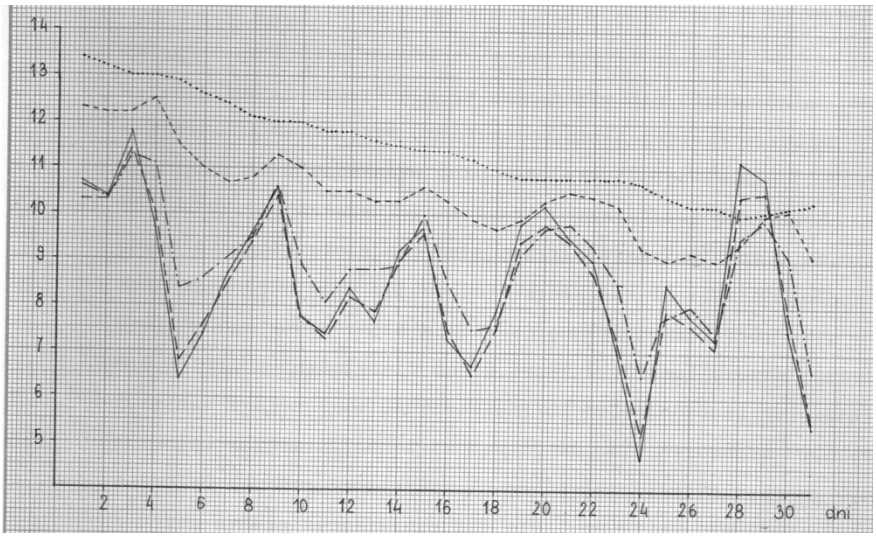
Rys. 4. Przebieg temperatury gruntu w Brwinowie w lutym 1963 r.



Rys. 5. Przebieg temperatury gruntu w Brwinowie w kwietniu 1962 r.



Rys. 6. Przebieg temperatury gruntu w Brwinowie w lipcu 1959 r.



Rys. 7. Przebieg temperatury gruntu w Brwinowie w październiku 1959 r.

3.8. Klimat i bioklimat Okęcia

3.8.1. Zależność temperatury od cyrkulacji atmosferycznej na przykładzie stacji Warszawa-Okęcie w okresie 1981-1990

Autor: Aleksandra Ż E B R O W S K A
Opiekun naukowy: Urszula K O S S O W S K A - C E Z A K

Cel i zakres pracy

Polska położona jest w strefie umiarkowanej, którą charakteryzuje ogromna różnorodność sytuacji barycznych. Pogoda zmienia się praktycznie codziennie. Ze zmianą sytuacji barycznej wiąże się ciągła zmiana cyrkulacji.

Celem niniejszego opracowania jest jakościowe określenie wpływu, jaki cyrkulacja atmosferyczna wywiera na temperaturę powietrza. Badania zostały wykonane na przykładzie danych ze stacji Warszawa-Okęcie i objęły okres 10-lecia 1981-1990. Warszawa została wybrana ze względu na położenie w centrum Polski. Odnosi się do niego również klasyfikacja typów cyrkulacji B. Osuchowskiej-Klein, wykorzystana w opracowaniu. Położenie stacji na nizinnej równinie, na peryferiach miasta wykluczyło wpływ rzeźby terenu, zbiorników wodnych oraz zabudowy miejskiej na wartości temperatury powietrza. Stan termiczny powietrza określony został wartościami średniej temperatury dobowej, maksymalnej i minimalnej (tab. 1-11, rys. 1-3).

Klasyfikacja typów cyrkulacji według B. Osuchowskiej-Klein

W naszych szerokościach geograficznych następują nieustanne zmiany układów ciśnienia związanych z frontem polarnym i adwekcją mas powietrznych z południa i północy. Układy niżowe wędrują z zachodu na wschód, a ich rodziny albo – rzadziej – pojedyncze niże są rozgraniczone samotnie występującymi wyżami. W ten sposób kształtuje się cyrkulacja w Polsce i w Europie Środkowej i dlatego jest tak zmienna.

Na podstawie analizy codziennych układów ciśnienia B. Osuchowska-Klein wyodrębniła nad Polską 13 typów cyrkulacji:

A	zachodnia cyrkulacja cyklonalna
CB	północno-zachodnia cyrkulacja cyklonalna
D	południowo-zachodnia cyrkulacja cyklonalna
B	południowa cyrkulacja cyklonalna
F	południowo-wschodnia cyrkulacja antycyklonalna
C_2D	zachodnia cyrkulacja antycyklonalna
D_2C	południowo-zachodnia i południowa cyrkulacja antycyklonalna
G	centralna cyrkulacja antycyklonalna
E_2C	północno-zachodnia cyrkulacja antycyklonalna
E_0	północno-wschodnia i wschodnia cyrkulacja cyklonalna
E	północno-wschodnia cyrkulacja antycyklonalna
E_1	południowo-wschodnia i wschodnia cyrkulacja antycyklonalna
BE	południowa cyrkulacja pośrednia między cyklonalną i antycyklonalną

W swoim Katalogu dobowych typów cyrkulacji autorka wyróżniła 3 stopnie podobieństwa do typu wzorcowego, a oprócz dni z cyrkulacją bardzo podobną, podobną i mało podobną odnotowała także dni, w których występująca sytuacja baryczna nie dawała się zaklasyfikować do żadnego z 13 typów; te dni oznaczone zostały symbolem X.

Niniejsze opracowanie dotyczy 10-lecia 1981-1990. Uwzględniono w nim tylko dni z typem cyrkulacji o bardzo dużym i dużym podobieństwie do wzorca, co powinno sprzyjać większej jednoznaczności wyników. Przy takim ujęciu pominięto jednak znaczną liczbę dni badanego okresu. Dlatego warto uwzględnić również „tło cyrkulacyjne", które najlepiej mogą scharakteryzować wszystkie dni z danym typem cyrkulacji (tzn. bez względu na stopień podobieństwa do wzorca). Za takie tło przyjęto 90-lecie 1901-1990.

Ze względu na większą przejrzystość 13 typów cyrkulacji podzielono na 3 sektory. Kryterium podziału był kierunek napływu mas powietrza nad obszar Polski. Wydzielono sektory:

- wschodni: typy cyrkulacji od NE do SE,
- południowy: typy cyrkulacji S i SW,
- zachodni: typy cyrkulacji W i NW.

Każdy z nich obejmuje 4 typy cyrkulacji. Do żadnego z powyższych sektorów nie został zaklasyfikowany typ G – ze względu na szczególny układ baryczny.

Ważniejsze wyniki badań

Częstość występowania poszczególnych typów cyrkulacji zaobserwowana w 90-leciu 1901-1990 znalazła odbicie w latach 1981-1990, chociaż w 10-leciu wystąpiły pewne odstępstwa.

I tak, grupa tych samych 5 typów cyrkulacji występowała najczęściej zarówno w 90-leciu, jak i w 10-leciu, mimo że kolejność według częstości poszczególnych typów zmieniła się. W 90-leciu największą frekwencję miał typ E i prawie taką samą CB, a następnie E_1, C_2D i E, a w 10-leciu były to kolejno typy CB, E_0, E, C_2D i E_1. Zmieniła się też częstość występowania poszczególnych typów: wzrosła frekwencja typów cyrkulacji CB, E_0 i E, spadła natomiast frekwencja E_1 i C_2D.

Wśród najrzadziej występujących typów cyrkulacji zwraca uwagę wzrost częstości typów B, BE, F i D_2C, a zwłaszcza typu G (z 3 do 6%) oraz spadek typu A. Można zatem stwierdzić, że nastąpił wzrost udziału typów cyrkulacji z sektora północnego (CB, E, E_1 i E_2C – razem o 4% – bez względu na stopień podobieństwa) i południowego (B, BE, D_2C i F – razem o prawie 5%) oraz częstość wyżów z centrum nad Polską (typ G o 3%), spadła natomiast frekwencja cyrkulacji z kierunku zachodniego (C_2D i A – razem prawie o 5%).

Poszczególne typy cyrkulacji odznaczały się w 10-leciu 1981-1990 różnym stopniem podobieństwa do wzorca. Najczęściej w formie o bardzo dużym i dużym podobieństwie występowały typy G, BE i C_2D, natomiast największy udział dni z małym podobieństwem (około 1/5 dni z danym typem) miały typy B i E_1.

Temperatura powietrza w różnych typach cyrkulacji atmosferycznej

W niniejszym rozdziale rozpatrzono temperaturę w 13 typach cyrkulacji atmosferycznej. Wykorzystane zostały wartości temperatury z dni o bardzo dużym i dużym stopniu podobieństwa cyrkulacji do wzorca. Punktem odniesienia była dla nich temperatura śred-

nia dobowa, minimalna i maksymalna z całego 10-lecia 1981-1990. Ze względu na jasność i jednoznaczność opisu wprowadzono następujące symbole temperatury: $t_{śr}$, t_{max}, t_{min} – temperatura średnia dobowa, maksymalna i minimalna z dni z określonym typem cyrkulacji (TC) w danym miesiącu: $t_{śr}$, t_{max}, t_{min} – temperatura średnia dobowa, maksymalna i minimalna ze wszystkich dni 10-lecia w danym miesiącu.

Spośród typów cyrkulacji z sektora NE-SE typy z kierunku NE: E_0 i E przez cały rok przyczyniały się do napływu chłodnego powietrza, a więc do obniżania temperatury. W antycyklonalnym typie E obniżeniu ulegało w podobnym stopniu $t_{śr}$ E, t_{max} E i temperatura minimalna, natomiast w typie cyklonalnym E_0 występowało zachmurzenie, dlatego temperatura maksymalna ulegała większemu obniżeniu w stosunku do temperatury ze wszystkich dni (nawet o 4°C) niż temperatura minimalna, która z kolei była zbliżona do temperatury minimalnej t_{min}.

Cyklonalny typ F przez cały rok powodował, dzięki adwekcji ciepłego powietrza z południo-wschodu, podwyższenie temperatury, szczególnie minimalnej o 1-3°C. Natomiast antycyklonalna cyrkulacja E_1 w półroczu chłodnym wzmagała obniżenie temperatury, w ciepłym jej wzrost. Charakterystyczne było to, że w sezonie chłodnym występowały większe obniżenia temperatury minimalnej niż maksymalnej (t_{min} obniżała się nawet o 4°C), w ciepłym silniejszy wzrost t_{max} niż t_{min} (nawet o 7°C w przypadku t_{max}).

Sektor S-SW

Antycyklonalna cyrkulacja D_2C z kierunku południowo-zachodniego i południowego sprzyjała podwyższaniu temperatury średniej w ciągu prawie całego roku – oprócz kwietnia, sierpnia i listopada – nawet o 3-4°C.

Wszystkie typy sektora S-SW powodowały podwyższenie temperatury, na skutek adwekcji ciepłego powietrza z południa, a ich oddziaływanie – mimo niskiej frekwencji – było dość silne.

Antycyklonalny typ D_2C, pośredni BE i cyklonalny D zdecydowanie sprzyjały podwyższeniu temperatury maksymalnej, mniejszemu minimalnej. Świadczyło to o niewielkim zachmurzeniu w tych typach cyrkulacji. Inaczej było w dniach z typem antycyklonalnym B, kiedy to bardziej niż maksymalna wzrastała temperatura minimalna.

Sektor W-NW

Typ C_2D tylko w niewielkim stopniu modyfikował temperaturę: $t_{śr}$ C_2D w okresie od stycznia do marca była wyższa od $t_{śr}$ o 0,6-1,8°C, w pozostałych miesiącach niewiele się od niej różniła – była niższa o 0,2-0,9°C. Temperatura tmax C_2D tylko w lutym była wyższa od t_{max} o 1°C; w styczniu, marcu, maju i lipcu nie występowały praktycznie żadne jej odychylenia, w pozostałych miesiącach była niższa o 0,4-l,8°C – największą różnicę stwierdzono w kwietniu.

W okresie od stycznia do marca i w maju t_{min} C_2D była wyższa od t_{min} o 0,3-1,9°C, w październiku nie różniła się, w innych miesiącach była niż sza o 0,4-1,6°C (we wrześniu).Typ cyrkulacji C_2D nie wpływał na temperaturę ani ocieplająco ani chłodząco, jedynie w miesiącach zimowych powodował niewielkie (bo tylko o 1-2°C) podwyższenie temperatury. W sektorze W-NW typy cyrkulacji modyfikowały temperaturę w zależności od kierunu adwekcji i charakteru antycyklonalnego lub cyklonalnego.

Cyklonalne typy A i CB w sezonie chłodnym powodowały podwyższanie temperatury, w ciepłym jej obniżanie, na skutek napływu wilgotnego powietrza znad oceanu Atlantyckiego. Na skutek dużego zachmurzenia temperatura maksymalna wzrastała słabiej niż minimalna, w ciepłym obniżała się silniej. Podobnie było w przypadku antycyklonalnego typu C_2D, który charakteryzował się najsłabszym – spośród 13 typów – oddziaływaniem na temperaturę (największe różnice między temperaturą w dniach z typem cyrkulacji C_2D i średnią temperaturą wszystkich dni bez względu na rodzaj cyrkulacji dochodziły do 2°C). Antycyklonalna cyrkulacja E_2C przez cały rok cechowała się „chłodzącym" charakterem i bardzo silnie, najsilniej spośród wszystkich typów oddziaływała na temperaturę – średnia minimalna w miesiącach zimowych spadała nawet do około 12°C.

Centralna cyrkulacja antycyklonalna (G)

Temperatura $t_{śr}$ G była wyższa od $t_{śr}$ w okresie od maja do sierpnia – różnice wahały się od 0,6 do 3°C, a największa była w czerwcu. W pozostałych miesiącach $t_{śr}$ G miała wartości niższe od $t_{śr}$ o 1-4°C (w grudniu i styczniu).

Wnioski

W roku 1994 w Zakładzie Klimatologii UW powstały dwa opracowania dotyczące wpływu cyrkulacji na temperaturę powietrza w Warszawie, odnoszące się do 10-leci: 1951-1960 i 1981-1990. Ze względu na ciekawe wyniki prac w rozdziale V zawarto ich porównanie.

W badanym 10-leciu 1981 -1990, tak jak w 90-leciu 1901-1990 do najczęściej występujących typów cyrkulacji należały: CB, E, E_0, C_2D, E_1 i D. Jednak w 10-leciu nastąpił wzrost udziału typów ze składową północną i południową – zwłaszcza CB, E i E_0 (łącznie o 4%), dwukrotnie była wyższa również częstość występowania wyżów z centrum nad Polską (G). Zmniejszył się natomiast udział typów antycyklonalnych E_1 (podczas gdy w 10-leciu 1951-1960 wystąpił znaczny wzrost częstości typu C_2D kosztem pozostałych 5 typów).

Skutkiem zmniejszenia frekwencji typów cyklonalnych – zwłaszcza CB było występowanie cieplejszych niż w 10-leciu 1951-1960 zim i wiosen (o 1-2°C) i chłodniejszych okresów letnich (o około 1°C).

Analiza wykazała, że istnieje wpływ typu cyrkulacji na temperaturę, zależny przede wszystkim od kierunku adwekcji mas powietrza, a także od antycyklonalnego lub cyklonalnego charakteru cyrkulacji. Wpływ ten jest stały wciągu roku lub podlega sezonowym zmianom.

Typy, które stale przyczyniają się do obniżenia temperatury to: E_2C, E_0 i E z sektora północnego. Zdecydowanie najniższe temperatury charakteryzowały dni z typem E_2C (średnia spadała do -8°C, minimalna do -11, -12°C), podczas gdy w 10-leciu 1951-1960 temperatura średnia spadała w typie E do -11°C, minimalna do -14°C.

Całorocznemu podwyższeniu temperatury sprzyja cyrkulacja z sektora południowego – szczególnie typ D, a także B, F. Temperatura średnia wzrastała w okresie lata do 22,5°C, a maksymalna do 29°C (w dniach z typem D), natomiast w 10-leciu 1951-1960 „najcieplejszy" był typ B, który powodował wzrost temperatury średniej do 23°C, maksymalnej do 28°C.

Oddziaływanie pozostałych typów na temperaturę zmienia się sezonowo. Typy E_1 i G obniżają temperaturę zimą, latem wzmagają jej wzrost. Są to typy antycyklonalne, charakteryzujące się małym zachmurzeniem będącym przyczyną znacznego wzrostu – szczególnie temperatury maksymalnej latem (przy typie E_1 nawet do 31°C), oraz dużego obniżenia – zwłaszcza minimalnej – zimą (w dniach z cyrkulacją G do -9, -10°C).

Zimą do podwyższenia temperatury, latem do obniżenia prowadziło pojawienie się cyklonalnych typów CB i A, którym towarzyszyło duże zachmurzenie. Wyższe wartości temperatury występowały przy cyrkulacji A. Praktycznie żadnych zmian temperatury nie obserwowano w dniach z cyrkulacją C_2D.

Cyrkulacyjnie uwarunkowane różnice średniej temperatury powietrza dochodziły w miesiącach zimowych 10-lecia 1981-1990 – podobnie jak w latach 1951-1960 – do 13°C. Przy typach antycyklonalnych E_2C, G, E i E_1 temperatura średnia spadała do -6, -8°C (podczas gdy w porównywalnym okresie do -11°C), minimalna do -12°C. W dniach z cyrkulacją cyklonalną temperatura średnia wahała się od -2 do 5°C (w analogicznym 10-leciu wyniosła 1-2°C poniżej zera). Trochę mniejsze zróżnicowanie temperatury średniej obserwowano w okresie letnim (do 4°C). Większe było za to zróżnicowanie temperatury maksymalnej. Jej wartości były niższe w dniach z typami cyklonalnymi, wyższe przy cyrkulacji antycyklonalnej (w dniach z E przekraczały 30°C). W 10-leciu 1951-1960 średnia temperatura maksymalna była niższa (do 27°C). Wiosną i jesienią zakres wahań temperatury średniej wynosił 3-5°C i był mniejszy niż w latach 1951-1960.

Wpływ typu cyrkulacji na temperaturę powietrza nie zależy od częstości występowania typu. Istnieją typy często występujące, które bardzo modyfikują temperaturę – CB czy E i typy, które nie mają właściwie żadnego na nią wpływu – C_2D. Tylko w przypadku typów występujących sporadycznie duży wpływ cyrkulacji na temperaturę może mieć charakter przypadkowy. Potwierdzają to badania B. Osuchowskiej-Klejn.

Poszczególne typy cyrkulacji występują często w ciągach wielodniowych – 3-dniowych i dłuższych – aż do 11 dni w przypadku typu E. Więcej dłuższych ciągów wystąpiło w 10-leciu 1951-1960. Największa średnia długotrwałość charakteryzowała typ E – 2,5 dnia (w latach 1951-1960 – 2,8 dnia), a także E, D i F – 2,1-2,2 dnia, najmniejsza 1,6 dnia – typy BE i G (w analogicznym 10-leciu najmniejsza nie spadała poniżej 1,8 dnia).

Zmiany temperatury w kolejnych dniach z danym typem cyrkulacji zależą od kierunku adwekcji – szczególnie w chłodnym okresie roku, oraz od antycyklonalnego lub cyklonalnego charakteru typu. W większości przypadków istotne zmiany temperatury zachodzą w 3 pierwszych dniach. Wyjątkiem jest cyrkulacja E, podczas której istotne wahania zachodzą dopiero w późniejszych dniach ciągu. W okresie chłodnym cyrkulacja z kierunku północnego i wschodniego – oprócz E – sprzyja obniżaniu temperatury (najsilniej w typie E_0), wzrost powodowany jest adwekcją ciepłych mas powietrza z zachodu (C_2D) i południa. W okresie ciepłym wahania temperatury w kolejnych dniach są mniejsze i dotyczą w większym stopniu temperatury maksymalnej. Do spadku temperatury w okresie ciepłym prowadzi utrzymywanie się cyrkulacji cyklonalnej (CB, A, E,F), typy antycyklonalne powodują zazwyczaj wzrost temperatury w kolejnych dniach.

Niniejsze opracowanie zakłada istnienie tylko jednego czynnika kształtującego temperaturę jakim jest cyrkulacja atmosferyczna na poziomie morza. W rzeczywistości każdy układ baryczny nie jest wyizolowany, ale istnieje w powiązaniu z wieloma czynnika-

mi: zachmurzeniem, opadami, a także ich procesami To wszystko przyczynia się do znacznego starzenia się powietrza, który powoduje zasadniczą zmianę jego właściwości. zróżnicowania termicznego w danym typie cyrkulacji.

Opracowanie stanowi krótkie uzupełnienie wcześniej uzyskanych wyników o konkretne wartości liczbowe. Jest bogatsze ze względu na fakt wykorzystania w nim oprócz wartości temperatury średniej dobowej, także temperatury minimalnej i maksymalnej.

Wyniki analizy mogą służyć porównaniu z innymi okresami, mają też znaczenie prognostyczne – na ich podstawie można określić przybliżoną wartość temperatury w poszczególnych typach cyrkulacji, a także oszacować wielkość jej wahań.

Tabela 1. Udział typów cyrkulacji (%) (bez względu na stopień podobieństwa do typu wzorcowego) w latach 1901-1990

Typ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
A	12,6	12,8	7,0	5,9	3,8	5,5	6,8	8,6	9,2	7,9	10,6	11,1	8,2
CB	13,5	12,8	11,9	14,0	8,7	16,3	17,2	15,6	14,5	11,7	15,3	13,2	13,7
D	10,7	10,0	11,7	7,2	4,8	4,0	5,0	7,4	7,5	10,7	11,4	13,8	8,7
B	55,9	6,8	6,2	7,8	5,1	2,9	1,4	2,0	3,2	5,6	7,4	8,8	5,3
F	1,4	3,2	3,9	6,2	6,2	3,3	2,2	2,2	1,8	2,4	2,8	1,3	3,1
C_2D	9,4	7,3	8,5	10,0	10,1	15,3	17,2	16,3	13,1	9,2	8,5	8,2	11,1
D_2C	4,9	4,2	4,0	2,1	2,9	3,0	3,2	3,4	4,6	4,7	3,6	4,3	3,7
G	3,5	3,7	2,5	1,8	2,0	1,8	1,9	2,2	3,5	5,9	3,0	2,9	2,9
E_2C	2,5	4,0	3,8	4,9	6,2	6,3	3,8	3,0	4,6	3,4	2,3	3,0	4,0
E_0	8,2	8,7	8,6	12,1	14,1	13,9	15,2	11,1	8,0	6,0	6,5	7,8	10,0
E	10,1	10,9	13,0	15,7	23,1	19,2	18,1	15,8	14,4	11,6	7,9	7,6	14,0
E_1	14,5	15,1	15,6	88,3	7,6	3,6	3,2	6,9	12,9	16,5	16,4	15,2	11,3
BE	1,4	1,3	1,3	0,9	0,4	0,1	0,1	0,2	0,8	2,4	2,2	1,1	1,0

Tabela 2. Udział typów cyrkulacji (%) (bez względu na stopień podobieństwa do typu wzorcowego) w latach 1981-1990

Typ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
A	9,7	7,8	8,1	1,0	1,0	2,3	4,2	6,8	8,0	6,1	5,7	6,1	5,6
CB	17,4	10,3	17,4	14,7	8,7	19,7	18,4	15,2	17,0	12,3	18,0	16,1	15,4
D	9,4	8,9	11,9	5,7	7,7	5,7	3,9	4,5	7,0	11,0	10,3	13,2	8,3
B	3,2	3,9	7,7	8,3	11,3	4,7	3,5	3,2	4,7	7,4	7,7	6,5	6,0
F	1,0	8,2	3,2	13,0	9,7	3,7	1,6	2,3	1,3	1,9	4,3	1,9	4,3
C_2D	11,6	5,7	5,5	5,0	5,5	6,7	19,7	14,2	11,7	10,0	4,0	8,1	9,0
D_2C	6,8	6,4	2,3	3,0	1,9	3,7	4,5	6,8	2,7	6,5	9,7	3,5	4,8
G	9,7	3,9	3,2	3,3	6,8	4,0	5,2	6,5	6,3	9,4	4,7	6,5	5,8
E_2C	1,6	3,9	0,6	4,0	7,1	2,7	2,6	2,9	7,7	2,6	8,0	6,5	4,2
E_0	13,2	8,9	6,1	14,3	11,6	21,0	14,2	13,5	10,7	3,2	8,3	8,7	11,1
E	6,5	17,0	13,2	16,0	21,3	23,3	20,3	18,1	16,3	10,6	9,3	7,7	15,0
E_1	6,8	14,5	16,5	6,3	6,5	2,0	1,6	5,8	4,7	14,8	8,0	14,5	8,5
BE	3,2	0,7	3,9	4,3	1,0	-	0,3	0,3	1,7	4,2	1,7	0,6	1,8
X	-	-	0,3	1,0	-	0,7	-	-	0,3	-	0,3	-	0,2

Tabela 3. Udział typów cyrkulacji (%) (o dużym i bardzo dużym stopniu podobieństwa do typu wzorcowego) w latach 1981-1990

Typ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	rok
A	9,7	7,8	7,4	1,0	0,6	1,7	3,2	5,8	8,0	4,8	5,7	5,5	5,1
CB	16,5	9,6	15,5	12,3	7,4	17,0	16,1	14,2	16,7	11,6	17,0	13,5	14,0
D	9,3	8,1	10,6	4,0	6,5	4,0	2,9	2,3	6,3	10,3	10,0	12,6	7,3
B	2,9	3,9	5,8	6,7	7,4	2,7	2,3	1,9	4,3	6,5	6,7	5,5	4,7
F	1,0	7,1	2,9	10,3	7,7	2,7	1,6	2,3	1,3	1,9	4,0	1,9	3,7
C_2D	11,6	5,3	5,2	4,3	4,8	6,3	17,1	13,2	10,7	9,3	4,0	8,1	8,4
D_2C	5,8	6,4	2,3	2,3	1,3	3,3	3,5	6,1	2,7	6,1	9,3	3,5	4,4
G	9,3	3,5	3,2	3,3	5,8	3,3	4,8	6,5	6,3	9,3	4,7	6,1	5,5
E_2C	1,6	3,5	0,6	3,7	6,5	2,7	2,3	2,9	7,3	2,6	7,3	5,8	3,9
E_0	11,3	6,7	4,8	10,0	8,7	17,0	12,2	10,3	9,7	1,9	7,3	7,1	8,9
E	5,8	16,0	11,6	14,0	20,0	21,7	18,7	16,2	13,0	10,6	8,3	7,1	13,5
E_1	5,5	14,2	13,2	4,3	3,9	1,3	0,3	4,5	3,3	13,2	8,0	12,9	7,0
BE	2,9	0,7	3,9	4,3	0,6	0,0	0,3	0,3	1,7	3,9	1,7	0,6	1,7

Tabela 4. Temperatura ze wszystkich dni 10-lecia w danym miesiącu

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$T_{śr}$	-2,1	-1,8	2,7	8,0	14,3	16,1	18,0	17,6	13,2	8,8	2,8	-0,1
T_{max}	-0,4	1,4	6,8	13,4	19,9	21,4	23,5	23,2	18,0	13,3	5,6	2,2
T_{min}	-4,6	-4,7	-0,9	3,2	8,7	11,1	12,7	12,1	8,9	4,9	0,2	-2,4

Tabela 5. Temperatura średnia dobowa, maksymalna i minimalna w dniach z typem cyrkulacji E, E_1, E_0

E	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	-5,5	-4,5	0,1	6,0	12,4	15,5	18,0	17,4	12,0	6,5	0,1	-1,4
max	-3,0	-1,7	3,3	10,6	18,1	20,8	22,8	22,2	18,6	11,5	2,9	1,0
min	-7,5	-8,9	-2,9	1,6	7,6	9,9	12,3	12,4	8,7	2,3	-2,0	-3,2
E_1	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	-6,3	-2,7	2,3	9,9	15,9	20,1	24,6	20,7	16,0	9,4	-0,6	-2,6
max	-3,4	1,1	6,6	16,7	22,5	26,0	30,6	27,5	22,3	15,1	2,9	-0,4
min	-9,0	-6,1	-1,1	2,7	8,1	13,4	18,3	12,8	9,6	4,4	-3,9	-5,2
E_0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	-4,5	-3,5	0,3	4,9	13,1	14,7	15,6	14,7	11,4	8,5	2,3	-0,9
max	-1,8	-1,2	3,7	9,6	18,1	19,3	20,0	19,6	15,5	11,6	4,7	1,1
min	-6,8	-4,8	-2,6	1,7	8,9	10,9	12,1	11,2	8,1	6,7	0,5	-2,7

Tabela 6. Temperatura średnia dobowa, maksymalna i minimalna w dniach z cyrkulacją: F, D_2C, BE

F	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	-1,7	-1,6	1,9	9,8	17,3	17,3	19,6	21,4	12,5	10,4	2,8	0,8
max	0,9	0,1	5,2	15,0	23,3	23,3	24,3	27,6	15,9	14,6	4,7	2,0
min	-5,1	-3,3	-0,9	5,8	11,3	12,5	15,8	14,7	10,1	5,9	1,1	-1,1
D_2C	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	1,6	-0,7	5,9	7,9	15,5	19,4	20,2	17,7	15,5	11,1	2,3	3,9
max	3,8	3,3	12,9	14,6	21,0	25,4	26,5	24,4	20,9	16,7	6,2	6,3
min	-0,7	-4,7	-0,9	0,7	9,2	11,5	11,7	9,6	10,3	5,5	-1,2	1,1
BE	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	4,1	-0,6	2,9	10,7	17,8	-	21,2	20.2	16,3	10,1	5,3	0,5
max	1,7	0.8	6,9	16,5	24,2	-	28,1	28,0	22,2	16,1	7,9	3,1
min	-6,9	-3,1	0,2	5,0	0,1	-	13,0	12,0	10,2	5,1	2,4	-4,6

Tabela 7. Temperatura średnia dobowa, maksymalna i minimalna w dniach z typem cyrkulacji:D, B i C_2B

D	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	1,8	3,1	5,3	11,4	15,4	18,8	22,4	21,9	14,7	10,3	4,3	2,1
max	3,7	6,3	10,2	17,9	21,3	24,4	28,7	28,0	19,9	14,9	7,0	3,9
min	-0,3	0,0	0,5	4,1	9,9	13,3	14,9	15,1	10,2	6,1	0,9	-1,1
B	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	-2,5	2,8	4,0	9,3	13,9	16,8	22,1	16,9	15,2	10,2	5,1	0,5
max	-0,3	5,7	7,6	14,7	18,9	21,7	28,6	21,5	20,2	13,8	7,5	2,5
min	-4,8	0.4	0,8	4,7	9,4	12,8	16,4	13,7	12,2	7,2	2,9	-2,7
C_2D	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	-0,9	0,2	3,3	7,1	14,0	15,9	17,9	17,1	12,4	8,8	2,4	-0,3
max	0,6	2,3	6,9	11,6	20,0	21,0	23,5	22,7	17,2	12,6	4,6	1,7
min	-2,7	-3,2	-0,4	2,7	9,0	10,4	12,2	11,5	7,3	4,8	-0,2	-2,2

Tabela 8. Temperatura średnia dobowa, maksymalna i minimalna w dniach z cyrkulacją: E_2C, CB i A

E_2C	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	-8,1	-8,0	-0,8	8,6	10,9	16,5	18,9	16,8	10,3	4,9	1,1	0,0
max	-5,3	-4,7	6,1	14,8	17,2	23,1	24,7	22,5	14,9	9,1	3,2	2,5
min	-11,7	-12,1	-7,5	2,9	5,6	11,6	12,4	10,8	6,3	0,8	-1,0	-2,5
CB	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	0,6	1,4	4,3	6,4	11,3	15,3	15,7	16,8	13,7	9,5	3,5	1,1
max	2,7	3,5	8,2	12,2	16,9	20,6	20,4	22,1	18,5	12,8	6,3	3,5
min	-1,8	-0,5	1,3	3,0	6,7	10,7	12,2	11,7	10,2	6,6	1,3	-1,3
A	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	1,5	3,0	6,1	8,9	15,6	16,1	15,8	17,6	13,3	10,8	6,5	5,0
max	4,2	6,2	9,9	14,6	20,8	21,6	20,3	23,1	17,8	14,1	9,2	7,1
min	-1,4	0,7	2,4	6.1	10,8	10,4	12,2	13,1	9,5	7,8	4,3	3,0

Tabela 9. Temperatura średnia dobowa, maksymalna i minimalna w dniach z cyrkulacją G

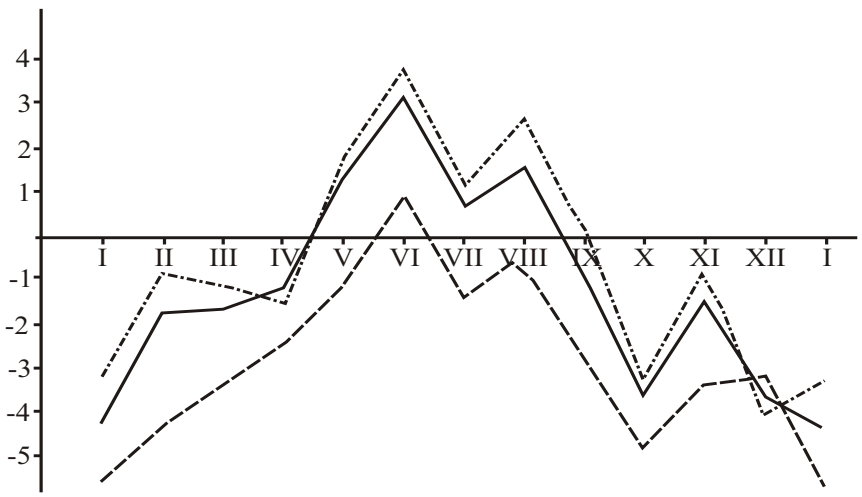
G	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Śr	-6,3	-3,6	1,0	6,8	15,6	19,2	18,7	19,2	12,4	5,3	1,4	-3,6
max	-2,8	0,5	5,7	11,9	21,8	25,2	24,7	25,9	18,2	10,1	5,0	-1,7
min	-10,1	-9.0	-4,3	0,8	7,6	12,1	11,3	11,6	6,2	0,2	-3,0	-5,4

Tabela 10. Liczba ciągów 3-dniowych i dłuższych z poszczególnymi typami cyrkulacji

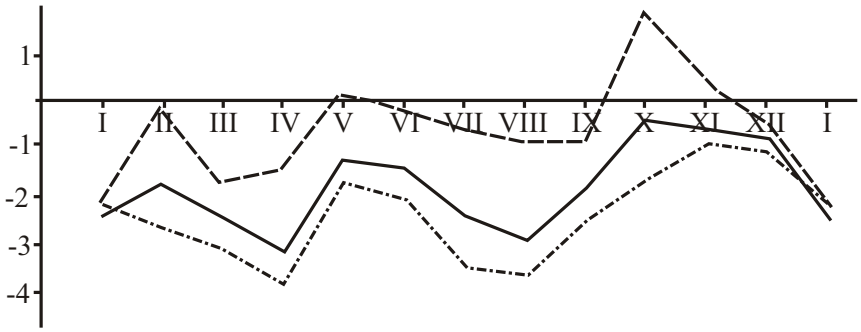
	3	4	5	6	7	8	9	10	11
A	17	4	2	2	1	-	-	-	-
CB	52	23	12	3	3	-	1	-	-
D	35	16	6	4	2	2	1	1	-
B	15	5	3	1	-	-	-	-	-
F	16	7	5	2	1	-	-	-	-
D_2C	15	6	4	3	-	1	-	-	-
C_2D	32	9	4	2	.2	-	-	-	-
G	15	7	4	1	-	-	-	-	-
E_2C	10	7	4	2	-	-	-	-	-
E_0	30	14	8	4	3	-	-	-	-
E	67	36	19	13	10	5	3	2	1
E_1	24	14	11	3	-	-	-	-	-
BE	6	3	1	1	1	-	-	-	-

Tabela 11. Średnia długotrwałość typów cyrkulacji

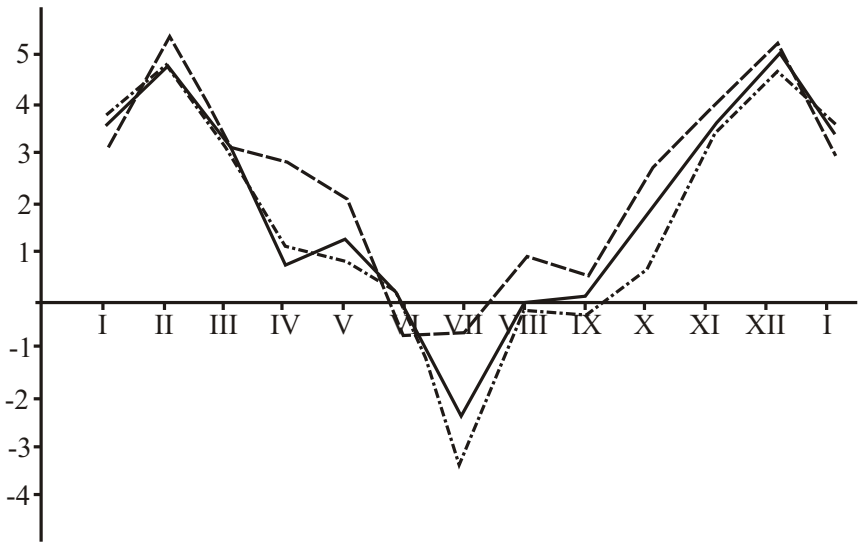
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Śr
A	1,9	1,6	1,9	1,5	1,0	1,0	1,7	2,3	2,4	1,8	1,7	1,2	1,7
CB	1,9	2,1	1,7	2,2	2,1	2,1	2,5	2,2	2,1	1,6	1,8	1,8	1,9
D	2,4	1,7	2,1	1,5	2,0	4,0	2,3	1,2	1,6	2,0	1,9	2,8	2,1
B	1,3	1,6	1,6	1,7	1,5	1,3	1,5	2,0	2,2	1,8	2,0	1,7	1,7
F	1,5	2,5	1,5	2,2	2,2	1,6	5,0	1,8	2,0	2,0	3,0	2,0	2,1
C_2D	1,9	2,5	1,5	1,6	1,9	1,7	2,0	2,1	2,1	1,6	1,3	1,3	1,8
D_2C	1,6	1,8	4,0	1,2	1,3	1,3	1,2	1,4	1,6	1,7	2,8	1,6	1,6
G	2,2	1,7	1,3	1,7	1,8	1,4	1,3	1,7	1,5	1,6	1,6	1,3	1,6
E_2C	1,7	2,5	1,0	1,1	2,7	1,3	1,4	1,0	1,8	1,2	1,7	2,0	1,6
E_0	1,9	1,7	1,5	1,8	1,9	2,3	2,5	1,9	2,1	1,0	1,3	1,5	1,8
E	1,8	2,8	2,4	2,0	2,8	3,6	3,4	2,2	1,8	1,8	2,1	1,4	2,5
E_1	1,7	3,6	2,6	1,4	1,5	1,3	1,0	2,0	1,7	2,4	2,1	2,5	2,2
BE	1,8	2,0	2,0	2,3	1,0	-	1,0	1,0	1,3	1,9	2,5	1,0	1,9



Rys. 1. Roczny przebieg różnic temperatury $tE_1 - t$: ── $t_{śr}$, - - - t_{max}, ─ •─ t_{min}



Rys. 2. Roczny przebieg różnic $tE_0 - t$: —— $t_{śr}$, - - - t_{max}, — •— t_{min}



Rys. 3. Roczny przebieg różnic $tA - t$: —— $t_{śr}$, - - - t_{max}, — •— t_{min}

3.8.2. Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na temperaturę powietrza w Warszawie w 10-leciu 1951-1960

Autor: Iwona B I R U L A
Opiekun naukowy: Urszula K O S S O W S K A - C E Z A K

Wprowadzenie

Problem wpływu cyrkulacji atmosferycznej na pogodę jest jednam z podstawowych zagadnień, które bada klimatologia synoptyczna. Polska jest położona w strefie geograficznej o wyraźnej aktywności ośrodków cyklonalnych i antycyklonalnych, co powoduje dużą różnorodność sytuacji synoptycznych, determinujących pogodę.

Zagadnienie klasyfikacji typów cyrkulacji atmosferycznej oraz wpływu cyrkulacji na kształtowanie warunków pogodowych często stanowiło przedmiot badań naukowych, jednak stosunkowo niewiele jest prac dotyczących wpływu cyrkulacji atmosferycznej na poszczególne elementy meteorologiczne, jak np. na opady atmosferyczne czy temperaturę powietrza.

Celem niniejszego opracowania jest zbadanie wpływu cyrkulacji atmosferycznej na temperaturę powietrza, na przykładzie Warszawy. O wyborze Warszawy zadecydowało jej centralne położenie w Polsce, do którego odnosi się klasyfikacja typów cyrkulacji wykorzystana w pracy. Poza tym położenie Warszawy minimalizuje wpływ na temperaturę powietrza takich czynników, jak np. wysokość n.p.m. , bogata rzeźba terenu, odległość od zbiorników wodnych itp. O wyborze jednej tylko stacji zadecydował również fakt, że prawdopodobnie nie wszystkie typy cyrkulacji wykazują ten sam charakter termiczny na obszarze całej Polski, a zatem uzyskane wyniki będą najbardziej słuszne dla Warszawy.

Praca opiera się na danych z dziesięciolecia 1951-1960, wybranego do analizy ze względu na zwiększony udział niektórych typów cyrkulacji w stosunku do dziewięćdziesięciolecia 1901-1990, które jest najdłuższym okresem objętym przez kalendarz typów cyrkulacji według B. Osuchowskiej-Klein. Stan termiczny powietrza został w pracy określony wartościami temperatury średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej, pochodzącymi ze stacji Okęcie. Jest to stacja synoptyczna, położona na peryferiach Warszawy, a więc wartości temperatury powietrza nie są zdeformowane przez kolejny czynnik lokalny, jakim jest wpływ zabudowy miejskiej.

Materiały i metody

Praca składa się z 3 części: charakterystyki częstości typów cyrkulacji, ich wpływu na temperaturę powietrza oraz wpływu długotrwałości typów cyrkulacji na przebieg temperatury. Podstawa do badań stanowi klasyfikacja typów cyrkulacji według B. Osuchowskiej-Klein. Do analizy wybrano z 10-lecia 1951-1960 tylko dni z sytuacja synoptyczną podobną w bardzo dużym i dużym stopniu do wzorca; dni z sytuacją mało podobną oraz niedającą się przyporządkować żadnemu z 13 typów zostały pominięte. Częstość typów cyrkulacji atmosferycznej w 10-leciu 1951-1960 została porównana z częstością w 90-leciu 1901-1990.

Analiza związku temperatury powietrza z cyrkulacją obejmuje porównanie średnich wartości temperatury – średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej z dni z określonym

typem cyrkulacji atmosferycznej z odpowiednimi średnimi ze wszystkich dni w l0-leciu. Analiza obejmuje 2675 dni z 3653 dni w 10-leciu, czyli 73,3% dni.

Wpływ długotrwałości typów cyrkulacji na temperaturę powietrza rozpatrzono na podstawie tendencji temperatury (wzrostu lub spadku) w kolejnych dniach z tym samym typem cyrkulacji, osobno w 5 miesiącach chłodnej i 5 miesiącach ciepłej części roku (pominięto kwiecień i październik jako przejściowe między porą ciepłą i chłodną).

Niektóre wyniki badań przedstawiona w tab. 1-10 i na rys. 1-4.

Typy cyrkulacji w Polsce i przebieg roczny ich częstości

Położenie geograficzne Polski sprawia, że nad jej obszar napływają masy powietrza o różnych cechach fizycznych. Adwekcja określonych mas powietrza wiąże się z typami cyrkulacji, które są związane z rozkładem ciśnienia atmosferycznego. Można oczekiwać, że przyczyna występowania określonych wartości temperatury powietrza jest napływ różnych mas powietrznych, spowodowany odmiennymi typami cyrkulacji atmosferycznej. W niniejszym rozdziale, który stanowi wprowadzenie do zasadniczej części pracy, jaką jest zbadanie zależności temperatury powietrza od typu cyrkulacji, została rozpatrzona częstość poszczególnych typów w badanym 10-leciu 1951-1960 na tle 90-lecia 1901-1990, czyli możliwie najdłuższego okresu objętego przez kalendarz typów cyrkulacji, w celu ukazania specyfiki tego 10-lecia.

Podstawą niniejszego opracowania jest klasyfikacja typów cyrkulacji sporządzona przez B. Osuchowską-Klein. Autorka metodą klasyfikacji bezpośredniej dokonała przyporządkowania sytuacji synoptycznych do wybranych sytuacji wzorcowych, określonych mianem typu cyrkulacji. Zdefiniowała typ cyrkulacji jako cyrkulację odpowiadającą określonemu rozkładowi ciśnienia na poziomie morza, który to rozkład, w związku z położeniem głównych ośrodków ciśnienia nad Europą i północnym Atlantykiem, warunkuje kierunek napływu mas powietrznych nad Polskę i charakter cyklonalny lub antycyklonalny. Na tej podstawie wyróżniono 13 typów wzorcowych, oznaczonych symbolami:

A	zachodnia cyrkulacja cyklonalna
CB	północno-zachodnia cyrkulacja cyklonalna
D	południowo-zachodnia cyrkulacja cyklonalna
B	południowa cyrkulacja cyklonalna
F	południowo-wschodnia cyrkulacja antycyklonalna
C_2D	zachodnia cyrkulacja antycyklonalna
D_2C	południowo-zachodnia i południowa cyrkulacja antycklonalna
G	centralna cyrkulacja antycyklonalna
E_2C	północno-zachodnia cyrkulacja antycyklonalna
E_0	północno-wschodnia i wschodnia cyrkulacja cyklonalna
E	północno-wschodnia cyrkulacja antycyklonalna
E_1	południowo-wschodnia i wschodnia cyrkulacja antycyklonalna
BE	południowa cyrkulacja pośrednia między cyklonalną i antycyklonalną

Sytuacje nie wykazujące podobieństwa do żadnego z typów wzorcowych oznaczono symbolem X. Opracowując kalendarz autorka szacowała stopień podobieństwa sytuacji

atmosferycznej w danym dniu do wzorcowego typu cyrkulacji przyjmując 3 stopnie: typy cyrkulacji o bardzo dużym, dużym i małym podobieństwie, w celu zaklasyfikowania jak największej liczby dni przy stosunkowo niewielkiej liczbie typów wzorcowych.

Ponieważ przedmiotem analizy będzie temperatura powietrza w dniach, w których cyrkulacja atmosferyczna była w bardzo dużym i dużym stopniu podobna do wzorca cyrkulacyjnego, przedstawiona została częstość typów cyrkulacji w 10-leciu 1951-1960 w dwojakim ujęciu: we wszystkich dniach z określonym typem cyrkulacji, bez względu na stopień podobieństwa, jak i po odrzuceniu dni z typami mało podobnymi. Dla celów analizy temperatury powietrza wydaje się słuszne zgrupowanie typów cyrkulacji w sektory. Za takim ujęciem przemawia zastosowany system klasyfikacji, w którym typy cyrkulacji z niektórych kierunków zostały różnie potraktowane jako cyklonalne i antycyklonalne, np. typ wschodni cyklonalny połączono z północno-wschodnim, antycyklonalny – z południowo-wschodnim. Wyróżnione typy cyrkulacji grupują się w sposób naturalny w sektory: NE-SE – obejmujący typy E_0 i F, oraz E i E_1, S-SW – typy B, BE, D oraz D_2C, W-NW – typy A i CB oraz C_2D i E_2C; typ G, oznaczający wyż z centrum nad Polską, będzie rozpatrywany osobno.

Ważniejsze wyniki badań

Analizując częstość występowania poszczególnych typów cyrkulacji atmosferycznej w ciągu roku można stwierdzić, że z 13 typów zdecydowanie wyróżnia się 5, które pojawiają się najczęściej i łącznie obejmują ponad 60% dni w roku. Zarówno w 90-leciu, jak i 10-leciu 1951-1960 są to te same typy, chociaż w innej kolejności, według malejącej frekwencji: w 90-leciu – E, CB, E, CD, E, a w 10-leciu 1951-1960 – C_2D, B, CB, E_1, E_0. Ogólnie można stwierdzić, że w badanym 10-leciu zmniejszył się nieznacznie udział wszystkich typów ze składową wschodnią, zwiększył się wyraźnie natomiast udział typu zachodniego antycyklonalnego.

Większość typów wykazuje charakterystyczny roczny przebieg częstości z wyraźnymi ekstremami; można zatem wyróżnić typy „zimowe": A, E_1, B, D, „wiosenny" typ E i rzadszy, ale też, z maksimum wiosną – F, „letnie" typy: C_2D, CB, E_0 i typy „jesienne" – G oraz BE. Niektóre typy cyrkulacji rzadziej występują, w postaci podobnej do wzorca w bardzo dużym i dużym stopniu, do nich należą głównie E_0, F, D, a także E_1. W postaci „czystej" natomiast najczęściej pojawiają się E, BE, C_2D, A.

Cyrkulacja atmosferyczna nad Polską w analizowanym 10-leciu różni się od występującej przeciętnie w 90-leciu zwiększonym udziałem typów ze składową zachodnią, zwłaszcza antycyklonalnego C_2D latem i jesienią, a także cyklonalnych A i D zima. Ekstrema częstości poszczególnych typów w obu okresach przeważnie się pokrywały, jednak w 90-leciu roczny przebieg częstości był bardziej regularny, natomiast w 10-leciu zdarzały się nieoczekiwane wzrosty lub spadki frekwencji .

Częstość typów cyrkulacji podlega zmianom zarówno w ciągu roku, jak i w okresach wieloletnich – w rozpatrywanym l0-leciu 1951-1960 zwiększoną frekwencją na tle 90-lecia 1901-1990 wyróżnił się typ C_2D. Niektóre typy cyrkulacji w ogóle nie występowały w niektórych miesiącach w ciągu całego l0-lecia (np. typy E_1 i B w lipcu, typ G w czerwcu i sierpniu, typ BE w marcu i od maja do sierpnia), co uniemożliwiło określenie ich wpływu na temperaturę w tych miesiącach.

Analiza wpływu cyrkulacji atmosferycznej na temperaturę powietrza wykazała, że wpływ ten istnieje, ale nie zależy od częstości występowania typu cyrkulacji, jedynie w przypadku typów występujących bardzo rzadko uzyskane wyniki mogą mieć charakter przypadkowy. Istnieją typy cyrkulacji wyraźnie determinujące temperaturę (np. antycyklonalny typ E z północo-wschodu), bądź słabo (np. antycyklonalny typ C_2D z zachodu), co potwierdza wyniki badań przeprowadzonych przez B. Osuchowską-Klein. Niniejsze opracowanie uzupełnia wcześniej uzyskane wyniki o cechy ilościowe, ponieważ analiza opiera się na bezpośrednich wartościach temperatury uzyskanych z pomiarów, a nie jej postaci sklasyfikowanej w formie tercyli lub nonyli termicznych.

Wpływ typów cyrkulacji na temperaturę powietrza jest stały w ciągu roku bądź zmienny sezonowo. Jest on uzależniony od kierunku adwekcji oraz od cyklonalnego bądź antycyklonalnego charakteru cyrkulacji, a jego stałość lub zmienność sezonowa zależy od tego, czy któryś czynnik przeważa i czy oba współdziałają w procesie wychładzania bądź nagrzewania powietrza. „Chłodne" przez cały rok są typy cyrkulacji z kierunku o składowej północnej: antycyklonalny E_2C i cyklonalny E_0. Wzrost temperatury powietrza powyżej średniej w ciągu całego roku przynoszą typy z kierunku od południo-wschodu do południo-zachodu: F, B, D, D_2C. „Ciepłe" zimą a „chłodne" latem są cyklonalne typy: z zachodu – A i północo-zachodu – CB. Typy antycyklonalne warunkujące adwekcję ze wschodu – północo-wschodni E oraz południowo-wschodni i wschodni E_1, jak i centralny antycyklonalny G, latem powodują wzrost temperatury, natomiast zimą prowadzą do dużych jej spadków.

Różnice temperatury powietrza uwarunkowane cyrkulacyjnie dochodzą zimą do 12-13°C – przy typach antycyklonalnych (E, E_1, G) temperatura średnia może spadać średnio do -11°C (minimalna do -15°C), podczas gdy pod wpływem typów cyklonalnych (A, B, D, F, CB) utrzymuje się na poziomie 1-2°C powyżej 0°C. Latem zakres zróżnicowania temperatury jest znacznie mniejszy (ok. 3-4°C) i najwyraźniej widoczny w przebiegu temperatury maksymalnej, która zależy od wielkości zachmurzenia: temperatura maksymalna w dniach z typami „chłodnymi" (E_0, E_2C, CB) wynosiła ok. 22°C, podczas gdy typy „ciepłe" (E, E_1) powodowały jej wzrost średnio do 25-27°C. Wiosną i jesienią zakres różnic temperatury wynosi ok. 5-7°C, lecz ze względu na przejściowość tych pór roku pod względem cyrkulacji atmosferycznej, a także ze względu na stosunkowo krótki okres badań, trudno jednoznacznie określić charakter wpływu poszczególnych typów na temperaturę powietrza.

Wpływ długotrwałości typów cyrkulacji na temperaturę powietrza zaznacza się wyraźnie jedynie w trzech początkowych dniach, wyrażając się w miarę jednostajną tendencją wzrostu lub spadku temperatury, a jeśli ta sama cyrkulacja utrzymuje się dłużej niż 3 dni, to tendencja ta słabnie lub zanika w konsekwencji oddziaływania innych, poza cyrkulacyjnych czynników.

W miesiącach chłodnych (listopad-marzec) na zmianę temperatury powietrza podczas utrzymywania się określonego typu cyrkulacji największy wpływ ma kierunek adwekcji: tendencję spadkową stwierdzono zarówno podczas typów cyklonalnych (E_0, CB), jak i antycyklonalnych, jeśli warunkowały napływ powietrza z kierunku od północo-zachodu dc północo-wschodu i wschodu. Znaczenie kierunku adwekcji podkreśla fakt, że typ CB w zimie jest przeważnie „ciepły", tzn. przynosi temperaturę wyższą od średniej, ale

w miarę utrzymywania się prowadzi do jej spadku. W miesiącach ciepłych (maj-wrzesień) do spadku temperatury w miarę utrzymywania się prowadzą, typy cyklonalne: A, E_0, CB, natomiast przy typach antycyklonalnych (E, E_1, C_2D) w kolejnych dniach zazwyczaj następuje stopniowy wzrost temperatury. Wnioski dotyczące wpływu długotrwałości typu cyrkulacji na temperaturę są niepełne ze względu na pominięcie części typów z powodu niedostatecznie długiego czasu ich utrzymywania się w liczbie przypadków wymaganej do analizy.

Uwarunkowanie temperatury powietrza od typu cyrkulacji nie jest jednoznaczne; przyczyny tej niejednoznaczności są różne i mają naturę fizyczną oraz metodyczną. W opracowaniu przyjęto założenie, że jedynym czynnikiem temperaturotwórczym jest cyrkulacja na poziomie morza oraz założono synchroniczność zmian cyrkulacji i temperatury. Nawiązując do pierwszego założenia należy zauważyć, że żaden z typów cyrkulacji nie występuje nigdy jako fizyczny układ izolowany, więc na temperaturę powietrza podczas jego trwania mają również wpływ temperatura i cyrkulacja typu poprzedniego, a także warunki termiczne obszaru, znad którego masa powietrza napływa nad Polskę oraz czynniki meteorologiczne takie, jak zachmurzenie, wiatr, mgła, obecność lub brak pokrywy śnieżnej itp. Nie bez znaczenia jest proces starzenia się masy powietrza, co również – tak jak poprzednio wymienione czynniki – przyczynia się do zróżnicowania termicznego w danym typie cyrkulacji. W świetle literatury oraz wobec praktyki synoptycznej drugie założenie nie we wszystkich przypadkach jest słuszne – synchroniczne zmiany typu cyrkulacji i temperatury powietrza są związane z dynamiką cyrkulacji, dlatego częstsze są w zimie, ale rzadsze w lecie.

Przyczyny metodyczne są związane m. in. z systemem zastosowanej klasyfikacji typów cyrkulacji, który jest oparty na zespole stosunkowo niewielkiej liczby wzorców, co sprawia, że ze względu na konieczność sklasyfikowania dużej liczby sytuacji synoptycznych występuje znaczne zróżnicowanie układów ciśnienia atmosferycznego w danym typie cyrkulacji, a jest to nie bez znaczenia dla zróżnicowania termicznego.

Wyniki analizy mają znaczenie poznawcze, mogą też służyć do porównywania z innymi okresami, gdy inaczej kształtowała sie frekwencja typów cyrkulacji, oraz mogą mieć zastosowanie praktyczne dla celów prognostycznych, umożliwiając określenie prawdopodobnej temperatury powietrza w prognozowanym typie cyrkulacji.

Tabela 1. Częstość (%) typów cyrkulacji (bez względu na stopień podobieństwa do typu wzorcowego) Warszawa, 1901-1990

Typ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
A	12,6	9,8	7,0	5,9	3,8	5,5	6,8	8,6	9,2	7,9	10,6	11,1	8,2
CB	13,5	12,8	11,9	14,0	8,7	16,3	17,2	15,6	14,5	11,7	15,3	13,2	13,7
D	10,7	10,0	11,7	7,2	4,8	4,0	5,0	7,4	7,5	10,7	11,4	13,8	8,7
B	5,9	6,8	6,2	7,8	5,1	2,9	1,4	2,0	3,2	5,6	7,4	8,8	5,3
F	1,4	3,2	3,9	6,2	6,2	3,3	2,2	2,2	1,8	2,4	2,8	1,3	1,3
C_2D	9,4	7,3	8,5	10,0	10,1	15,3	17,2	16,3	13,1	9,2	8,5	8,2	11,1
D_2C	4,9	4,2	4,0	2,1	2,9	3,0	3,2	3,4	4,6	4,7	3,6	4,3	3,7
G	3,5	3,7	2,5	1,8	2,0	1,8	1,9	2,2	3,5	5,9	3,0	2,9	2,9
E_2C	2,5	4,0	3,8	4,9	6,2	6,3	3,8	3,0	4,6	3,4	2,3	3,0	4,0
E_0	8,2	8,7	8,6	12,1	14,1	13,9	15,2	11,1	8,0	6,0	6,5	7,8	10,0
E	10,1	10,9	13,0	15,7	23,1	19,2	18,1	15,8	14,4	11,6	7,9	7,6	14,0
E_1	14,5	15,1	8,3	7,6	3,6	3,2	6,9	12,9	16,5	16,4	15,2	1,1	1,0
BE	1,4	1,3	1,3	0,9	0,4	0,1	0,1	0,2	0,8	2,4	2,2	1,1	1,0
X	1,4	2,2	2,0	3,1	5,0	4,8	4,7	5,3	2,0	2,0	2,0	1,6	3,0

Tabela 2. Częstość (%) typów cyrkulacji (bez względu na stopień podobieństwa do typu wzorcowego) Warszawa, 1951-1960

Typ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
A	11,9	6,4	3,6	6,0	4,5	5,7	8,4	8,1	11,0	7,7	7,3	16,8	8,1
CB	16,8	12,0	8,7	13,0	9,7	17,7	20,0	15,2	15,0	11,3	9,7	8,7	13,1
D	11,9	8,5	12,3	2,7	2,6	4,7	5,2	11,3	7,3	11,0	10,3	13,9	8,5
B	8,7	10,2	3,6	7,0	3,2	3,7	-	1,9	2,7	4,8	6,3	13,2	5,4
F	1,9	2,1	3,2	3,7	3,9	2,0	3,5	5,2	1,3	3,9	1,3	2,9	2,9
C_2D	13,6	9,6	7,4	11,0	11,9	18,0	19,7	17,4	18,0	15,8	11,7	14,8	14,1
D_2C	3,2	3,5	2,9	4,7	2,6	2,0	5,2	2,3	3,7	4,2	2,7	7,7	3,7
G	2,9	4,6	2,9	0,7	0,3	-	0,3	-	3,0	4,2	4,7	0,3	2,0
E_2C	2,6	4,2	4,5	9,0	8,7	8,0	2,9	2,3	1,7	0,6	1,7	1,9	4,0
E_0	6,8	13,1	9,0	11,0	13,2	13,7	15,2	9,0	7,3	8,7	4,7	3,2	9,6
E	10,3	11,7	15,8	16,3	28,1	17,7	11,0	13,5	13,3	10,6	8,3	5,5	13,5
E_1	6,5	10,2	23,5	12,0	5,2	4,3	1,3	6,8	11,7	14,5	25,3	8,4	10,8
BE	1,0	1,4	-	1,7	-	-	-	-	1,0	1,6	3,3	1,0	0,9
X	1,9	2,5	2,6	1,3	6,1	2,7	7,4	7,1	3,0	1,0	2,7	1,6	3,3

Tabela 3. Częstość (%) typów cyrkulacji (dni w bardzo dużym i dużym stopniu podobne do typu wzorcowego) Warszawa, 1951-1960

Typ	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
A	10,6	5,7	2,6	4,0	2,9	2,7	4,8	6,1	10,0	5,8	7,0	16,5	6,6
CB	12,6	11,3	6,1	8,7	9,4	12,0	14,2	10,0	12,7	9,4	8,3	6,5	10,1
D	8,1	6,4	8,4	1,3	1,6	3,7	2,6	7,7	4,3	3,5	7,0	11,0	5,5
B	7,1	8,8	2,9	4,0	2,3	2,3	-	0,6	2,3	3,5	4,3	11,0	4,1
F	1,6	1,4	2,3	3,0	1,3	1,7	1,9	2,3	0,3	2,9	1,0	2,3	1,8
C_2D	12,9	8,8	6,1	9,0	9,4	15,7	14,8	12,3	16,3	14,5	7,7	11,3	11,6
D_2C	2,6	3,5	1,9	4,3	1,6	1,0	2,6	0,6	2,7	3,9	1,7	6,5	2,7
G	2,6	4,2	2,9	0,7	0,3	-	0,3	-	3,0	4,2	4,7	-	1,9
E_2C	2,3	2,5	2,9	7,3	7,7	6,7	1,9	1,9	1,3	0,6	0,7	1,6	3,1
E_0	4,5	6,4	4,8	8,3	10,6	6,3	9,4	6,1	5,0	4,8	2,7	1,6	5,9
E	8,4	10,2	11,9	14,0	26,1	16,0	10,3	11,3	10,0	8,4	6,7	4,2	11,5
E_1	3,9	3,3	20,0	7,7	3,2	2,3	-	3,2	3,0	10,6	19,0	6,1	7,7
BE	1,0	1,4	-	1,3	-	-	-	-	1,0	1,6	3,3	0,6	0,9
X	21,9	20,5	27,1	26,3	23,5	29,7	37,1	37,7	23,0	26,1	26,0	21,0	26,7

Tabela 4. Wartości średnie miesięczne temperatury średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej z 10-lecia 195-1960

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	-2,4	-4,8	0,6	7,3	12,9	17,3	18,7	17,8	13,1	8,2	3,0	0,4
t_{max}	-0,1	-0,1	4,5	12,2	17,9	22,4	23,9	23,3	18,6	12,9	5,6	2,4
t_{min}	-5,3	-6,7	-3,3	2,4	7,4	11,5	12,4	12,5	8,3	3,9	0,3	-2,0

Tabela 5. Wartości średnie miesięczne temperatury średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej w dniach z typami cyrkulacji: E, E_1, E_0

E	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	-11,1	-8,3	-1,1	6,0	13,3	17,4	19,4	18,4	11,8	7,5	0,0	-3,3
t_{max}	-6,9	-4,9	2,6	10,6	18,1	22,4	24,6	24,1	17,4	13,1	2,8	-1,0
t_{min}	-13,7	-11,6	-4,6	1,5	7,6	11,0	14,2	12,8	7,5	2,4	-2,3	-4,8
E_1	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	-6,8	-10,5	-1,2	7,1	16,1	18,9	-	20,8	12,5	8,0	1,0	-4,2
t_{max}	-4,3	-6,3	2,6	11,6	21,8	25,3	-	27,0	18,7	16,3	3,2	-2,2
t_{min}	-9,4	-13,8	-4,6	2,3	8,6	10,3	-	13,7	7,1	2,3	-1,6	-5,5
E_0	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	-2,9	-7,2	-3,2	5,3	9,5	17,3	17,9	15,8	9,7	6,4	2,3	0,7
t_{max}	-0,6	-3,3	-0,3	9,7	13,5	22,0	22,4	21,1	13,0	9,5	5,9	3,8
t_{min}	-5,0	-9,9	-6,2	2,0	5,7	13,4	14,1	11,4	7,2	4,2	0,0	-0,5

Tabela 6. Wartości średnie miesięczne temperatury średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej w dniach z typami cyrkulacji:F, D, B

F	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	0,2	-2,1	4,5	10,2	15,8	20,0	19,9	19,0	17,2	10,5	8,4	3,9
t_{max}	1,3	1,1	8,9	15,1	22,3	25,9	24,8	23,8	24,3	14,6	12,0	5,6
t_{min}	-1,0	-8,2	0,6	4,0	9,0	12,4	13,3	13,9	12,1	6,5	5,0	2,1
D	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	0,0	2,3	4,9	7,7	11,4	18,6	19,7	18,5	14,6	11,4	5,3	1,7
t_{max}	2,6	5,1	9,5	11,9	15,8	24,3	25,6	24,1	20,1	15,9	8,7	4,2
t_{min}	-3,3	-1,5	0,2	2,5	5,6	12,6	13,4	13,4	10,0	5,8	1,8	-1,2
B	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	-1,8	0,8	2,9	10,3	15,7	15,4	-	23,0	15,6	9,7	7,7	2,5
t_{max}	0,6	3,6	7,1	16,5	21,6	21,0	-	28,2	21,3	14,4	10,9	4,6
t_{min}	-5,1	-2,9	-1,6	3,9	8,4	11,6	-	16,4	10,7	5,2	4,9	-0,2

Tabela 7. Wartości średnie miesięczne temperatury średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej w dniach z typami cyrkulacji: D_2C, BE, C_2D

D_2C	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	-0,7	3,0	2,8	8,1	15,0	15,4	19,1	19,1	14,0	9,6	0,2	1,3
t_{max}	0,8	5,6	9,2	13,6	21,3	20,6	24,8	25,4	21,1	15,7	4,1	3,7
t_{min}	-4,3	-0,3	-1,9	2,4	6,1	6,8	11,8	12,4	9,3	4,8	-3,0	-1,3
BE	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	-6,3	-9,8	-	12,8	-	-	-	-	13,2	6,0	3,0	5,6
t_{max}	-4,0	-7,0	-	18,6	-	-	-	-	19,5	13,0	6,3	7,3
t_{min}	-10,8	-13,6	-	6,5	-	-	-	-	5,6	2,0	-0,2	4,5
C_2D	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	-1,3	-2,2	-0,5	7,3	12,7	17,2	19,1	17,3	12,8	8,2	2,4	0,0
t_{max}	0,5	1,1	3,4	12,2	17,3	22,2	24,1	23,1	18,6	11,7	4,7	1,3
t_{min}	-3,6	-6,2	-4,6	1,7	6,6	11,8	13,8	11,4	7,2	4,4	-0,4	-2,3

Tabela 8. Wartości średnie temperatury średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej w dniach z typami cyrkulacji: E_2C, A, CB

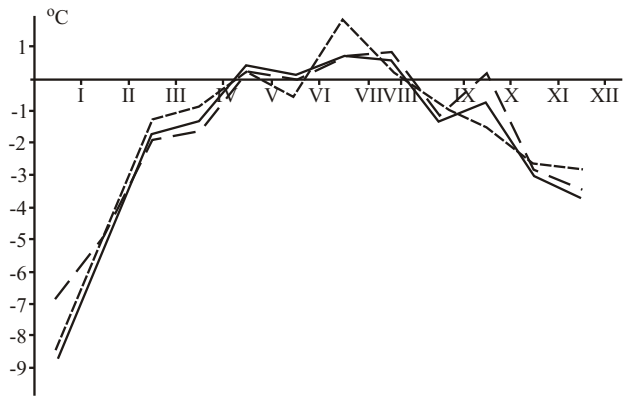
E_2C	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	-3,7	-10,0	0,2	7,3	11,5	14,8	17,2	15,8	12,7	0,9	0,2	-4,6
t_{max}	-1,7	-4,8	4,3	12,5	16,0	19,7	22,7	21,4	15,1	4,5	2,8	-2,9
t_{min}	-6,1	-14,6	-1,9	2,6	6,9	9,4	12,5	11,4	10,4	-1,2	-3,7	-6,7
A	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	1,3	1,7	5,1	8,5	12,5	18,6	18,5	16,4	14,1	10,0	5,5	2,5
t_{max}	3,3	3,8	8,5	13,2	18,0	23,5	24,1	21,8	19,1	14,3	8,1	4,3
t_{min}	-1,6	-1,7	1,2	3,8	7,4	13,5	12,8	11,7	9,8	6,6	2,0	-0,1
CB	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	-0,5	-0,7	1,6	5,4	11,2	15,7	17,3	16,1	11,7	7,6	3,5	1,7
t_{max}	1,8	1,9	4,9	9,9	15,7	20,5	22,0	21,2	16,7	11,1	5,6	3,9
t_{min}	-3,6	-3,8	-1,7	2,2	7,3	11,6	13,0	12,1	7,9	4,1	1,0	-0,7

Tabela 9. Wartości średnie temperatury średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej w dniach z typem G

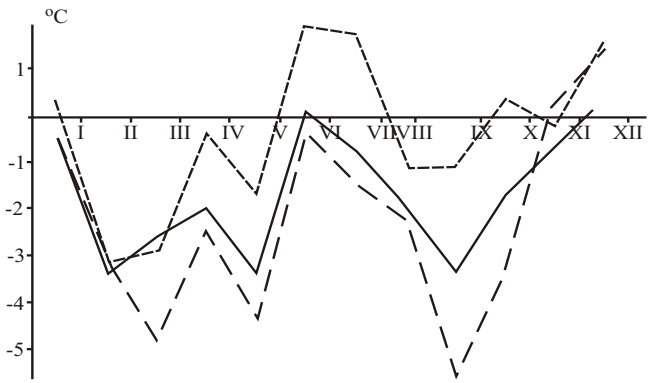
G	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
$t_{śr}$	-5,6	-5,7	0,1	8,0	23,0	-	17,9	-	10,7	6,7	2,2	-
t_{max}	-2,8	-2,3	5,9	14,4	28,6	-	23,5	-	18,2	12,1	3,2	-
t_{min}	-9,3	-9,3	-5,3	1,0	12,3	-	10,0	-	5,7	2,7	-0,2	-

Tabela 10. Średnia długotrwałość typów cyrkulacji w Warszawie, w 10-leciu 1951-1960 (dni)

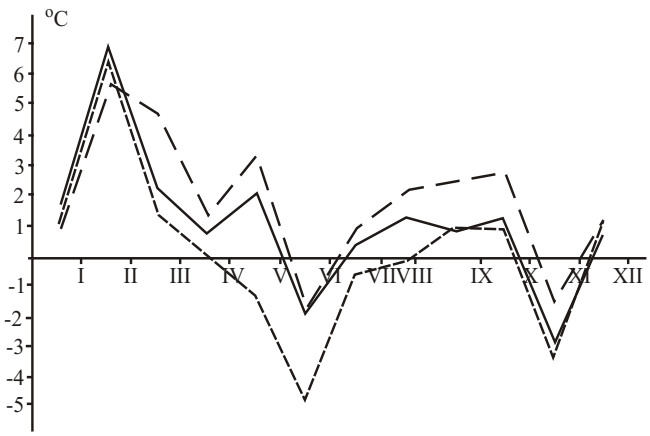
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
A	2,2	1,8	1,3	1,7	1,8	2,0	1,7	2,1	2,0	2,0	1,8	2,7	2,0
CB	1,8	2,3	2,1	1,9	1,9	2,4	2,2	2,4	2,1	2,4	1,6	1,7	2,1
D	2,5	2,2	2,0	2,0	1,7	1,8	1,6	2,4	2,2	1,6	2,1	3,1	2,2
B	1,8	2,1	2,3	1,7	1,8	2,3	-	2,0	1,8	1,6	1,9	2,8	2,0
F	1,7	1,0	2,3	2,3	2,0	1,7	2,0	3,5	1,0	1,8	3,0	2,3	1,9
C_2D	3,1	1,6	2,1	1,6	1,9	2,4	2,1	2,7	2,5	2,3	1,8	2,2	2,2
D_2C	2,0	2,0	2,0	3,3	1,7	1,5	1,6	1,0	1,6	3,0	1,3	3,3	2,1
G	2,0	4,0	1,8	1,0	1,0	-	1,0	-	1,3	1,9	3,5	-	2,0
E_2C	1,8	1,4	1,5	2,4	1,8	1,8	1,5	2,0	1,3	1,0	1,0	2,5	1,8
E_0	1,8	1,8	1,9	2,1	2,4	1,9	3,2	3,2	2,1	2,1	1,3	1,3	2,1
E	2,9	2,4	2,3	2,2	3,4	2,8	2,2	3,2	1,9	2,6	2,5	1,6	2,7
E_1	2,0	3,1	4,4	2,5	2,0	1,8	-	3,3	2,4	2,4	2,5	3,2	2,8
BE	3,0	2,0	-	2,0	-	-	-	-	3,0	5,0	2,0	2,0	2,4



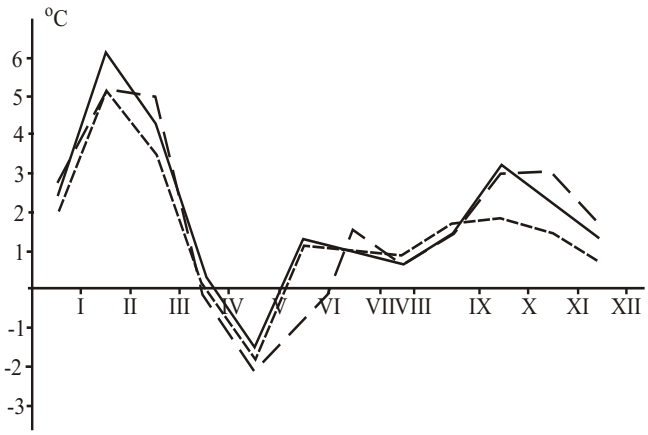
Rys. 1. Przebieg roczny różnic temperatury powietrza w dniach z typem E w latach 1951-1960



Rys. 2. Przebieg roczny różnic temperatury powietrza w dniach z typem E_0 w latach 1951-1960



Rys. 3. Przebieg roczny różnic temperatury powietrza w dniach z typem D_2C w latach 1951-1960



Rys. 4. Przebieg roczny różnic temperatury powietrza w dniach z typem D w latach 1951-1960

3.8.3. Warunki występowania susz atmosferycznych na Równinie Warszawskiej w latach 1951-1990 na przykładzie stacji Warszawa-Okęcie

Autor: Michał P R A S Z K I E W I C Z
Opiekun naukowy: Danuta M A R T Y N

Cel pracy

Praca niniejsza należy do serii poruszającej zagadnienia klimatu Warszawy i na przykładzie stacji Okęcie charakteryzuje zjawisko suszy. Nizina Mazowiecka, w której środkowej części leży Warszawa, jest jedną ze słabiej zaopatrywanych w opady częścią Niżu Polskiego. Powszechnie mówi się o niedostatecznej ilości zasobów wody i negatywnych skutkach stopniowego zmniejszania się areału lasów, jakie następowało przez kilka ostatnich stuleci. Zagrożenie stepowieniem potwierdziło wystąpienie kilku przypadków letniej suszy w ostatnich latach. Wprawdzie odchodzi się od katastroficznych wizji wskazując na to, że m.in. susze są przejawami naturalnych wahań klimatu, to jednak zdarzające się suche epizody każą pamiętać o racjonalnym dysponowaniu zasobami wody i dbaniu o ich jakość.

Dane liczbowe do opracowania zostały zaczerpnięte z kilku źródeł. Dobowe i miesięczne sumy opadów z lat 1954-1981 pochodzą z wydanych roczników pt. „Opady atmosferyczne". Dane z lat 1951-1953 i 1982-1990 pozyskano z IMGW. Wartości średnie miesięczne i roczne temperatury i wilgotności względnej powietrza skompletowano na podstawie wydanych „Roczników meteorologicznych" z lat 1954-1968 i „Die Witterung in Ubersee" z lat 1982-1990, a także bazy danych Zakładu Klimatologii WGSR UW.

Opracowanie materiału zostało podzielone na 3 części. Najważniejsze wyniki przedstawiono w tab. 1-4 i na wykresach rys. 1-21.

Najpierw przedstawiono charakterystykę niedoborów w przychodzie wody w kilku ujęciach, aby unaocznić w jakim stopniu o wynikach decydują kryteria i podstawy odniesienia (za które posłużyły: średnia wieloletnia suma opadów i wielkość parowania potencjalnego). Omówiono względne niedobory opadów w poszczególnych miesiącach i latach (w stosunku do średnich sum całego okresu 1951-1990). Ponieważ przesądzenie czy dany rok lub miesiąc był suchy nie może być jednoznaczne, porównałem wyniki uzyskane za pomocą 3 kryteriów: kryterium Z. Kaczorowskiej (1962), spotykanego dość często w literaturze, wyrażającego się następującymi przedziałami po stronie niedoborów (suma średnia – 100%):

100-90,0% – norma opadowa
89,9-75,0 – umiarkowana susza
74,9-50,0 – mocna susza
49,9-0,0 – skrajna susza

Ze względu na zbyt mały zakres normy (gdy opady wynoszą 89% średniej sumy nie można mówić o suszy) intuicyjnie zwiększono go o 5% tworząc nieznacznie zmienione kryterium (dalej nazywane też „H"):

100-85,0% – norma opadów
84,9-70,0 – umiarkowana susza

69,9-50,0 – mocna susza
49,9-0,0 – skrajna susza (przedział niezmieniony)

Zakresy są analogiczne dla nadmiarów – powyżej 100 %.

W ostatnim czasie eksponowane jest zagadnienie naturalnej zmienności różnych elementów meteorologicznych, w tym także opadów atmosferycznych. W związku z tym, trzecie kryterium wyznaczania suchych miesięcy i lat opiera się na wynikach obliczeń przedziału zmienności opadów, przez co rok oraz każdy z 12 miesięcy otrzymały odrębna klasyfikację .

Ujęto też opady na podstawie analogicznych kryteriów, ale w odniesieniu do wielkości potencjalnego parowania. Trzecie kryterium – w tym przypadku uwzględnia zmienność wskaźnika *x* 100% (stosunek sumy opadów do wielkości parowania). Granice normy można obliczyć dwoma sposobami i dlatego to kryterium ma 2 warianty. Pierwszy z nich opiera się na tej samej zasadzie co w przypadku obliczania zmienności opadów – do wyznaczania granic normy posłużyły odchylenia od 100%, natomiast w drugim wariancie – od średnich wartości wskaźnika uwilgotnienia, który przybiera różne wartości – od 62,3 do 284,3% w miesiącach, a w roku 89,8%. Wartości parowania potencjalnego (*E*) zostały obliczone ze wzoru N. N Iwanowa (za W. Przedpełską, 1973):

$$E = 0{,}0018(25 + t)^2(100 - f)$$

Wzór nie jest skomplikowany, zawiera dwie zmienne – średnią miesięczną temperaturę powietrza *t* (°C) i średnią miesięczną wilgotność względną *f* (%). Jest on słuszny dla wszystkich wartości wilgotności względnej, natomiast wartość temperatury może zawierać się między -25 °C i + 40 °C, a więc w warunkach Polski jest wystarczający. Trzeba podkreślić, że wyniki uzyskiwane z jego pomocą są zbliżone do tych, wyznaczonych z użyciem bardziej skomplikowanych wzorów (Przedpełska, 1973).

W dalszej części pracy zastosowano metody oparte na analizie częstości i czasie trwania okresów bezopadowych. Wyznaczono je zgodnie z kryterium A. Schmucka (1969), który określa posuchy atmosferyczne jako serie dni bezopadowych trwające 9 i więcej dni, przy czym do serii wlicza się pojedynczy dzień z opadami poniżej l mm lub dwa kolejne dni o sumie opadów poniżej l mm (do serii wliczone zostały także 3 i więcej kolejnych dni z opadami o łącznej sumie poniżej l mm – uszczegółowienie autora).

Wyznaczono w ten sposób okresy suszy :

krótkotrwałe – 9-17 dni bezodpadowych

umiarkowane – 18-28 dni

długotrwałe – 29 i więcej dni,

które posłużyły do określenia prawdopodobieństwa wystąpienia suszy w dowolnie wybranym okresie i dalszego opracowania częstości cyrkulacji atmosferycznej. Znajduje się ono w trzeciej części pracy, która jest próbą prześledzenia rozwoju sytuacji synoptycznej i jej wpływu na powstawanie suszy i jej długotrwałość. Do uchwycenia związku z układem barycznym wykorzystano kalendarz typów cyrkulacji autorstwa B. Osuchowskiej-Klein (1978; 1991). Wydaje się on być lepszy od obowiązującej w naszej służbie meteorologicznej klasyfikacji Lityńskiego, gdyż jest oparty na przeglądzie sytuacji na konkretnych mapach, z których zestawiono 13 wzorcowych typów cyrkulacji.

Niedobory opadów

Przy określeniu wagi niedoborów opadów najbardziej obiektywną ocenę daje kryterium uwzględniające naturalną zmienność opadów, gdyż wyniki uzyskane z jego pomocą z grubsza odpowiadają założeniu, że w dłuższej próbie danych większa część powinna być przeciętna, a dopiero reszta – odbiegająca w dół lub w górę od normy, natomiast sytuacje skrajne nie powinny zdarzać się często.

Ogólnie można stwierdzić, że istotne niedobory opadów zdarzają się średnio raz na 4 lata. Zgodnie z kryterium uwzględniającym naturalną zmienność opadów, jedna czwarta lat w wieloleciu 1951-1990 miała niedobór opadów (i w większości umiarkowany). Lat skrajnie suchych nie było, ponieważ roczne sumy opadów nie są bardzo zróżnicowane (niedobory jednych miesięcy są niewelowane przez nadwyżki innych) i zawierają między 65 i 152% średniej sumy. Średni niedobór opadów, wynoszący ok. 12,5%, potwierdza, że kryterium stawiające granicę normy na 90 lub 85% dotyczy dużo dłuższych niż miesiąc okresów (w poszczególnych miesiącach dolna granica normy wynosi od 46 do 67%, co oznacza że po zastosowaniu kryterium Z. Kaczorowskiej – wartość granicy (!) normy zawierają się w przedziale mocnej suszy, a jedna – nawet skrajnej).

W jednej czwartej części wszystkich miesięcy, sumy opadów są na tyle małe, że zgodnie z naturalną zmiennością opadów, można mówić o suszy. Kryterium Z. Kaczorowskiej w przypadku miesięcy nie ma zastosowania (skrajnie małe opady są w tylu miesiącach, w ilu umiarkowane i bardzo małe łącznie, po zastosowaniu kryterium uwzględniającego zmienność opadów).

Niedobory określone w odniesieniu do średniej sumy opadów są względne i nie urzeczywistniają zapotrzebowania na wodę (widać to po zbliżonej liczbie suchych przypadków poszczególnych miesięcy).

Ponieważ, zwykle, niedobór opadów w stosunku do potencjalnego parowania jest większy niż niedobór w odniesieniu do średniej sumy opadów. Liczba suchych lat wg kryterium Z. Kaczorowskiej jest większa (w przybliżeniu co drugi rok był suchy, a bardzo suchy co trzeci).

Łączna liczba suchych miesięcy nie zmieniła się znacząco po zmianie podstawy odniesienia, natomiast zdecydowana ich większość przypadła na miesiące od marca do października (od listopada do lutego, mimo iż opady są niewielkie, to pokrywają w większości przypadków potencjalne parowanie). Wskaźnik uwilgotnienia w poszczególnych miesiącach zmienia się w szerokim zakresie – od 0,62 do 2,84. Chcąc ułożyć kryterium uwzględniające zmienność (tym razem wskaźnika uwilgotnienia) jako podstawę, od której liczone będą odchylenia, można wziąć średnie wartości tego wskaźnika lub do wszystkich miesięcy wartość równą 1,0 (kiedy opady pokrywają parowanie). Jednak kryterium z wykorzystaniem zakresu zmienności wskaźnika uwilgotnienia obliczonego od średniej jego wartości, daje wyniki tak samo względne, jak kryterium uwzględniające zmienność opadów i dlatego lepszy jest wariant z bazą wskaźnika uwilgotnienia wynoszącą 1. Jest to chyba najlepsza ocena jaka część miesięcy jest sucha – od listopada do stycznia bardzo mała, w lutym już większa (średnio raz na 10 lat luty jest co najmniej bardzo suchy), pozostałe miesiące są suche częściej niż raz na 4 lata (w kwietniu, lipcu i wrześniu przynajmniej w mocnym stopniu); w czerwcu i lipcu częstość suszy jest mniejsza w porównaniu z sąsiednimi miesiącami (ale tylko o przypadki umiarkowanie suche).

Okresy bezopadowe

Dłuższe przerwy w opadach atmosferycznych (trwające dłużej niż 8 dni) zajęły jedną trzecią okresu 1951-1990. Najczęstsze były krótkie (trwające 9-17 dni), dlatego średnia długość 340 okresów bezopadowych wynosiła ok. 14dni. Okresy dłuższe (ponad 17 dni) wystąpiły 70 razy (a tylko 10 trwało ponad 28 dni – ewenementem był 76 – dniowy, jesienią 1951 roku). Liczba dni, w których był zupełny brak opadów, stanowi 40% całego 40-lecia.

Najwięcej dni objętych okresami bezopadowymi było w październiku, okresy te były też najdłuższe. Czerwiec jest miesiącem z najkrótszymi okresami bezopadowymi jednak ich waga jest o wiele większa z powodu wysokiej temperatury powietrza i pełni wegetacji wielu roślin.

W poszczególnych miesiącach, w przybliżeniu, okresy bezopadowe pojawiają się średnio nie rzadziej niż co 2 lata (najrzadziej w lipcu, najczęściej – w październiku). Okresy dłuższe od 17 dni w poszczególnych miesiącach występują raz na 5-15 lat (najczęściej w marcu, najrzadziej w grudniu).

Fragmentami najdłuższych okresów bezopadowych stosunkowo często objęty był październik.

Cyrkulacja atmosferyczna

Ogólnie, rok można podzielić na 2 części: gdy pogoda ma bardziej kontynentalny (październik-marzec) lub oceaniczny (kwiecień-wrzesień) charakter. Od kwietnia do września w dużej mierze pogodę kształtuje wyż znad Skandynawii – typ cyrkulacji NE_a (E). Od października do marca następuje zmiana – silniejsze jest oddziaływanie wyżu z głębi kontynentu – typ E, SE_a (E). W większości miesięcy roku częsty jest typ NW_C (CB), z którym wiąże się przechodzenie ciepłego wycinka niżu z kolejnymi frontami.

Typem, który wyraźnie oddziałuje w lecie jest W_a (C_2D; związany z Wyżem Azorskim).

We wszystkich miesiącach roku udział dni z cyrkulacją cyklonalną jest zbliżony do udziału dni z antycyklonalną (średnia różnica to ok. ±6%).

W okresach bezopadowych – cyrkulacja antycyklonalną jest 2,6 razy częstsza niż cyklonalną (przewaga w udziale wynosi blisko 43%).

Wprawdzie najczęstsza jest sytuacja, gdy wyż znajduje się nad Europą Północną – typ cyrkulacji NE_a (E), to najściślej z suszami wiąże się układ, w którym wyż jest w głębi kontynentu – typ E, SE_a (E_1), ponieważ większa część wszystkich dni z taką cyrkulacją (blisko 62%) tworzyła okresy bezopadowe (następuje także największy wzrost częstości typu E_1 – w porównaniu z średnim jego udziałem w roku). Również rzadsza sytuacja 0_a (G), gdy centrum wyżu znajduje się nad Polską, w dużym stopniu przyczynia się do trwania okresów bezopadowych („wykorzystanie" – ok. 65%).

Typ W_a (C_2D) nie pojawia się dużo częściej w okresach bezopadowych, a czasem nawet przerywa je gwałtownymi opadami (gdyż powietrze, które przynosi, zanim napłynie nad kontynent, nabiera dużo wilgoci znad ciepłych wód Atlantyku).

Spośród wszystkich dni z antycyklonalną cyrkulacją 48% występuje w okresach bezopadopwych. Typy cyrkulacji związane z wędrówką niżów (a dokładniej z przechodzeniem frontów) przeciwstawiają się okresom bezopadowym, gdyż tylko ok. 19% wszyst-

kich dni z sytuacjami cyklonalnymi było objęte okresami bezopadowymi. Typy cyklonalne pojawiają się dość rzadko w środku okresów bezopadowych (gdy przejściowo na pogodę wpływa skraj niżu, ewentualnie bliższa środka lecz poza frontalna jego część), a trochę częściej – na ich początku lub końcu (gdy następuje zmiana pogody).

Najbardziej (w porównaniu ze średnią w roku) zmniejszyła się w okresach bezopadowych częstość typu NWC (CB) oraz NE, E_c (E_0).

Charakterystyczne części roku

Analizując sytuację synoptyczną w poszczególnych miesiącach oraz częstość dni z suszą można wyróżnić w ciągu roku następujące okresy o odmiennych cechach;

– w końcu grudnia i w styczniu okresy bezopadowe są częste (i są to w dużym stopniu ponad 17-dniowe); dość duża ich część jest kształtowana przez typy cyklonalne (spośród nich – głównie SW_C, D) i zimowy wyż znad Europy Wschodniej (typ E, SE, E,);

– na przełomie stycznia i na początku lutego liczba dni okresów bezopadowych zmniejsza się; potem do połowy marca następuje stopniowy wzrost częstości dni bezopadowych, w tym czasie 30% dni wiąże się z typem E, SE_a (E_1);

– w drugiej połowie marca maleje liczba dni z suszą krótko trwałą; przez pierwsze 20 dni kwietnia bardzo częste są krótkotrwałe okresy bezopadowe -wyż znad wschodniej Europy typ E, SE_a-E_1 już nie oddziałuje mocno, a wyż nad północną Europą – typ NE_a (E) – dopiero zaznacza swoją obecność; często pojawiają się typy cyklonalne; od końca kwietnia do początku czerwca, liczba dni z suszą jest wyrównana i wiąże się głównie z typem NE_a (E); ponieważ w maju ten typ cyrkulacji umacnia się

– wzrasta, w drugiej połowie miesiąca i na początku czerwca liczba dni z suszą trwającą ponad 17 dni; około 10 czerwca następuje zmniejszenie liczby dni z suszą;

– od połowy czerwca do początku lipca, częstość dni z suszą jest przeciętna, chociaż odróżnia się od sąsiednich okresów (w czerwcowej części prawie wyłącznie są to dni z suszą krótkotrwałą); rekordowo duży jest udział typu NE_a (E); w pozostałych dniach lipca, dość rzadko pojawiają się okresy bezopadowe, bowiem zaznacza się silny wpływ typu NW_C (CB); dni z suszą wiążą się prawie wyłącznie z typami NE_a (E) i W_a (C_2D); liczba dni z suszami krótkimi i średniotrwałymi jest podobna

– około 10 sierpnia dni z suszą są rzadkie, ale prawie zawsze są to dni z suszą trwającą 18-28 dni – uwydatnia się przemienny, silny wpływ wyżu znad północnej Europy (typ NE_a-E) i niżów;

– od połowy sierpnia do początku września rośnie częstość dni z suszą krótkotrwałą; oddziaływanie typów W_a (C_aD) i NW_C (CB) słabnie; zaczyna zaznaczać się wpływ typu E, SE_a (E_1);

– we wrześniu udział wszystkich dni z suszą jest zbliżony do średniej w roku, aczkolwiek miesiąc ten, należy do dłuższego okresu, który odróżnia się od sąsiednich częstszym występowaniem okresów bezopadowych; najczęstszym typem cyrkulacji we wrześniowych okresach bezopadowych jest W_a (E_2C), trochę rzadsze są typy NE_a (E) i E, SE_a (E_1; waga obydwu jest podobna);

– w całym październiku przewaga w udziale antycyklonalnych typów cyrkulacji nad cyklonalnymi jest największa (wynosi 12%) i siłą rzeczy częste są okresy bezopadowe - wiążą się one głównie z wyżem znad wschodniej Europy (typ E, SEa-E_1), a także ulo-

kowanym centralnie nad Polską (typ 0_a-G); kulminacja dni z suszą następuje około 6-8 października – dni te średnio co 2.rok należą do okresu bezopadowego, a co 4. rok – do okresu trwającego ponad 17 dni;

– od początku listopada częstość dni obejmowanych okresami bezopadowymi maleje, by po 10. grudnia osiągnąć minimum roczne; pierwsza połowa grudnia była tylko raz w ciągu 40 lecia objęta fragmentem dłuższego od 17 dni okresu bezodpadowego; przyczyną jest przewaga cyklonalnych typów cyrkulacji w listopadzie i grudniu (najczęstszy jest typ NWC-CB).

Aby charakterystyka susz była pełna, należałoby wyniki uzyskane za pomocą arytmetycznych działań, zweryfikować przy pomocy bardziej kronikarskich informacji (co niestety przekracza ramy dostępności) o suszach, które były odczuwalne – głównie w rolnictwie.

Tabela.1. Zakres normy oraz przedziałów suszy dla rocznych wartości wskaźnika uwilgotnienia (%)

Norma opadów	120,5-74,3	116,3-71,5
Umiarkowana susza	74,2-55,7	71,4-53,6
Mocna susza	55,6-37,2	53,5-35,8
Skrajna susza	37,1-0	35,7-0

Tabela. 2. Przebieg roczny wskaźnika uwilgotnienia (*P/E*•100%)

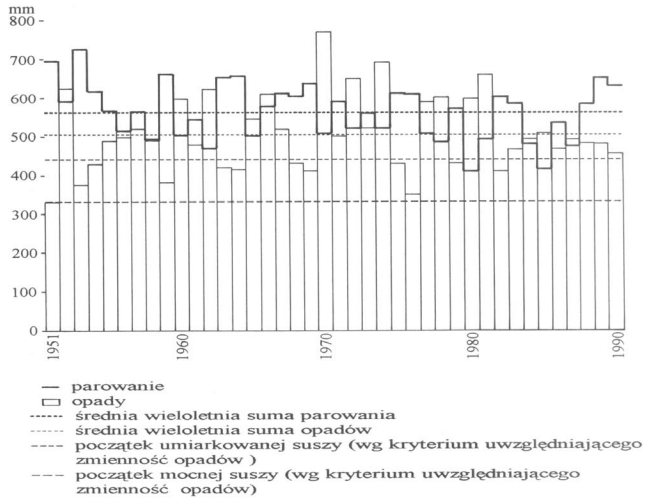
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	ROK
195,1	166,9	88,9	62,3	69,2	75,7	77,6	72,3	78,9	109,3	222,4	284,3	89,8

Tabela 3. Najdłuższe okresy bezopadowe w latach 1951-1990

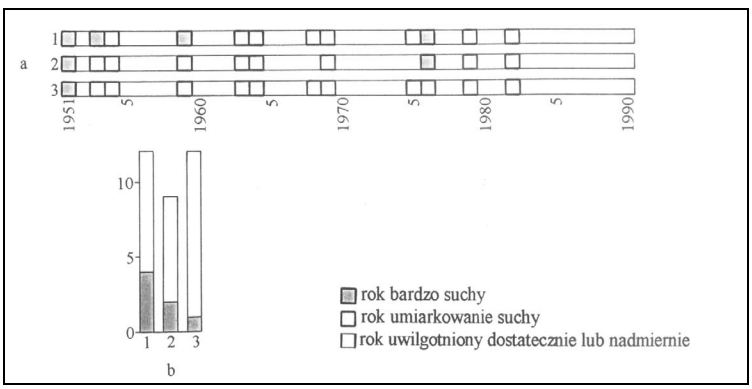
1951	76	18.VIII-8XI
1953	37	X-13XI
1976	37	24.I-29.11
1974	35	18.III-21.IV
1979	34	10.V-12.VI
1963/1964	30	27.XII-2.I
1961	29	15.IX-13.X
1962/1963	29	17.XII-14.I
1976	29	14.IV-12.V
1984	29	24.X-21.XI
1976	37	24.I-29.II

Tabela 4. Suma średnia opadów na 7 dni przed okresami bezopadowymi (a) i w czasie okresów bezopadowych (b); w nawiasach skrajne zanotowane sumy oraz częstość okresów bezopadowych przed którymi (na 7 dni) opady były mniejsze od 10 mm (c)

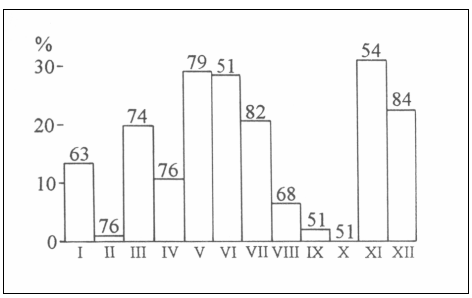
Okresy 29 i więcej dni	7,7 (1,3-17,9)	1,1 (0,2-2,3)	70,0%
Okresy 18-28 dni	13,7 (1,2-58,6)	0,9 (-2,4)	48,3%
Okresy 9-17 dni	12,8 (0,5-71,0)	0,6 (-2,4)	48,9%
Razem	12,8	0,7	49,4%



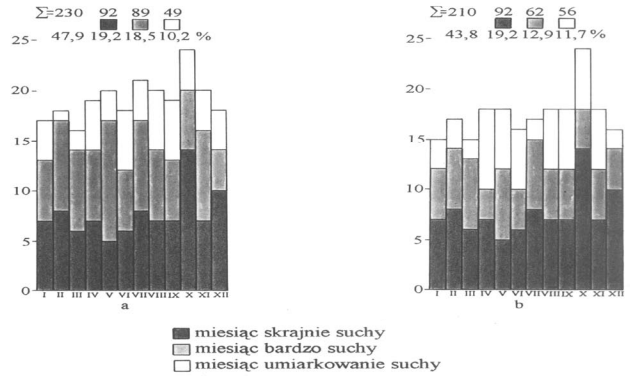
Rys. 1. Sumy roczne opadów atmosferycznych oraz potencjalnego parowania (obliczonego z wzoru Iwanowa)



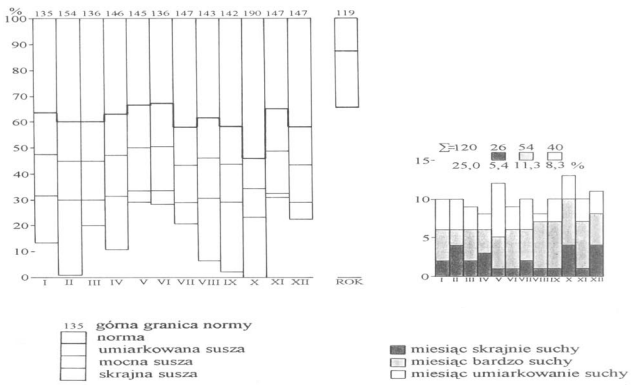
Rys. 2. Natężenie suszy w poszczególnych latach (a) i liczba lat suchych (b) wyznaczonych na podstawie sumy opadów, za pomocą kryteriów :Z. Kaczorowskiej (1), II-zmienionego Z. Kaczorowskiej (2) i uwzględniającego zakres zmienności opadów (3)



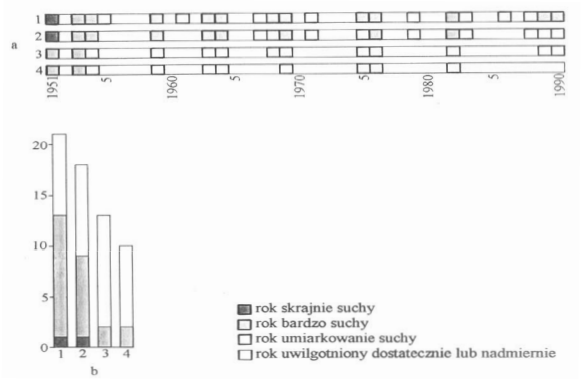
Rys. 3. Najmniejsza suma miesięczna opadów w % sumy średniej (nad słupkiem - ostatnie cyfry roku)



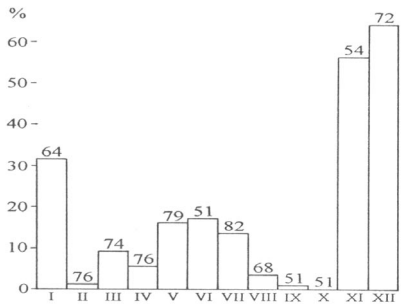
Rys. 4. Liczba suchych miesięcy wyznaczonych za pomocą kryterium Z. Kaczorowskiej (a) i kryterium II (zmienionego Z. Kaczorowskiej, b) ∑ – łączna liczba suchych miesięcy, % – udział w ogólnej liczbie miesiecy



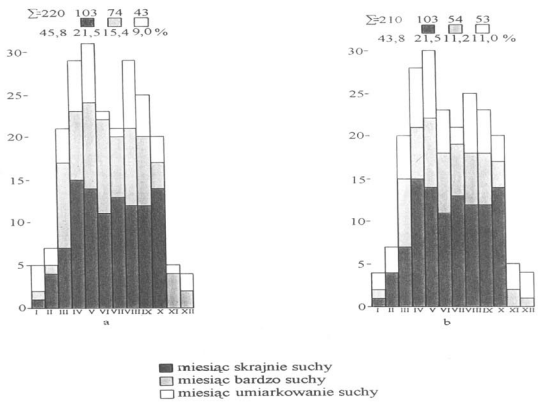
Rys. 5. Względna zmienność opadów (── wartość nie występuje) oraz liczba miesięcy suchych, wyznaczona za pomocą kryterium uwzględniającego zmienność opadow, ∑ łączna liczba suchych miesięcy, % – udział w ogólnej liczbie miesięcy



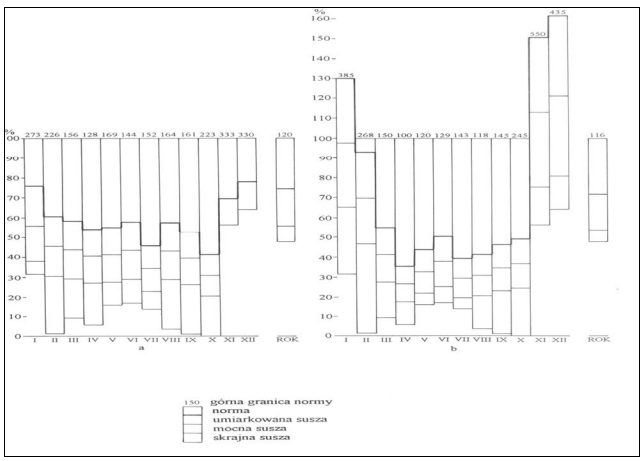
Rys. 6. Natężenie suszy w poszczególnych latach (a) i liczba lat suchych (b) wyznaczonych na podstawie wartości wskaźnika uwilgotnienia (P/E · 100%), za pomocą kryteriów Z. Kaczorowskiej (I), II – zmienionego Z. Kaczorowskiej (2), uwzględniającego zakres zmienności tego wskaźnika (3- obliczony od wartosci 100%, 4- od średniej wartości)



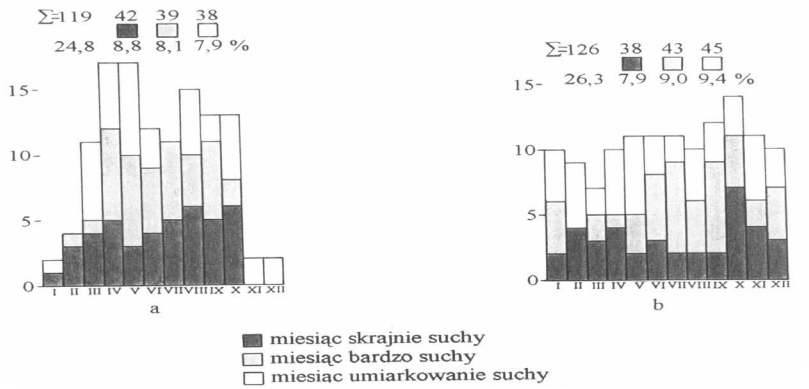
Rys. 7. Najmniejsza miesięczna wartość wskaźnika uwilgotnienia P/E·100% (nad słupkiem – ostatnie cyfry roku)



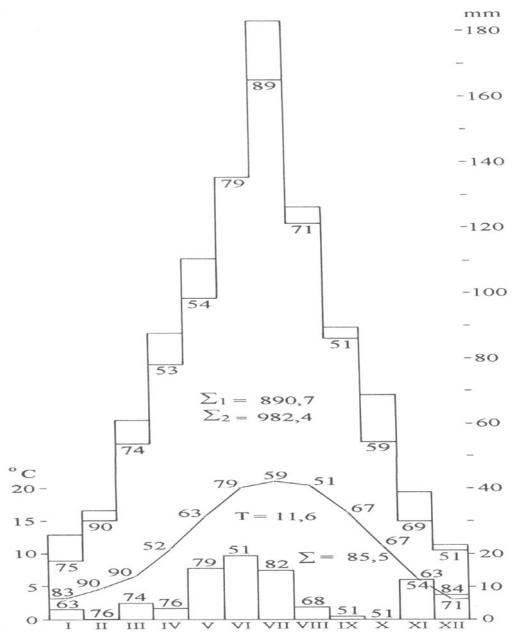
Rys. 8. Liczba suchych miesięcy wyznaczonych na podstawie wartości wskaźnika uwilgotnienia, za pomocą kryterium Z. Kaczorowskiej (a) oraz kryterium II (zmienionego Z. Kaczorowskiej, b), ∑ – **łączna liczba suchych miesięcy, % – udział** w ogólnej liczbie miesięcy



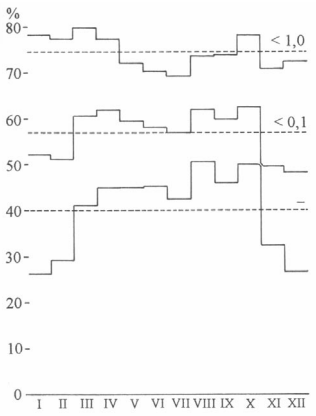
Rys. 9. Zmienność wskaźnika uwilgotnienia P/E ·100% w ciągu roku – obliczona od wartości 100% (a) oraz od średniej wartości wskaźnika (b), ── wartość nie występująca



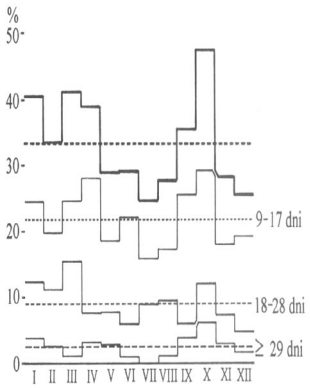
Rys. 10. Liczba suchych miesięcy wyznaczonych na podstawie wartości wskaźnika uwilgotnienia, za pomocą kryteriów uwzględniających zakres jego zmienności (obliczony od wartości 100% – a, oraz od średniej wartości – b, ∑ – łączna liczba suchych miesięcy, % – udział w ogólnej liczbie miesięcy



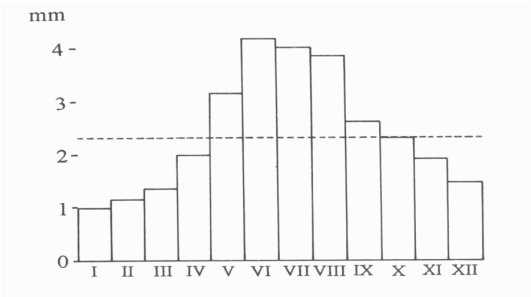
Rys. 11. Skrajne wartości miesięczne niektorych elementów meteorologicznych



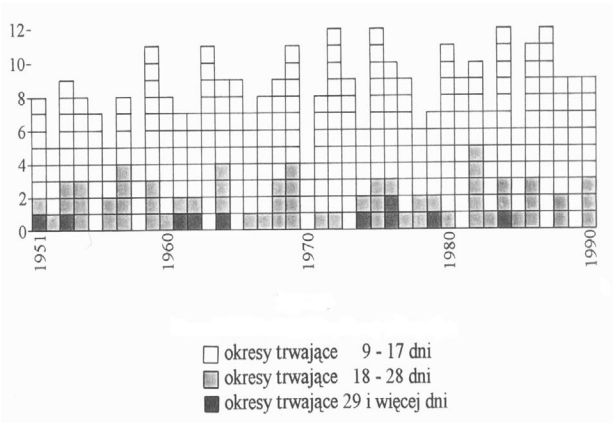
Rys. 12. Częstość dni z opadami <1,0 mm, <0,1 mm oraz bez opadów



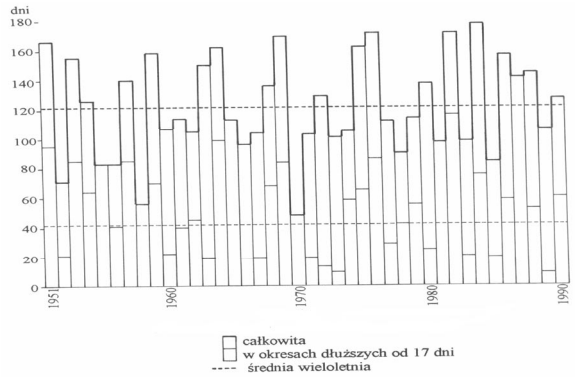
Rys. 13. Udział okresów bezopadowych w ogólnej liczbie dni; ___ wszystkie dni, ---- śr. roczna



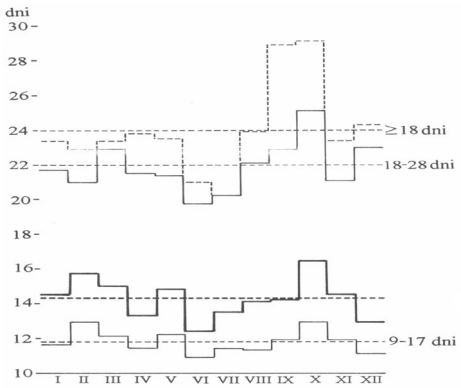
Rys. 14. Suma opadów przypadająca na 1 dzień opadów



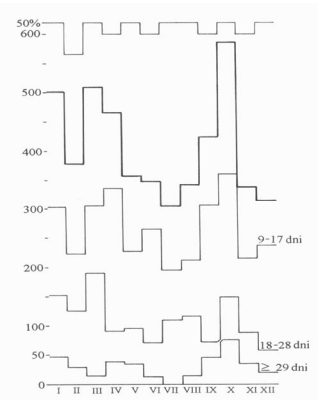
Rys. 15. Liczba okresów bezopadowych



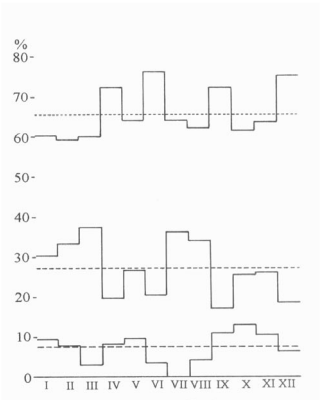
Rys. 16. Liczba dni w okresach bezopadowych



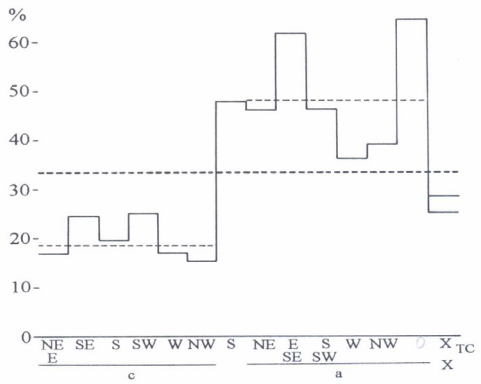
Rys. 17. Średnia długość okresów bezopadowych w poszczególnych przedziałach, ── wszystkie okresy, linia pozioma – średnia roczna



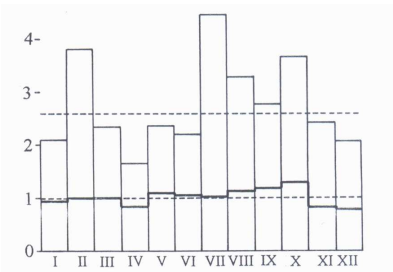
Rys. 18. liczba dni w okresach bezopadowych, ___ łączna liczba, 50 % – poziom połowy dni miesiąca



Rys. 19. Częstość okresów bezopadowych o poszczególnych długościach (% łącznej liczby dni okresów bezopadowych: …… okresy 9-17 dni, ---- okresy 18-28 dni, - - - - okresy ≥29 dni



Rys. 20. Udział okresów bezopadowych w ogólnej liczbie dni z danym typem cyrkulacji, - - - - typy cyklonalne i antycyklonalne (łącznie) - - - - udział okresów bezopadowych w 40-leciu



Rys. 21. Iloraz liczby dni z cyrkulacją antycyklonalną i cyklonalną w okresach bezopadowych oraz w całym miesiącu (dolna część wykresu, linie przerywane – średnie roczne)

3.8.4. Ostrość i śnieżność zim w Warszawie w latach 1965-95

Autor: Rafał P Ł A Ż E W S K I
Opiekun naukowy: Urszula K O S S O W S K A - C E Z A K

Cel pracy

Celem pracy jest zbadanie warunków termicznych i śnieżnych w zimie w latach 1965-1995. Określono charakter zmian warunków termicznych i śnieżnych podczas każdej z zim. Wykazano także różnice warunków termicznych i śnieżnych między zimami w 30-leciu.

Praca składa się z dwóch podstawowych rozdziałów. Drugi rozdział pracy dotyczy warunków termicznych. W pierwszym podrozdziale opisano ogólne warunki termiczne w miesiącach zimowych. W następnym dokonana została próba ustalenia relacji między poszczególnymi miesiącami zimowymi, a w kolejnym opisano zmiany termiczne zim w wieloleciu. Trzeci podrozdział dotyczy zagadnienia długości zim oraz zmian długości zim w wieloleciu.

W czwartym rozdziale pracy scharakteryzowano warunki śnieżne podczas zim. Opisano ogólne cechy śnieżności zim, a także zmiany charakterystyk śnieżności w 30-leciu. Dokonano także próby wykazania zależności śnieżności od warunków termicznych i opadów.

W ostatnim rozdziale przedstawiono ogólny zarys warunków termicznych i śnieżnych w zimie, a także wnioski końcowe dotyczące tych zagadnień.

Materiały źródłowe i metody opracowania

Materiałem wyjściowym do opracowania były dane z lat 1966-1995 ze stacji Warszawa-Okęcie uzyskane w Zakładzie Klimatologii WGSR. Do opracowań termicznych wykorzystano wartości średniej temperatury miesięcznej i liczbę dni charakterystycznych w poszczególnych miesiącach. Materiały zostały uzupełnione średnimi miesięcznymi z roku 1965, a także codziennymi wartościami temperatury otrzymanymi od dr U. Kossowskiej-Cezak. W opracowaniach śnieżności wykorzystano dane dotyczące średniej i maksymalnej grubości pokrywy śnieżnej, a także liczby dni z opadem śniegu i liczby dni z pokrywą śnieżną. Materiały uzupełniono danymi z rocznika opadowego 1965.

W pracy zastosowano podstawowe metody statystyczne. W rozdziale opisującym relacje między średnią temperaturą poszczególnych miesięcy zastosowano tzw. podział trójklasowy równoprawdopodobny, a wyniki zweryfikowano za pomocą testu χ^2.

Daty początku i końca zim oparte na średnich miesięcznych wyznaczono metodą graficzną (metoda Gumińskiego). Daty początków i końca zim na podstawie wartości dobowych obliczono przyjmując za nie daty pierwszego i ostatniego dnia zimowego.

Wyniki badań

Celem pracy było zbadanie zim pod kątem warunków termicznych i śnieżnych w Warszawie w latach 1965-1995. Najczęściej za zimę przyjmuje się okres trzymiesięczny – od grudnia do marca – tzw. zima meteorologiczna (Piotrowicz, 2000). Tak pojęta zima jest także podstawowym przedmiotem badań w pracy. Ponieważ warunki pogodowe kojarzone z zimą (temperatura niższa od 0°C i opady śniegu) nie ograniczają się tylko do trzech

miesięcy w roku, uwzględniono także miesiące, w czasie których warunki te wystąpiły (październik i listopad oraz marzec, kwiecień i maj).

Ważniejsze wyniki badań przedstawiono w tab. 1-7 i na wykresach rys. 1-16.

Ostrość zim jest w pracy jednoznaczna z warunkami termicznymi. Do opisu ostrości użyto następujących charakterystyk : średnia temperatura zimy i każdego z miesięcy wchodzących w jej skład oraz dni zimowych (średnia temperatura dobowa $<0°C$).

Opisu śnieżności dokonano na podstawie takich charakterystyk śnieżności, jak: liczba dni z opadem śniegu i z pokrywą śnieżną oraz średnia i maksymalna grubość pokrywy śnieżnej.

W pracy zbadano przebieg każdej z charakterystyk tak średni w ciągu zimy, jak i z roku na rok w 30-leciu. Została także podjęta próba ustalenia związków między średnią temperaturą kolejnych miesięcy zimowych, a także związków między warunkami opadowymi w zimie.

Średnio w 30-leciu najchłodniejszym miesiącem w zimowym jest styczeń (-2,6°C), drugim luty (-1,6°C), a najcieplejszy jest grudzień (-0,6°C).Taka kolejność średniej temperatury miesięcy zimowych jest także widoczna w analizie innych okresów badawczych (1951-2000). Można więc stwierdzić, że taki przebieg średniej temperatury miesięcznej jest cechą charakterystyczną klimatu Polski.

Kolejność miesięcy zimowych w zależności od średniej temperatury była różna w czasie poszczególnych zim. Styczeń jest nie tylko średnio najchłodniejszym miesiącem, ale także najczęściej (55%) w badanych 30 zimach. Drugim miesiącem pod tym względem okazał się luty (27%), i w końcu grudzień (12%).

W pracy wydzielono typy zim na podstawie kolejności rosnącej temperatury średniej. Okazało się, że najczęściej (30%) występował typ zimy z najchłodniejszym styczniem i najcieplejszym grudniem (typ S L G). Jest to więc taka sama kolejność jak w przypadku średnich 30-letnich. Okazało się, że zimy o kolejności podobnej do średniej wieloletniej były chłodniejsze niż przeciętnie (o 1°C). Najchłodniejsze jednak były zimy z najchłodniejszym lutym i najcieplejszym grudniem (-4,7°C). Najcieplejsze natomiast (-0,3°C) okazały się zimy także z najchłodniejszym lutym, ale z najcieplejszym styczniem (typ L G S).

W pracy ustalono związki między średnią temperaturą miesięcy zimowych, a także miesięcy pobocznych (listopad i marzec) ze średnią temperaturą zimy. Stwierdzono, że po miesiącach o danym znaku odchylenia często występuje miesiąc o takim samym znaku, najrzadziej natomiast o znaku przeciwnym , co potwierdzają wyniki wcześniejszych badań (Merecki, 1914; Kuziemska 1971). Najsilniejszy był związek między styczniem a lutym. Uzyskane wyniki nie są jednak istotne statystycznie. Prawdopodobieństwo tego, że uzyskany rozkład nie był przypadkowy wahało się od 50 % do 75 %. Zbadano także zależności między temperaturą zimy a miesięcy pobocznych (listopad i marzec). Uzyskane wyniki świadczą o tym, że istnieje związek średniej temperatury marca i zimy (XII-II). Po zimie o dodatnim lub ujemnym odchyleniu temperatury częściej marzec także ma odchylenie podobnego znaku. W przypadku listopada uzyskany rozkład jest bardziej zbliżony do równoprawdopodobnego, co świadczy o tym, że temperatura w listopadzie danego sezonu ma niewielki wpływ na temperaturę następującej po nim zimy.

W pracy przeanalizowano również przebieg średniej temperatury zimy i każdego z miesięcy w 30-leciu. Zakres średniej temperatury w miesiącach zimowych był większy

niż w innych porach roku. Największą zmiennością (15,5°C) cechował się styczeń: od -12,3°C w 1987 do 3,2°C w 1983. Mniejszym zakresem średniej temperatury (14,3°C) cechował się luty: od -9,6°C w 1985 do 4,7°C w 1990. Najchłodniejszy grudzień wystąpił w 1969 r. – -8,5°C, a najcieplejszy w roku 1971 – 3,1°C tzn. zakresem 12,6°C. Średnia temperatura tych trzech miesięcy składa się na średnią temperaturę zimy i jest to podstawowy wskaźnik jej ostrości. Spośród zim w badanym 30-leciu najbardziej ostra okazała się zima 1970 (-6,7°C), a najłagodniejsza – zima 1990 (-2,5°C). Zakres średniej temperatury zimy wyniósł w badanym 30-leciu 9,2°C i był węższy niż w pojedynczych miesiącach.

Cechą charakterystyczną okresu zimowego jest to, że ujemne odchylenia temperatury średniej są zwykle większe niż odchylenia dodatnie. Ich liczba jest natomiast mniejsza. Najbardziej jest to widoczne w grudniu, kiedy najchłodniejszy grudzień był aż o 7,8°C chłodniejszy od przeciętnego, podczas gdy najcieplejszy różnił się od przeciętnego tylko o 3,7°C. Co pewien okres zdarzają się miesiące o wyjątkowo niskiej średniej temperaturze. Ostatnim tak mroźnym miesiącem był styczeń 1987 (-12,3°C), kiedy w Warszawie zanotowano najniższą temperaturę w opisywanym 30-leciu – -30,7°C.

W pracy stwierdzono rosnącą tendencję temperatury w zimie, co potwierdzają wcześniejsze badania (Boryczka i in., 2002). O rosnącej tendencji temperatury w zimie świadczą obliczone równania prostej regresji temperatury w 30-leciu w Warszawie. Wystąpiła ona we wszystkich miesiącach zimowych, przy czym najbardziej wzrastała średnia temperatura stycznia (ponad 5°C/30 lat). Średni wzrost temperatury całej zimy wyniósł natomiast 2,7°C, a więc znacznie więcej niż w okresie 1779-1990.

Bardzo mroźne zimy wystąpiły w Warszawie w latach 60. (1968; -4,9°C). Na początku lat 70.(1970; -6,7°C) oraz w latach 80 (1985; -6,3°C). Łagodne zimy wystąpiły w połowie lat 70. (1975; 1,2°C), w końcu lat 80. i w latach 90. (1990; 2,5°C). Rosnąca tendencja temperatury w 30-leciu może też być związana z nakładaniem się dłuższych cykli temperatury – około kilkunastoletnich oraz około 100-letnich (Boryczka, Stopa-Boryczka, 2002).

Typowo zimowe warunki pogodowe (temperatura niższa od 0°C i opady śniegu) mogą wystąpić także podczas innych miesięcy w roku – od października do maja. Ważną charakterystyką ostrości zim są daty jej początku i końca oraz czas jej trwania. W celu ich wyznaczenia zastosowano metodę Gumińskiego opartą na średniej temperaturze miesięcznej. Średnio zima zaczynała się 6 grudnia, a kończyła 27 lutego i trwała 84 dni. Jednak daty początku i końca zim ulegały dużym zmianom z roku na rok. Zimy zaczynały się coraz później (ok. 5 dni /l0 lat) i kończyły coraz wcześniej (ok. 5 dni/ 10 lat). Ważną cechą było to, że zimy ostre kończyły się później niż zimy łagodne. Warunki termiczne w czasie zimy miały natomiast niewielki związek z datą jej początku.

Czas trwania zimy w latach 1965-1995 ulegał zmianom z roku na rok – od 0 dni, tzn. braku zimy termicznej, kiedy średnia temperatura żadnego z miesięcy nie spadła poniżej 0°C, w latach 1988-1990 do 119 dni w sezonie 1969. Ponieważ metoda opiera się na średnich wartościach temperatury, widoczny jest związek długości zimy i średniej temperatury zimy. Współczynnik korelacji średniej temperatury zimy (XII- II) i jej długości wyniósł 0,8. Zimy mroźne są więc jednocześnie długie. Ponieważ w zimie w 30-leciu tendencja temperatury była rosnąca, czas trwania zimy ulegał skracaniu. Spadek ten

w porównaniu ze średnim czasem trwania zimy był bardzo duży i wyniósł około 14 dni/10 lat. Zimy w opisywanym 30-leciu stawały się coraz łagodniejsze i krótsze.

Styczeń okazał się miesiącem ,w którym większość charakterystyk śnieżności była największa. Jedynie średnia grubość pokrywy śnieżnej w dniach jej faktycznego występowania była największa w lutym.

O ile średnia liczba dni z opadem śniegu we właściwych miesiącach zimowych jest w miarę wyrównana (10 dni w lutym i w grudniu, 12 w styczniu), to liczba dni z pokrywą śnieżna jest bardziej zróżnicowana – od 12 w grudniu do 19 dni w styczniu. Najwyższa średnia miesięczna grubość pokrywy jest w lutym 9 cm, ale w styczniu jest ona niewiele mniejsza – 8 cm. Większa grubość pokrywy śnieżnej w lutym jest efektem pozostałości części pokrywy śnieżnej powstałej wcześniej i dodatkowych opadów śniegu w lutym. Jednak grubość pokrywy śnieżnej z uwzględnieniem wszystkich dni w miesiącu największą wartość (4,7 cm) przyjmuje w styczniu.

Podobnie jak warunki termiczne, tak i warunki śnieżne w czasie zim ulegały w Warszawie wahaniom z roku na rok. Wszystkie opisywane charakterystyki cechują się dużą zmiennością. Zakres liczby dni z opadem śniegu wyniósł od 19 dni (1990) do 50 dni (1968). Zakres liczby dni z pokrywa śnieżną był znacznie większy od – 11 dni (1989) do 90 dni (1970 – cały okres trzymiesięczny). Na szczególną uwagę zasługuje przebieg średniej grubości pokrywy śnieżnej. Charakterystyczne jest występowanie co kilka lat zim, podczas których grubość pokrywy śnieżnej jest kilkakrotnie wyższa niż przeciętnie. Tak było w czasie zimy 1979, kiedy to intensywne opady śniegu spowodowały paraliż komunikacyjny w Polsce, a maksymalna grubość pokrywy śnieżnej wyniosła aż 70 cm.

Wszystkie charakterystyki śnieżności cechowały się tendencją malejącą. Szczególnie uwidacznia się to w liczbie dni z pokrywą śnieżną, której spadek w 30-leciu wyniósł ponad 11 dni/l0 lat. Spadek liczby dniu z opadem śniegu było o rząd wielkości mniejszy (ok. l dnia/10 lat).

Liczba dni z opadem śniegu różni się od liczby dni z pokrywa śnieżną. W czasie zim łagodnych przeważają dni z opadem śniegu, np. w czasie zimy 1988 było dwukrotnie więcej dni z opadem śniegu niż z pokrywa śnieżną. Natomiast odwrotnie jest w czasie zim ostrych, np. w zimie 1969 (-4,9°C) było ponad dwukrotnie więcej dni z pokrywa śnieżna niż z opadem śniegu.

W pracy ustalono związki między pokrywą śnieżną a opadami. Okazało się, że związek charakterystyk śnieżności z ilością opadów nie jest jednoznaczny. Taka sama grubość pokrywy śnieżnej może wystąpić w czasie zim o różnej sumie opadów, a z drugiej strony – w czasie zim o podobnej sumie opadów i grubość pokrywy śnieżnej, a także liczba dni z pokrywą śnieżną może być zupełnie inna. Większy jest natomiast związek między sumą opadów a liczbą dni z opadem śniegu.

Większy związek pokrywa śnieżna wykazuje z warunkami termicznymi. Długi czas jej zalegania ma miejsce podczas zim o niskiej temperaturze, do utrzymywania się pokrywy śnieżnej niezbędne jest bowiem utrzymywanie się temperatury niższej od 0 °C. Najdłuższym czasem zalegania pokrywy śnieżnej w 30-leciu w Warszawie cechowała się najmroźniejsza zima 1970 (-6,7°C). W czasie najłagodniejszych zim (1989 2,3°C i 1990 2,5°C) pokrywa śnieżna zalegała najkrócej (1989 – 11 dni, 1990 – 12 dni). Jeśli zimą mrozom towarzyszy duża ilość opadów, grubość pokrywy śnieżnej może być znacząca Tak było w zimie 1979

(-5,4 C, 103 mm), kiedy zanotowano największą grubość pokrywy śnieżnej w latach 1965-1995-70 cm.

Przeprowadzone badania potwierdziły wielka zmienność warunków termicznych i śnieżnych okresu zimowego w Polsce, a także wykazały, że proces współczesnego ocieplenia zaznaczył się nie tylko w rosnącej temperaturze i skróceniu zimy, ale także wyraźnym złagodzeniu śnieżności zim.

Tabela l. Temperatura średnia miesięczna i w wybranych chłodnych okresach roku (Warszawa-Okęcie, 1965-19955)

Temparatura (°C)	XI	XII	I	II	III	XII-II
Średnia	2,9	-0,6	-2,6	-1,6	2,6	-1,6
Maksymalna	5,6	1,8	0,0	1,5	6,6	1,1
Minimalna	0,5	-2,9	-5,3	-4,4	-1,0	-4,2
Amplituda dobowa	5,1	4,7	5,3	5,9	7,6	5,3

Tabela 2. Typy zim w zależności od kolejności średniej temperatury miesięcznej

typ	liczebność	średnia temperatura (°C)
SLG	9	-2,6
S G L	7,5	-1,1
L S G	5	-4,7
L G S	4	-0,3
G S L	4,5	-1,2
G L S	0	-

Tabela 3. Odchylenia od średniej (°C) skrajnych termicznie zim oraz miesięcy zimowych

	XII	I	II	ZIMA
najchłodniejszy	7,9	9,7	8,0	5,1
najcieplejszy	3,7	5,8	6,3	4,1

Tabela 4. Zmiany temperatury°C/10 lat

XII	I	II	zima (XII-II)
0,66	1,66	0,34	0,89

Tabela 5. Średnia, odchylenia standardowe i tendencja dni z opadem śniegu i pokrywą śnieżną w latach 1966-1995

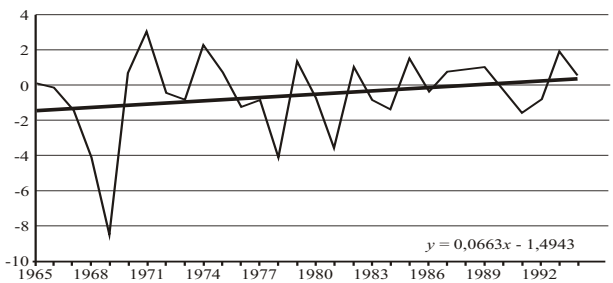
	średnia	odchylenie stand.	tendencja/10 lat
dni z opadem śniegu w okresie (XII-II)	32	7,9	-1,5
dni z opadem śniegu w całym okresie zimowym	47	10,2	-1,1
dni z pokrywą śnieżną w okresie (XII-II)	44	19,4	-11
dni z pokrywą śnieżną w całym okresie zimowym	54	24	-12

Tabela 6. Średnia, odchylenie standardowe i tendencja grubości pokrywy śnieżnej (cm) w latach 1966-1995 w czasie zimy (XII-II)

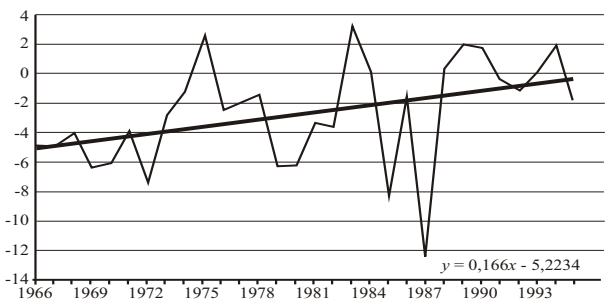
Grubość	średnia	odchylenie stand.	tendencja/10 lat
W dni z pokrywą	7,5	6,8	-1,5
Wszystkie dni	4,7	6,3	-1,7
Maksymalna	21,3	l4,1	-1,0

Tabela 7. Związek między grubością pokrywy śnieżnej i sumą opadów

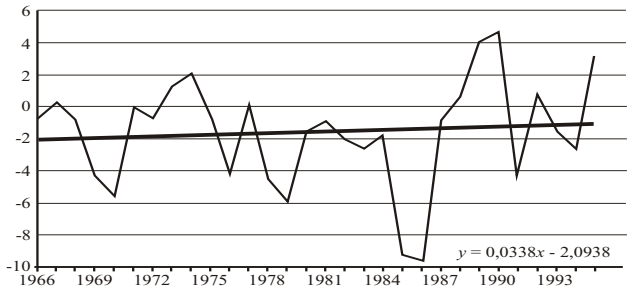
	Grudzień		
	śnieżny	normalny	mało śnieżny
wilgotny	6	2	2
normalny	2	4	4
suchy	2	3	5
	Styczeń		
wilgotny	3	5	3
normalny	4	4	2
suchy	2	3	5
	Luty		
wilgotny	2	4	4
normalny	2	4	4
suchy	6	3	1
	Zima		
wilgotny	3	2	4
normalny	3	4	4
suchy	4	4	2



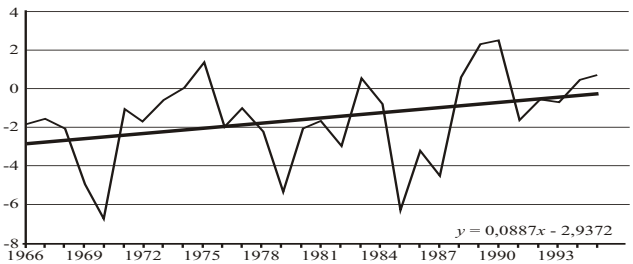
Rys. 1. Zmiany średniej temperatury w grudniu



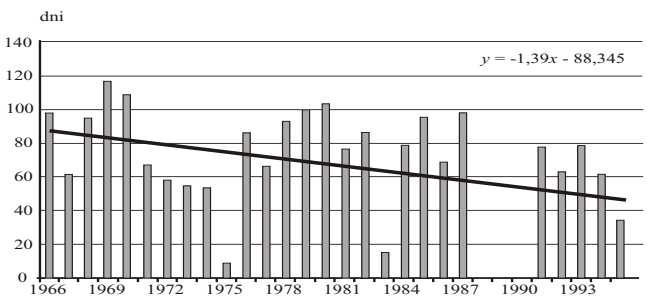
Rys. 2. Zmiany średniej temperatury w styczniu



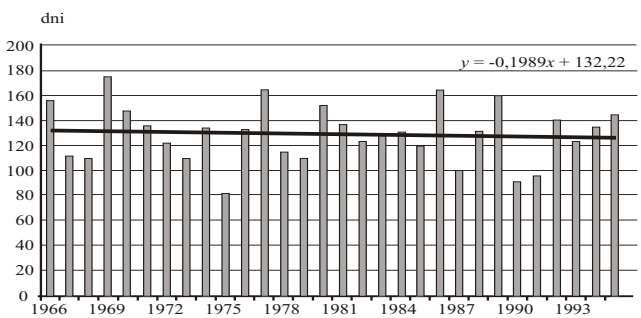
Rys. 3. Zmiany średniej temperatury w lutym



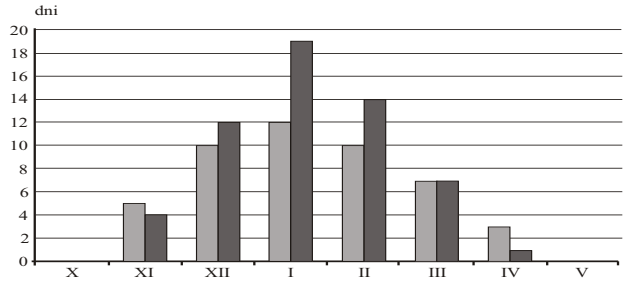
Rys. 4. Zmiany średniej temperatury w zimie



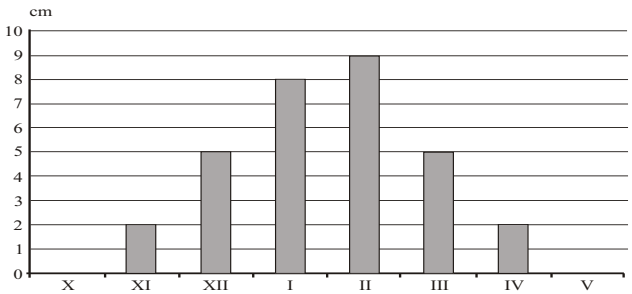
Rys. 5. Długość zimy wyznaczona na podstawie średniej temperatury miesięcznej



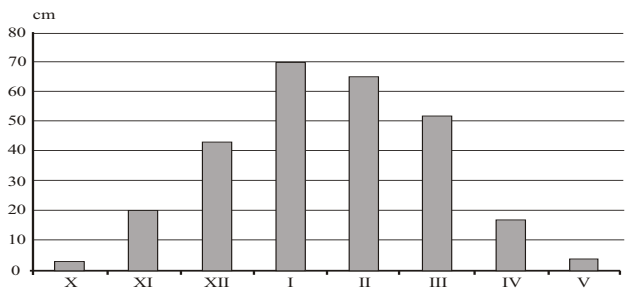
Rys. 6. Długość zimy wyznaczona na podstawie pierwszego i ostatniego dnia zimowego



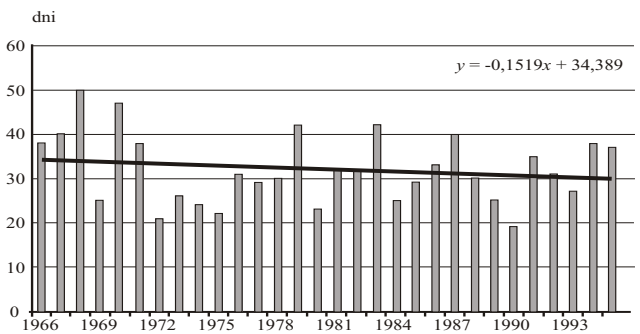
Rys. 7. Średnia liczba dni z opadem śniegu i pokrywą śnieżną



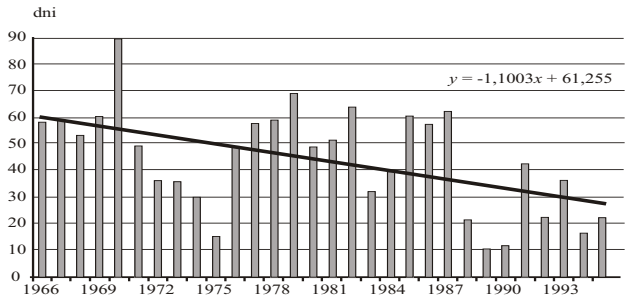
Rys. 8. Średnia grubość pokrywy śnieżnej w dniach jej rzeczywistego występowania



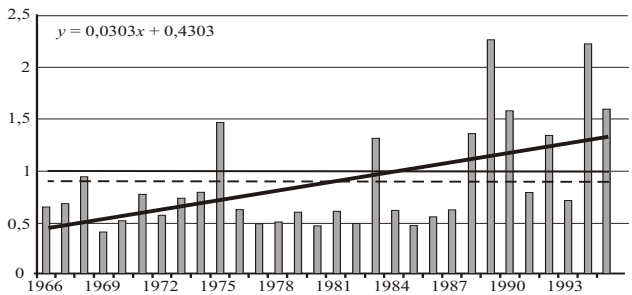
Rys. 9. Średnia grubość pokrywy śnieżnej w poszczególnych miesiącach



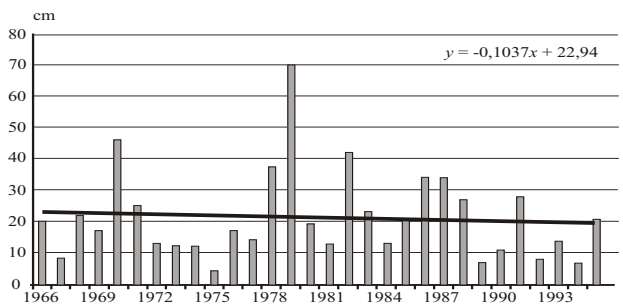
Rys. 10. Liczba dni z opadem śniegu w latach 1966-1995 w czasie zimy (XII-II)



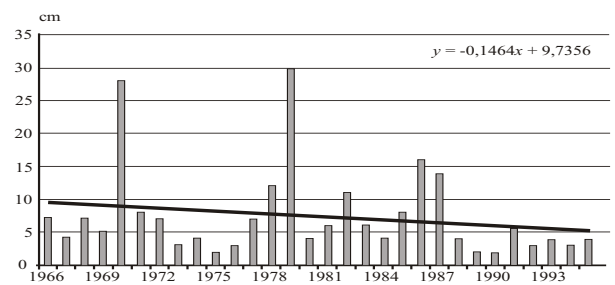
Rys. 11. Liczba dni z pokrywą śnieżną w latach 1966-1995 w czasie zimy (XII-II)



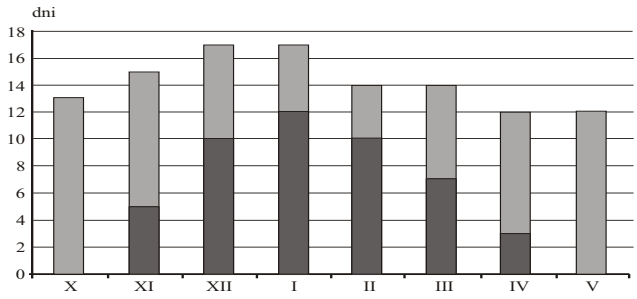
Rys. 12. Stosunek liczby dni z opadami śniegu do liczby dni z pokrywą śnieżną



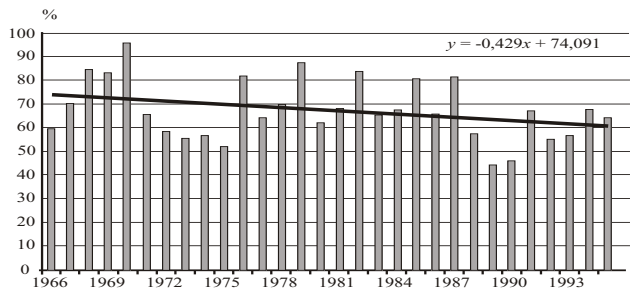
Rys. 13. Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej (cm) w czasie zimy (XII-II)



Rys. 14. Średnia grubość pokrywy śnieżnej (cm) w czasie zimy (XII-II)
w dniach rzeczywistego występowania



Rys. 15. Liczba dni z opadem (w tym z opadem śniegu) w poszczególnych miesiącach w Warszawie w latach 195-1995



Rys. 16 . Udział dni z opadem śniegu w ogólnej liczbie dni z opadem

3.8.5 Charakterystyka warunków odczuwalnych otoczenia Warszawy na przykładzie stacji Okęcie w latach 1966-1970

Autor: Magdalena S Z U L C - B O M B A
Opiekun naukowy: Maria K O P A C Z - L E M B O W I C Z

Celem pracy nie jest opisanie cech klimatu miasta, ale terenów sąsiadujących z wielkim miastem. Klimat obszarów położonych na obrzeżach miasta jest nie tylko wynikiem ukształtowanego klimatu pewnej jednostki fizycznogeograficznej, ale także uwarunkowany jest bliskim sąsiedztwem miasta.

Poza opracowaniem charakterystyk bioklimatycznych obszaru pozamiejskiego. (na podstawie danych ze stacji Warszawa-Okęcie) należy spodziewać się odpowiedzi na pytanie; czy miasto Warszawa może przekazywać pewne cechy klimatu miejskiego obszarom sąsiednim, położonym od południowo-zachodniej strony śródmieścia. W związku z tym, konieczne było poznanie istoty zróżnicowania bioklimatycznych warunków odczuwalnych między tymi dwoma obiektami. Informacje dotyczące bioklimatu Warszawy są zawarte w pracy magisterskiej B. Mossakowskiej (1991) opracowanej równolegle z niniejszą pracą w Zakładzie Klimatologii WGSR UW. Obejmuje ona ten sam okres badań 1966-1970 r., ten sam materiał badawczy (pomiary tych samych elementów meteorologicznych, w identycznych godzinach), a także zastosowano podobne metody opracowania.

Metody badań bioklimatu

Warunki higrotermiczne środowiska atmosferycznego kształtowane są przez temperaturę powietrza (T), wilgotność względną (f) i ruch powietrza (v). Odgrywają one ogromną rolę w bilansie cieplnym ustroju ludzkiego i w jego subiektywnym odczuciu zimna lub ciepła. Do każdego układu tych elementów meteorologicznych organizm człowieka przystosowuje się dzięki procesowi termoregulacji, a do zmian przystosowuje się dzięki procesowi adaptacji. Warunki środowiska, w których zachowana jest równowaga cieplna ustroju, tzn. kiedy utrata ciepła jest równa jego produkcji w procesach fizjologicznych, nazywamy stanem komfortu termicznego (wtedy system termoregulacji znajduje się w stanie fizjologicznego spokoju). Natomiast w sytuacjach, kiedy organizm musi bronić się przed nadmiarem zimna lub ciepła, mówimy o stanie dyskomfortu bądź z powodu przechłodzenia, bądź przegrzania.

Ocenę komfortu termicznego, w rozumieniu bioklimatologii, przeprowadza się najczęściej na podstawie temperatury efektywnej (TE). Jest to zespołowy wskaźnik klimatu odczuwalnego, który uwzględnia oddziaływanie na organizm ludzki trzech elementów meteorologicznych: temperatury i wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru. Został on opracowany w Stanach Zjednoczonych w latach 30-tych XX wieku, a jego wartości uzyskano badając populacje liczące tysiące osób. Ludzie ci byli poddawani działaniu wymienionych elementów meteorologicznych w różnych jego kombinacjach, w komorach klimatycznych. Określali swoje subiektywne odczucia ciepła, ale równocześnie badano cały szereg obiektywnych objawów, jak: temperatura skóry, ciśnienie tętnicze, tętno i inne. Widać więc, że wskaźnik temperatura efektywna

jest nie tylko fizycznym, ale w pewnej mierze i fizjologicznym wskaźnikiem klimatu odczuwalnego.

Opracowano trzy rodzaje temperatury efektywnej:

- uwzględniającą tylko wpływ temperatury powietrza i wilgotności względnej (przy założeniu bezruchu powietrza, dla $v=0$) – do oceny warunków odczuwalnych w pomieszczeniach:

$$TE = T - 0{,}4(T - 10)\cdot(1 - 0{,}01f),$$

- poza temperaturą powietrza i wilgotnością względną, uwzględniającą dodatkowo wpływ ruchu powietrza (dla $v>0$) do oceny warunków odczuwalnych na otwartej przestrzeni (wzór empiryczny Missenarda)

$$TE=37-(37-T)[0{,}68-0{,}0014f+(1{,}76+1{,}4v^{0{,}75})^{-1}]^{-1}-0{,}29T(1-0{,}01f),$$

gdzie: T – temperatura powietrza (°C), f – wilgotność względna powietrza (%), v – prędkość wiatru (m/s).

- tzw. radiacyjną temperaturę efektywną (RTE), w skład której wchodzi także wielkość promieniowania pochłoniętego przez powierzchnię skóry bądź odzieży – jej zastosowanie dotyczy głównie helioterapii.

W pracy został wykorzystany wzór Missenarda. Temperatura efektywna zostanie omówiona w aspekcie zmian jej wartości w przebiegu pięcioletnim, średnim dziennym i terminowym. Ponadto posłuży ona do określenia częstości występowania dni z konkretnymi stopniami odczuwalności termicznej. One z kolei pozwolą na opisanie stopnia bodźcowości bioklimatu. Dla niektórych dni, w czasie których następowały duże zmiany temperatury efektywnej, zostały przeprowadzone analizy sytuacji synoptycznej dające próbę wytłumaczenia gwałtownie zmieniających się odczuć cieplnych.

Najważniejsze wyniki pracy

Charakterystyka warunków odczuwalnych panujących na terenach pozamiejskich, reprezentowanych przez stację Warszawa-Okęcie, opracowana została na podstawie kompleksowego wskaźnika biometeorologicznego, jakim jest temperatura efektywna (rys. 1-2).

W latach 1966-1970, które są okresem badawczym, najwyższe średnie wartości wskaźnika *TE* zanotowano w lipcu 1967 r., który to rok jednocześnie został uznany za najbardziej „komfortowy" w badanym okresie. Najniższa wartość temperatury efektywnej wystąpiła w grudniu 1969 r należącego do jednego z najmniej korzystnych okresów. Pojawienie się najniższej rocznej temperatury efektywnej w grudniu, stanowi anomalię lat 1966-1970, gdyż w pozostałych czterech latach badanego okresu notowano ją w styczniu. Także pora letnia wykazuje przesunięcia pojawienia się najwyższej wartości *TE*, gdyż w 1968 r. miała ona miejsce w czerwcu, a w 1970 r. w sierpniu. Wszystkie te odchylenia od stanu średniego znajdują potwierdzenie w podobnych przebiegach temperatury powietrza, przy współudziale prędkości wiatru.

Zdecydowanie najwyższe wartości temperatury efektywnej pojawiały się w terminie południowym tzn. o godz. 13^{00}, natomiast najniższe jej wartości zazwyczaj w godzinach rannych. Niekiedy, wyjątkowo następował silny spadek temperatury efektywnej o godz. 21^{00} i najczęściej był on spowodowany obniżeniem się temperatury powietrza.

Wykreślone przebiegi roczne wartości wskaźnika *TE* były punktem wyjściowym opisu warunków bioklimatycznych terenu peryferyjnego, odznaczającego się osobliwymi cechami.

Przede wszystkim jest to obszar o dość niskich temperaturach efektywnych, szczególnie zimą, które powodują długotrwałe okresy z silnym przechłodzeniem organizmu człowieka. Z jednej strony jest to przyczyną stosunkowo dużego udziału warunków dyskomfortowych z powodu przechłodzenia, z drugiej jednak niweluje w znacznym stopniu warunki „ciepła" i „gorąca", także niekorzystne dla człowieka. Zaledwie 19% średni pięcioletni udział warunków komfortu uznać należy za nieduży i jest to kolejną negatywną cechą bioklimatu peryferyjnej dzielnicy Warszawy-Okęcie.

Te najbardziej odpowiadające człowiekowi warunki komfortu panowały prawie przez cały rok, z kolei charakterystyczne warunki zimna, utrzymywały się z różnym „natężeniem" przez cały rok, z największą częstością w porze zimowej (niekiedy wszystkie dni miesiąca należały do „zimnych"), a najmniejszą w okresie letnim.

Specyfiką badanej stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie, był niewielki udział stanów dyskomfortowych z powodu przegrzania. „Ciepło" utrzymywało się w miesiącach lata, niekiedy, w pojedynczych w czasie wiosny i jesieni, a „gorąco" tylko w lecie i nie zawsze we wszystkich jego miesiącach.

Zmienność warunków odczucia termicznego, na peryferiach Warszawy od strony południowo-zachodniej, była niewielka, gdyż zaledwie 7,2% dni pięciolecia charakteryzowało się gwałtownymi zmianami temperatury efektywnej z dnia na dzień, a aż 92,8% dni stanowiły niewielkie wahania wskaźnika *TE*, w obrębie podobnych czy „sąsiednich" warunków odczuwalnych.

Utrzymywanie się tych samych wartości temperatury efektywnej w kolejnych dniach było bardzo częste i stałość ta jest niewątpliwie dodatnią cechą bioklimatu, świadczącą o niskiej bodźcowości i małej uciążliwości dla człowieka. Należy wziąć pod uwagą, że sam brak zmian warunków odczuwalnych w następujących po sobie dniach nie zawsze jest korzystny dla ustroju ludzkiego, bo im większa jest stałość warunków skrajnych, tym gorzej reaguje na nią organizm ludzki, a więc dochodzi do bardziej niekorzystnego stanu z punktu widzenia bioklimatologicznego. Niestety, taka sytuacja miała miejsce na stacji Warszawa-Okęcie, gdyż najwięcej dni okresu 1966-1970 stanowiły dni „zimne", a ponadto stany ciągłego „zimna" utrzymywały się bardzo długo dochodząc nawet do 53 dni. Jest to ujemną cechą bioklimatu, ponieważ brak zmian warunków odczuwalnych, jeśli są to warunki niekorzystne, potęguje i tak już dyskomfortowe odczucia człowieka.

W obrębie zmian małobodźcowych przeważały także te, w grupie dyskomfortu z powodu przechłodzenia. Niewielkie wahania wskaźnika *TE* najczęściej odbywały się w kierunku wartości wyższych. W przypadku gwałtownych skoków temperatury efektywnej, miała ona tendencję do częstszych spadków niż wzrostów. Duże dzienne różnice średniej *TE* były najbardziej widoczne w lecie, które uznane zostało za sezon o najsilniejszych cechach bodźcowych. Nagłe zmiany temperatury efektywnej, uwarunkowane sytuacją synoptyczną nad kontynentem europejskim, w porze letniej miały w przeważającej mierze charakter spadkowy. Najbardziej stabilna sytuacja panowała zimą, kiedy dość niskie wartości temperatury efektywnej (notowane jako stan zimna) nie miały tendencji do gwałtownych wzrostów (choć i te można było zaobserwować), ale analogicznie jak

w miesiącach letnich – do spadków. Biorąc pod uwagę pięciostopniową skalę odczuwalności, nie można było niskich dziennych wartości *TE* zaszeregować w innym przedziale jak „zimno". W przypadku bardziej rozbudowanej skali może można byłoby zaklasyfikować najniższe wartości wskaźnika *TE* do kategorii nazwanej przykładowo „bardzo zimno" czy „mroźno" i statystycznie bioklimat pory zimnej okazałby sią także wysokobodźcowy.

Aby potwierdzić specyficzny charakter bioklimatu terenów pozamiejskich, porównano uzyskane wyniki z wnioskami opracowanymi na podstawie danych pochodzących z centrum miasta (stacja Warszawa-Uniwersytet). Wiadomo, że miasto jako twór antropogeniczny, niekiedy w znacznym stopniu modyfikuje pola elementów meteorologicznych, a przede wszystkim temperaturę powietrza. Cieplejszy reżim miasta miał wyraz także w przebiegach wartości temperatury efektywnej.

Podobnie jak na terenie otwartym, w Śródmieściu Warszawy największa średnia temperatura efektywna pojawiła się w lipcu 1967 r., jednak była wyższa o około 2,0°TE. Natomiast inaczej niż na Okęciu przedstawia się sytuacja dotycząca najniższej wartości wskaźnika *TE*. Nie zaobserwowano jej w grudniu, ale w styczniu 1969 r. i była wyższa o 7°TE (przy czym najniższa temperatura powietrza wystąpiła jednak we wspomnianym grudniu, ale bardzo niskie prędkości wiatru poprawiły stan odczuć termicznych w grudniu na niekorzyść stycznia). Widać więc, że różnice temperatury efektywnej okresu zimowego były znacznie większe niż w lecie, a powodem tego było dodatkowe, sztuczne źródło ciepła, podwyższające temperaturę powietrza w mieście – ciepło antropogeniczne.

W toku analizy zostały potwierdzone przebiegi temperatury efektywnej sezonu letniego lat 1968 i 1970 (przesunięcie wystąpienia najwyższej wartości wskaźnika *TE*), co wskazuje na to, iż nie były one specyfiką terenu otwartego, ale wynikiem ogólnej sytuacji synoptycznej.

Podobnie jak na peryferiach, także w centrum miasta temperatury efektywne notowane w terminie południowym zazwyczaj były najwyższymi, jednak w styczniu 1968 r. temperatura efektywna o godz. 13^{00} była niższa niż o godz. 21^{00} (podobny przebieg wykazywała temperatura powietrza). Inną specyfiką stacji śródmiejskiej było znaczne podwyższenie wartości wskaźnika *TE* w okresie listopad-grudzień 1970 r. o godz. 7^{00}, która została zanotowana jako najwyższa we wspomnianych miesiącach.

Zmienność temperatury efektywnej z dnia na dzień wykazuje podobnie małą bodźcowość stacji miejskiej, z tą jednak różnicą, że w zmianach małobodźcowych udział stanów dyskomfortu, których przyczyną było przechłodzenie, jest znacznie niższy od notowanego na peryferiach miasta, ale jednocześnie wzrastają udziały stanów ciepła i gorąca. Te niewielkie wahania w większej mierze związane są ze wzrostami niż spadkami warunków odczuwalnych zarówno na Okęciu, jak i w Śródmieściu Warszawy.

Jeśli chodzi o wysokobodźcowe zmiany, to tylko o 0,8% było ich więcej na obszarze aglomeracji i podobnie jak poza miastem, były to bardziej widoczne spadki niż wzorsty temperatury efektywnej.

W przypadku porównania częstości występowania warunków odczuwalnych, odnotowano, że na terenie zurbanizowanym prawie o połowę zmniejszył się udział stanów zimna (z 50 do 27%), nastąpił wzrost liczby dni „ciepłych" i „gorących" (odpowiednio z 9 do 18% i z 1 do 4%), a warunki najkorzystniejsze – komfort były tylko o 3% dni częściej spotykane w śródmieściu. Najwyższe udziały dni „zimnych", podobnie jak na

peryferiach, występowały w centrum w okresie grudzień-styczeń, natomiast wzrost częstości dni „ciepłych" i „gorących" związany był z występowaniem wyżej wymienionych stanów w większej liczbie miesięcy niż na Okęciu – oczywiście z największym „natężeniem" w porze letniej. Na terenie Okęcia „ciepło" nie miało miejsca w styczniu, lutym i grudniu, a w mieście można je było stwierdzić przez cały rok. W przebiegach rocznych częstości warunków termicznych, cieplejszy reżim miasta uwidocznił się tym, że nie tylko jeden miesiąc (jak to miało miejsce na Okęciu) pozbawiony był dni „zimnych", ale dodatkowo nie notowano tych stanów w pięciu innych miesiącach. Nie ma natomiast takiego przypadku, aby warunki zimna stanowiły 100% dni miesiąca (na Okęciu wystąpiły te sytuacje dwukrotnie). Zanotowano równoległą poprawę stosunków termicznych w miesiącu październiku w porównaniu z wrześniem i w listopadzie w porównaniu z październikiem, a pogorszenie się ich w marcu w stosunku do lutego na obydwu stacjach.

Jedną ze specyficznych cech był brak odczuć gorąca na Okęciu w całym 1970 r., natomiast zjawisko to nie miało miejsca w śródmieściu („gorąco" występowało w każdym z badanych lat okresu 1966-1970). Specyfika termiczna obszaru aglomeracji miejskiej wyrażała się w tendencji do utrzymywania warunków dyskomfortowych związanych z przegrzaniem, czego potwierdzeniem jest obraz ich długotrwałości. Na terenie miasta znacznie zmalał czas bezustannego trwania „zimna" (z największej liczby 53 dni na Okęciu do 20 dni na stacji miejskiej). Warunki chłodu występowały przez podobną liczbę dni najdłużej, na obu stacjach. Najkorzystniejsze stany komfortu pojawiły się na tych dwu odmiennych terenach najdłużej po dwa razy przez 7 dni. W grupie „ciepła" i „gorąca" różnice ponownie zaostrzyły się, bowiem „ciepło" w śródmieściu panowało nieprzerwalnie przez okres 11 dni dwukrotnie (na Okęciu trzy przypadki sześciodniowe), a warunki reprezentujące najwyższe temperatury efektywne – „gorąco" najdłużej trwały przez 7 dni (przy zaledwie 4 dniach na Okęciu).

Powyższe wnioski pozwalają na stwierdzenie, iż bioklimat śródmieścia wydaje się być bardziej korzystny dla człowieka ze względu na; wyższe wartości temperatury efektywnej w zimie, wysoki udział zmian małobodźcowych, niższe częstości warunków zimna przy nie tak stosunkowo dużym wzroście udziału stanów ciepła i gorąca, nieco częstsze występowanie komfortu termicznego, zmniejszenie czasu trwania okresów zimnych. Jednak należy pamiętać, że zdecydowanie na niekorzyść miasta świadczy ogromne zanieczyszczenie powietrza i hałas. Te dwa czynniki nie były w pracy brane pod uwagę, ale bez wątpienia ich wpływ na pogorszenie się samopoczucia czy wręcz zdrowia człowieka jest ogromny.

Powyższe porównanie nie jest nowatorskim w literaturze polskiej. Jak wspomniano we wstępie pracy, istnieją opracowania podejmujące problem porównania bioklimatu miasta i jego okolic. Większość wniosków niniejszej pracy znajduje w nich potwierdzenie. Przede wszystkim potwierdzają się przebiegi temperatury efektywnej. W miastach ochładzanie katatermometryczne (jeden ze wskaźników bioklimatycznych będący odwrotnością przebiegu wskaźnika *TE*) jest niższe o około 1/3 niż na terenie peryferyjnym, w zimie (Kłysik i inni, 1984 r.), (co potwierdza wyniki pracy) i przybiera najwyższe wartości w styczniu, a najniższe w lipcu (Lewińska, 1982 r.).

Jeśli chodzi o generalnie cieplejszy reżim miasta, to uzewnętrznia się on przede wszystkim w spadku amplitud temperatury powietrza w porównaniu z terenami pozamiejskimi

(Sikorska, 1981 r.). Na przykład, amplitudy na stacji śródmiejskiej są większe w przedziale do T-8°C kosztem dużych, ostrych wahań, a na stacji pozamiejskiej sytuacja jest zupełnie przeciwna tzn. wzrasta udział wysokich amplitud na niekorzyść tych do 8° C.

Oprócz tego, w przebiegu rocznym, warunki klimatu odczuwalnego w mieście charakteryzują sią łagodną zimą i latem z „przegrzaniem" (Kłysik i inni, 1984) np. w lutym, w śródmieściu pojawiają sią warunki „łagodne" i „pobudzające", a poza miastem „mroźne-drażniące"; w lipcu na obszarze miasta spotykane były warunki „upału", podczas gdy na obrzeżach miasta nie notowano ich wcale.

Obraz częstości średniodobowego ochładzania katatermometrycznego wskazuje na fakt, iż w porze letniej, w mieście, najczęściej notowane były warunki odczuwalne typu „łagodne" i „gorące" 30%, a niektóre osłonięte od wiatru obszary charakteryzowały się stanami „upał", natomiast poza miastem udziały wspomnianych warunków były małe (Lewińska, 1982).

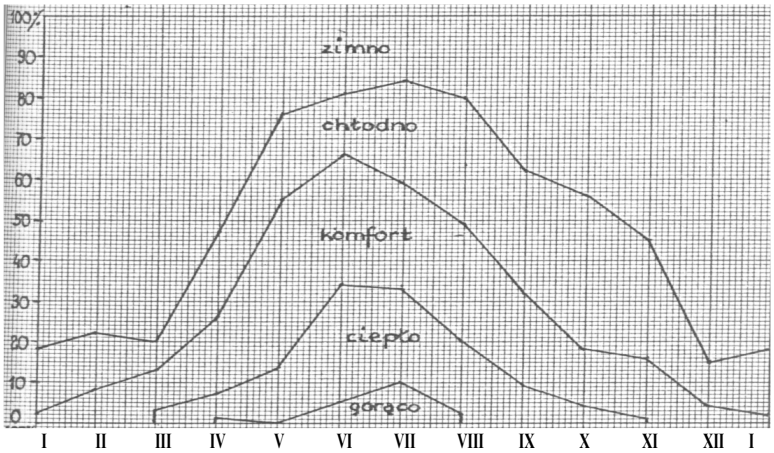
W chłodnej porze roku tereny zurbanizowane przeciwdziałały nadmiernemu wychłodzeniu, a warunki obszarów pozamiejskich aż w 18% posiadały charakter odczuć komfortowych. Fakt ten wskazuje na mniejsze różnice w częstości warunków odczuwalnych Krakowa i jego okolic w porównaniu z Warszawą i jej otoczeniem, gdyż w zimie udział „komfortu" był znacznie mniejszy na Okęciu, a w całej pentadzie stanowił tylko 19%.

Wprowadzony w pracy J. Lewińskiej (1982) „stosunek ochładzania" mówi o procentowym udziale niedostatecznego do nadmiernego ochłodzenia i pokazuje, że na terenach pozamiejskich nadmierne wychłodzenie jest przeszło dwukrotnie większe niż niedostateczne (15/36), a obszary śródmieścia charakteryzują się bardzo wyrównaną sytuacją o niewielkiej przewadze nadmiernego wychłodzenia (20/24) tzn. tu są warunki bardziej korzystne dla człowieka.

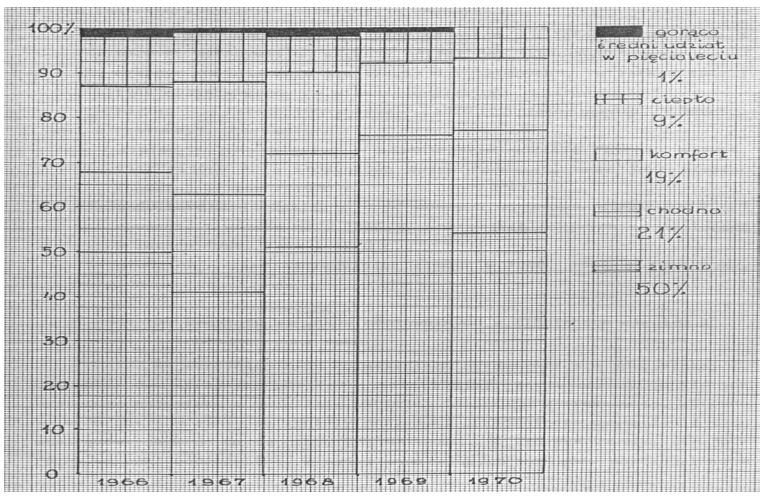
Ponadto w pracach pojawił się stosunek bodźcowości (Sikorska, 1981). Jest to charakterystyka mówiąca o stosunku amplitud temperatury powietrza T powyżej 12°C do zmian poniżej tej granicy. W niniejszej pracy większą bodźcowością charakteryzowało się Śródmieście. Natomiast w pracy M. Sikorskiej wskaźnik był niższy w mieście tzn. wahania temperatury poniżej 12°C muszą być duże, a te powyżej 12°C niewielkie. Natomiast na obszarach pozamiejskich jest on 3 razy wyższy, tzn. generalnie amplitudy duże (powyżej 12°C) musiały być częstsze. Świadczy to o bardziej bodźcowym bioklimacie peryferii (więcej zmian gwałtownych), Przyczyna tej niezgodności może leżeć w fakcie, że w pracy, bodźcowość opisywana była na podstawie pięcio-stopniowej skali odczuwalności, a istniały także przypadki kiedy spadki temperatury efektywnej zimą dochodziły do 16°TE, ale zawsze, nawet te najniższe jej wartości, znajdowały się w przedziale „zimno". Może, gdyby skala odczuć cieplnych była bardziej szczegółowa obraz bodźcowości byłby taki jak w opracowaniu M. Sikorskiej.

Ponadto stwierdzono, że bodźcowość poza miastem jest większą w lecie, a w zimie zmienność warunków termicznych ulega złagodzeniu. Tak więc, sytuacja jest diametralnie różna od obserwowanej w pracy K. Kłysika (1984), ale ponownie może być to spowodowane małą szczegółowością samej skali odczuwalności.

Niniejsza praca potwierdza większość wyników prac prowadzonych wcześniej, a różnice wynikały prawdopodobnie z faktu stosowania nieco odmiennych metod badawczych.



Rys. 1. Częstość warunków odczuwalnych – średnia z lat 1966-1970



Rys. 2. Częstość warunków odczuwalnych w latach 1966-1970

3.8.6. Klimat lotniska Warszawa-Okęcie (1951-1960)

Autor: Józef O S O S
Opiekunowie naukowi: Wincenty O K O Ł O W I C Z,
Zofia K A C Z O R O W S K A

Celem pracy jest dać personelowi latającemu i nadziemnemu lotnictwa komunikacyjnego pełną analizę zjawisk zachodzących na lotnisku Warszawa-Okęcie i nad nim, w warstwie, w której odbywa się początkowa i końcowa faza każdego lotu.

Analiza ta zawiera opis słowny i część ilustracyjną, w której omówiono zagadnienie najważniejsze – zjawiska, których można się spodziewać najczęściej a które decydują o warunkach pogody na lotnisku i zdolności jego do przyjmowania i odprawiania samolotów, a tym samym o efektywności jego pracy.

Tabele zawierające zestawienia liczbowe szeregu elementów, często powiązanych ze sobą, pozwolą użytkownikowi na przeprowadzenie szczegółowej analizy lub opartej na innych kryteriach na przykład inne wysokości podstawy chmur, inne przedziały widzialności w zależności od typu samolotów w sposób wskazany w pracy.

Pracę wykonano według metod zaleconych przez Światową Organizację Meteorologiczną (WMO). Poszerzono ją jednak o analizę klimatologiczną. Opracowanie klimatologiczne lotniska oparto na materiale obserwacyjnym za 10-lecie 1951-1960 (10 959 pomiarów). Z kolei ze względu na zmianę lokalizacji stacji okres 1951-1960 opracowano oddzielnie 5-lecia 1951-1955 i 1956-1960, które porównano ze sobą, a następnie z danymi z Warszawy-Bielan za okres 1956-1960 celem stwierdzenia reprezentatywności 5-lecia 1956-1960 dla dokonania pełnego opracowania synoptycznego lotniska.

Porównania te były również konieczne dla sprawdzenia jednorodności materiału obserwacyjnego w związku ze zmianą lokalizacji stacji o 3 km w roku 1955. Wyliczono przykładowo, że różnice średnich rocznych wartości temperatury na Bielanach (T_B) i Okęciu (T_O) z obu 5-leci różnią się między sobą tylko o 0,1°C:

$$(T_B - T_O)_{1951\text{-}1955} - (T_B - T_O)_{1956\text{-}1960} = 0{,}1°C$$

Świadczy to o nieznacznej zmianie warunków i zachowaniu reprezentatywności danych.

Opracowanie klimatologiczne zawiera analizę następujących elementów: wiatr, temperatura, wilgotność względna, wielkość zachmurzenia, opady, mgły, burze. Wszystkie elementy (z wyjątkiem temperatur absolutnych) wyliczono, jako średnie miesięczne i roczne z 10-lecia (z 3-ch obserwacji). Załączono również średnie z jednego roku 1951 celem porównania, jak mają się wartości średnie wieloletnie do wartości konkretnego roku. Otrzymane z analizy klimatologicznej wyniki porównano z wartościami wszystkich elementów klimatu Warszawy, osiągniętymi przez różnych autorów.

Opracowanie synoptyczne Lotniska Warszawa-Okęcie oparto na materiale z obserwacji synoptycznych, wykonywanych na lotnisku, co godzinę w okresie 1956-1960 (43 920 obserwacji). Ograniczono się do 5-lecia, ponieważ, okres taki przez WMO jest uznany jako wystarczający.

Dzięki porównaniom opracowań klimatologicznych z 10-lecia i obu 5-leci i stwierdzoną zgodnością w przebiegu i wartościach wszystkich elementów, okres 1956-1960 można było uznać za typowy.

Opracowanie synoptyczne jest wykonane wg wzorców zalecanych przez W.M.O (Ś. O.M). Materiał obserwacyjny został zestawiony w tablicach w sposób zalecony przez w/w organizację dla klimatologicznych opracowań lotnisk. Tablice te wiążą szereg elementów ze sobą, co pozwala zbadać ich współwystępowanie i współzależność. Najważniejsze wyniki badań przedstawiono w nieco zmienionych tabelach: 1-4, 5a, 5b, 6a, 6b, 8a, 8b, 9a, 9b, 10a,10b, 11-15 i na rysunkach 1-2.

Szczególnie istotne dla celów lotnictwa są korelacje zachodzące między kierunkami a prędkościami wiatrów, między kierunkami i prędkościami wiatrów a podstawą chmur, oraz między podstawą chmur a widzialnością.

Niemniej ważny jest przebieg dobowy (w przedziałach 6-godzinnych), mgieł (w powiązaniu z terenami wschodu i zachodu słońca), podstawy chmur i widzialności.

Duże znaczenie (podgrzewanie silników, klimatyzacja kabin pasażerskich, możliwość oblodzenia) ma również liczba dni z określoną średnią dobową temperaturą (z obserwacji cogodzinnych) w przedziałach 1 i 5-cio stopniowych. Wszystkie elementy opracowano dla roku i półroczy.

Wiatr

Rok (n=43838). Pod względem prędkości najczęstsze są wiatry z przedziałów 4-6 oraz 7-10 węzłów (2-3 m/s) stanowiąc 27% i 25% ogólnej liczby wiatrów. Prędkości powyżej 40 węzłów zanotowano w tym okresie tylko 3 razy. Najczęstsze są wiatry z kierunku 270° (W), których częstość wynosi 12,9%. Rzadziej występują cisze – 11,9% i kierunek 247,5°-7,9%. Najmniej zanotowano wiatrów z kierunku 022,5°-1,8%. Korelując prędkość wiatru z kierunkiem, stwierdzono największą powtarzalność z kierunku 270° o prędkości od 11-16 węzłów (1687) przypadków, a następnie tegoż kierunku 270°, ale o mniejszej prędkości 7-10 węzłów (1552) przypadki. Wiatrów najsłabszych (1-3 węzły) jest najwięcej z kierunku 180° (167 przypadków), a najsilniejszych 34-40 węzłów (16 razy), a nawet 48-55 węzłów (1 raz) z kierunku 247,5°. Przewaga kierunku 270° utrzymuje się w zakresie prędkości od 46 do 22-27 węzłów; dla większych prędkości jest już najczęstszy kierunek 247,5°.Dla wiatrów z kierunku 022,5° nie zanotowano ani jednego przypadku o prędkości powyżej 21 węzłów (10 m/s).

Półrocze zimowe (n=218880). Najczęstszymi przedziałami prędkości są 4-6 węzłów (24,9%), 7-10 m węzłów (24,1%) i 11-16 węzłów (22,1%). Przeważającymi kierunkami są: 270° o częstotliwości 11,7%, cisze – 10,2% i kierunek 135° – 8,9%. Jeśli chodzi o zależność prędkości od kierunku, to najczęstszymi są wiatry o prędkościach 11-16 i 7-10 węzłów – oba z kierunku 270°, podobnie jak w roku. Wiatry bardzo słabe (1-6 węzłów) przeważają z kierunku 180°, silne (28-33) a nawet gwałtowne (48-55 węzłów – 1 przypadek) obserwowane są najczęściej z kierunku 247,5°. Wiatry z 270° (W) przewarzają w większości przedziałów prędkości (od 7-10 do 22-27).

Półrocze letnie (n=21 960). Przeważającymi przedziałami prędkości wiatru są: 4-6 (29%), 7-10 (25,9%), 11-16 (16,8%). Najczęściej występuje kierunek 270° (14,2%), potem cisze – 13,7%, a następnie 247,5° (8,1%). Najczęściej notowano w półroczu letnim wiatry

z kierunku 270°, podobnie zresztą jak w roku i półroczu zimowym, ale o prędkościach 7-10 węzłów (925 przypadków), a następnie 4-6 (868 przypadków) i dalej z kierunku 90° o prędkości 4-6 węzłów (580 przypadków). Wiatry z kierunku 270° przeważają nad innymi kierunkami w zakresie prędkości od 1-3 aż do 22-27 węzłów. Większe prędkości obserwowane są już z kierunku 315°.

Ogólnie biorąc zarówno w ciągu roku, jaki i w półroczach przeważają wiatry zachodnie, a najmniej notowano północno-wschodnich.

Przeważającymi prędkościami w roku i obu półroczach są 4-6 węzłów (co odpowiada około 3 m/sec).

Podsumowując można stwierdzić, że wyniki uzyskane z opracowania synoptycznego wiatrów za okres 1956-1960 są na ogół zgodne z wynikami opracowania klimatologicznego z okresów 1951-1960 i 1956-1960.

Zależność podstawy chmur niskich (do 270 m) od kierunku i prędkości wiatru

Rok ($n = 7637$). Chmury najniższe najczęściej są notowane podczas cisz (245 przypadków). Chmury najniższe najczęściej występują przy kierunku 270° (90 przypadków) i przy kierunku 292,5° (77 przypadków). Również chmury niskie w pozostałych przedziałach podstawy notowano najczęściej przy wietrze z kierunku 270°. Chmury najniższe do 30 m (w przedziale 00-01) występują tylko sporadycznie przy wiatrach z kierunków 22,5° i 337,5° (po 3 przypadki). Największą częstość mają chmury o podstawie 150-270 m (05-09) przy wietrze o prędkości 0-6 węzłów (również przy tej samej prędkości obserwowane są najczęściej chmury najniższe, a następnie przy prędkości 7-10 węzłów). W badanym pięcioleciu obserwowano najczęściej chmury o podstawie 00-01 przy ciszach, następnie z przedziału 05-09 przy wietrze z kierunku 270° o prędkości 11-16 węzłów i dalej o podstawie 05-09 przy ciszach. Chmury najniższe (00-01) najczęstsze są: przy ciszach, przy wietrze z kierunku 270° o prędkości 7-10 węzłów (48 przypadków) i przy wiatrach z kierunku 292,5° o prędkości od 0-6 węzłów.

Półrocze zimowe ($n = 5\,684$). Podobnie jak w roku chmury najniższe występują najczęściej przy ciszach (236 przypadków). Najczęściej obserwowano chmury z przedziału 05-09 przy kierunkach 112,5° i 247,50°, a najmniej podobnie jak w roku w przedziałach 00-01 przy kierunku 022,5° (2 przypadki) i 337,5° (3 przypadki). Najczęściej występują chmury z przedziału 05-09 i 02-04 przy szybkości 0-6 węzłów. Chmur najniższych (00-01) występuje najwięcej przy ciszach i następnie przy wiatrach z kierunku 270° o prędkości 7-10 węzłów (44 przypadki), z kierunku 292,5° o prędkości 0-6 węzłów (41 przypadki).

Półrocze letnie ($n = 16830$). W odróżnieniu od półrocza zimowego w półroczu letnim występuje mało chmur niskich przy ciszach. Najczęściej obserwowane są chmury z przedziału 05-09 przy wiatrach z kierunku 292,5°, a następnie tego samego przedziału przy kierunku 292,5°. Przy tym ostatnim kierunku najczęstsze są również chmury najniższe. Chmury przedziału 05-09 najczęściej występują przy prędkościach 7-10 węzłów, a następnie tego samego przedziału przy prędkościach 0-6 węzłów. Najwięcej zanotowano przypadków występowania chmur niskich w przedziale 05-09 (94 przypadki) przy wietrze o prędkości 7-10 węzłów z kierunku 270°, 74 przypadki przy wietrze o tej samej prędkości ale z kierunku 292,5°. Chmur najniższych (00-01) w półroczu letnim jest bardzo mało.

Gdy pojawiają się, to albo przy ciszach (9 przypadków) albo przy wiatrach z kierunku 292,5° o prędkości 7-10 węzłów (7 przypadków).

Podsumowując można stwierdzić, że chmury niskie występują najczęściej w ciągu roku i półroczu zimowym przy wiatrach z sektora WSW-NW, a w półroczu letnim z sektora W-NW. Zależność występowania widzialności poziomej (do 2300 m w przedziale 08-23) od kierunku i prędkości wiatru.przedstawiono poniżej.

Widzialność a kierunek i prędkość wiatru

Rok ($n = 2980$). Widzialność do 2300 m jest najczęstsza przy ciszach (864 przypadki w pięcioleciu). Widzialność najmniejsza (00-03) najczęściej występuje przy wiatrach z kierunku 135° (41 przypadków), natomiast najmniej przy wiatrach 360° i 337,5° (po 1 przypadku). Najwyższą częstotliwością charakteryzuje się przedział widzialności 08-23 przy wietrze z kierunku 270° o prędkościach: 0-6, 7-10 i 11-16 węzłów (kolejno według malejącej częstości).Widzialność najmniejsza (00-03 – do 300 m) występuje najczęściej przy wiatrach z kierunku 292,5° przy tej samej prędkości (28 przypadków).

Półrocze zimowe ($n = 2644$). Podobnie jak w roku w półroczu zimowym widzialność do 2300 m występuje najczęściej przy ciszach (754 przypadków).Widzialność a kierunek: najmniejsza widzialność (00-03) notowana jest najczęściej przy wiatrach z kierunku 135°, pozostałe przedziały: 04-07 i 08-23 są najczęstsze przy kierunku wiatru 270°. Najczęściej notowano widzialność w przedziale 08-23 przy wiatrach o prędkościach 0-6 węzłów (1123 przypadki), a następnie w przedziale 00-03 przy tej samej prędkości wiatru (447 przypadków). Jak widać przedział widzialności 08-23 wybija się wśród pozostałych. Najczęstszymi są przedziały widzialności 08-23 przy wiatrach z kierunku 270° o prędkościach (kolejno według malejącej frekwencji) 11-16 węzłów (86 przypadków), 7-10 węzłów (78 przypadków) i 0-6 węzłów (77 przypadków).

Widzialność najniższego przedziału 00-03 była obserwowana najczęściej przy wiatrach z kierunku 135° o prędkości 0-6 węzłów (37 przypadków), a następnie z kierunku 270° o tej samej prędkości (22 przypadki).

Półrocze letnie ($n = 336$). Podobnie jak w roku i półroczu zimowym widzialność pozioma do 2300 m występuje najczęściej przy ciszach (110 przypadków), co stanowi prawie 1/3 wszystkich notowań w tym półroczu. Najczęstsza jest widzialność w przedziale 08-23 przy wiatrach z kierunków 270° i 292,5° (po 33 razy), również przy kierunku 270° notowano najczęściej widzialność najmniejszą (9 przypadków).Widzialność do 2300 m najrzadziej była obserwowana przy kierunkach wiatru 022,5° i 112,5° (po 2 razy). Najczęściej wystąpiła widzialność w przedziale 08-23 przy prędkościach od 0-6 węzłów. Widzialność najmniejszą (00-03) notowano tylko przy wiatrach o prędkościach do 10 węzłów (45 przypadków). Najmniejszą częstotliwość wykazuje przedział widzialności poziomej 08-23 przy wiatrach o prędkości 0-6 węzłów z kierunków 292,5° (21 przypadków) i 270° (20). Widzialność najmniejsza jest najczęstsza, gdy wiatr wieje z kierunku 292,5° o prędkości do 6 węzłów (do 3m/s).

Konkludując, można stwierdzić, że zmniejszenie widzialności występuje najczęściej, zarówno w roku jak i w obu półroczach przy wiatrach z sektora W-NW, a z sektora ESE-SE tylko w roku i półroczu zimowym.

Podsumowanie wyników uzyskanych z obserwacji synoptycznych

Opracowane tabele, wykresy i schematy pozwalają dokonać pełnego podsumowania i wyciągnąć wnioski z korelacji między elementami meteorologicznymi.

Rok. W ciągu roku zachodnie wiatry występują najczęściej z prędkością około 5/s.

Z takimi wiatrami związana jest największa częstość występowania niskiej podstawy chmur i słabej widzialności. Liczbę dni i terminowość lotów zmniejsza również słaba widzialność występująca przy wiatrach E-SE.

Półrocze zimowe .Tak samo jak w roku przeważają wiatry zachodnie. Wiatrom z sektora SW-WNW towarzyszą duże częstości niskiej podstawy chmur i małej widzialności. Słaba widzialność i niska podstawa chmur są często związane z ciszami. Wiatry z sektora ESE-SE przy prędkości do 5 m/s przynoszą często z nad Wisły i jej doliny mgły i zamglenia, przy równoczesnym obniżeniu podstawy chmur. Niska podstawa chmur, jednak przy dobrej widzialności występuje często przy wiatrach z sektora NW- N. Natomiast dobra widzialność i często niebo bezchmurne są związane z wiatrami NNE-E.

Półrocze letnie. Również w tym półroczu przeważają wiatry zachodnie. Wiatrom sektora WSW-NW towarzyszą chmury niskie, często z opadami. Pogorszenie widzialności głównie w godzinach rannych, związane jest z wiatrami ESE-SSE .Niekorzystne dla komunikacji lotniczej warunki towarzyszą również wiatrom SW, które jednak obserwowane są stosunkowo rzadko. Niebo pogodne jest związane zazwyczaj z ciszami lub wiatrami – NNE-ESE. Światowa Organizacja Meteorologiczna uznaje pięciolecie za okres wystarczający dla opracowania klimatu lotniska.

Wyników opracowania niniejszej pracy nie ma z czym porównać, bowiem opracowania portów lotniczych wykonywane w innych państwach (9 i 10) zawierają tylko tabelaryczne zestawienia nieuśrednionych nawet danych z obserwacji synoptycznych.

Nie zawierają żadnych schematów, wykresów ani analizy opisowej. W dodatku okresy są asynchroniczne. Jedyną pracą, do której można się odwołać jest „Referat" Cz. Szczecińskiego. Według tego autora, podobnie jak i w niniejszej pracy, najgorsze warunki dla lotów występują najczęściej w godzinach od 01-06, najlepsze w godzinach 13-18 GMT. Mimo, że okres opracowania synoptycznego jest stosunkowo krótki, uzyskane wyniki jak się zdaje są bardzo zbliżone do rzeczywistości. Potwierdza to zgodność obliczonych przypadków złej pogody z liczbą odwołania lotów z przyczyn meteorologicznych.

Wnioski końcowe i interpretacja wyników opracowań klimatologicznego i synoptycznego

Z analizy wyników okresu 1951-1960 oraz porównania go z 5-leciami 1951-1955 i 1955-1960 i tych ze sobą na Okęciu, oraz porównanie pięciolecia 1956-1960 z Okęcia i Bielan, jak również porównania z innymi autorami opracowującymi różne okresy dla Warszawy – wynika zgodność wartości i przebiegu poszczególnych elementów. Pozwala to na stwierdzenie, że opracowane w niniejszej pracy okresy 1951-1960 i 1956-1960 są typowe. Zgodności te można wyjaśnić dwoma przyczynami: niewielkim oddaleniem Bielan, Okęcia i stacji położonych wewnątrz miasta podlegających tym samym procesom synoptycznym i małymi zmianami klimatu w czasie.

Z opracowania klimatologicznego wynika, że na Okęciu jest dwa razy więcej dni z mgłą niż na Bielanach; z opracowania Cz. Szczecińskiego wynika rzecz odwrotna.

Należy sądzić, że obserwacje klimatologiczne (3 razy na dobę) nie pozwalają uchwycić większości mgieł na Bielanach (które często występują po terminach obserwacyjnych).

Wiatry wieją z różnych kierunków ponieważ teren Polski jest otwarty dla przepływu wszystkich mas powietrznych, jednakże w wszystkich porach roku przeważają wyraźnie wiatry zachodnie (Polska leży bowiem w strefie cyrkulacji zachodniej, gdzie dominuje pogoda związana z wędrówką niżów głównie wzdłuż „Szlaku Bałtyckiego".

Temperatura średnia roczna przekracza +5°C. Jest wyższa niż wynika to z położenia geograficznego. Dodatnią anomalię termiczną Europy, zawdzięczamy oddziaływaniu ciepłych wód Prądu Zatokowego. Rozpiętość temperatur jest jednak duża i średnie temperatury dobowe wahają się od -25°C do +27°C, co jest związane z napływem różnych mas powietrznych w różnych porach roku.

Wilgotność względna na Okęciu jest wyższa niż na Bielanach, ponieważ areał lotniska to dawne, dziś zdrenowane tereny podmokłe; jeszcze dzisiaj wokół znajdują się liczne drobne zbiorniki wodne.

Zachmurzenie średnie roczne wyższe niż 5/10 – związane jest z położeniem Polski w strefie umiarkowanych szerokości geograficznych w klimacie przejściowym, co stwarza warunki do tworzenia się i występowania wszystkich chmur.

Średnie sumy miesięczne opadów wahają się w ciągu roku w granicach od 20 mm w lutym do 79 mm w lipcu. Stosunek opadów półrocza zimowego do opadów półrocza letniego ma się jak 172:298. Stosunkowo niskie sumy opadu na Niżu Polskim, według niektórych autorów, są wynikiem tak zwanego „Mazowieckiego cienia opadowego".

Mgły występujące na lotnisku są przeważnie związane z napływem mas morskich (W-NW) lub z przenoszenia mgieł z nad doliny Wisły (E-SE), albo są lokalne na skutek wypromieniowania. Ich przebieg roczny i dobowy wiąże się z przebiegiem temperatury i wilgotności.

Burze notowane są wyłącznie w półroczu letnim w związku z intensywnym rozwojem chmur kłębiastych na skutek dużych gradientów pionowych temperatury.

Wszystkie elementy wykazują wyraźny przebieg dobowy i roczny w związku z zmianami w dopływie energii słonecznej.

Lotnisko Warszawa-Okęcie ma w roku 237 przypadków złej pogody utrudniającej loty (widzialność pozioma $\leq$1500 m, podstawa chmur $\leq$150 m). Większość – w półroczu zimowym 217 przypadków. Niekorzystne warunki występują najczęściej przy wiatrach z sektora WSW-NW (niska podstawa chmur i słaba widzialność pozioma) oraz E-SE (słaba widzialność). Z sektora WSW-NW napływają bowiem niże oraz wilgotne masy atlantyckie; wiatry E-SE przynoszą mgły z nad Wisły i jej doliny.

Analizując korelację zachodzącą między elementami meteorologicznymi można stwierdzić, że podział roku na półrocza dla opracowania klimatu lotniska jest słuszny i wystarczający, mimo że w Polsce można wyróżnić 6 pór roku. Zresztą rozkłady lotów na całej półkuli północnej, jak również nasilenie komunikacji lotniczej, podlegają zmianie w półroczach (intensywniejsze w półroczu letnim – turystyka…).

Lotnisko Warszawa-Okęcie – ma własny klimat lokalny, mimo że jest wkomponowany w klimat okolic Warszawy a nawet w makroklimat Niżu Polskiego. Potwierdzają to różnice jakie zachodzą między Okęciem a Bielanami :

• Prędkość wiatrów jest większa na Okęciu niż na Bielanach
• Temperatura powietrza – amplituda jest mniejsza na Okęciu (w terenie otwartym)
• Zachmurzeniu jest mniejsze na Okęciu (dalej od Wisły o 12 km i brak dymów przemysłowych).
• Wilgotność względna jest większa na Okęciu (teren wilgotny otoczony zbiornikami wodnymi).

Na zakończenie należy zwrócić uwagę na charakterystyczne cechy klimatu lotniska Warszawa-Okęcie.

• W czasie panowania słonecznej pogody, przy ciszy lub słabym wietrze (2-3 m/s) daje się zaobserwować w pewnych porach roku i sytuacjach barycznych, przeważnie w godzinach wieczornych, mgłę przyziemną lub zamglenie na skrzyżowaniu pasów startowych w kierunkach 292 i 331°. Mimo tego, że osiąga 2-3 m wysokości, zasłania pilotowi lądującemu w w/w kierunku początek pasów (z przeciwnego kierunku i z portu lotniczego jest prawie niezauważalna).
• Powyższe zjawisko można wytłumaczyć łagodnym i rozszerzającym się obniżeniem terenu opadającym w kierunku dolin Wisły.
• W wyniku napływu lokalnych wilgotnych mas powietrznych oraz intensywnego wypromieniowania pasów startowych nagrzewanych w ciągu dnia, powstaje przyziemna mgła o charakterze radiacyjno-adwekcyjnym.
• Zmieniający się kąt padania promieni słonecznych powoduje zwiększenie albedo powierzchni mgły. Konsekwencją tego jest dodatkowe utrudnienie lądowania a nawet możliwość złego obliczenia glisady („ścieżki" schodzenia do lądowania).
• Przy zaobserwowaniu powyższego zjawiska należy lądować w kierunku 112° lub 150°
• Z przedstawionych danych wynika, że na Okęciu średnio 24 dni są nielotne z powodu złej pogody; a na Bielanach (gdyby było lotnisko komunikacyjne) 34 dni. Z w/w dni na Okęciu w porze dziennej – 8 dni, w porze nocnej – 16 dni; na Bielanach w porze dziennej – 15 dni, w porze nocnej – 19 dni.

Tabela 1. Wiatr: *n* – częstość wiatru z danego kierunku, *v* – średnia prędkość wiatru z danego kierunku, c – cisza (B –Bielany, O – Okęcie)

Kier.	M-c		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	∑
N-360	B	*n*	3,1	4,6	5,4	5,6	8,5	6,2	-	3,4	3,3	1,7	2,8	2,3	-
		v	1,7	2,5	3,5	3,2	3,6	2,6	-	1,8	2	1,8	3,2	2,1	-
	O	*n*	3,1	4,5	5,5	7,2	9,7	9,7	5,8	4,4	3,8	1,8	3,5	2,7	61,7
		v	5,0	4,0	4,8	5,0	4,6	4,0	3,3	2,6	3,0	2,5	4,6	3,0	3,9
NE-45	B	*n*	5,3	4,3	8,0	8,0	9,3	5,7	-	4,6	4,5	2,6	4,5	2,9	-
		v	3,6	3,5	3,6	3,2	2,8	3,0	-	2,5	2,8	2,1	3	2,8	-
	O	*n*	5,7	6,6	10	7,8	5,9	6,9	6,8	4,8	3,0	4,0	5,9	3,1	70,5
		v	4,8	4,2	4,9	4,0	4,0	2,8	3,6	3,4	3,0	2,8	3,6	4,1	3,8
E-90	B	*n*	5,9	10,0	16,0	6,5	9,9	7,5	-	3,6	1,8	5,2	4,6	3,3	-
		v	4,5	4,4	4,6	3,6	3,7	3,9	-	2,9	2,6	2,7	3,6	3,4	-
	O	*n*	6,7	9,5	19,0	9,8	11,0	8,1	6,1	8,7	6,5	8,6	12,0	10,0	116,0
		v	4,1	3,6	4,7	3,8	4,1	2,9	2,9	2,9	2,7	3,1	3,9	4,3	3,6
SE-135	B	*n*	11,0	12,0	16,0	12,0	9,3	9,7	-	11,0	9,3	14,0	22,0	13,0	-
		v	4,2	3,9	3,9	3,7	4,3	3,8	-	2,9	3	3,5	4,8	3,9	-
	O	*n*	13,0	12,0	18,0	13,0	10,0	11,0	6,1	11,0	10,0	15,0	20,0	16,0	155,0
		v	4,7	4,7	5,2	4,4	4,4	3,7	3,3	3,2	2,8	3,6	4,7	4,6	4,1
S-180	B	*n*	8,1	6,2	6,0	7,7	2,3	5,8	-	5,5	7,0	8,8	6,8	12,0	-
		v	3,7	3,5	2,8	3,4	2,9	3,1	-	2,9	2,8	2,7	3,2	3,2	-
	O	*n*	12,0	8,6	5,1	9,2	5,6	6,4	7,3	6,5	7,4	11,0	8,8	13,0	101,0
		v	4,2	4,6	3,7	4	3,1	3,8	3,2	3,0	3,2	3,3	3,5	3,7	3,6
SW-225	B	*n*	25,0	16,0	12,0	11,0	12,0	9,9	-	18,0	20,0	22,0	15,0	22,0	-
		v	3,9	2,9	3,2	2,7	3,2	2,8	-	3	3,4	2,9	3,3	3,4	-
	O	*n*	17,0	9,6	6,2	6,8	6,6	7,2	12,0	12,0	13,0	15,0	10,0	17,0	133,0
		v	5,7	5,2	4,7	4,0	4,0	4,0	3,3	3,4	4,0	3,8	5,0	4,9	4,3
W-270	B	*n*	19,0	17,0	13,0	15,0	16,0	16,0	-	20,0	20,0	17,0	15,0	20,0	-
		v	4,3	3,8	3,2	3,2	3,3	3,1	-	3,4	3,7	3,6	3,9	4,2	-
	O	*n*	21,0	19,0	15,0	14,0	16,0	15,0	23,0	21,0	22,0	19,0	15,0	19,0	219,0
		v	6,7	6,3	5,1	5,3	5,0	4,2	4,2	4,1	4,8	4,8	5,1	6,0	5,1
NW-315	B	*n*	7,6	5,6	6,4	12,0	13,0	15,0	-	7,7	9,0	6,0	5,3	4,8	-
		v	3,3	2,9	4,2	4,1	3,5	3,1	-	2,8	3,1	2,9	3,6	3,4	-
	O	*n*	10,0	7,9	8,2	11,0	15,0	14,0	13,0	12,0	10,0	7,3	6,0	6,6	121
		v	5,3	4,6	5,0	5,5	4,7	4,1	4,1	3,8	4,2	4,3	5,2	5,2	4,7
	C	B	7,0	8,0	10,0	12,0	12,0	14,0	-	17,0	15,0	14,0	10,0	10,0	-
		O	4,0	7,0	6,0	9,0	8,0	12,0	12,0	15,0	13,0	12,0	10,0	7,0	115,0
	Śr	B	3,8	3,3	3,5	3,1	3,0	2,8	-	2,6	2,8	2,8	3,6	3,6	-
		O	5,3	4,7	4,9	4,2	4,0	3,3	3,2	3,2	3,5	3,6	4,3	4,4	4,1
	$v \geq 15$ m/s	B	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	2	-	-
		O	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	5

Tabela 2. Temperatura powietrza: $T_{śr}$ –średnia, maksymalna T_{max}, minimalna T_{min}. Stacje meteorologiczne: B – Bielanay O – Okęcie, Δ – różnica między Bielanami a Okęciem

	$T_{śr}$			T_{max}			T_{min}		
	B	O	Δ	B	O	Δ	B	O	Δ
I	-2,4	-2,4	0,0	-0,1	-0,1	0,0	-4,7	-5,3	0,6
II	-3,1	-3,3	0,2	-0,3	-0,2	-0,1	-6,3	-6,7	0,4
III	0,7	0,6	0,1	4,5	4,5	0,0	-2,9	-3,3	0,4
IV	7,6	7,3	0,3	12,3	12,2	0,1	3,0	2,4	0,6
V	13,3	12,9	0,4	18,3	17,9	0,4	8,0	7,4	0,6
VI	17,3	17,3	0,0	22,7	22,4	0,3	12,5	11,5	1,0
VII	19,2	18,7	0,5	24,2	23,9	0,3	14,3	13,5	0,8
VIII	18,2	17,7	0,5	23,5	23,3	0,2	13,5	12,5	1,0
IX	13,6	13,1	0,5	18,7	18,6	0,1	9,2	8,3	0,9
X	8,6	8,3	0,3	13,0	13,0	0,0	4,9	3,9	1,0
XI	3,2	3,0	0,2	5,6	5,6	0,0	0,9	0,3	0,6
XII	0,6	0,4	0,2	2,4	2,5	-0,1	-1,7	-2,2	0,5
	8,1	7,8	0,3	12,1	12,0	0,1	4,2	3,5	0,7

Tabela 3. Temperatura powietrza: maksymum absolutne T_{MAX}, minimum absolutne T_{MIN}. Stacje meteorologiczne: B – Bielanay O – Okęcie, Δ – różnica między Bielanami a Okęciem

	T_{MAX} absolutne				T_{MIN} absolutne			
	B		O		B		O`	
	t	data	t	data	t	data	t	data
I	10,8	23-59	10,7	23-59	-27,9	31-56	-27,1	31-56
II	11,6	27-53	12,0	27-53	-26,8	1,8,9-56	-26,1	9-56
III	18,7	30-53	18,3	30-53	-14,3	2-55	-19,0	24-52
IV	26,6	24-52	27,0	24-52	-5,3	10-57	-6,9	2-52
V	32,2	28-58	30,8	28-58	-2,6	8-53	-3,0	10-53
VI	32,1	27-54	32,1	24-51	3,3	7-58	2,3	7-58
VII	35,7	13-59	35,1	13-59	6,5	1-56	5,2	6-60
VIII	35,4	7-52	35,1	7-52	6,6	29,30-59	5,4	24-57
IX	32,0	7-51, 3-59	31,4	3-53	0,7	26-57	-0,3	30-60
X	25,3	2-56	25,2	2-56	-8,3	31-56	-8,3	31-56
XI	16,9	5-60	16,7	5-60	-8,4	11-56	-10,0	26-53
XII	12,2	21-58	11,9	5-60	-16,0	7-59	-18,9	16-57
	35,7	13.VII.59	35,1	7.VIII.52 13.VII.59	-27,9	31.I.56	-27,1	31.I.56

Tabela 4. Wilgotność względna (*f* %), zachmurzenie (*N*) i opady (O_p mm) oraz liczby dni z: opadem (L_o), mgłą (L_m) i burzą (L_b) na stacjach meteorologicznych; B – **Bielany, O – Okęcie, Δ – różnica między** Bielanami a Okęciem (1956-1990)

m-c	*f.*			*N*		O_p		L_o		L_m		L_b	
	B	O	Δ	B	O	B	O	B	O	B	O	B	O
I	84	85	-1	8,2	8,0	29,3	25,0	15	14	3	5	0	0
II	83	85	-2	7,8	7,2	31,2	27,4	15	14	4	6	0	0
III	74	77	-3	6,6	6,2	20,0	19,7	9	9	2	3	0	0
IV	-	73	-	6,7	6,2	32,5	32,3	10	11	2	3	1	2
V	66	68	-2	6,3	6,1	35,0	40,0	10	11	1	1	3	5
VI	67	70	-3	6,3	6,0	62,4	59,5	11	11	0	1	5	7
VII	72	73	-1	6,5	6,2	86,2	78,9	14	14	1	1	6	7
VIII	73	74	-1	6,0	5,6	45,7	46,6	11	12	0	1	4	5
IX	77	77	0	5,8	5,5	41,0	40,7	11	12	2	3	1	2
X	81	82	-1	6,6	6,3	28,3	31,2	11	11	4	6	0	0
XI	85	87	-2	8,0	8,0	29,6	31,0	12	13	4	8	0	0
XII	87	88	-1	8,3	8,0	42,0	37,2	14	15	4	7	0	0
Śr.	-	78	-	6,9	6,6	484,5	469,6	145	147	26	44	21	28

Tabela 5a. Częstość występowania chmur niskich w przedziałach 00-09, przedziałach prędkości wiatru 0-21 m w poszczególnych kierunkach dla ff w węzłach i $h_s h_s$ w m przy $N \geq 4/8$

	0-6			7-10			11-16			17-21		
dd	00-01	02-04	05-09	00-01	02-04	05-09	00-01	02-04	05-09	00-01	02-04	05-09
000	245	169	216									
022,5	2	11	31	1	34	33		8	27			2
045	18	70	64	1	48	45		14	42			5
067,5	21	78	52	4	63	99		21	60			5
090	33	84	83	3	43	72	2	15	41	5	3	23
112,5	25	71	98	9	30	99	3	41	111		1	47
135	51	51	74	4	62	64	2	19	51			7
157,5	29	66	42	7	34	34	2	9	26			
180	17	40	71	1	7	17		5	7			2
202,5	9	21	73	2	14	25		3	25		1	8
225	7	41	61	4	18	63	4	14	90	3	6	28
247,5	9	43	87	9	46	110	5	87	146		9	82
270	30	127	134	48	152	198	12	132	241		15	76
292,5	47	87	111	24	88	161	6	52	118		4	10
315	14	61	65	8	60	108	6	39	92		4	20
337,5	2	25	55	1	37	60		15	48		5	9
360	4	26	48	4	62	61		24	44			3
	563	1071	1365	130	798	1249	42	498	1169	8	48	327

Tabela 5b.Częstość występowania chmur niskich w przedziałach 00-09,w przedziałach prędkości wiatru od 22 do >40 m)w poszczególnych kierunkach dla ff w węzłach i hshs w m przy $N \geq 4/8$

	22-27			28-33			34-40			>40			Σ		
dd	00-01	02-04	05-09	00-01	02-04	05-09	00-01	02-04	05-09	00-01	02-04	05-09	00-01	02-04	05-09
000													245	169	216
022,5													3	53	93
045													19	132	156
067,5			2										25	162	218
090		1	5										43	146	224
112,5			10			5							37	143	370
135													57	132	196
157,5													38	109	102
180													18	52	97
202,5			1			2							11	39	134
225			1			1							18	79	244
247,5			11			15			1				23	185	452
270		1	21		1	2							90	428	672
292,5		1	6			3							77	232	409
315			4										28	164	289
337,5			4										3	82	176
360			1										8	112	157
∑		3	66		1	28			1				743	2419	4205

Tabela 6a. Częstość widzialności poziomej w przedziałach 00-23 – w przedziałach prędkości wiatru (0-27) w poszczególnych kierunkach dla ff w węzłach i hshs w m. przy $N \geq 4/8$ (1956-1960)

dd/ff	0-6			7-10			11-16			17-21			22-27		
	00-03	04-07	08-23	00-03	04-07	08-23	00-03	04-07	08-23	00-03	04-07	08-23	00-03	04-07	08-23
000	279	102	483												
022,5	2	2	11		1	14		1	11			2			
045	7	2	62			23			14			8			
067,5	15	6	58	4	1	22			14			6			2
090	12	13	61	2		13	2		6			2		2	2
112,5	15	11	50	2	5	6	2	1	7		1	17			5
135	38	16	44	3	6	37		1	9						
157,5	18	7	80	2	3	20		1	13						
180	19	13	71		3	5			3						
202,5	3	11	45	2		10			4			6			
225	5	6	54	2	2	14			14		2				
247,5	8	5	35		8	27	1	11	42			14			1
270	27	15	97	13	31	89		9	88		1	23			2
292,5	28	13	80	1	5	52		4	20	1		4			1
315	7	7	29	2	3	24		3	17			2			2
337,5	1	6	13			18			6			4			5
360	1	3	19		1	38			19						1
Σ	485	238	1292	33	69	412	5	31	287	1	4	88		2	21

Tabela 6b. Częstość widzialności poziomej w przedziałach 00-23 – w przedziałach prędkości wiatru (0-27) w poszczególnych kierunkach dla ff w węzłach i hshs w m. przy $N \geq 4/8$.(1956-1960)

dd/ff	28 – 33			34 – 40			> 40			∑		
	00-03	04-07	08-23	00-03	04-07	08-23	00-03	04-07	08-23	00-03	04-07	08-23
000										279	102	483
022,5										2	4	38
045										7	2	107
067,5										19	7	102
090										16	15	84
112,5			3							19	18	88
135										41	23	90
157,5										20	11	113
180										19	16	79
202,5			1			1				5	11	67
225			1							7	10	83
247,5			3							9	24	122
270			1							40	56	300
292,5	1		1							31	22	158
315										9	13	74
337,5										1	6	41
360										1	4	77
∑	1		10			1				525	344	2111

Tabela 7. Częstość występowania średniej dobowej temperatury w przedziałach 5-stopniowych,z obserwacji wykonywanych co 1 godz. dla roku i półroczy

Temperatura powietrza	Częstość		
	Rok	P. zimne	P. letnie
-25° do -21°C	2	2	-
-20° do -16°C	9	9	-
-15° do -11°C	24	24	-
-10° do -6°C	60	60	-
-5° do -0°C	293	288	5
1° do 5°C	385	318	67
6° do 10°C	309	178	131
11° do 15°C	351	35	316
16° do 20°C	321	1	320
21° do 25°C	74	-	74
26° do 30°C	2	-	2
Suma dni	1830	915	915

Tabela 8a. Częstotość występowania poszczególnych odległości widzenia przy równoczesnym występowaniu chmur o podstawie na różnych wysokościach ($N_s \geq 5/8$)

Wg klucza		00	01	02	03	04	05	05-07
`v	Widzialność, m	<30	30	60	90	120	150	150-210
00	<100	44						
01	100	108	1				1	
02	200	157	7	1	1	1		
03	300	63	28	10	1			
04	400	51	36	4	1	2		2
05	500	27	27	13	3	1		1
05-07	500-700	17	36	20	3	5	1	1
07-09	700-900	15	50	40	5	7		1
09-11	900-1100	1	23	33	6	6	3	5
11-15	1100-1500		59	149	69	33	17	35
15-23	1500-2300	2	32	192	170	141	81	90
23-39	2300-3900		21	210	304	365	234	301
39>	3900>		4	39	171	436	472	1346
∑		485	324	711	734	997	809	1782

Tabela 8b. Częstość występowania poszczególnych odległości widzenia przy równoczesnym występowaniu chmur o podstawie na różnych wysokościach ($N_s \geq 5/8$)

Wg klucza		07-09	09-14	14-29	29-40	40-58		
v	Widzialność, m	210-270	270-20	420-870	870-1200	1200-2400	*	∑
00	<100						10	54
01	100		1				25	136
02	200			3			44	214
03	300		1		2		33	138
04	400						16	112
05	500		1		1		14	88
05-07	500-700	1	3	4	1		27	119
07-09	700-900	1	4	2	1		35	161
09-11	900-1100	6	10	3	3	1	17	117
11-15	1100-1500	2	33	32	11	2	91	551
15-23	1500-2300	78	89	111	57	13	247	1303
23-39	2300-3900	203	198	316	126	60	606	2944
39>	3900>	1006	2542	5644	3938	1696	20617	37911
∑		1315	2882	6115	4140	1772	21782	43848

Tabela 9a. Liczba przypadków jednoczesnego występowania określonej widzialności przy określonej wysokości podstawy chmur pokrywających więcej niż 4/8 nieba (>4/8)

Wg klucza		00	01	02	03	04	05	05-07
`v	Widzialność, m	<30	30	60	90	120	150	150-210
00	<100	44						
01	100	103	1				1	
02	200	146	7	1	1			
03	300	51	26	10	1			
04	400	45	35	4	1	2		1
05	500	27	22	13	1	1		1
05-07	500-700	15	35	17	3	3	1	
07-09	700-900	13	48	31	3	4		1
09-11	900-1100		20	29	6	6	3	5
11-15	1100-1500		54	141	60	20	17	31
15-23	1500-2300		32	167	152	118	75	88
23-39	2300-3900		19	191	267	293	183	253
39<	3900<		4	32	120	285	298	899
		444	303	636	615	732	578	1279

Tabela 9b. Liczba przypadków jednoczesnego występowania określonej widzialności przy określonej wysokości podstawy chmur pokrywających więcej niż 4/8 nieba (>4/8)

Wg klucza		07-09	09-14	14-29	29-40	40-58	*	∑
v	Widzialność, m	210-270	270-20	420-870	870-1200	1200-2400		
00	< 100						10	54
01	100						21	126
02	200			3			36	194
03	300		1		1		29	119
04	400						7	95
05	500		1				11	77
05-07	500-700	1	3	3	1		19	101
07-09	700-900	1	4	2	1		23	131
09-11	900-1100	5	9	3	3	1	14	107
11-15	1100-1500	19	31	30	7	1	83	494
15-23	1500-2300	74	82	102	49	11	209	1159
23-39	2300-3900	183	182	277	101	53	502	2504
39 <	>3900	693	1563	2900	1413	669	7584	16730
∑		976	1876	3320	1576	735	8818	21888

Tabela 10a. Liczba przypadków jednoczesnego występowania określonej widzialności przy określonej wysokości podstawy chmur pokrywających więcej niż 4/8 nieba (>4/8)

	Wg klucza	00	01	02	03	04	05	05-07
`v	Widzialność, m	<30	30	60	90	120	150	150-210
00	<100							
01	100	5						
02	200	11				1		
03	300	12	2					
04	400	6	1					1
05	500		5		2			
05-07	500-700	2	1	3		2		1
07-09	700-900	2	2	9	2	3		
09-11	900-1100	1	3	4				
11-15	1100-1500		5	8	9	13		4
15-23	1500-2300	2		25	18	23	6	2
23-39	2300-3900		2	19	37	72	51	48
>39	>3900			7	51	151	174	447
∑		41	21	75	119	265	231	503

Tabela10b. Liczba przypadków jednoczesnego występowania określonej widzialności przy określonej wysokości podstawy chmur pokrywających więcej niż 4/8 nieba (>4/8)

Wg klucza		07-09	09-14	14-29	29-40	40-58	*	∑
v	Widzialność, m	210-270	270-20	420-870	870-1200	1200-2400		
00	<100							
01	100		1				4	10
02	200						8	20
03	300				1		4	19
04	400						9	17
05	500				1		3	11
05-07	500-700			1			8	18
07-09	700-900						12	30
09-11	900-1100	1	1				3	13
11-15	1100-1500	1	2	2	4	1	8	57
15-23	1500-2300	4	7	9	8	2	38	144
23-39	2300-3900	20	16	39	25	7	104	440
>39	>3900	313	979	2744	2525	1027	12763	21181
∑		1339	1006	2795	2564	1037	12964	21960

Tabela 11. Częstolć występowania podstawy chmur w czterech porach doby w środkowych miesiącach: zimy, wiosny, lata i jesieni, gdy zachmurzenie ≥5/8

	<30	30	60	90	120	150	150-210	210-270	270-420	420-870	870-1200	1200-2400	N=0	∑
Styczeń														
01-06	29	12	33	39	31	20	50	50	97	148	96	48	277	930
07-12	18	21	29	23	54	54	78	45	125	127	68	12	276	930
13-18	3	7	29	26	34	36	67	35	127	132	59	29	346	930
19-24	19	6	28	28	55	26	61	36	102	170	56	25	318	930
Kwiecień														
01-06	5	-	7	9	18	5	53	19	73	112	81	64	464	900
07-12	3	-	6	1	19	14	25	27	91	195	91	15	413	900
13-18	3	-	-	-	7	9	10	13	50	230	184	13	384	900
19-24	-	-	1	2	7	7	29	10	38	123	122	65	496	900
Lipiec														
01-06	6	4	8	8	19	25	42	27	36	46	106	49	554	930
07-12	-	1	1	9	7	17	25	28	74	175	85	14	494	930
13-18	-	-	1	6	2	8	12	10	50	163	117	29	532	930
19-24	-	-	-	1	9	7	30	20	23	75	134	40	591	930
Październik														
01-06	27	2	21	25	23	18	30	25	32	103	97	35	492	930
07-12	13	8	13	33	21	31	31	30	65	142	52	38	453	920
13-18	-	4	4	15	10	16	42	22	55	153	81	29	499	930
19-24	5	4	16	9	20	15	25	26	41	133	72	43	521	930

Tabela 12. Częstość występowania mgieł (widzialność pozioma do 1000 m) w ciągu doby w przedziałach 1-godzinowych dla roku i półroczy

GMT	Rok	Półrocze zimowe (I, II, III, X, XI, XII)	Półrocze letnie (IV, V, VI, VII, VIII, IX)
01	56	50	6
02	74	64	10
03	76	56	20
04	88	60	28
05	77	58	19
06	72	57	15
07	63	56	7
08	55	54	1
09	42	42	-
10	24	24	-
11	17	17	-
12	11	11	-
13	10	10	-
14	12	12	-
15	12	12	-
16	18	18	-
17	21	21	-
18	19	19	-
19	21	21	1
20	26	25	1
21	27	26	1
22	25	25	-
23	37	26	1
24	47	44	3
Suma	930	818	112

Tabela 13. Częstość występowania mgieł (widzialność pozioma do 1000 m) w ciągu doby w przedziałach 1-godzinowych dla poszczególnych miesięcy

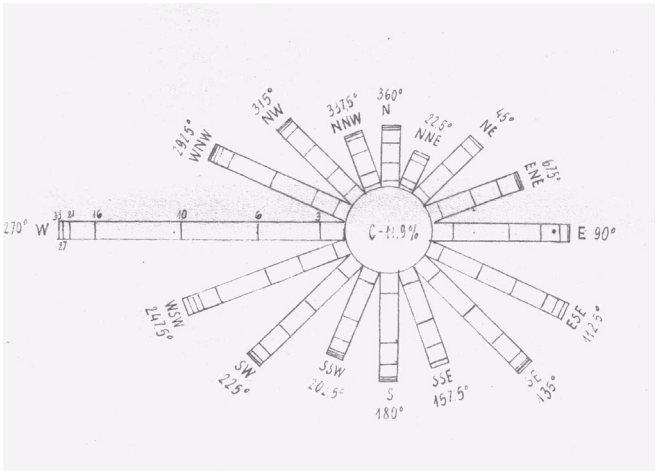
GMT	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
01	7	8	3	1	-	1	1	-	3	11	12	9
02	9	8	5	1	-	2	3	1	3	17	14	11
03	6	9	3	3	-	3	6	4	4	15	13	10
04	9	10	5	5	-	4	5	4	10	12	13	11
05	7	7	4	3	1	3	1	1	9	12	13	15
06	7	9	4	4	1	2	1	1	4	12	13	12
07	8	8	3	4	-	1	-	-	2	10	13	14
08	10	8	4	-	-	-	-	-	1	6	14	12
09	9	6	2	-	-	-	-	-	-	3	10	12
10	5	4	3	-	-	-	-	-	-	-	6	6
11	4	2	3	-	-	-	-	-	-	-	4	4
12	1	2	1	-	-	-	-	-	-	-	2	5
13	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2	6
14	1	1	-	-	-	-	-	-	-	1	3	6
15	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	3	8
16	1	4	1	-	-	-	-	-	-	1	3	8
17	3	5	2	-	-	-	-	-	-	-	2	9
18	3	4	2	-	-	-	-	-	-	-	2	8
19	3	3	2	-	-	-	-	-	-	1	4	8
20	3	5	3	-	-	-	-	-	1	2	6	6
21	2	6	2	-	-	-	-	-	1	2	10	6
22	2	5	2	-	-	-	-	-	-	2	7	7
23	7	7	3	-	-	-	-	-	1	3	9	7
24	6	7	4	-	-	-	1	1	1	7	13	7
Suma	113	131	61	22	2	16	18	12	42	117	189	207

Tabela 14. Warunki lotniczo-meteorologiczne, kiedy $h \leq 90$ m, $V \leq 500$ m, $N_s \geq 5/8$ – minimalne warunki do lądowania (wg Cz. Szczecińskiego). Lata 1955-1958 dla Lotniska Warszawa-Okęcie

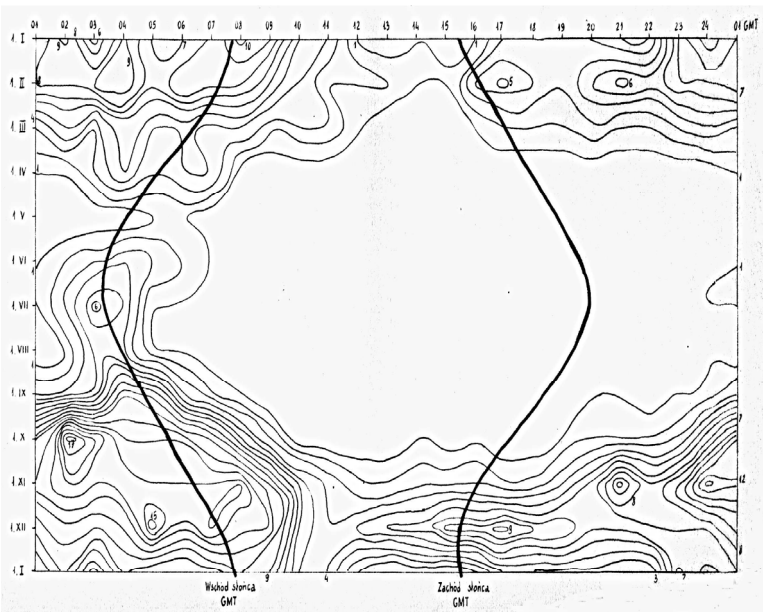
Rok	Suma obserwacji	Pora doby									
		01-06		07-12		13-18		19-24		Sumy	
1955	4130	1012	54	1086	25	1077	13	928	18	4130	110
1956	4536	1141	39	1214	13	1187	3	994	12	4536	67
1957	4795	1120	29	1385	17	1254	-	1036	5	4795	51
1958	4778	1189	66	1306	37	1147	15	1136	33	4778	151
Okres	18212	4462	188	4991	92	4665	31	4094	68	18212	379
Dni w roku		12		6		2		4		24	

Tabela 15. Warunki lotniczo-meteorologiczne, kiedy $h \leq 90$ m, $V \leq 500$ m, $N_s \geq 5/8$ – minimalne warunki do lądowania (wg Cz. Szczecińskiego). Lata 1957-1958 dla Bielan.

Rok	Pora doby									
	01-06		07-12		13-18		19-24		Sumy	
1957-1958	2190	92	2190	76	2190	40	2190	56	8760	264
Dni w roku	12		10		5		7		34	



Rys. 1. Częstość występowania poszczególnych prędkości wiatru w zależności od kierunku (rok) w latach 1956-1960 (3, 6, 10, 21, 27, 33 prędkość w węzłach).



Rys. 2. Liczba przypadków występowania mgieł (widzialność pozioma do 1000 m) w przebiegu dobowym w poszczególnych miesiącach w latach 1956-1960, Lotnisko Warszawa- Okęcie

IV. WPŁYW URBANIZACJI NA WARUNKI KLIMATYCZNE W WARSZAWIE*

Bożena K I C I Ń S K A , Jolanta W A W E R

Odrębność klimatyczna obszarów zurbanizowanych jest spowodowana oddziaływaniem zarówno czynników naturalnych, jak i antropogenicznych. W obszarach tych kształtują się swoiste cechy klimatu, które wyraźnie różnią te tereny od otoczenia.

Aglomeracja Warszawska charakteryzuje się klimatem umiarkowanym przejściowym. Przejściowość ta wyraża się częstymi zmianami rodzajów napływających tu mas powietrza oraz związaną z tym wielką zmiennością pogody z dnia na dzień, z miesiąca na miesiąc i z roku na rok.

Podobnie jak inne obszary miejskie, Warszawę wyróżnia w stosunku do otoczenia: intensywna emisja różnych zanieczyszczeń (z zakładów przemysłowych, zwłaszcza energetycznych, środków transportu oraz urządzeń komunalnych), emisja „sztucznego" ciepła, zróżnicowana struktura i zwartość zabudowy, zmiany w użytkowaniu naturalnych powierzchni (zmniejszenie powierzchni terenów zielonych, drenowanie terenu, budowa ciągów komunikacyjnych). Konsekwencją tych procesów są zakłócenia naturalnej równowagi radiacyjnej i termiczno-wilgotnościowej oraz osłabienie wymiany powietrza. Przejawia się to modyfikacją wartości wielu elementów klimatycznych.

Warunki solarne

Bilans promieniowania i bilans cieplny ulegają w mieście istotnym modyfikacjom. Wynika to przede wszystkim ze zmian czasu insolacji (większe zasłonięcie horyzontu) oraz ze zmian stanu atmosfery (jej przeźroczystości) i zachmurzenia.

Do powierzchni gruntu w Warszawie w ciągu roku dociera średnio jedynie 40% promieniowania słonecznego dopływającego do górnej granicy atmosfery. Średnie sumy roczne promieniowania (wielolecie 1961-2000) wynoszą 3538 MJ/m^2, a wahają się od 3162 do 4014 MJ/m^2 (Lorenc, Mazur 2003). W przebiegu rocznym maksymalne wartości sum promieniowania występują w czerwcu lub lipcu (571,3 MJ/m^2), a minimalne w grudniu (45,1 MJ/m^2). Na okres meteorologicznej zimy przypada zaledwie ok. 6% sumy rocznej promieniowania, na lato zaś ok. 46%.

W strukturze promieniowania całkowitego, bezpośrednie promieniowanie słoneczne stanowi w Warszawie 49%, a rozproszone 51% (odpowiednio 1739 MJ/m^2 i 1799 MJ/m^2). W poszczególnych miesiącach proporcje te ulegają wyraźnym wahaniom: od 26% promieniowania bezpośredniego w grudniu do 53% w maju i czerwcu (Lorenc, Mazur, 2003). Jeszcze większe wahania występują w wartościach dobowych promieniowania, bowiem wpływają na nie wyraźnie warunki astronomiczne (kąt padania promieni słonecznych i czas insolacji) oraz wielkość zachmurzenia. Sumy dobowe promieniowania słonecznego w Warszawie wahają się od 0,02 MJ/m^2 do wartości 1600-krotnie większych, a wahania miesięczne wynoszą od 1,5 MJ/m^2 w grudniu do 18,9 MJ/m^2 w czerwcu. Wieloletnia seria pomiarów promieniowania krótkofalowego w Warszawie wskazuje na ponad 20% redukcję sum miesięcznych promieniowania całkowitego zimą i 5-10% latem (Kozłowska-Szczęsna, Podogrocki, 1995).

Okolice Warszawy charakteryzują się dość dużymi wartościami usłonecznienia – ok. 1600 godzin rocznie, czyli 4,5 godziny dziennie. W samym mieście wartości te wahają się od 1580 h/rok na peryferiach do ok. 1450 h/rok w centrum i północno-wschodniej części miasta. Zjawisko skrócenia czasu dopływu bezpośredniego promieniowania słonecznego do powierzchni gruntu w centrum miasta obserwuje się przez cały rok, szczególnie w grudniu i styczniu (o ok. 14%) (Kozłowska-Szczęsna i inni, 1996). Potencjalne usłonecznienie w Warszawie waha się od 243 h w grudniu do 499 h w czerwcu, zaś średnie rzeczywiste – od 29 h w grudniu do 243 h w lipcu. Zróżnicowanie w poszczególnych miesiącach może być jeszcze większe, np. w lipcu 1994 r. usłonecznienie wynosiło aż 381 h (Lorenc, Mazur, 2003). Sumy roczne usłonecznienia (95-lecie 1903-1998) zmieniały się od 1241 h w 1952 r. do 1898 h w 1921 r.

Na podstawie długiej serii pomiarów usłonecznienia w Warszawie stwierdza się malejącą tendencję usłonecznienia w tempie 87 h na 100 lat, czyli 0,87 h/rok (Lorenc, Mazur, 2003).

Warunki termiczne

Przebieg roczny temperatury powietrza w Warszawie jest wyraźnie zarysowany. W najchłodniejszym miesiącu (zwykle jest nim styczeń), średnia temperatura powietrza wynosi -2÷-3°C, w najcieplejszym zaś (zwykle lipcu) – przekracza 18°C, średnia roczna wynosi natomiast ok. 8,0°C (tab. 1).

Pomiary temperatury powietrza w Warszawie zostały zapoczątkowane w 1779 r., co daje podstawę do badania zmian klimatu i oceny postępującego w ostatnich latach ocieplenia (Kożuchowski, 1992).

Stacjonarne obserwacje meteorologiczne na obszarze miasta dają także możliwość zbadania tempa rozwoju wyspy ciepła. Szybka odbudowa i rozbudowa miasta, niemal całkowicie zrujnowanego w czasie II wojny światowej, pozwala śledzić wykształcanie się specyficznych cech klimatu miejskiego. Posłużyć do tego celu może kilka stacji meteorologicznych (rys. 1): śródmiejska stacja Obserwatorium Astronomiczne, stacja Bielany (położona w północnej dzielnicy miasta, obecnie w obrębie zwartej zabudowy), lotniskowa stacja Okęcie (na południowo-zachodnich peryferiach miasta) oraz stacja w Legionowie, na północ od Warszawy. Otoczenie każdej z tych stacji zmieniało się pod wpływem rozwoju zabudowy i terenów zielonych, jednak mimo indywidualnych cech każdego z tych miejsc, prawidłowości zmian klimatycznych związanych z rozwojem „bryły miasta" są dobrze czytelne.

Wieloletnie serie pomiarowe pozwalają zauważyć zwłaszcza ocieplenie, obejmujące w drugiej połowie XX w. obszary wyższych szerokości geograficznych (Degirmendźić i in., 2002). Szybka i istotna statystycznie zmiana średniej rocznej temperatury powietrza w Warszawie wynosiła ok. 0,2°C na 10 lat (tab. 2). Tak duża jej wartość wynika ze specyfiki rozpatrywanego okresu. Lata 50. należały do chłodnych (w 1956 r. średnia roczna temperatura powietrza na stacji Obserwatorium Astronomiczne wynosiła tylko 5,6°C). Z kolei dekada lat 90. XX w. traktowana jest zwykle za najcieplejszą w historii instrumentalnych pomiarów meteorologicznych (w 2000 r. średnia roczna temperatura na stacji Obserwatorium Astronomiczne wynosiła aż 10,1°C).

W obrębie Aglomeracji Warszawskiej można stwierdzić pewne zróżnicowanie ocieplenia w drugiej połowie XX w. Można je interpretować jako wpływ rozbudowy miasta.

Ocieplenie klimatu w mniejszym stopniu zaznaczyło się na południowo-zachodnich krańcach miasta – na stacji Okęcie, gdzie przyrost średniej rocznej temperatury powietrza w ciągu 50-lecia 1951-2000 wynosił 0,8°C. Silniej zaakcentowane jest ocieplenie w dzielnicach śródmiejskich, gdzie średnia roczna temperatura wzrosła o 1,0-1,1°C. Podobna jest wielkość ocieplenia klimatu w Legionowie, reprezentującym północne obrzeża miasta. Zapewne wynika to z częstego wpływu wiatrów z sektora południowo-zachodniego – Legionowo pozostaje wówczas w zasięgu rozwiniętej w jego stronę miejskiej wyspy ciepła.

Ocieplenie zaznaczyło się szczególnie w miesiącach zimowych i wiosennych (styczeń – maj). Wzrost temperatury powietrza na przełomie zimy i wiosny jest z reguły istotny statystycznie. W lutym wzrost średniej miesięcznej temperatury powietrza wynosił 0,7-0,8°C na 10 lat. Odzwierciedla to fakt, że zimy w latach 50. należały do bardzo ostrych (w lutym 1956 r. średnia temperatura wynosiła -12,0°C), pod koniec rozpatrywanego 50-lecia były one natomiast raczej łagodne (pod koniec XX w. wystąpił brak ujemnych średnich miesięcznych wartości temperatury w latach od 1988 do 1990, co oznaczało brak termicznej zimy). W pozostałych miesiącach zmiany średniej temperatury w 50-leciu są niewielkie, w niektórych miesiącach są nawet ujemne, co może wynikać z wpływu rozwoju zadrzewionych terenów w sąsiedztwie stacji.

W miesiącach zimowych charakterystyczny jest większy wzrost temperatury powietrza wewnątrz miasta niż na jego obrzeżach (tab. 2). W rozpatrywanym 50-leciu na Bielanach średnia temperatura powietrza wzrosła w styczniu o 2,7°C, w lutym aż o 4,1°C, w marcu o 3,3°C (na Okęciu analogiczne, znacznie mniejsze wartości wynoszą 2,3°C, 3,6°C i 2,9°C).

Jeszcze wyraźniej wpływ rozbudowy miasta na zmianę warunków termicznych zaznacza się w zmianach różnicy między średnią temperaturą powietrza w mieście i na jego peryferiach (tab. 3, rys. 2, 3, 4, 5).

Wyjątkowo wyrazisty przyrost średniej różnicy temperatury powietrza zarysował się między Bielanami i Okęciem. Rozbudowa miasta w kierunku północnym spowodowała, że Bielany ze stacji peryferyjnej szybko stały się stacją miejską, otoczoną zwartą, wysoką zabudową, podczas gdy Okęcie pozostało nadal stacją peryferyjną, otoczoną obszarami o głównie niskiej zabudowie. Zmianę tę odzwierciedla wzrost natężenia miejskiej wyspy ciepła na stacji Bielany w stosunku do Okęcia (tab. 3). W rozpatrywanym okresie różnica średniej rocznej temperatury powietrza między Bielanami i Okęciem wzrosła o 0,3°C (wzrost ten jest istotny statystycznie, a współczynnik korelacji wynosi aż 0,73). Zmiana różnicy temperatury powietrza w różnym stopniu zaznacza się w poszczególnych miesiącach. Wyjątkowo duża jest od listopada do maja – w latach 1951-2000 średnia różnica temperatury powietrza w tych miesiącach wzrosła aż o 0,3-0,5°C (przyrost jest istotny statystycznie, a współczynniki korelacji wynoszą 0,47-0,62). Odstępstwem od tej prawidłowości, tzn. wyraźnego wzrostu różnic między północną dzielnicą Warszawy i jej południowo-zachodnimi krańcami, są zmiany różnicy temperatury powietrza od czerwca do października – znacznie mniejsze i nieistotne statystycznie. Prawdopodobnie jest to wynik rozwoju terenów zielonych w sąsiedztwie stacji bielańskiej, co ogranicza wzrost temperatury powietrza w okresie pełnego ulistnienia drzew.

Znacznie mniej wyraźne są zmiany różnic średniej miesięcznej temperatury powietrza między śródmieściem Warszawy i jej obrzeżami, jeżeli porównywana jest stacja Obser-

watorium Astronomiczne z Legionowem, co wynika z indywidualnych cech ich położenia. Stacja Obserwatorium Astronomiczne położona jest w Ogrodzie Botanicznym, w otoczeniu z roku na rok coraz bardziej rozrośniętych drzew, a w ostatnich latach także w niedalekiej odległości od nowego budynku, co sprzyja nagrzewaniu się tego obszaru w warunkach silnej insolacji i utrudnionej wymiany powietrza. Czynniki te mogą powodować lokalne podwyższenie temperatury powietrza, zwłaszcza w sezonie wegetacyjnym (Kossowska-Cezak, 2002). Odzwierciedleniem tego jest fakt, że największa zmiana różnicy średniej temperatury powietrza między Obserwatorium Astronomicznym i Okęciem dotyczy miesięcy letnich.

Najmniejsze zmiany średniej różnicy temperatury powietrza zarysowują się między miastem i jego północnym obrzeżem. Legionowo często podlega wpływowi mas powietrza napływających znad zwartej bryły miasta, ponadto stacja ta położona jest na wale wydmowym. Z tych względów zmiany temperatury powietrza, jakie nastąpiły tu w 50-leciu 1951-2000, są zbliżone do charakteryzujących stacje miejskie.

Zmiany różnic temperatury powietrza między środkową częścią Warszawy i jej strefą podmiejską nie następowały równomiernie w ciągu całego 50-lecia (tab. 4, 5, 6, rys. 6). W latach 1951-1960 na stacji bielańskiej średnia miesięczna temperatura powietrza była wyższa niż na Okęciu o 0,1-0,2°C zimą i o 0,3-0,4°C latem (tab. 4). W latach 1961-1975 zaczęły się wyraźne zmiany. Począwszy od drugiej połowy lat 70. XX w. średnia temperatura miesięczna na Bielanach jest znacznie wyższa niż na Okęciu – w niektórych miesiącach różnice sięgają 0,7-0,8°C, sporadycznie są nawet jeszcze większe, co wyraźnie świadczy o narastającym ocieplającym wpływie zabudowy. Relatywnie wyższe są różnice w zimie. Mniejsze wartości różnic w okresie letnim w latach 90. Mogą świadczyć o wpływie coraz bardziej rozwiniętych kompleksów zieleni w otoczeniu stacji Bielany. Poza tym charakterystyczne jest stopniowe obniżanie się średniej temperatury powietrza we wrześniu (rys. 6) – tendencję taką wykazują także inne regiony.

Podobne są tendencje zmiany różnicy temperatury powietrza między Obserwatorium Astronomicznym i Okęciem (tab. 5). W tym przypadku wzrost różnicy temperatury między stacją śródmiejską i podmiejską nastąpił nieco wcześniej, z racji położenia Obserwatorium w środkowej części miasta, gdzie większe było tempo powstawania zabudowy zwartej. Już w końcu lat 50. średnia różnica temperatury między Obserwatorium i Okęciem sięgnęła wartości typowych w okresie przedwojennym, tj. ok. 0,4°C (Kossowska-Cezak, 2002).

Miejska wyspa ciepła tworzy zwykle strukturę komórkową, zależną od wielkości miasta, układu zabudowy, stopnia zagospodarowania terenu, osobliwości lokalnych oraz warunków pogodowych. W Warszawie rysuje się dość wyraźnie (rys. 7), ale nie jest stabilna, lecz okresowa, z różnie zaznaczoną intensywnością oraz rozległością.

Przebieg roczny miejskiej wyspy ciepła ujawnia jej większą intensywność w półroczu ciepłym, chociaż wyróżnienie to stopniowo słabnie w rozpatrywanym okresie (rys. 6). W przebiegu dobowym największe zróżnicowanie temperatury powietrza między miastem i jego obrzeżem występuje wieczorem i nocą (tab. 7 i 8). Bardzo duża intensywność wyspy ciepła, rzędu 8-10°C, może wystąpić w każdej porze roku, szczególnie jednak zimą (nawet do 11°C w czasie mroźnej, bezwietrznej i bezchmurnej pogody antycyklonalnej).

Oprócz różnic temperatury, specyfikę warszawskiej miejskiej wyspy ciepła dobrze oddają inne charakterystyki warunków termicznych. W obrębie miasta jest stale cieplej

i dlatego występuje mniej dni przymrozkowych (nawet o kilkanaście), mroźnych i bardzo mroźnych (o kilka), ale więcej dni gorących i upalnych (o kilka). Ulega też zmianie długość termicznych pór roku (zimy są krótsze nawet o 2 tygodnie) i wydłuża się okres wegetacyjny (o kilka dni), co już wcześniej stwierdzili: Wawer (1997) oraz Stopa-Boryczka i in. (2001).

W osłabieniu niekorzystnych warunków związanych z silnym rozwojem miejskiej wyspy ciepła znaczącą rolę odgrywają pozamiejskie tereny zielone. Napływ powietrza wzdłuż klinów ciągnących się od nich ku centrum miasta łagodzi warunki termiczne w dzielnicach śródmiejskich i poprawia panujące w nich warunki aerosanitarne. O korzystnej roli takich klinów pisano już w 1916 r. (plan T. Tołwińskiego, jednego z popularyzatorów słynnej koncepcji rozwoju miast-ogrodów, zaproponowanej na początku XX w. przez E. Howarda). Ideę tę udało się częściowo wprowadzić po II wojnie światowej, kształtując niemal od podstaw nowe założenia funkcjonowania miasta. Do najważniejszych działań zmierzających do realizacji projektu klinów zieleni nawietrzających miasto należało przeznaczenie Pola Mokotowskiego na tereny zieleni. Jego rozległy obszar stanowi obecnie zakończenie długiego ciągu pasa zieleni wchodzącego w miasto od południo-zachodu. Inne, mniej rozbudowane, kliny biegną ku centrum miasta od strony północno-zachodniej oraz wschodniej (rys. 8). Ich wpływ na klimat lokalny w mieście jest nie do przecenienia.

Zasięg miejskiej wyspy ciepła ulega zmianom w zależności od warunków cyrkulacyjnych powietrza. Przeważające wiatry z sektora zachodniego przesuwają wyspę ciepła w kierunku wschodnim, napływ mas powietrza z sektora wschodniego kształtuje sytuację odwrotną. Odzwierciedlają to zmiany różnic między odpowiednimi parami stacji miejskich i pozamiejskich (Kossowska, 1973; Kossowska-Cezak, 1992; Wawer, 1997).

Zależność zasięgu miejskiej wyspy ciepła od warunków cyrkulacyjnych ujawnia się nie tylko w pojedynczych dniach, ale także w średniej temperaturze powietrza z dłuższych okresów. Różnica temperatury powietrza między Obserwatorium Astronomicznym i Okęciem była wyjątkowo duża w pierwszej połowie lat 60. XX w., gdy przeważała cyrkulacja południowo-zachodnia, a następnie zmniejszyła się wraz ze wzrostem częstości cyrkulacji północno-wschodniej (Kossowska-Cezak, 2002). Tym samym czynniki cyrkulacyjne dynamicznie modyfikują rozwój miejskiej wyspy ciepła spowodowanej urbanizacją aglomeracji warszawskiej.

Wilgotność, zachmurzenie i opady atmosferyczne

Średnia roczna wilgotność względna powietrza w obrębie Aglomeracji Warszawskiej w latach 1966-1995 wynosiła 80%, najniższa była w maju (72%), najwyższa – w listopadzie i grudniu (89%).

Wilgotność powietrza w mieście jest niższa niż na terenach pozamiejskich. Największe różnice przypadają na miesiące letnie, kiedy sięgają 9%, zimą spadają zaledwie do 1-2% (Kozłowska-Szczęsna i inni, 1996, 2001). Należy jednak dodać, że w poszczególnych częściach miasta, w zależności od struktury zabudowy, udziału zieleni i charakteru podłoża, zróżnicowanie wilgotności powietrza jest znacznie większe.

Średnie roczne zachmurzenie w mieście wynosi 62-66%, najmniejsze występuje od maja do września (50-58%), znacznie większe – od listopada do lutego (70-80%) (wartości średnie z różnych okresów wieloletnich drugiej połowy XX w.).

W Warszawie uwidacznia się niewielki (4%) wzrost zachmurzenia nad obszarami śródmiejskimi w stosunku do peryferii (Kossowska-Cezak, 1978, Stopa-Boryczka i in., 2001). W centrum mniej jest dni pogodnych (średnio o 5 w roku), a więcej pochmurnych (o ok. 20).

Środkowa część Niziny Mazowieckiej, w której położona jest Warszawa, to obszar dość ubogi w opady atmosferyczne. Średnie roczne sumy opadów w latach 1951-2000 wynosiły 510-570 mm. Większość opadów występuje w półroczu ciepłym, zwłaszcza latem (na tę porę roku w pięćdziesięcioleciu 1951-2000 w poszczególnych punktach pomiarowych przypadało aż 36-40% sumy rocznej). Charakterystyczna jest wielka zmienność opadów w czasie – w 50-leciu 1951-2000 na reprezentatywnej stacji Bielany najuboższym w opady rokiem był 1951 (z sumą roczną 345 mm), najbogatszymi – lata 1970, 1981 (z sumami rocznymi odpowiednio 789 i 799 mm) (rys. 9). Jeszcze większą zmiennością cechują się poszczególne miesiące, zwłaszcza jesienne. W październiku 1951 r. suma opadów wyniosła zaledwie 0,2 mm, natomiast listopad 1975 r. był całkowicie suchy. Najwyższe sumy opadów w październiku i listopadzie w 50-leciu wynosiły odpowiednio 151,4 mm (w 1974 r.) i 107,2 mm (w 1952 r.).

Warunki opadowe na analizowanym obszarze są także bardzo zróżnicowane przestrzennie. Wyjątkowo jaskrawo uwidacznia się to w poszczególnych dniach, ale nawet w średnich wartościach z wielolecia prawidłowość ta jest dobrze czytelna (rys. 10). Średnie sumy miesięczne opadów atmosferycznych w obrębie miasta i na stacjach położonych w jego otoczeniu różnią się o kilka-kilkanaście mm, a różnice średnich sum rocznych sięgają 60 mm (10-12%).

Wielokrotnie w badaniach z zakresu wpływu miasta na klimat dowodzono wzrostu sum opadów, co tłumaczono dynamicznym oddziaływaniem przeszkody, jaką stanowi zabudowa, na drodze przemieszczających się mas powietrza, prądami konwekcyjnymi generowanymi przez silniej nagrzane podłoże oraz zwiększeniem ilości jąder kondensacji ponad miastem. Sieć punktów dokonujących ciągłych pomiarów opadów atmosferycznych w Warszawie i strefie podmiejskiej w 50-leciu 1951-2000 składa się zaledwie z kilku punktów, dlatego ocena wpływu miasta na warunki opadowe może być jedynie przybliżona.

O wpływie miasta na zwiększenie sum opadów może świadczyć charakterystyczna zmiana różnicy między średnimi sumami miesięcznymi opadów na rozpatrywanych punktach pomiarowych (rys. 10). W półroczu chłodnym stacją o najwyższych sumach opadów jest Zakroczym, położony na zachód od Warszawy, a więc po stronie dowietrznej w stosunku do przeważających deszczonośnych mas powietrza. Sytuacja ta zmienia się w półroczu ciepłym, gdy najwyższymi sumami opadów wyróżniają się stacja śródmiejska Bielany oraz Góra Kalwaria, położona znacznie dalej na południe. To relatywne podwyższenie sum opadów na stacji śródmiejskiej może być wynikiem wzrostu udziału opadów konwekcyjnych, typowych w ciepłej połowie roku. Wzrost zachmurzenia konwekcyjnego oraz opadów takiego pochodzenia często uważa się za specyficzną cechę klimatu miasta.

Kolejnym świadectwem wpływu bryły miasta na wzrost opadów atmosferycznych może być fakt wyraźnie większych w ciągu całego roku opadów atmosferycznych na Bielanach niż na Okęciu. Różnica średnich sum rocznych opadów na tych dwu stacjach wynosi w 50-leciu 1951-2000 niemal 40 mm.

Zestawienie miesięcznych sum opadów w Warszawie i na stacjach peryferyjnych w latach 1951-2000 nie pozwoliło stwierdzić istotnej statystycznie zmiany relacji tych sum w latach 1951-2000. Tak np. współczynnik determinacji, odnoszący się do zmian w ciągu 50-lecia stosunku rocznych sum opadów na Bielanach i Okęciu, wynosi zaledwie 0,018.

Zróżnicowanie opadów w mieście i strefie peryferyjnej zostało przedstawione przez Z. Kaczorowską (1967). Na podstawie wyników pomiarów dokonywanych w 76 punktach w latach 1956-1960 autorka dokonała wszechstronnej analizy rozkładu przestrzennego opadów i stwierdziła ich ogromną zmienność (sumy roczne wynosiły od 462 mm w Legionowie do 602 w okolicach Pruszkowa). W późniejszych prawach (Lorenc, 1978, 1991) stwierdzono m. in. bardzo wyraźny, dynamiczny wpływ miasta na występowanie opadów, ujawniający się m. in. występowaniem maksimum opadów po zachodniej (zwykle dowietrznej) stronie oraz wyraźnego „przeskoku chmury przez miasto", z drugorzędnym maksimum po stronie wschodniej (zawietrznej). Przypuszcza się, że maksimum opadów w prawobrzeżnej Warszawie jest potęgowane najintensywniejszą emisją pyłu w tej części miasta.

Badania pola opadów w latach 1976-1985 wskazały na bardzo duże (rzędu niemal 100 mm) różnice w sumach rocznych opadu na obszarze Warszawy (rys. 11). Najuboższa w opady jest południowo-zachodnia część miasta (Warszawa Okęcie 510 mm), najbogatsze – dzielnice wschodnie i zachodnie (ponad 600 mm). W śródmieściu Warszawy (poza obszarem doliny Wisły) występuje średnio o 40 dni z opadem więcej niż na północy i południu miasta. Więcej jest też dni z opadem ulewnym, burzowym. Oprócz układu zabudowy miasta istotną modyfikację zróżnicowania przestrzennego warunków opadowych wprowadza dolina Wisły – m. in. wyraźnie najmniejsze jest tu prawdopodobieństwo występowania deszczu ulewnego (Lorenc, Mazur, 2003).

Warunki anemometryczne

Warszawa z racji swego położenia na obszarze nizinnym jest otwarta na swobodny dopływ powietrza ze wszystkich kierunków. Na peryferiach miasta (Okęcie) najczęściej wieje wiatr z sektora zachodniego. Jego udział wynosi aż 46,3%, przy czym na wiatr zachodni przypada 25,3% (dane z lat 1966-1995). Dość częste są wiatry południowo-wschodnie (14,1%), wschodnie (12,3%) i południowe (12,0%). Najrzadziej występuje wiatr z kierunku północno-wschodniego (5,8%), cisze stanowią zaś 2,6%.

Wewnątrz miasta kierunek wiatru ulega pewnym modyfikacjom. Mniejszy jest tu udział wiatrów zachodnich, wschodnich i południowo-wschodnich, a większy – południowo-zachodnich, północnych i północno-wschodnich. Kierunki wiatru generowane są układem urbanistycznym i rzeźbą terenu.

Średnia roczna prędkość wiatru na peryferiach miasta wynosi 4,1 m/s, w centrum w kompleksie zieleni parkowej – 1,7 m/s. Wewnątrz miasta wiatr ulega wyciszeniu nawet o 40% (Lorenc, Mazur 2003). W mieście jest zatem więcej cisz, wiatrów bardzo słabych i słabych (do 5 m/s).

Wewnątrz miasta typowe jest powstawanie lokalnych prądów powietrza, generowanych różnym stopniem nagrzania poszczególnych jego fragmentów, a sterowanych układem zabudowy oraz terenów zieleni. Szczególną rolę w systemie tych lokalnych prądów

powietrza odgrywa tzw. bryza miejska, czyli wiatr wnikający w obszar zabudowy ze strefy otaczającej. Poprawia on warunki aerosanitarne panujące w mieście, powodując napływ czyściejszych mas powietrza oraz wynosząc ponad zabudowę zanieczyszczenia powietrza. Główne szlaki napływu powietrza z terenów podmiejskich wyznaczają kliny zieleni wchodzące w zabudowę miasta. Ponadto bardzo istotną rolę w wentylacji obszaru miejskiego odgrywa dolina Wisły, będąca swoistym kanałem odprowadzającym zanieczyszczenia powietrza. W mniejszej skali przestrzennej duże znaczenie może mieć efekt tunelowy, tworzący się tam, gdzie układ ulic lub zabudowy wymusza silniejszy przepływ powietrza między przeszkodami terenowymi. Efekt ten sprzyja wynoszeniu zanieczyszczeń zwłaszcza wzdłuż głównych ciągów komunikacyjnych, ale w bocznych ulicach mogą się tworzyć strefy ciszy i zastoiska zanieczyszczonego powietrza.

Zanieczyszczenie powietrza

Systematyczne pomiary stężenia różnych substancji chemicznych decydujących o zanieczyszczeniu powietrza w mieście i jego otoczeniu są prowadzone dopiero od lat 90. XX w. Najpełniejsze serie codziennych danych mają dwa punkty pomiarowe włączone do sieci podstawowej monitoringu zanieczyszczeń powietrza. Jeden z nich znajduje się w śródmieściu, drugi zaś w dzielnicy zachodniej, na osiedlu Jelonki (rys. 1).

Pomiary te dowodzą, że zanieczyszczenie powietrza w Warszawie jest wyższe w stosunku do tła (stacji położonych w mniejszych miastach i na terenach pozamiejskich regionu), ale nie osiąga wartości notowanych w silnie uprzemysłowionych miastach Europy Środkowej i Zachodniej.

Najważniejszym źródłem zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem siarki (SO_2) są zakłady przemysłu energetycznego oraz inne obiekty przemysłowe i komunalne, w których spalane są paliwa kopalne. Dlatego też średnie stężenie tego gazu jest znacznie większe w chłodnej połowie roku (sezon grzewczy). Zanieczyszczenie dwutlenkiem siarki jest wyraźnie większe w śródmieściu niż w dzielnicy peryferyjnej, największe różnice zaznaczają się w miesiącach zimowych. Jednak nawet zimą tylko czasami średnie dobowe stężenie SO_2 w Warszawie przekracza 140-150 $\mu g/m^3$. Sytuacje takie mają miejsce głównie wtedy, gdy nad środkową częścią Polski utrzymuje się mroźny zimowy wyż baryczny. Większemu zanieczyszczeniu powietrza sprzyja też, zwłaszcza zimą, napływ mas powietrza z kierunków południowo-wschodniego i wschodniego. Wyjątkowo korzystne jest natomiast występowanie zachodniego i północno-zachodniego kierunku wiatru, ponieważ w takiej sytuacji rolę filtra oczyszczającego powietrze napływające nad Warszawę spełnia rozległa Puszcza Kampinoska. Duży udział wiatru z sektora zachodniego można uznać zatem za korzystny dla warunków aerosanitarnych w mieście.

Znaczne ilości dwutlenku azotu (NO_2) pochodzą z zakładów energetycznych miasta, ale duży jest także udział środków transportu. Dlatego też rytm roczny zmian stężenia dwutlenku azotu jest znacznie mniej wyrazisty w porównaniu do zmian stężenia dwutlenku siarki. Średnie stężenie dwutlenku azotu jest zwykle większe niż stężenie dwutlenku siarki, jego ekstremalne wartości są natomiast stosunkowo niskie – sporadycznie osiągają 90 $\mu g/m^3$.

Rytm zmian średniego dobowego stężenia obydwu zanieczyszczeń w kolejnych dniach tygodnia wykazuje istotne różnice. Stężenie dwutlenku azotu wykazuje wyraźne zmiany

w ciągu tygodnia (z minimum w niedzielę i sobotę), stężenie dwutlenku siarki jest bardziej wyrównane. Ten charakterystyczny rytm tygodniowy zanieczyszczenia powietrza dwutlenkiem azotu wynika z tygodniowego rytmu intensywności ruchu drogowego, zwłaszcza dużych pojazdów.

W latach 1993-1999 nastąpił spadek średniego rocznego stężenia dwutlenku siarki. Średnie roczne stężenie dwutlenku azotu nie wykazuje tak wyraźnych prawidłowości zmian, chociaż w ostatnich latach omawianego okresu było ono mniejsze niż na jego początku.

W odległości 80 km od śródmieścia miasta w kierunku południowo-wschodnim jest położona Stacja Badawcza Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Jarczewie, objęta programem EMEP. Dostarcza ona informacji o poziomie tła stężenia różnych substancji w powietrzu. Jak wynika z porównania stężenia SO_2 i NO_2 w śródmieściu Warszawy oraz na tej stacji, średnie miesięczne stężenie dwutlenku siarki w śródmieściu w miesiącach zimowych jest wyższe o ok. 30 μg/m^3, latem jednak różnica ta jest mniejsza niż 10 μg/m^3. Różnica średniego stężenia dwutlenku azotu w mieście i w Jarczewie w ciągu całego roku wynosi najczęściej 25-30 μg/m^3.

Również pomiary innych zanieczyszczeń charakterystycznych pozwalają stwierdzić, że zanieczyszczenie powietrza w Warszawie jest mniejsze w porównaniu do wielu nnych aglomeracji.

Zanieczyszczenie powietrza w śródmieściu tlenkiem węgla (CO) w ostatnich latach wyraźnie maleje. Średnie roczne stężenie tlenku węgla w 2000 i 2001 r. wynosiło odpowiednio 0,576 i 0,616 mg/m^3, czyli było ono niemal o połowę mniejsze niż w 1996 r. (1,003 mg/m^3). Znacznemu spadkowi uległy najczęściej notowane wartości stężenia tego zanieczyszczenia: w latach 1996-1997 najczęściej występowało stężenie tlenku węgla rzędu 1000-1100 mg/m^3, a w roku 2000 – już tylko 400-500 mg/m^3.

Maleje także zanieczyszczenie powietrza pyłem. W 2001 r. średnie roczne stężenie pyłu zawieszonego wynosiło w centrum miasta 36,9 μg/m^3, podczas gdy jeszcze w 1996 r. było ono równe 58,8 μg/m^3. W ostatnich latach widoczny jest wyraźny spadek częstości wysokich wartości średniego dobowego stężenia pyłu zawieszonego. Wartość 125 μg/m^3 (dopuszczalna według polskich norm prawnych) była w 1996 r. przekroczona 10 razy, w 1997 r. – 6 razy, w 1998 r. – 3 razy, a od 2000 r. ani razu nie zanotowano przekroczenia tej wartości.

W śródmieściu oraz na stacji meteorologicznej Bielany raz na dobę mierzy się także stężenie ozonu w przygruntowej warstwie powietrza. Jego średnia wartość w latach 1996 i 2000 wynosiła odpowiednio: 36 μg/m^3 i 44 μg/m^3. Większe stężenie ozonu występuje od marca do września, niższe zaś od listopada do stycznia. Najwyższą średnią miesięczną na stacji śródmiejskiej wyróżnił się maj 2000 r. (68 μg/m^3), na Bielanach zaś marzec 1996 r. (74 μg/m^3). Najniższe średnie miesięczne wartości wystąpiły w grudniu 2000 r. (śródmieście 12 μg/m^3 i Bielany – 11 μg/m^3). Maksymalne stężenie 1-godzinne osiągnęło 264 μg/m^3 (w czerwcu 2000 r. na Bielanach). Należy dodać, że tak duże stężenie ozonu w mieście nie jest częste (Lorenc, Mazur, 2003). Występuje ono zazwyczaj przy bezwietrznej, ciepłej pogodzie, panującej w czasie oddziaływania cyrkulacji antycyklonalnej, z napływem mas powietrza polarnego morskiego starego lub mas powietrza zwrotnikowego z sektora południowo-wschodniego albo wschodniego (Jatczak, 2000).

Literatura

Degirmendźić J., Kożuchowski K., Żmudzka E., 2002, *Uwarunkowania cyrkulacyjne zmienności temperatury powietrza w Polsce w okresie 1951-2000,* Przegląd Geofizyczny, nr 1-2,

Jatczak K., 2004, *Wpływ warunków pogodowych na wysokie stężenie ozonu w śródmieściu Warszawy (1996-2000),* Praca magisterska wykonana w Zakładzie Klimatologii WGiSR UW,

Kaczorowska Z., 1967, *Opady Wielkiej Warszawy i jej okolic w okresie 1956-1960,* Przegląd Geofizyczny t.12, nr 3-4

Kicińska B, Wawer J. 2005, Urban climate 8. Weather and air conditions, w: Urban Sprawl Warsaw Agglomeration case study (red. M. Gutry-Korycka), Wyd. WGSR

Kossowska-Cezak U., 1978, *Próba określenia wpływu zabudowy miejskiej na wielkość zachmurzenia (na przykładzie Warszawy),* Prace i Studia IGUW, seria Klimatologia, z.10,

Kossowska-Cezak U., 2000, *The differences of air temperature between the downtown and the peripheries of Warsaw in the year 1933-1998,* Miscellanea Geographica, t.9,

Kossowska-Cezak U., 2002, *Zmiany różnicy temperatury powietrza między śródmieściem a peryferiami Warszawy od 1933 do 2000 roku,* Przegląd Geofizyczny, nr 3-4,

Kozłowska –Szczęsna T., Podogrocki J., 1995, *Antropogeniczne zmiany warunków radiacyjnych w Warszawie,* w: Kłysik K., (red.), Klimat i bioklimat miast, Łódź,

Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1996, *Atlas Warszawy,* z.4, Środowisko fizycznogeograficzne – niektóre zagadnienia,

Kozłowska –Szczęsna T., Krawczyk B., Błażejczyk K., 2001, *Charakterystyczne cechy klimatu Warszawy,* w: Badania środowiska fizycznogeograficznego aglomeracji warszawskiej, Prace Geograficzne IGiPZ PAN nr 180,

Kożuchowski K., 1992, *Klimat termiczny Warszawy na podstawie pomiarów od 1979r.,* Przegląd Geofizyczny, t.64, nr 1-2,

Lorenc H., 1978, *Opady ulewne i nawalne na obszarze Warszawy,* Przegląd Geofizyczny, z. 4,

Lorenc H., 1991, *Wpływ urbanizacji Warszawy na zmienność opadów atmosferycznych,* Wiadomości OMGW, nr 1-4,

Lorenc H., Mazur A., 2003, *Współczesne problemy klimatu Warszawy,* IMGW, Warszawa,

Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Wawer J., 2001, *Klimat Warszawy w pracach Zakładu Klimatologii UW,* w: Badania środowiska fizycznogeograficznego aglomeracji warszawskiej, Prace Geograficzne IgiPZ PAN nr 180,

Wawer J., 1997, *Miejska wyspa ciepła w Warszawie,* Prace i Studia Geograficzne WGSR UW t.20,

Urban Sprawl. Warsaw Agglomeration, case study, 2005, (red. M. Gutry-Korycka), Wyd. UW, Warszawa

* Opracowanie wykonano w ramach V ramowego Programu Unii Europejskiej Urbs Pandens (projekt Urban Sprawl: Sprawl Patterns, Environmental Degradation and Sustainable Development)

Tabela 1 Średnia temperatura powietrza na stacjach miejskich i zamiejskich w okresie 1951-2000

Weather station	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Year
Bielany	-2,3	-1,6	2,2	8,3	13,9	17,4	18,8	18,1	13,6	8,7	3,3	-0,3	8,4
Observatory	-2,4	-1,6	2,2	8,3	13,9	17,3	18,7	18,1	13,5	8,6	3,3	-0,4	8,3
Okęcie	-2,7	-2,0	1,8	7,8	13,4	16,8	18,2	17,6	13,2	8,2	3,0	-0,7	7,9
Legionowo	-2,7	-2,0	1,8	7,9	13,6	17,2	18,6	17,8	13,2	8,2	3,0	-0,7	8,0

Tabela2 . Zmiany temperatury powietrza na stacjach miejskich i zamiejskich w okresie 1951-2000 (pogrubiono współczynniki korelacji istotne na poziomie 0,05, *N*=50)

Station	Bielany		Astronomical Observatory		Okęcie		Legionowo	
Months	współczynnik		współczynnik		współczynnik		współczynnik	
	regresji	korelacji	regresji	korelacji	regresji	korelacji	regresji	korelacji
I	0,05401	0,233	0,04947	0,219	0,04557	0,199	0,05418	0,220
II	0,08114	0,319	0,07441	0,301	0,07150	0,282	0,08290	0,313
III	0,06657	0,366	0,05995	0,345	0,05761	0,332	0,05924	0,334
IV	0,03024	0,259	0,02727	0,238	0,02286	0,203	0,02648	0,231
V	0,03705	0,332	0,03511	0,325	0,03092	0,286	0,03414	0,306
VI	-0,01096	-0,124	-0,00657	-0,077	-0,01411	-0,162	-0,00952	-0,109
VII	-0,00112	-0,010	0,00246	0,023	-0,00436	-0,039	-0,00302	-0,027
VIII	0,01085	0,119	0,01424	0,158	0,00840	0,094	0,00963	0,109
IX	-0,01311	-0,130	-0,00928	-0,095	-0,00977	-0,103	-0,01225	-0,124
X	0,00453	0,048	0,00283	0,031	0,00185	0,020	0,00157	0,016
XI	-0,01184	-0,083	-0,01333	-0,095	-0,02123	-0,150	-0,01833	-0,129
XII	0,00634	0,039	0,00542	0,034	-0,00270	-0,016	0,00080	0,005
Year	0,02114	0,350	0,02016	0,349	0,01555	0,269	0,02140	0,346

Tabela 3. Zmiany różnic średniej temperatury powietrza między stacjami miejskimi i zamiejskimi, 1951-2000

Months	Bielany-Okęcie		Astr. Observatory-Okęcie		Bielany-Legionowo	
	współczynnik		współczynnik		współczynnik	
	regresji	korelacji	regresji	korelacji	regresji	korelacji
I	0,00844	0,506	0,00390	0,261	0,00480	0,312
II	0,00965	0,564	0,00291	0,165	0,00580	0,382
III	0,00896	0,617	0,00233	0,171	0,00775	0,643
IV	0,00738	0,551	0,00440	0,316	0,00376	0,276
V	0,00613	0,474	0,00419	0,251	0,00291	0,165
VI	0,00315	0,258	0,00754	0,424	-0,00144	-0,093
VII	0,00324	0,267	0,00683	0,417	0,00190	0,163
VIII	0,00245	0,184	0,00584	0,380	0,00122	0,104
IX	-0,00335	-0,226	0,00048	0,031	-0,00086	-0,061
X	0,00268	0,190	0,00098	0,058	0,00296	0,198
XI	0,00940	0,606	0,00790	0,584	0,00649	0,553
XII	0,00904	0,561	0,00812	0,483	0,00554	0,450
Year	0,00560	0,726	0,00462	0,458	0,00287	0,320

Tabela 4. Różnice średniej temperatury powietrza między stacjami Bielany i Okęcie, 1951-2000

Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Year
1951	0,2	0,1	0,1	0,5	-0,1	0,5	0,4	0,3	0,3	0,0	0,2	0,1	0,2
1952	0,2	0,2	0,0	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3	0,1	0,0	0,0	0,2	0,2
1953	0,2	0,0	0,1	0,5	0,5	0,3	0,5	0,3	0,4	0,5	0,5	0,2	0,3
1954	0,0	-0,2	0,4	0,2	0,1	0,4	0,2	0,3	0,5	0,4	0,2	0,0	0,2
1955	0,2	0,4	0,1	0,3	0,6	0,5	0,4	1,0	0,8	0,5	0,2	-0,1	0,4
1956	-0,1	0,2	0,1	0,0	0,6	1,0	0,4	0,3	0,6	0,3	0,0	-0,1	0,3
1957	0,0	0,2	0,0	0,4	0,4	0,6	0,7	0,4	0,3	0,5	0,3	0,2	0,3
1958	0,1	0,0	0,3	-0,1	0,4	0,4	0,8	0,6	0,8	0,4	0,0	0,1	0,3
1959	0,1	0,4	0,4	0,5	0,4	0,7	0,6	0,4	0,6	1,0	0,1	0,1	0,4
1960	0,5	0,2	0,1	0,3	0,4	0,4	0,4	0,8	0,6	0,4	0,4	0,2	0,4
1961	0,6	0,3	0,2	0,5	0,6	1,0	0,6	0,4	0,4	0,9	0,3	0,5	0,5
1962	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,8	0,5	0,4	0,3	0,5	0,2	0,1	0,4
1963	0,3	0,7	0,2	0,5	0,5	0,6	0,7	0,5	0,4	0,3	0,0	0,7	0,5
1964	0,3	0,2	0,0	0,6	0,7	0,7	0,8	0,2	0,5	0,3	0,1	0,4	0,4
1965	0,4	0,4	0,6	0,3	0,6	0,5	0,5	0,6	0,7	0,6	0,1	0,3	0,5
1966	0,2	0,4	0,2	0,4	0,6	0,8	0,4	0,5	0,1	0,3	0,3	0,2	0,4
1967	0,2	0,4	0,4	0,1	0,5	0,6	0,8	0,5	0,3	0,4	0,4	0,1	0,4
1968	0,5	0,2	0,6	0,7	0,3	0,8	0,8	0,4	0,0	0,4	0,2	0,8	0,5
1969	0,7	0,2	0,2	0,5	0,6	0,8	0,7	0,2	0,5	0,7	0,2	0,1	0,4
1970	0,3	0,7	0,4	0,2	0,6	0,6	0,4	0,4	0,5	0,3	0,1	0,0	0,4
1971	1,0	0,1	0,3	0,3	0,7	0,4	1,1	0,8	0,4	0,2	0,1	0,1	0,5
1972	0,2	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,6	0,3	0,4	0,3	0,2	0,8	0,4
1973	0,6	0,3	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5
1974	0,4	0,4	0,2	0,4	0,3	0,5	0,6	0,5	0,8	0,2	0,7	0,4	0,4
1975	0,5	0,2	0,6	0,5	0,5	0,6	0,6	0,8	1,0	0,3	0,6	0,5	0,6
1976	0,1	0,5	0,3	0,3	0,7	0,7	0,6	0,6	0,2	0,2	0,3	0,4	0,4
1977	0,6	0,4	0,5	0,4	0,7	0,7	0,6	0,2	0,2	0,6	0,4	0,4	0,5
1978	0,4	0,9	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,3	0,5	0,5	0,2	0,6
1979	0,5	1,0	0,5	0,3	0,9	0,9	0,6	0,4	0,6	0,7	0,3	0,5	0,6
1980	0,8	0,2	0,1	0,6	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	0,2	0,5	0,4
1981	0,6	0,4	0,5	0,7	0,8	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,2	0,6	0,5
1982	0,4	0,4	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7	0,6	0,9	0,3	0,6
1983	0,3	0,8	0,6	0,8	0,8	0,9	0,8	0,6	0,5	0,6	0,7	0,9	0,7
1984	0,3	0,3	0,4	0,7	0,7	0,9	0,8	0,9	0,2	0,6	0,6	0,5	0,6
1985	0,8	0,8	0,3	0,6	0,8	0,7	0,8	0,7	0,5	0,6	0,4	0,4	0,6
1986	0,4	0,3	0,6	0,5	0,8	0,6	0,8	0,8	0,2	0,9	0,6	0,5	0,6
1987	0,2	0,6	0,2	0,5	0,7	0,7	0,8	0,7	0,5	0,4	0,4	0,2	0,5
1988	0,5	0,4	0,4	0,8	0,5	0,7	0,9	0,7	0,5	0,4	0,5	0,2	0,5
1989	0,4	0,4	0,7	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5
1990	0,4	0,8	0,6	0,7	0,6	0,8	0,5	0,5	0,4	0,7	0,5	0,5	0,6
1991	0,6	0,8	0,4	0,6	0,5	0,7	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,6	0,5
1992	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	0,7	0,6	0,4	0,4	0,6	0,6	0,6
1993	0,6	0,6	0,8	0,6	0,3	0,4	0,5	0,6	0,3	0,5	0,5	0,4	0,5
1994	0,6	0,5	0,5	0,7	0,6	0,8	0,4	0,7	0,7	0,7	0,5	0,6	0,6
1995	0,6	0,5	0,5	0,5	0,7	0,8	0,7	0,4	0,2	0,8	0,6	0,6	0,6
1996	0,0	0,2	0,4	0,4	0,7	0,7	0,8	0,3	0,1	0,3	0,3	0,4	0,4
1997	0,4	0,6	0,6	0,7	0,5	0,8	0,3	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5
1998	0,8	0,5	0,3	0,6	0,6	0,7	0,7	0,5	0,2	0,4	0,3	0,5	0,5
1999	0,8	0,7	0,8	0,5	0,6	0,3	0,5	0,6	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5
2000	0,6	0,5	0,3	0,4	0,5	0,8	0,7	0,4	0,0	0,3	1,0	0,6	0,5
1951-2000	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4	0,4	0,5

Tabela 5. Różnice średniej temperatury powietrza między stacjami Obserwatorium Astronomiczne i Okęcie, 1951-2000

Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Year
1951	0,2	-0,1	0,2	0,5	0,1	0,3	0,4	0,0	0,2	0,1	-0,1	0,1	0,2
1952	0,1	0,4	0,1	0,2	0,4	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,3	0,2
1953	0,5	0,4	0,3	0,5	0,6	0,0	0,2	0,4	0,1	0,3	0,2	0,1	0,3
1954	0,3	0,1	0,4	0,3	0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,5	0,2	-0,1	0,2
1955	0,1	0,2	0,3	0,2	0,4	0,3	0,2	0,4	0,5	0,3	0,0	-0,1	0,2
1956	0,0	0,5	0,2	0,1	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,3	0,0	-0,1	0,3
1957	0,0	0,1	0,0	0,5	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2	0,4	0,1	0,1	0,2
1958	0,2	0,1	0,5	0,1	0,5	0,5	0,8	0,6	0,7	0,3	0,0	0,1	0,4
1959	0,3	0,3	0,3	0,5	0,7	0,6	0,6	0,5	1,0	0,9	0,3	0,0	0,5
1960	0,2	0,2	0,0	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,2	0,2	0,1	0,3
1961	0,4	0,2	0,3	0,6	0,7	0,9	0,7	0,5	0,5	0,5	0,2	0,4	0,5
1962	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,7	0,6	0,3	0,3	0,5	0,2	0,4	0,4
1963	0,9	0,9	0,5	0,6	0,7	0,3	0,5	0,6	0,6	0,5	0,2	0,9	0,6
1964	0,7	0,8	0,5	1,3	1,1	0,6	0,9	0,4	0,5	0,4	0,5	0,4	0,7
1965	0,6	0,9	0,9	0,6	1,0	0,6	0,5	0,6	0,6	1,0	0,6	0,6	0,7
1966	0,5	0,6	0,4	0,5	0,4	0,4	0,4	0,1	0,3	0,1	0,2	0,1	0,3
1967	0,1	0,4	0,3	0,3	0,4	0,6	0,3	0,6	0,2	0,4	0,4	0,3	0,4
1968	0,7	0,4	0,7	0,7	0,2	0,3	0,4	0,1	-0,1	0,4	0,1	0,5	0,4
1969	0,4	0,2	0,3	0,6	0,7	0,7	0,6	0,1	0,2	0,7	0,3	0,4	0,4
1970	0,4	0,8	0,5	0,3	0,7	0,4	0,3	0,5	0,6	0,4	0,2	0,2	0,4
1971	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2	0,4	0,1	0,1	0,3
1972	0,6	0,1	0,3	0,5	0,5	0,5	0,2	0,3	0,4	0,5	0,3	0,5	0,4
1973	0,4	0,3	0,5	0,6	0,5	0,6	0,5	0,9	0,6	0,5	0,6	0,2	0,5
1974	0,2	0,1	0,2	0,5	0,3	0,4	0,5	0,3	0,5	-0,1	0,3	0,3	0,3
1975	0,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,2	0,2	0,4	0,4
1976	0,3	0,2	0,3	0,5	0,9	0,9	0,8	1,0	0,2	-0,1	0,0	0,2	0,4
1977	0,2	0,3	0,3	0,4	0,7	0,3	0,6	-0,1	0,0	0,3	0,2	0,2	0,3
1978	0,2	0,7	0,1	0,4	0,4	0,5	0,9	0,3	0,1	0,3	0,3	0,1	0,4
1979	0,5	0,6	0,1	0,3	0,8	0,7	0,6	0,2	0,5	0,1	0,1	0,3	0,4
1980	0,6	0,0	-0,1	0,7	0,5	0,6	0,4	0,4	0,3	0,0	0,1	0,2	0,3
1981	0,5	0,1	0,1	0,6	0,3	0,4	0,3	0,2	0,2	0,0	0,1	0,3	0,3
1982	0,3	0,2	0,3	0,6	0,7	0,4	0,4	0,3	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4
1983	0,2	0,8	0,4	0,6	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5
1984	0,2	0,1	0,3	0,5	0,3	0,6	0,3	0,4	0,1	0,2	0,3	0,3	0,3
1985	0,5	0,7	0,1	0,6	0,4	0,5	0,7	0,4	0,5	0,6	0,3	0,3	0,5
1986	0,3	0,6	0,4	0,3	0,6	0,4	0,8	0,4	0,2	0,5	0,5	0,4	0,4
1987	0,2	0,2	0,2	0,5	0,7	0,4	0,7	0,4	0,3	0,0	0,1	0,0	0,3
1988	0,3	0,0	0,2	0,5	0,1	0,3	0,4	0,3	0,1	0,0	0,2	0,0	0,2
1989	0,2	0,2	0,3	0,3	0,5	0,5	0,4	0,6	0,4	0,2	0,1	0,1	0,3
1990	0,1	0,4	0,1	0,5	0,6	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
1991	0,6	0,6	0,4	0,6	0,7	0,9	0,8	0,7	0,8	0,4	0,4	0,7	0,6
1992	0,6	0,7	0,4	0,7	0,8	0,7	0,7	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,6
1993	0,5	0,5	0,6	0,5	0,4	0,8	0,8	0,8	0,4	0,5	0,4	0,2	0,5
1994	0,3	0,2	0,3	0,6	0,7	1,0	0,3	0,6	0,6	0,6	0,3	0,3	0,5
1995	0,4	0,3	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8	0,6	0,1	0,6	0,5	0,5	0,5
1996	0,1	0,3	0,5	0,6	1,1	1,5	1,4	0,6	0,6	0,6	0,5	0,8	0,7
1997	0,7	0,8	0,9	1,0	1,0	1,1	0,6	0,6	0,8	0,8	0,5	0,5	0,8
1998	0,8	0,4	0,5	0,8	0,6	0,9	0,8	0,8	0,2	0,5	0,5	0,7	0,6
1999	0,7	0,6	0,4	0,6	0,5	0,2	0,5	0,4	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5
2000	0,5	0,4	0,4	0,4	0,4	0,5	0,5	0,7	0,2	0,1	0,8	0,9	0,5
1951-2000	0,4	0,4	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,4

Tabela 6. Różnice średniej temperatury powietrza między stacjami Bielany i Legionowo, 1951-2000

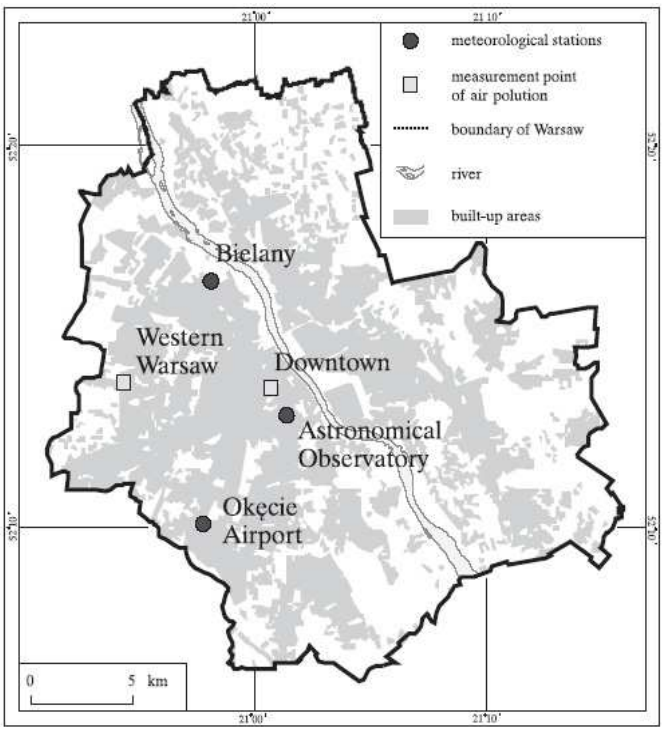
Year	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Year
1951	-	-	0,2	0,3	0,0	0,2	0,0	0,3	0,5	0,7	0,4	0,1	
1952	0,2	0,1	0,2	0,4	0,2	0,0	0,1	0,4	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
1953	0,2	0,1	0,1	0,6	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5	0,6	0,2	0,3	0,3
1954	0,1	0,5	0,3	0,1	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
1955	0,1	0,5	0,4	0,2	0,3	0,4	0,1	0,4	0,6	0,2	0,1	0,0	0,3
1956	0,1	0,0	-0,1	0,0	-0,1	0,2	0,1	0,2	0,3	0,1	0,1	0,0	0,1
1957	0,1	0,2	0,3	0,1	0,2	0,3	0,3	0,2	0,2	0,4	0,2	0,2	0,2
1958	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,2	0,0	0,3	0,2
1959	0,1	0,2	0,5	0,5	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,6	0,1	0,2	0,3
1960	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,1	0,1	0,2	0,3	0,6	0,4	0,2	0,4
1961	0,5	0,3	0,2	0,5	0,2	0,2	0,0	0,0	0,4	0,7	0,4	0,5	0,3
1962	0,2	0,4	0,4	0,4	0,1	0,2	0,1	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,3
1963	0,8	0,3	0,3	0,5	0,1	0,4	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,4	0,3
1964	0,2	0,4	0,3	0,4	0,0	0,1	0,0	0,0	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2
1965	0,4	0,3	0,5	0,4	0,2	0,0	0,3	0,2	0,6	0,4	0,2	0,2	0,3
1966	0,2	0,6	0,2	0,5	0,3	0,3	0,2	0,5	0,3	0,5	0,4	0,3	0,4
1967	0,4	0,4	0,4	0,1	0,2	0,1	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3
1968	0,2	0,3	0,5	0,6	0,2	0,1	0,0	0,3	0,3	0,4	0,3	0,6	0,3
1969	0,7	0,3	0,3	0,6	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,6	0,2	0,3	0,4
1970	0,6	0,8	0,3	0,4	0,3	0,1	0,3	0,2	0,4	0,3	0,3	0,1	0,3
1971	0,7	0,3	0,3	0,4	0,3	0,0	0,2	0,6	0,5	0,2	0,1	0,1	0,3
1972	0,5	0,3	0,6	0,3	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,7	0,3
1973	0,7	0,1	0,4	0,6	0,3	0,1	0,5	0,5	0,6	0,5	0,3	0,4	0,4
1974	0,4	0,6	0,6	0,6	0,4	0,3	0,6	0,6	0,6	0,3	0,6	0,3	0,5
1975	0,4	0,2	0,6	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,9	0,3	0,4	0,3	0,4
1976	0,3	0,9	0,5	0,4	0,5	0,4	0,3	0,6	0,6	0,5	0,4	0,5	0,5
1977	0,5	0,6	0,6	0,5	0,6	0,6	0,3	0,3	0,5	0,8	0,3	0,3	0,5
1978	0,4	0,6	0,5	0,5	0,6	0,4	0,6	0,5	0,4	0,6	0,3	0,8	0,5
1979	0,7	1,0	0,7	0,5	0,5	0,7	0,3	0,3	0,3	0,9	0,5	0,4	0,6
1980	0,6	0,5	0,5	0,5	0,2	0,3	0,2	0,4	0,5	0,3	0,2	0,4	0,4
1981	0,3	0,5	0,7	0,8	0,6	0,4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,2	0,6	0,5
1982	0,5	0,6	0,7	0,6	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,7	0,7	0,4	0,6
1983	0,1	0,5	0,5	0,7	0,6	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,4
1984	0,1	0,4	0,6	0,6	0,5	0,4	0,4	0,7	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4
1985	0,9	0,7	0,4	0,6	0,6	0,2	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	0,4	0,5
1986	0,2	0,8		0,6	0,4	0,2	0,3	0,4	0,5	0,8	0,4	0,4	-0,1
1987	0,8	0,6	0,5	0,3	0,3	0,4	0,3	0,0	0,7	0,8	0,7	0,3	0,5
1988	0,6	0,6	0,6	0,7	0,3	0,1	0,5	0,4	0,4	0,8	0,5	0,3	0,5
1989	0,3	0,4	0,7	-0,3	-1,1	-0,9	0,5	0,4	-0,5	-0,1	0,3	0,4	0,0
1990	0,4	0,6	0,5	0,5	0,2	0,2	0,1	0,4	0,3	0,8	0,4	0,2	0,4
1991	0,3	0,5	0,4	0,5	0,3	0,3	0,2	0,0	0,3	0,5	0,2	0,4	0,3
1992	0,3	0,3	0,7	0,5	0,3	0,4	0,3	0,5	0,5	0,4	0,4	0,3	0,4
1993	0,4	0,3	0,6	0,4	0,1	0,1	0,1	0,4	0,3	0,5	0,6	0,3	0,3
1994	0,3	0,6	0,4	0,4	0,1	0,0	0,1	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3
1995	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,3	0,1	0,1	0,1	0,7	0,3	0,7	0,3
1996	0,7	0,8	0,5	0,6	0,4	0,1	0,2	0,3	0,2	0,5	0,4	0,5	0,4
1997	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,2	0,1	0,2	0,5	0,4	0,3	0,3	0,4
1998	0,6	0,3	0,6	0,5	0,5	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,6	0,5	0,4
1999	0,6	0,3	0,7	0,5	0,4	0,0	0,0	0,3	0,3	0,2	0,4	0,1	0,3
2000	0,3	0,5	0,4	0,5	0,3	0,1	0,3	0,2	0,5	0,6	0,8	0,6	0,4
1951-2000	0,4	0,4	0,4	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4

Tabela 7. Tempo nagrzewania i wychładzania się powietrza w centrum miasta i na peryferiach w poszczególnych porach roku (°C/h), na podstawie danych z różnych okresów

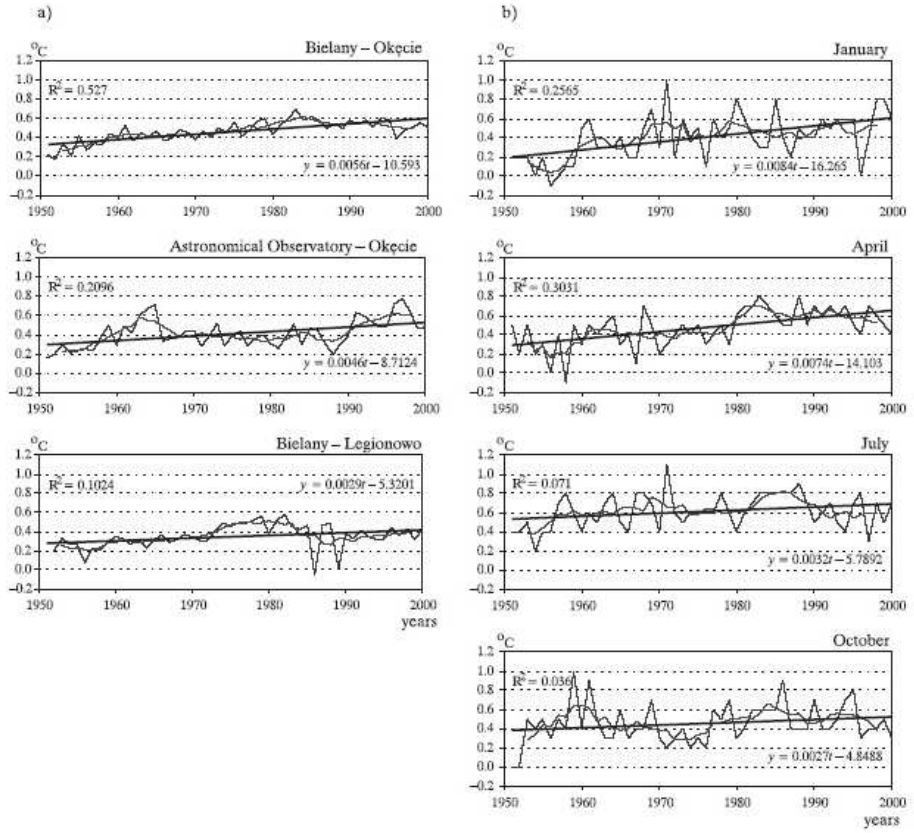
Season of the year	Rate of warming		Rate of cooling	
	downtown	peripheries	downtown	peripheries
Winter	0,2-0,1	1,5-2,5	0,1-0,7	1-3
Spring	0,3-2,0	1-3	0,1-0,7	1-3
Summer	ca, 1	1-3	< 1	1-5
Autumn	1-2	1-3	1-2	2-3

Tabela 8. Charakterystyka miejskiej wyspy ciepła w poszczególnych porach roku, na podstawie danych z różnych okresów

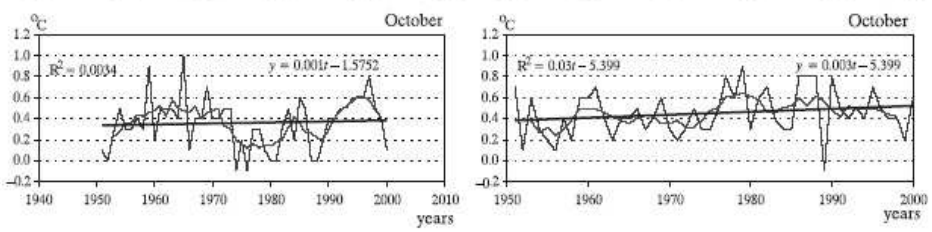
Season of the year	Time (hour) of			ΔT(°C) during the day	Extreme values of air temperature (°C)
	appearance	maximum	fading		
Winter	16-18	21-24	6-7	4 0	9-11
Spring	17-18	ca. 24	7-8	4 0	9
Summer	18-20	22-24	6-8	< 0	8
Autumn	16-18	21-1	6-9	< 0	8



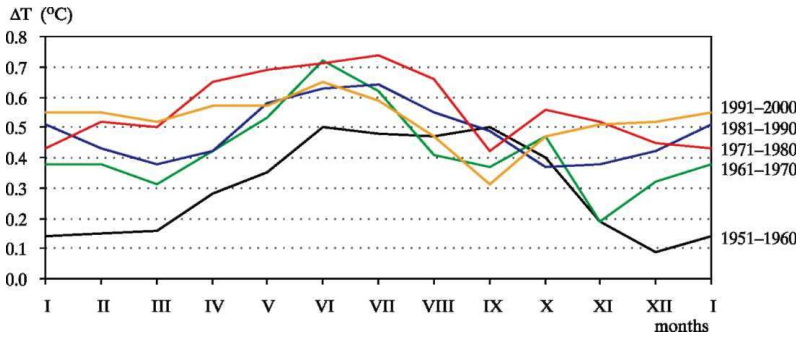
Rys. 1. Lokalizacja punktów pomiarowych



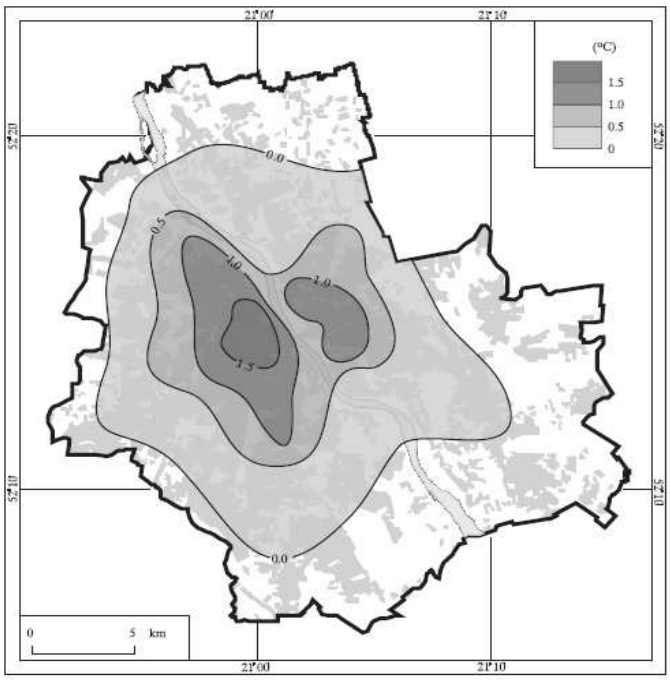
Rys. 2 . Różnice średniej rocznej temperatury powietrza między stacjami miejskimi i zamiejskimi (a) i w wybranych miesiącach między stacjami Bielany i Okęcie (b) w latach 1951-2000 (5-letnie średnie konsekutywne i linie trendu)



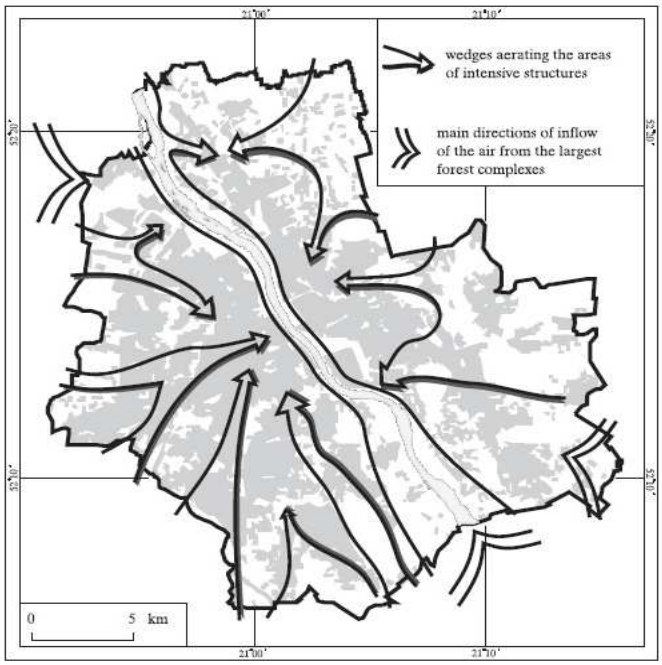
Rys. 3. Różnice średniej temperatury powietrza w wybranych miesiącach między stacjami Obserwatorium Astronomiczne i Okęcie (a), Bielany i Legionowo (b) w latach 1951-2000



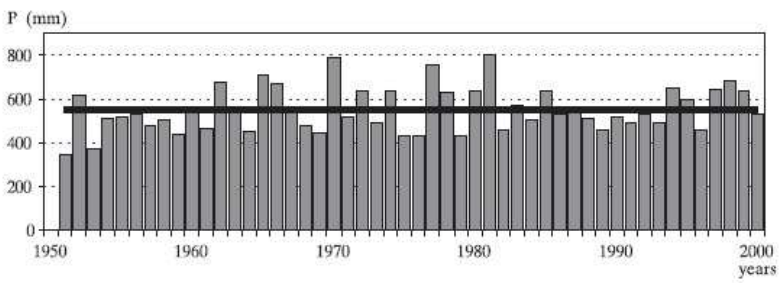
Rys. 4. Średnie różnice temperatury powietrza (°C) między stacjami Bielany i Okęcie w poszczególnych 10-leciach okresu 1951-2000



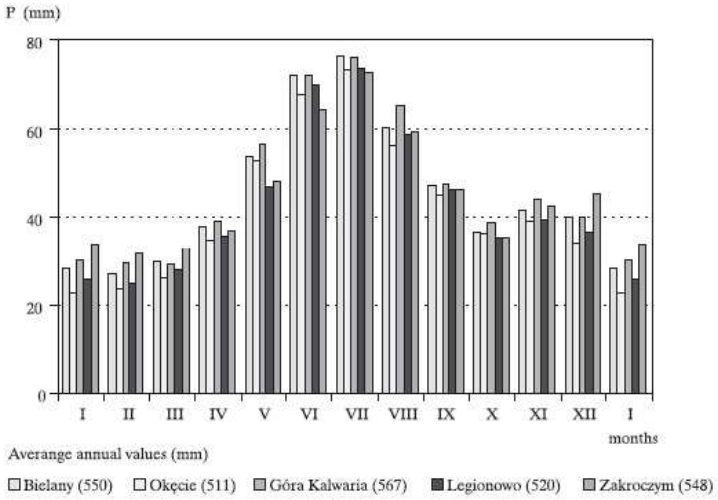
Rys. 5. Przestrzenne zróżnicowanie różnic średniej temperatury powietrza (°C) względem Okęcia w ciepłej części roku (maj-wrzesień), 1970-1980 (źródło: Kossowska-Cezak 2002)



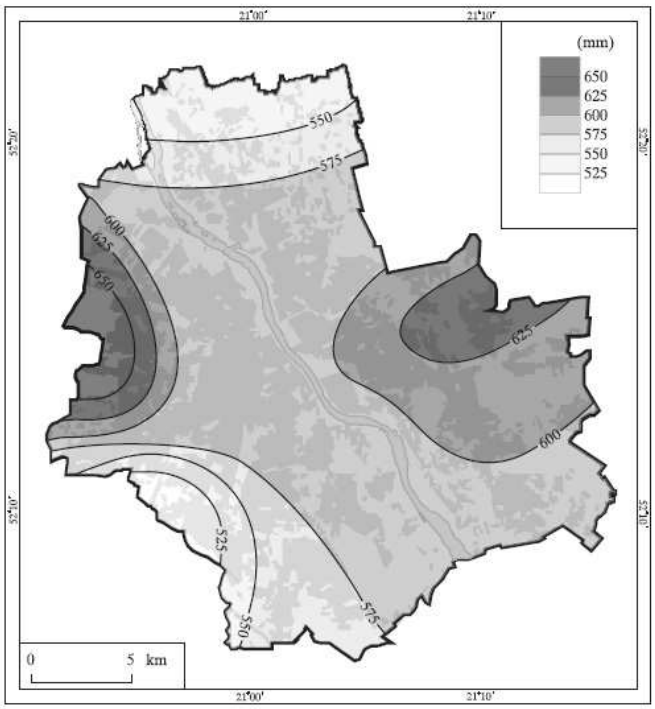
Rys. 6. Planistyczny system wymiany i regeneracji powietrza w Warszawie (źródło: www.um.warszawa.pl)



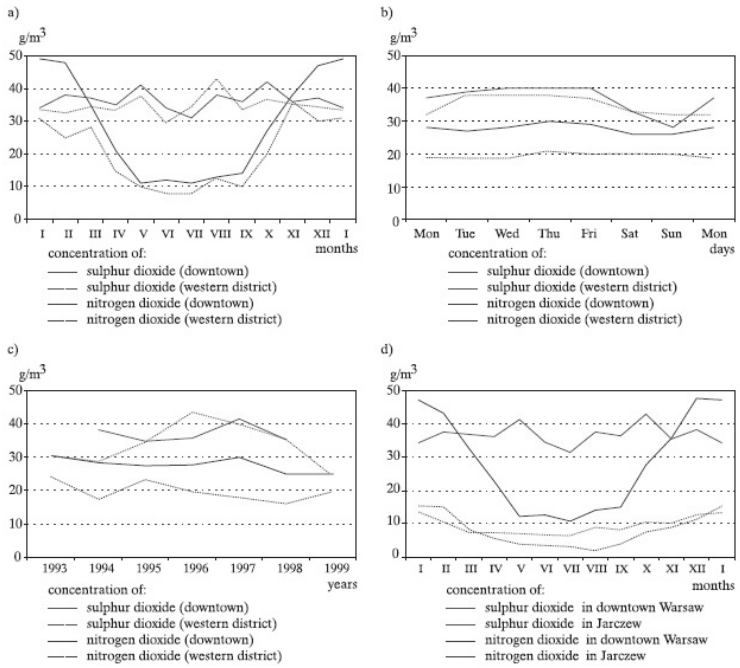
Rys. 7 . Średnie roczne sumy opadu na stacji Warszawa Bielany, 1950-2000. Linia czarna: średnia roczna suma z 50-lecia (550 mm)



Rys. 8. Średnie miesięczne i roczne sumy opadu w Warszawie i obszarze pozamiejskim, 1951-2000



Rys. 9 . Średnie roczne sumy opadu w Warszawie, 1976-1985 (źródło: Lorenc, Mazur, 2003)



Rys. 10. Stężenie SO_2 i NO_2 (1993-1999): miesięczne (a), w wybranych dniach tygodnia (b), roczne (c) i miesięczne w Warszawie i Jarczewie w okresie 1994-1998 (dane Inspekcja Ochrony Środowiska)

V. WARUNKI NEFOLOGICZNE W WARSZAWIE

Elwira ŻMUDZKA

Zarys treści. W pracy określono wielkość i strukturę zachmurzenia nad Warszawą. Opracowano dane ze stacji IMGW Warszawa-Okęcie w okresach: 1951-2000 (wielkość zachmurzenia), 1966-2000 (rodzaje chmur) i 1991-2000 (wielkość i rodzaj chmur). Dokonano analizy przebiegu rocznego zachmurzenia oraz częstości poszczególnych rodzajów chmur. Wyniki badań odniesiono do wyników analiz zachmurzenia na stacji zamiejskiej w Świdrze (1991-2000), co pozwoliło na określenie specyficznych cech zachmurzenia nad Warszawą.

Wstęp

Aglomeracje miejskie są przykładem powierzchni najsilniej zmodyfikowanych przez człowieka. Tak ogromne przekształcenie środowiska przyrodniczego skutkuje m. in. zmianą warunków pogodowych i klimatu na tych terenach (np. Lewińska i in. 1982, Oke 1995). Specyficzne cechy klimatu obszarów zurbanizowanych przejawiają się głównie w zmianie cech fizycznych powietrza, zwiększonym jego zanieczyszczeniu przez pyły i gazy oraz w hałasie. Główną przyczyną odrębności klimatu miejskiego jest zmiana bilansu radiacyjnego i cieplnego powierzchni. Wynika ona z wprowadzenia sztucznego podłoża (zwiększona powierzchnia czynna, inne właściwości, tj. albedo, przewodnictwo i pojemność cieplna materiałów), emisji zanieczyszczeń oraz zrzutów energii. Na terenie miast w porównaniu do terenów zamiejskich zmienia się struktura bilansu – udział poszczególnych strumieni ciepła, a także pojawiają się nowe, które nie występują, na przykład, na terenach użytkowanych rolniczo. Cechą charakterystyczną jest także duże przestrzenne zróżnicowanie struktury bilansu. Jednym z najbardziej charakterystycznych i najlepiej poznanych (choć nadal wymagającym dalszych badań) zjawisk towarzyszących obszarom zurbanizowanym jest miejska wyspa ciepła (UHI – *Urban Heat Island*) (Yague, Zurita, Martinez 1991, Wawer 1995, Kłysik, Fortuniak 1999, Fortuniak 2003 i inni). Znacznie słabiej jest rozpoznany modyfikujący wpływ miast na pola innych elementów, w tym także na zachmurzenie.

Materiały źródłowe i metody badań

Głównym celem opracowania jest określenie wielkości i struktury zachmurzenia nad Warszawą oraz różnic w wielkości i składzie rodzajowym zachmurzenia nad Warszawą oraz w terenie zamiejskim. Do charakterystyki warunków nefologicznych w Warszawie wykorzystano materiały źródłowe z drugiej połowy XX wieku (wielkość zachmurzenia) oraz z lat 1966-2000 (rodzaje chmur). W badaniach porównawczych oparto się na danych codziennych dotyczących wielkości zachmurzenia i rodzajów chmur z lat 1991-2000. Posłużono się danymi pochodzącymi z obserwacji naziemnych prowadzonych na stacjach IMGW Warszawa-Okęcie oraz Świder. Stacja Warszawa-Okęcie jest stacją lotniskową położoną na południowo-zachodnich peryferiach miasta, 8 km od centrum (52°09’57”N, 20°58’02”E, h = 110 m n.p.m.). Świder to stacja zamiejska (52°07’00”N, 21°14’13”E, h = 94 m n.p.m.), leżąca około 25 km na południo-wschód od Warszawy na terenie Otwo-

cka, miejscowości o charakterze parkowo-willowym. Jest to teren zalesiony, płaski o podłożu piaszczystym. Istotne znaczenie ma to, że stacja w Świdrze jest usytuowana na polanie o powierzchni około 1 ha, co powoduje ograniczenie obserwowanego wycinka nieba (w odległości około 100 m znajdują się wysokie drzewa).

Wielkość zachmurzenia

W latach 1951-2000 średnie roczne zachmurzenie w Warszawie wyniosło 64%. Najmniejsze zachmurzenie przypada na okres lata, największe występuje na przełomie jesieni i zimy. Wiosna jest mniej pochmurna od jesieni. Najpogodniejszym miesiącem, podobnie jak średnio w całej Polsce (Żmudzka 2007), był sierpień, najbardziej pochmurnym grudzień. Drugorzędne minimum zachmurzenia przypada na maj. Dość duże zachmurzenie oraz jego rozkład w ciągu roku wskazują, że jest to przebieg typowy dla szerokości umiarkowanych w odmianie klimatu morskiego (tab. 1).

Tabela 1. Średnie, największe i najmniejsze wielkości zachmurzenia wraz z latami ich wystąpienia oraz tendencja zmian średniej wielkości zachmurzenia w Warszawie-Okęciu w latach 1951-2000 (Żmudzka 2008)

Miesiąc pora roku rok	Wielkość zachmurzenia					
	średnia	największa	rok	najmniejsza	rok	trend [%·rok^{-1}]
I	74	88	1953, 1960, 1966, 1968	60	1963, 1969, 1998	-0,13
II	72	89	1973	44	1976	-0,10
III	64	82	1985	46	1974	-0,03
IV	61	80	1956	41	1988	-0,05
V	57	78	1962	39	1979	**-0,30**
VI	57	69	1974	38	1992	-0,02
VII	56	79	1980	29	1994	-0,13
VIII	53	65	1956, 1960	34	1973	**-0,16**
IX	56	78	1996	34	1975	0,14
X	61	86	1952	39	1988	-0,09
XI	77	92	1952	58	1984	-0,14
XII	79	92	1959	48	1972	-0,09
XII-II	75	85	1966	65	1976	**-0,11**
III-V	61	72	1962	50	1953	**-0,13**
VI-VIII	56	68	1960, 1980	40	1992	-0,10
IX-XI	65	85	1952	52	1982	-0,03
I-XII	64	71	1962	55	1982	**-0,09**

W drugiej połowie XX w. średnia roczna wielkość zachmurzenia nad Warszawą istotnie zmalała. Tendencja zmian wynosiła -0,09% na rok. Największe i znaczące zmniejszenie zachmurzenia wystąpiło w okresie zimowo-wiosennym. Średnia roczna wielkość zachmurzenia w Warszawie w ostatnim dziesięcioleciu XX w. była mniejsza niż przeciętna w drugiej połowie XX wieku (Żmudzka 2008). W latach 1991-2000 stosunkowo pogodne były sezony zimowo-wiosenne, ale także pojawiły się skrajnie pogodne miesiące letnie (rys. 1). Wyjątkowo małe miesięczne zachmurzenie wystąpiło w lipcu 1994 – War-

szawa-Okęcie 29%, Świder 34%. Było to również najmniejsze średnie miesięczne zachmurzenie z okresu 50-letniego. Podobną wielkość zachmurzenia stwierdzono w sierpniu 1973 i wrześniu 1975 roku. Lata te wyróżniły się także bardzo dużą roczną amplitudą wielkości zachmurzenia sięgająca 50-51%. Skrajnie duże miesięczne zachmurzenie stwierdzono w lutym 1999 roku: w Warszawie-Okęciu 84%, w Świdrze 88%. Podobną wielkość zachmurzenia na Okęciu stwierdzono także w listopadzie 1997 roku. Te wielkości zachmurzenia należały do dużych, jednak nie najwyższych z okresu 50-letniego. Przykładowo najbardziej pochmurnym miesiącem w Warszawie-Okęciu w drugiej połowie XX wieku był listopad 1952 roku oraz grudzień 1959 roku ze średnim zachmurzeniem 92%. Warto również zauważyć, że skrajne wielkości zachmurzenia w regionie warszawskim i średnio nad obszarem całej Polski nizinnej występują na ogół w tych samych latach (Żmudzka 2007).

Wielkość zachmurzenia w Warszawie i jej okolicach charakteryzuje się podobnym przebiegiem rocznym. Różnica polega jedynie na przesunięciu największej w ciągu roku średniej miesięcznej wielkości zachmurzenia z grudnia na listopad (rys. 2). W ciągu całego roku średnie zachmurzenie na stacji Warszawa-Okęcie jest jednak mniejsze niż na stacji zamiejskiej. W latach 1991-2000 średnia różnica w ciągu roku wynosiła 4%. Największa była w okresie letnim – 5%, najmniejsza zimą – 2%. W ujęciu miesięcznym największa różnica przypadała na sierpień – 6%, najmniejsza na styczeń – niecałe 2%.

Rodzaje chmur

Oprócz względnie mniejszej wielkości zachmurzenia nad obszarem miejskim w odniesieniu do terenów zamiejskich cechą charakterystyczną warunków nefologicznych w warszawskim obszarze metropolitalnym jest inny skład rodzajowy zachmurzenia.

Przeciętnie w wieloleciu 1966-2000 w godzinach okołopołudniowych wiosną, latem i jesienią największy udział w zachmurzeniu nad Warszawą mają chmury *Cumulus* (od 26% jesienią do 41% latem), zimą natomiast chmury *Stratocumulus* (27%) (rys. 3). Średnio w roku chmury *Cumulus* stanowią 29% obserwowanych rodzajów chmur, a chmury *Altocumulus*, *Stratocumulus* i *Cirrus* po 15-17%. Najrzadziej w ciągu całego roku występują chmury *Cirrocumulus* (do 0,3% jesienią). Podobną strukturę zachmurzenia nad Warszawą stwierdzono w ostatnim dziesięcioleciu XX wieku, które to wykorzystano do porównania warunków nefologicznych na terenie miasta i w obszarze zamiejskim. Dziesięciolecie to na tle okresu 35-letniego 1966-2000 wyróżniło się nieco większą w ciągu całego roku częstością chmur *Cumulonimbus* i *Altocumulus* (odpowiednio o 2 i 3%). Nieco rzadziej w ciągu całego roku były natomiast obserwowane chmury piętra niskiego *Stratus* i *Stratocumulus* oraz chmury warstwowe piętra wysokiego (o około 2 i 1%). Pozostałe rodzaje chmur występowały z podobną częstością, jak w okresie 35-letnim. W ujęciu sezonowym na uwagę w latach 1991-2000 zasługuje względnie duża częstość chmur *Cumulus* zimą, *Cumulonimbus* wiosną, *Altocumulus* wiosną i latem oraz mała chmur *Stratus* zimą i *Stratocumulus* wiosną i latem.

Nocą struktura zachmurzenia jest nieco inna niż w godzinach okołopołudniowych. W przeważającej części roku z największą częstością występują chmury *Stratocumulus* (od 37% wiosną do 42% jesienią i zimą), a następnie *Altocumulus* (21-22%). Tylko latem są najczęstsze chmury *Altocumulus* – 35%, co odróżnia strukturę rodzajów chmur w War-

szawie od struktury nad obszarem Polski nizinnej. Drugie miejsce pod względem udziału w zachmurzeniu mają wówczas chmury *Stratocumulus* (29%). Zimą natomiast są to chmury *Stratus* (27%). Średnio w roku nocą najczęściej obserwowanymi chmurami są *Stratocumulus* (37%), *Altocumulus* (22%), *Stratus* (15%) i *Cirrus* (11%). Chmury o rozbudowie pionowej *Cumulus* i *Cumulonimbus* oraz chmury *Cirrostratus* stanowią po niecałe 2% wszystkich obserwowanych chmur.

Porównując udział poszczególnych rodzajów chmur w zachmurzeniu w godzinach okołopołudniowych nad Warszawą i w terenie zamiejskim stwierdzono pewne różnice (rys. 4). Podstawowa różnica polega na tym, że zimą na stacji Warszawa-Okęcie najczęściej występują chmury *Stratocumulus*, a w Świdrze *Altostratus* i *Nimbostratus*. Najrzadziej nad Warszawą w ciągu całego roku występują chmury *Cirrocumulus*. Na stacji zamiejskiej charakteryzują się one najmniejszą frekwencją tylko wiosną. Latem najrzadziej obserwuje się tam chmurę *Stratus*, a zimą i jesienią oraz w ujęciu rocznym *Cumulonimbus*.

Te różnice w przebiegu rocznym najczęściej i najrzadziej występujących rodzajów chmur są konsekwencją innej struktury zachmurzenia nad obszarem miejskim i leżącym poza nim. W ciągu całego roku nad Warszawą z większą częstością niż w terenach zamiejskich występują chmury burzowe oraz chmury *Altocumulus* (rys. 5). Średnio w roku ich udział w zachmurzeniu nad obszarem miejskim jest większy o 6%. W ciągu roku szczególnie duży wzrost nad miastem częstości chmur *Cumulonimbus* występuje na wiosnę i latem. Nad obszarem miejskim częściej są także obserwowane chmury *Cumulus*; względny wzrost ich frekwencji ma miejsce głównie jesienią i zimą. Stosunkowo duża częstość chmur o rozbudowie pionowej w obszarze zurbanizowanym jest konsekwencją emisji ciepła sztucznego do atmosfery i odmiennych właściwości cieplnych powierzchni czynnej w mieście i poza nim. Antropogeniczne ogrzanie atmosfery nad miastem zmniejszające jej stabilność, powodujące wzrost warstwy granicznej oraz wpływające na zwiększenie częstości występowania równowagi chwiejnej (Olfe, Lee, 1971, Dohrn i in. 1982, Walczewski 1994) sprzyja rozwojowi konwekcji i wyniesieniu na wyższe poziomy wilgoci i zanieczyszczeń, będących potencjalnymi jądrami kondensacji. Zarówno wyspa ciepła, jak i struktura konwekcyjnej warstwy granicznej są silnie zróżnicowane na terenie metropolii miejskich. Różnice właściwości powierzchni czynnej silnie wpływają na intensywność konwekcji w różnych częściach miasta, generując poziome przepływy powietrza i inne zjawiska mikrocyrkulacyjne. Dlatego też duże znaczenie dla uzyskanych wyników ma położenie stacji uwzględnionych w badaniach (Kossowska-Cezak 1973, Żmudzka i in. 2003). Nie bez znaczenia są także główne cechy cyrkulacji na analizowanym terenie, które decydują o tym, czy stacja leży po stronie dowietrznej czy zawietrznej miasta. Położeniem stacji Świder po zawietrznej stronie Warszawy można tłumaczyć względny wzrost wielkości zachmurzenia, a także większą niż w mieście częstość chmur warstwowych piętra średniego i niskiego (np. udział chmur *As + Ns* w zachmurzeniu jest tam większy w ciągu roku o 7,5%, jesienią i zimą nawet o 10-11%) oraz chmur *Cirrocumulus* i *Cirrostratus*. Wynika to z kilku przyczyn. „Zniesione" znad obszaru wielkomiejskiego ciepłe i zanieczyszczone powietrze w pewnej odległości od miasta jest ubogacone w wilgoć, pochodzącą z rozległych obszarów leśnych, a także z dobrze uwilgoconej doliny Wisły. Zmieszanie ciepłego powietrza znad miasta z chłodniejszym na terenach zamiejskich przy dużej koncentracji aerozolu sprzyja powstawaniu chmur i zwiększeniu

pokrycia nieba chmurami. Warto zauważyć, że w miastach umiarkowanych szerokości geograficznych w miesiącach zimowych i częściowo wiosennych występuje nadwyżka wilgoci w stosunku do terenów je otaczających (za Fortuniak 2003). Nadwyżka ta utrzymuje się praktycznie przez całą dobę i jest skutkiem emisji wilgoci pochodzenia antropogenicznego. Tak więc nad chłodniejsze podłoże poza miastem w chłodnej części roku może napływać nie tylko ciepłe, ale i wilgotne powietrze. Jak wykazano (Żmudzka i in. 2003) miejska wyspa ciepła w Warszawie nie ogranicza się jedynie do strefy śródmiejskiej, ale często przesuwa się i obejmuje swym zasięgiem stacje peryferyjne, szczególnie położone po stronie zawietrznej. Bywają także sytuacje, gdy zanik miejskiej wyspy ciepła (zmniejszenie różnicy temperatury) w przypadku porównania ze stacją zamiejską może być także konsekwencją powstania tam własnej, lokalnej wyspy ciepła.

Podsumowanie

Wielkość zachmurzenia i skład rodzajowy chmur w Warszawie zależy od wielkoskalowych procesów cyrkulacyjnych. Zróżnicowanie warunków nefologicznych w skali lokalnej podlega jednak wielu uwarunkowaniom. Ważnym czynnikiem modyfikującym proces powstawania chmur jest czynnik urbanistyczny. Rola miasta w kształtowaniu pola zachmurzenia jest jednak trudna do oszacowania. Wynika to ze skomplikowanych interakcji między zróżnicowanym na obszarze miasta saldem energii i różnym udziałem poszczególnych strumieni ciepła (komórkowa struktura miejskiej wyspy ciepła generująca przepływ powietrza w skali miejscowej), obiegiem wody i zawartym w powietrzu aerozolem. Najczęściej wskazuje się na wzrost wielkości zachmurzenia nad strefą śródmiejską lub po stronie zawietrznej obszarów miejskich i przemysłowych. Bywają jednak sytuacje, gdy zwiększone zachmurzenie jest obserwowane po stronie dowietrznej, wskutek oddziaływania mechanicznego miasta. Wzrost wielkości zachmurzenia nad centrum Warszawy potwierdziła m. in. U. Kossowska-Cezak (1978). Jednocześnie autorka ta zauważa, że kompleks miejski może w pewnych warunkach sprzyjać mniejszemu pokryciu nieba przez chmury. K. Błażejczyk (2002) stwierdza natomiast, że „nie obserwuje się istotnych różnic zachmurzenia między stacjami znajdującymi się na terenie Warszawy" (s. 26). Istotne znaczenie dla uzyskanych wyników ma wybór stacji uwzględnionych w badaniach. Może to wpływać na niejednoznaczność wyników dotyczących zarówno zróżnicowania badanego elementu klimatu, jak i jego związków z czynnikami go kształtującymi, w tym z cyrkulacją atmosferyczną.

Literatura

Błażejczyk K., 2002, *Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej*. Dokumentacja Geograficzna nr 26, PAN IGiPZ, Warszawa.

Dohrn R., Raschke E., Bujnoch A., Warmbier G., 1982, Inversion structure heights above the City of Cologne (Germany) and a rural station nearby as measured by two Sodars. Meteorol. Rund., t. 35, s. 133-144.

Fortuniak K., 2003, *Miejska wyspa ciepła. Podstawy energetyczne. Studia eksperymentalne. Modele numeryczne i statystyczne*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.

Kłysik K., Fortuniak K, 1999, Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz, Poland. *Atmos. Environ.,* 33**,** 3885-3895.

Kossowska-Cezak U., 1973, *Osobliwości klimatu wielkomiejskiego na przykładzie Warszawy*. Prace i Studia IG UW nr 12, Klimatologia nr 7, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, s. 141-185.

Kossowska-Cezak U., 1978, *Próba określenia wpływu zabudowy miejskiej na wielkość zachmurzenia (na przykładzie Warszawy)*. Prace i Studia IG UW nr 25, Klimatologia nr 10, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, s. 55-63.

Lewińska J., Zgud K., Baścik J., Bartosik J., Czerwieniec M., 1982, *Wpływ miasta na klimat lokalny*. IKS.

Oke T. R., 1995, *Boundary layer climates*. Methuen, London.

Olfe D. B., Lee R. L., 1971, Linearized calculations of urban heat island convection effects. *J. Atmos. Sci.,* 28, 1374-1388.

Yague C., Zurita E., Martinez A., 1991, Statistical analysis of the Madrid urban heat island. *Atmos. Environ.,* 25B, 327–332.

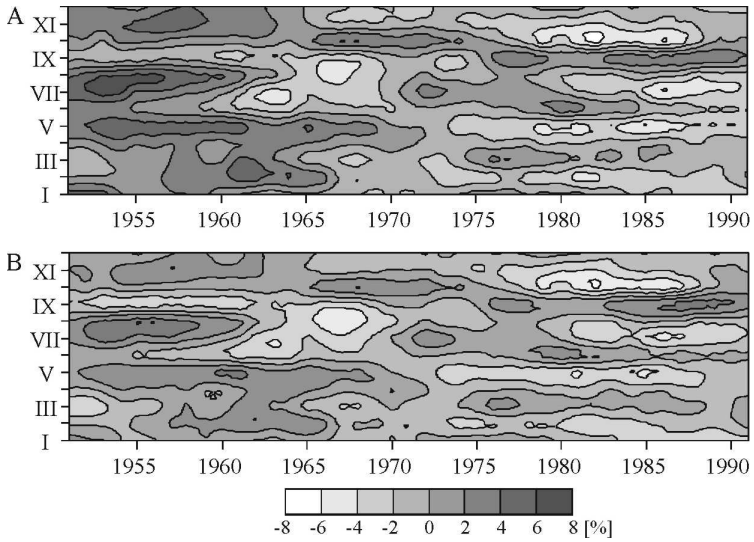
Walczewski J., 1994, *Charakterystyka warstwy granicznej atmosfery nad miastem (na przykładzie Krakowa)*. Materiały badawcze, seria: Meteorologia – 22, IMGW, Warszawa.

Wawer J., 1995, Wpływ warunków pogodowych na intensywność miejskiej wyspy ciepła w Warszawie. [w:] K. Kłysik, red., Klimat i bioklimat miast, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, s. 71-78.

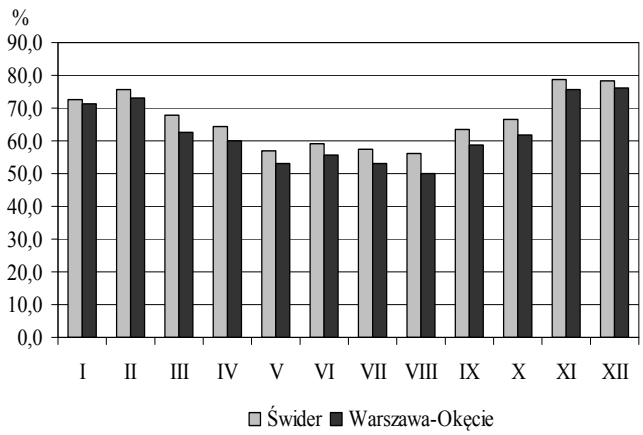
Żmudzka E., 2007, *Zmienność zachmurzenia nad Polską i jej uwarunkowania cyrkulacyjne (1951-2000)*. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.

Żmudzka E., 2008, *Zmiany zachmurzenia w Warszawie w drugiej połowie XX wieku*. [w:] K. Kłysik, J. Wibig, K. Fortuniak, red., *Klimat i bioklimat miast*. Monografia, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Katedra Meteorologii i Klimatologii UŁ, Łódź, s. 165-177.

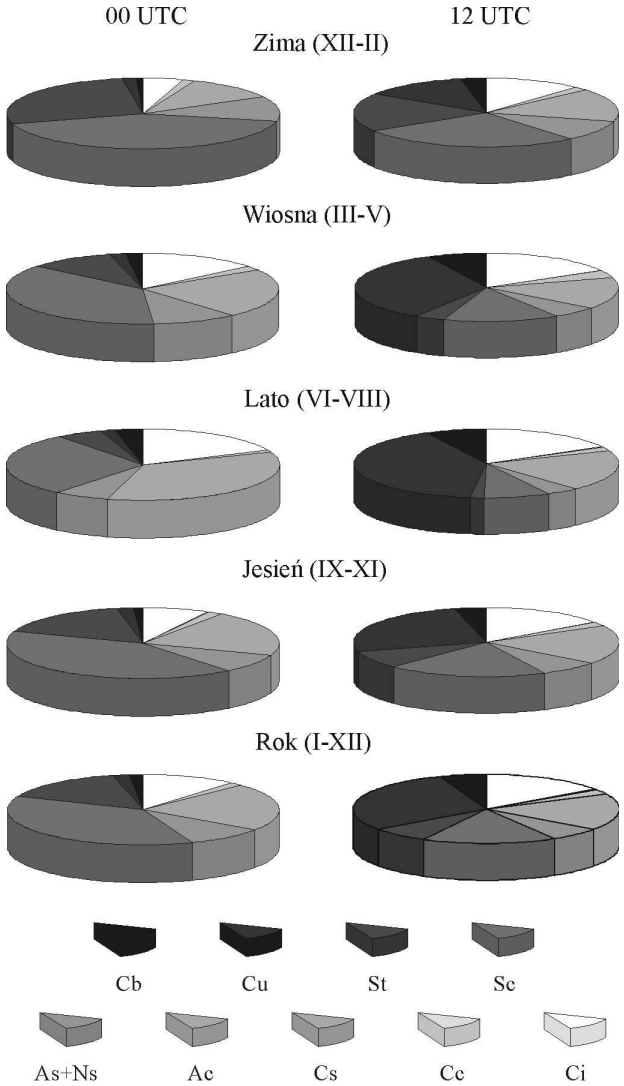
Żmudzka E., Kossowska-Cezak U., Dobrowolska M., 2003, *Circulation's Requirements of the Urban Heat Island Variations in Warsaw*. [w:] K. Kłysik. T. Oke, K. Fortuniak, S. Grimmond, J. Wibig (red.), *Proceedings*, t. 1., Fifth International Conference on Urban Climate, 1-5 IX 2003, Łódź, Poland, s. 163-166.



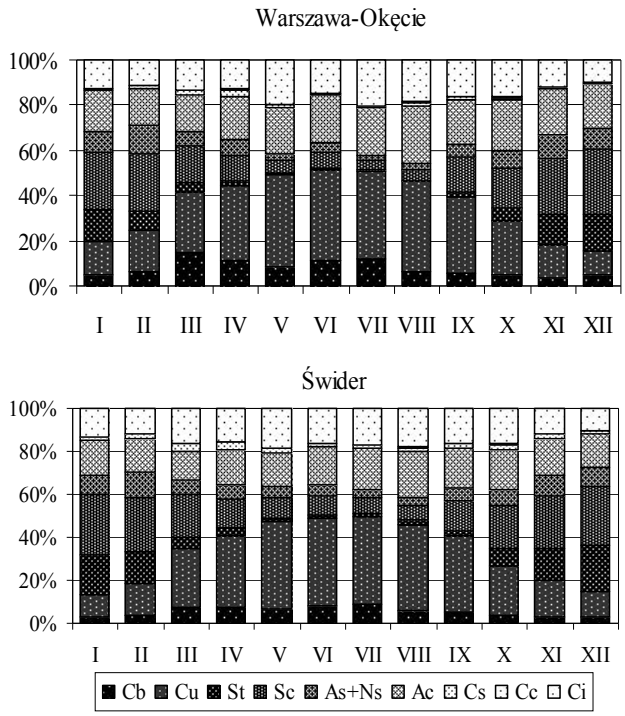
Rys. 1. Odchylenia średnich miesięcznych wielkości zachmurzenia w okresie 1951-2000 od średniej 50-letniej w Warszawie (A) i Polsce nizinnej (B) (wartości wygładzone przez średnią ruchomą 10-letnią) (Żmudzka 2008)



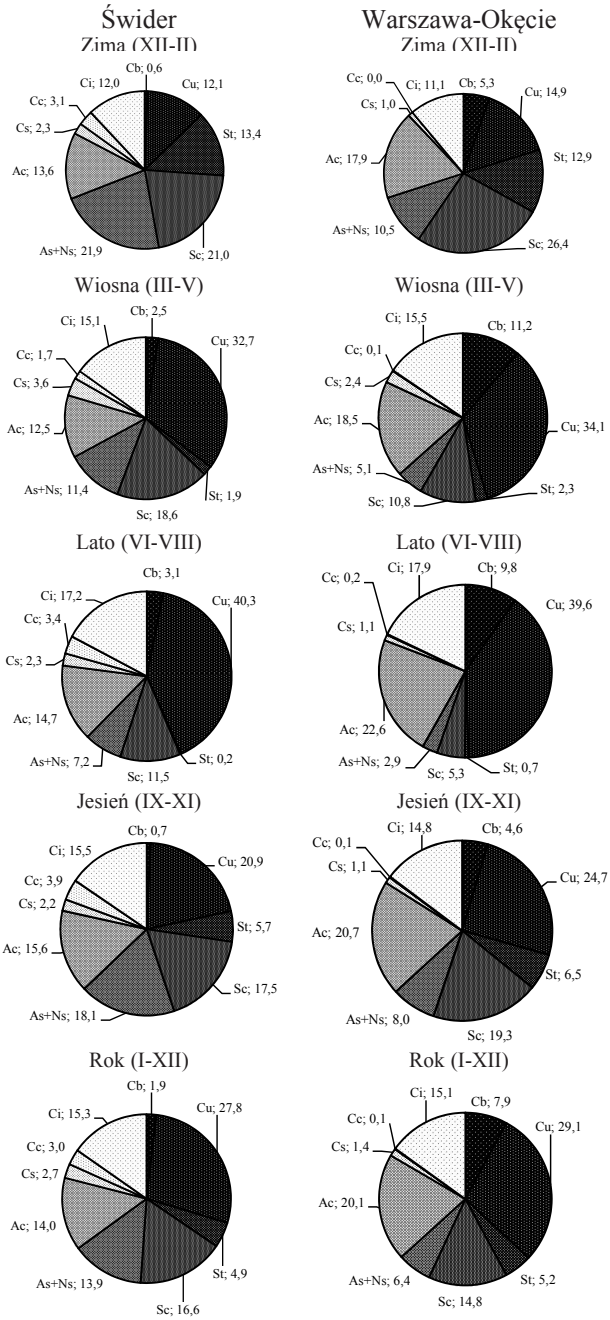
Rys. 2. Przebieg roczny wielkości zachmurzenia w Warszawie-Okęciu i Świdrze (1991-2000)



Rys. 3. Udział rodzajów chmur w zachmurzeniu o godzinie 00 i 12 UTC w Warszawie-Okęciu (1966-2000) – pory roku i rok (Żmudzka 2007)



Rys. 4. Przebieg roczny udziału poszczególnych rodzajów chmur w zachmurzeniu na stacjach Warszawa-Okęcie i Świder (1991-2000)



Rys. 5. Udział procentowy rodzajów chmur w zachmurzeniu w terminie południowym na stacjach Warszawa-Okęcie i Świder (1991-2000)

VI. ZAKOŃCZENIE

Ocena warunków klimatycznych i bioklimatycznych miast na potrzeby ich mieszkańców jest trudna, gdyż warunki atmosferyczne są najmniej stabilnym komponentem środowiska przyrodniczego. Zmienność warunków atmosferycznych zaznacza się we wszystkich przedziałach czasowych, od wieloletnich zmian klimatycznych, aż do zmian dobowych podstawowych elementów meteorologicznych dotyczących większości badanych miast.

Powoduje to najczęściej niejednoznaczną ocenę klimatyczną badanego miasta. Pewne walory, czy też niekorzystne cechy klimatu miasta mogą zaznaczać się jedynie w określonych przedziałach czasowych (np. pora roku, czy też pora dnia). Ujawnienie najbardziej charakterystycznych cech klimatu i bioklimatu miasta, jak również ich cech osobliwych, istotnych dla życia mieszkańców jest podstawowym zadaniem opracowań klimatycznych i bioklimatycznych.

Typowe cechy klimatu i bioklimatu miasta przedstawione są najczęściej na podstawie wieloletnich charakterystyk elementów meteorologicznych dostarczających informacji o warunkach przeciętnych, skrajnych i cykliczności pewnych zjawisk typowych dla danego miasta. Tego rodzaju charakterystyki są ważne nie tylko dla istniejącej zabudowy ale i projektowania nowych osiedli mieszkaniowych (np. częstość wiatrów z określonych kierunków, warunki termiczno-wilgotnościowe, opadowe, itp.). W charakterystyce klimatu lokalnego, która opiera się na specjalnych badaniach mikroklimatycznych w miastach i ich otoczeniu, najbardziej istotne jest poznanie mikroprocesów zachodzących w przyziemnej warstwie powietrza, pod wpływem lokalnych cech środowiska, takich jak: rzeźba, rodzaj powierzchni czynnej, ekspozycji terenu, co najlepiej widać na przykładzie strefy podmiejskiej Warszawy.

Kontrastowość dynamiczna i termiczna podłoża warunkuje bowiem powstawanie swoistej mikrocyrkulacji powietrza, która wraz z makrocyrkulacją (wiatrem) stwarza określone warunki przewietrzania obszaru zabudowy. Wartości elementów meteorologicznych zmierzone w krótkich seriach obserwacyjnych spełniają w tym przypadku głównie rolę pomocniczą.

Przy opracowaniu klimatu Warszawy i miejscowości strefy podmiejskiej wykorzystano materiały archiwalne: ze stacji meteorologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej na Okęciu i Bielanach, w Legionowie i Brwinowie, ze stacji Instytutu Geofizyki Polskiej Akademii Nauk w Otwocku oraz materiały ze stacji Zakładu Ekologii PAN w Dziekanowie Leśnym z lat 1951-2000.

Punktem odniesienia wielokrotnie była też śródmiejska stacja meteorologiczna Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego.

Własne obserwacje klimatyczne i mikroklimatyczne, przeprowadzono w pięciu miejscowościach: Konstancin, Otwock, Dziekanów Leśny, Wesoła, Mory w różnych latach drugiej połowy XX. wieku. W opracowaniu podstawowych elementów klimatologicznych w miejscowościach uzdrowiskowych zwrócono szczególną uwagę na pogody niekorzystne dla kuracjuszy i ich powtarzalność: silne wiatry, mgły, odwilże zimą, okresy deszczowe latem, itp.

Na własne obserwacje składały się najczęściej: odczyty wartości skrajnych temperatury w klatkach meteorologicznych umieszczonych na trasach najczęściej uczęszczanych przez kuracjuszy w wybranych punktach. Parokrotnie przeprowadzono całodzienne, cogodzinne pomiary temperatury i wilgotności powietrza w centralnych punktach uzdrowisk przy różnym zachmurzeniu. Pomiary wykonywano metodą marszrutową, przy różnych typach pogody w różnych porach dnia. Zgodnie z zasadami tej metody wytyczano trasy pomiarów uwzględniając ukształtowanie i pokrycie terenu oraz możliwości rozbudowy. W kilku, zawsze tych samych punktach wykonywano pomiary temperatury i wilgotności powietrza na poziomie 0,5 i 1,5 m nad powierzchnią gruntu, określono kierunki i prędkości wiatru oraz oceniano zachmurzenie.

W efekcie dokonano próby oceny klimatu lokalnego części uzdrowisk, określono miejsca mniej lub bardziej korzystne w klimatoterapii jak i dla ewentualnej rozbudowy.

Wynikami badań w Konstancinie, Otwocku i Dziekanowie Leśnym interesowały się Dyrekcje tych uzdrowisk w związku z zamierzoną ich rozbudową.

Przy opracowaniu klimatów lokalnych Otwocka i Dziekanowa Leśnego zastosowano metody kompleksowe – typy pogody wg E. E. Fiedorowa (1925). Opracowano elementy klimatu na podstawie materiałów z miejscowych stacji oraz strukturę klimatu w pogodach, w okresie 5 lat w Otwocku i Dziekanowie Leśnym.. Są to pogody: bezchmurne, pochmurne i deszczowe w badanych uzdrowiskach podane w% dni w roku. Wskaźnikami biometeorologicznymi, które znalazły zastosowanie w opracowaniach klimatycznych podwarszawskich miejscowości uzdrowiskowych, są temperatura ekwiwalentna i efektywna oraz ochładzanie katatermometryczne.

Ocena klimatu na potrzeby lecznictwa w uzdrowiskach nizinnych (Konstancin, Otwock, Dziekanów Leśny)

Chrakterystykę klimatu i bioklimatu Konstancina przedstawiono na podstawie wyników badań zamieszczonych w trzech pracach magisterskich, wykonanych w latach 1972-1977: *Charakterystyka warunków bioklimatycznych Śródmieścia Warszawy i uzdrowiska Konstancin* (Okrasa, 1972), *Klimat lokalny uzdrowiska Konstancin* (Kielak, 1977), *Warunki klimatoterapii w uzdrowisku Konstancin* (Mateja, 1977)

Klimatoterapia zajmuję się ustalaniem warunków klimatycznych skutecznych w walce z chorobami, dającymi się leczyć wyłącznie przy pomocy zmiany klimatu. Zmiana miejsca pobytu chorego jest jednym ze środków leczniczych, właściwych w walce z różnymi schorzeniami. Istotne jest ustalanie optymalnych warunków klimatycznych dla różnych rodzajów przebiegu rekonwalescencji oraz ustalenie, które miejscowości uzdrowiskowe je spełniają. Ustrój człowieka ulega wpływom środowiska zewnętrznego, do którego należą warunki atmosferyczne. Organizm ludzki ciągle jest narażony na bodźce meteorologiczne. Człowiek zdrowy potrafi dostosować się do różnego ich rodzaju i natężenia szybciej niż ludzie chorzy, rekonwalescenci, a także ludzie starsi. Ponieważ jednak organizm ludzki narażony jest w sposób ciągły na bodźce meteorologiczne, poznanie warunków klimatycznych uzdrowisk lub miejsca stałego zamieszkania ludzi, stanowi nieodzowną część badań bioklimatologicznych.

Klimat i bioklimat Konstancina

1. Celem pracy U. Okrasy (1972) jest ocena warunków bioklimatologicznych Śródmieścia Warszawy na podstawie danych ze stacji Warszawa-Uniwersytet w 10-leciu 1961-1970 oraz z roku 1970-1971, a także ocena tychże warunków mikroklimatycznych pomieszczeń Sanatorium Reumatologicznego w Uzdrowisku Konstancin w tym samym okresie badawczym (1970/1971).

Warunki bioklimatyczne Śródmieścia Warszawy w 10-leciu 1961-1970 i w 1970/1971 roku zostały scharakteryzowane niektórymi elementami klimatologicznymi oraz wskaźnikami kompleksowymi, które są bardziej adekwatne przy ocenie tychże warunków. O korzystnych cechach klimatu stolicy świadczy przewaga niemeteotropowych zmian ciśnienia atmosferycznego, przy czym przewaga ich występuje w ciepłej porze roku. Zmiany meteorotropowe najczęściej występują w styczniu, a niemeteorotropowe w lipcu. Za dodatnią cechę pod względem potrzeb klimatologii lekarskiej należy uznać występowanie małych kontrastów termicznych. W każdym miesiącu przeważają niemeteorotropowe zmiany termiczne, wyraźna ich przewaga zaznacza się jednak w chłodnym półroczu, a miesiącem najczęstszych meteorotropowych zmian temperatury jest kwiecień. Należy dodać, że organizm ludzki, a w szczególności człowieka chorego nie jest odporny na duże wahania zarówno termiczne jak i baryczne.

Z analizy warunków klimatu odczuwalnego, opierając się na wartościach temperatury ekwiwalentnej i efektywnej wynika, że warunki komfortu w ciepłej porze roku najczęściej zdarzają się w czerwcu, lipcu i sierpniu. Dni parne zdecydowanie przeważają w lipcu i sierpniu, a dni gorące w lipcu.

Rok 1970/1971 w odniesieniu do średnich wieloletnich 10-lecia 1961-1970 najbardziej różnił się w miesiącach ciepłego półrocza (przede wszystkim w maju, czerwcu i sierpniu). Maj 1971 roku odznaczył się zmniejszonym udziałem meteorotropowych zmian ciśnienia atmosferycznego oraz wyjątkowo często występującymi dniami gorącymi, w czerwcu zanotowano zwiększoną frekwencję meteorotropowych zmian ciśnienia i warunków przechłodzenia (opierając się na wartościach *TE*). Sierpień natomiast charakteryzował się częstszym występowaniem dni o zmienności temperatury powietrza ponad 6°C. Ponadto cechowała go dość mała (w porównaniu z 10-leciem) frekwencja stanu przechłodzenia (opierając się na wartościach *TEE*) i duża częstość warunków suchych ($f < 50\%$).

2. Z badań M. Kielak (1977) tj**.** pomiarów bioklimatycznych w Konstancinie wynika, że nie wszystkie miesiące w roku charakteryzują się warunkami sprzyjającymi leczeniu uzdrowiskowemu i przeprowadzaniu zabiegów klimatoterapeutycznych na świeżym powietrzu. Ze względu na temperaturę powietrza najbardziej sprzyjające do tego celu są miesiące letnie. Charakteryzują się one także mniejszą niż miesiące zimowe zmiennością temperatury z dnia na dzień, mniejszym zachmurzeniem i większą liczbą dni pogodnych, co sprzyja stosowaniu zabiegów helioterapii w tych miesiącach. Miesiące letnie odznaczają się także najmniejszymi wahaniami ciśnienia z dnia na dzień, co z punktu widzenia odczuwalności klimatu i jego bodźcowości jest zjawiskiem korzystnym dla organizmu człowieka.

W okresie lata najmniej sprzyjającymi warunkami bioklimatycznymi wyróżnia się lipiec, w którym najczęściej zdarzają się uciążliwe dla organizmu warunki gorąca i upału oraz warunki parności. W godzinach południowych najczęściej pojawiają się warunki

gorąca i upału , a w godzinach wieczornych – warunki parności. W miesiącu tym występuje także największa w roku suma opadu oraz duża liczba dni z opadem, nie sprzyjająca długiemu przebywaniu na świeżym powietrzu. Dodatnią cechą warunków klimatycznych w lipcu jest stosunkowo stabilna sytuacja baryczna, charakteryzująca się niewielkimi zmianami ciśnienia z dnia na dzień, oraz niewielką międzydobową zmiennością temperatury powietrza. Bardziej sprzyjające klimatoterapii są miesiące półrocza ciepłego: maj, czerwiec, sierpień i wrzesień, które odznaczają się znacznie mniejszą częstość występowania warunków gorąca, upału i parności. W sierpniu i we wrześniu panują także dobre warunki nasłonecznienia. Miesiące te charakteryzują się małym zachmurzeniem, dużą liczbą dni pogodnych oraz najmniejszą w roku liczbą dni z opadami.

Spośród miesięcy zimowych najlepszymi warunkami bioklimatycznymi wyróżnia się luty o największym usłonecznieniu (małym zachmurzeniem i dużą liczbą dni pogodnych). Jest to także najsuchszy miesiąc zimowy, wyróżniający się najmniejszymi wartościami ciśnienia pary wodnej w powietrzu i najmniejszą częstością pojawiania się warunków „wilgotno" i „bardzo wilgotno". Luty jest także miesiącem o najmniejszej w roku sumie opadów i najmniejszej liczbie dni z opadem. Stwarza to warunki sprzyjające przebywaniu na świeżym powietrzu i stosowaniu zabiegów klimatoterapeutycznych odpowiednich w tej porze roku.

Na terenie uzdrowiska można wyróżnić obszary o najbardziej korzystnych warunkach bioklimatycznych. Należy do nich otoczenie sanatorium „ Przy Źródle" oraz teren ścieżki zdrowia. Korzystną cechą warunków mikroklimatycznych na tych obszarach jest znaczna suchość powietrza oraz sprzyjające warunki termiczne. Znaczne zalesienie terenu powoduje „złagodzenie" wysokiej temperatury powietrza w godzinach południowych, co ma duże znaczenie zwłaszcza w porze letniej. Możliwe jest zatem przeprowadzenie niektórych zabiegów na świeżym powietrzu (leżakowanie, helioterapia), nawet o tej porze dnia.

Mniej korzystne warunki do leczenia uzdrowiskowego panują w obrębie terenów wiejskich (boisko szkoły w Jeziornie), ze względu na wysokie temperatury powietrza w godzinach południowych (w porze letniej) i częste pojawianie się warunków gorąca, niesprzyjających przeprowadzaniu zabiegów klimatoterapeutycznych o tej porze dnia. Celowe jest wtedy ich przesunięcie na godziny przedpołudniowe lub wieczorne, o mniejszej bodźcowości warunków termicznych. Dolina oraz niektóre obszary dzielnicy willowej charakteryzują się w niektórych porach dnia (godziny ranne lub wieczorne) niekorzystnymi warunkami wilgotnościowymi – zwiększoną zawartością pary wodnej w powietrzu i dużą częstością pojawiania się warunków parności. Należy unikać przebywania chorych w tych godzinach w dolinie i w dzielnicy willowej uzdrowiska.

Poznanie warunków mikroklimatycznych uzdrowiska Konstancin i ich zróżnicowania na tym terenie stwarza możliwości lepszego wykorzystania klimatu lokalnego w celach leczniczych. Uwzględniając różnorodność warunków bioklimatycznych na terenie uzdrowiska należy dążyć do racjonalnego wykorzystania obszarów korzystnych pod względem bioklimatycznym do celów terapeutycznych. Duże możliwości dla lecznictwa uzdrowiskowego stwarzają tereny zalesione, cechujące się łagodnymi warunkami termicznymi, dużą zawartością tlenu w powietrzu i korzystnych dla organizmu substancji lotnych wydzielanych przez drzewa (fitoncydy), suchością podłoża i sprzyjającymi warunkami wil-

gotnościowymi. Wymienione cechy przemawiają za tym, by na te tereny zwrócić szczególną uwagę w dalszym zagospodarowaniu i przystosowaniu warunków uzdrowiska do celów leczniczo-wypoczynkowych.

3. W pracy B. Matei (1977) wydzielono w Konstancinie także okresy w ciągu roku o warunkach odczuwalnych, w których korzystne jest stosowanie określonych zabiegów klimatoterapeutycznych. Okres „ciepły" trwający od maja do października, w którym można wydzielić 2 podokresy:1 – z przewagą warunków odczuwalnych „gorąco", obejmujący miesiące letnie: czerwiec, lipiec i sierpień. W porze południowej, kiedy warunki dyskomfortu zdarzają się najczęściej, należy stosować zabiegi seroterapeutyczne, nie wymagające dużego wysiłku fizycznego, aby nie doprowadzić do zbytniego przegrzania organizmu. Najkorzystniejsze więc jest werandowanie lub leżakowanie w cieniu. Natomiast zabiegi wymagające dużego zużycia energii (gimnastyka lecznicza, gry i zabawy ruchowe, biegi, spacery) należy przesunąć na wczesne godziny ranne i wieczorne, w których występują warunki komfortu termicznego. 2 – z przewagą warunków komfortowych obejmujący maj oraz wrzesień i październik, w których to miesiącach nie ma przeciwwskazań do stosowania najróżniejszych form klimatoterapii.

W ciągu całego okresu „ciepłego", ze względu na panujące w godzinach nocnych komfortowe warunki odczuwalne, korzystne jest zalecanie kuracjuszom snu przy otwartych oknach. Całodobowa aeroterapia daje korzystne efekty, prowadzi do polepszenia stanu ogólnego chorego, wzbogacenia krwi w tlen, poprawienia pracy układu oddechowego, sercowo-krwionośnego i termoregulacyjnego.

Okres „chłodny" trwający od listopada do kwietnia, w obrębie którego wyróżniają się podokresy z dominującymi warunkami dyskomfortu związanymi z dużą utratą ciepła z organizmu, przypadający na miesiące zimowe: listopad, grudzień, styczeń i luty. W tym podokresie najkorzystniejsze są czynne formy odpoczynku, jak spacery, gry ruchowe czy ćwiczenia. Należy dodać, że aeroterapia w chłodnej porze roku ma duże znaczenie, ponieważ chorzy większą część dnia spędzają w pomieszczeniu i w niewielkim stopniu korzystają ze świeżego powietrza. Ponadto okres zimowy sprzyja hartowaniu organizmu. Dawki zabiegów aseroterapeutycznych należy stopniowo zwiększać, aby zapobiec przeziębieniom wynikającym z przechłodzenia organizmu. W warunkach komfortu termicznego tj. w dwóch miesiącach: marzec i kwiecień można rozszerzyć formy zabiegów aseroterapeutycznych – do werandowania czy leżakowania.

Na podstawie zróżnicowania warunków odczuwalnych na terenie Konstancina, można wydzielić dzielnice, w których korzystne jest prowadzenie zabiegów klimatoterapeutycznych oraz takie obszary, na których zabiegi te są niewskazane w określonych porach dnia. W północno-zachodniej części Konstancina warunki odczuwalne są niezbyt dogodne dla organizmu. W godzinach rannych występują tu warunki chłodu, szczególnie długo utrzymujące się w dolinie rzeki Jeziorki. Natomiast w południe i w godzinach popołudniowych panuje dyskomfort prowadzący do przegrzania organizmu. Dogodne z punktu widzenia klimatoterapii są tu jedynie godziny wieczorne, w których przeważają warunki komfortu. Należy jednak pamiętać, że o tej porze dnia w dolinie Jeziorki dosyć często pojawia się chłód. Tereny położone na południowy-wschód od „Bazy" posiadają znacznie lepsze warunki klimatoterapii. W godzinach rannych, popołudniowych i wieczornych dominującym stanem odczucia ciepła jest tu komfort. Natomiast dyskomfortowe warunki przegrzania

często występują w porze południowej, zaś warunki chłodu – wcześnie rano. Ze względu na dominujący w ciągu dnia komfort, wskazane byłoby usytuowanie na tych terenach urządzeń klimatoterapeutycznych, takich jak boiska do gier i zabaw czy werandy. Należałoby tu również wytyczyć dróżki spacerowe z ławkami, gdyż z dosyć odległej od budynków sanatoryjnych, ścieżki zdrowia, nie mogą korzystać wszyscy kuracjusze.

Podsumowując warunki klimatoterapii w Konstancinie w ciągu roku stwierdzono, że najkorzystniejsze warunki odczuwalne występują w maju, wrześniu i październiku. Dlatego w miesiącach tych istnieją duże możliwości stosowania różnorodnych form klimatoterapii. W miesiącach letnich (VI, VII, VIII), w porze południowej ze względu na przewagę dyskomfortowych warunków związanych z wysokimi temperaturami, ograniczone są możliwości stosowania czynnych form aeroterapii. Jednakże dosyć duży udział komfortu we wczesnych godzinach rannych i wieczornych pozwala na prowadzenie kinoterapii. Miesiące zimowe (XI, XII, I, II) charakteryzują się dyskomfortowymi warunkami chłodu, w związku z czym mogą być prowadzone przede wszystkim czynne formy aeroterapii. Natomiast werandowanie czy sen przy otwartych oknach może być stosowany w przypadku osób zahartowanych i odpornych na przeziębienia.

O zróżnicowaniu warunków odczuwalnych na terenie Konstancina można ogólnie stwierdzić, że najkorzystniejsze warunki odczuwalne charakteryzują południowo-wschodnią, willowo-sanatoryjną dzielnicę Konstancina. Jej walory dodatkowo podwyższa las mieszany, wzbogacający powietrze w naturalne składniki odżywcze i lecznicze. Dlatego też na terenie tym powinny być lokalizowane urządzenia klimatoterapeutyczne czy też nowe budynki sanatoryjne. Północno-wschodnia część Konstancina ma niezbyt dogodne warunki odczuwalne. W celu ich poprawy korzystne byłoby zadrzewienie terenów znajdujących się na północ od doliny Jeziorki. Szata roślinna przyczyniłaby się do zmniejszenia częstości dyskomfortowych warunków gorąca i tym samym stworzyła możliwości prowadzenia klimatoterapii na tym terenie.

Klimat i bioklimat Otwocka

Cechy klimatu i bioklimatu Otwocka przedstawiono na podstawie wyników badań zamieszczonych w dwóch pracach magisterskich*: Bioklimat Otwocka* (Kopacz,1966) i *Zmiany odczucia termicznego w Otwocku w latach 1991-1995* (Kolbe-Sokolik, 2001).

Klimat Otwocka badano z uwzględnieniem potrzeb lekarskich i uzdrowiskowych. Celem pracy jest określenie i ocena klimatu Otwocka jako ośrodka klimatycznego w zakresie leczenia chorób dróg oddechowych, a głównie gruźlicy. Charakter mikroklimatu, a zwłaszcza osobliwości klimatu miejscowego, odgrywają ogromną rolę przy organizacji leczenia uzdrowiskowego, a szczególnie w planowaniu właściwych form klimatoterapii i klimatoprofilaktyki. Znajomość warunków klimatycznych nieodzowna jest również lekarzom dla prawidłowego wyboru uzdrowiska i sezonu kuracyjnego, który najlepiej odpowiada stanowi zdrowia i aktualnej odczynowości obronnej ustroju danego chorego. Ważne zatem jest badanie wpływu pogody na przebieg procesów fizjologicznych w organizmie i na objawy patologicznych reakcji przy jej zmianach. Określono strukturę klimatu Otwocka pod względem pogód w okresie 1961-1965 i przedstawiono znaczenie poszczególnych klas pogód dla klimatoterapii gruźlicy oraz reakcje chorych na te pogody i ich zmienność. W badaniach zastosowano metodę kompleksową – klas pogód, opraco-

waną przez Fiedorowa (1925), a udoskonalona i przystosowana do potrzeb klimatologii lekarskiej przez Czubukowa (1948). Taka metoda opracowania klimatu pozwala przedstawić konkretne warunki pogody obserwowane w danym uzdrowisku i ocenić prawdopodobieństwo ich wystąpienia. Daje ona znacznie lepsze możliwości oceny klimatu z punktu widzenia medycyny, niż często stosowana metoda średnich wartości poszczególnych elementów czy metoda klimatologii dynamicznej

1. Podstawą opracowania warunków klimatycznych uzdrowiska Otwocka (Kopacz, 1966) były dane ze stacji meteorologicznej w Świdrze (leży w granicach miasta Otwock) z okresu 5-lecia 1961-1965 oraz badania mikroklimatyczne wykonane na terenie sanatorium w okresie lipiec 1965 – marzec 1966.

Z badań wynika, że leczenie klimatyczne w Otwocku można prowadzić we wszystkich porach roku, przy zastosowaniu pewnych specjalnych środków , mających na celu stworzenie jak najlepszych warunków odczucia ciepła. Człowiek nie może usunąć całkowicie niesprzyjających wpływów pogody ale może np. utworzyć lepsze warunki odczucia ciepła, poprzez usunięcie ochładzającego wpływu wiatru. Powinno się również wykorzystywać tylko te pory dnia, w których istnieją warunki komfortu atmosferycznego. Odczucie komfortu zmienia się w ciągu roku, czas trwania tych warunków w ciągu dnia jest różny, w chłodniejszym okresie roku występują one tylko przy pogodach słonecznych w pełnym słońcu, natomiast w ciepłej porze roku – w cieniu. Warunki klimatyczne Otwocka charakteryzują się dużą zmiennością i zróżnicowaniem pogód, mających różne znaczenie klimatoterapeutyczne. Największą zmienność wykazują pogody wczesną wiosną i późną jesienią. Najbardziej stałe są natomiast pogody słoneczne w ciepłej porze roku oraz mroźne w zimie. Stałość pogody jest bardzo korzystną cechą klimatu, ponieważ nie wymaga od organizmu człowieka dużego nakładu przysposabiającego go do nowych warunków pogodowych.

Niesprzyjającą cechą klimatu jest natomiast występowanie dużych kontrastów termicznych, szczególnie znacznych amplitud dobowych w ciepłej porze roku Jest to cecha klimatu kontynentalnego, wynikająca głównie z charakteru podłoża. Nawet łagodzący wpływ lasu nie może zmniejszyć tych kontrastów termicznych. Natomiast przez cały rok utrzymuje się stosunkowo niska wilgotność względna powietrza, która szczególnie latem, przy wysokich wartościach temperatury, nie stwarza warunków odczucia parności. Dodatnią cechą klimatu uzdrowiska jest również niewielka liczba dni z mgłą oraz stosunkowo niewielka liczba dni z opadem.

Lasy Otwockie są naturalną przeszkodą zmniejszającą prędkość wiatru. Ze względu jednak na to, że nie jest on zbyt gęsty , zapewnia dostateczne przewietrzanie terenu. Piękne krajobrazy podnoszą jeszcze dodatnie walory tego uzdrowiska.

Najkorzystniejszy okres do leczenia klimatycznego istnieje od maja do października; wówczas pogody słoneczne stwarzają większe możliwości stosowania kąpieli powietrznych i wykazują najwyższą w ciągu roku powtarzalność. Przeważają w tym czasie warunki komfortu atmosferycznego. W okresie od czerwca do września nie zdarzają się również warunki przegrzania; w takich przypadkach możliwe jest przebywanie na werandach nawet w nocy.

Znaczną jednak częstość wykazują również w tym czasie warunki przechłodzenia. Konieczne jest wówczas stosowanie urządzeń zabezpieczających od ochładzającego wpły-

wu wiatru, które pozwalają na rozszerzenie okresu z korzystnymi warunkami do stosowania kąpieli powietrznych.

2. W pracy P. Kolbe-Sokolik (2001) przedstawiono również charakterystykę bioklimatu Otwocka w okresie 1991-1995, potwierdzającą wyjątkowe warunki klimatyczne tego terenu, korzystnie wpływające na organizm człowieka. Otwock był dawniej znanym ośrodkiem leczenia chorób płuc, dzięki działaniu bodźców biologicznych (olejki eteryczne sosny). Badania przeprowadzono na podstawie wskaźnika biometeorologicznego tj. temperatury efektywnej, która zależy od temperatury i wilgotności powietrza oraz prędkości wiatru .Temperatura efektywna powietrza zmienia się w ciągu dnia. Po porannym minimum (godzina 6), po którym następuje wzrost aż do południowego maksimum (godzina12), następuje spadek do wieczornego terminu obserwacyjnego (godzina 18.00), a także później. W badanym pięcioleciu największe wartości temperatury efektywnej (18,7°*TE*) występują w lipcu o godzinie 12 , w pomiarach wieczornych (o godzinie 18) osiągają 17,6°*TE*, a w porannych (o godzinie 6) zaledwie 14,6°*TE*. Najniższa średnia 5-letnia temperatura efektywna (-8,6°*TE*) była w lutym o godzinie 6, o godzinie 12 wyniosła -5,5°*TE,* zaś o godzinie 18 osiągnęła wartość -6,6°*TE*.

Przebieg roczny częstości odczuć cieplnych w latach 1991-1995 wskazuje, że występują warunki odczucia termicznego w całej skali odczuwalności: od zimna do gorąca. Zmienia się tylko ich częstość w ciągu roku i w porach dnia w poszczególnych latach . Średnio w pięcioleciu miesiącem z największym udziałem komfortu w porze rannej (godzina 6) jest styczeń (47% dni w pięcioleciu). Jednocześnie w tym miesiącu zaznacza się mały udział pozostałych odczuć. Najmniej odczuć komfortu w porannym terminie pomiarowym jest w sierpniu (20%). Miesiącem, w którym w ciągu pięciu lat był największy udział odczuć niekorzystnych, ze względu na przegrzanie, był lipiec (57%). W tym też miesiącu była najmniejsza w pięcioleciu liczba odczuć związanych z przechłodzeniem (15%). Występowały też okresy w roku, kiedy to o godzinie 6.00 było mniej warunków przegrzania – w miesiącach przejściowych: jesienno-zimowych (wrzesień, październik, listopad) i zimowo-wiosennych (luty, marzec). Miesiącami z największym udziałem warunków odczucia przechłodzenia w porannym terminie pomiarowym, były marzec i październik (75% dni w pięcioleciu).

W południowym terminie pomiarowym najbardziej komfortowym miesiącem w pięcioleciu był luty (55%), natomiast najmniej komfortowym – lipiec (11%). W lipcu też przypada największy w pięcioleciu udział odczuć przegrzania (85%) oraz najmniejszy przechłodzenia (4%). W listopadzie odnotowano najmniejszy udział przegrzania (9%), zaś w grudniu – największy udział przechłodzenia (52%) w pięcioleciu o godzinie 12.00. W wieczornym terminie pomiarowym trudno wskazać jeden miesiąc z dominacją odczucia komfortu. W pierwszych pięciu miesiącach roku warunki komfortu oscylują w pobliżu 40% dni. Minimum odczuć korzystnych w lipcu (6%) , z dominacją warunków przegrzania (89%) i odczucia przechłodzenia (5%). Najmniej przegrzania (5%) i najwięcej przechłodzenia (65%) stwierdzono w listopadzie.

Klimat i bioklimat Dziekanowa Leśnego

Warunki klimatyczne Dziekanowa Leśnego (Gniadek, 1969) charakteryzują się dużym zróżnicowaniem pogód od 2 do 13- klasy wg klasyfikacji Fiodorowa- Czubukowa. W let-

niej porze roku największą częstość ma klasa 3 – pogody słoneczne o średniej temperaturze dobowej do 27,4°C i wilgotności > 60%, zachmurzeniu poniżej 60% pokrycia nieba (nie uwzględniając wysokiego) i brakiem opadów. Największa frekwencja tej klasy jest we wrześniu (42,6%), czerwcu i lipcu (30% dni) oraz w sierpniu (25%).

Pogody klasy 4 (chmurne dni i pogodne noce) występują w ciągu całego roku z większą częstością w miesiącach letnich (czerwiec 16,6%). Podobny przebieg ma klasa 5 (umiarkowanie wilgotna z pogodnym dniem, a chmurną nocą) z większą frekwencją w czerwcu (> 14%). Z klas ciepłej pory roku zaledwie dwukrotnie w 5 latach obserwowano pogodę słoneczną, gorącą i suchą klasy 2. Większą rolę odgrywają licznie występujące pogody klasy 6 i 7, które charakteryzują się dużym zachmurzeniem w ciągu całej doby, wysokimi średnimi dobowymi temperaturami powietrza do 22,4°C oraz szerokim zakresem wilgotności względnej. Klasy te występują w ciągu całego roku a ich udział w niektórych miesiącach przekracza 50% (maj, listopad). W ciepłej połowie roku zdarzają się też pogody przymrozkowe: pochmurne - klasa 8 i słoneczne – 9. W grupie klas mroźnych występowały w badanym 5-leciu klasy: 10, 11 i 12, a tylko 2-krotnie klasa 13.

Największą zmienność wykazują pogody wczesną wiosną i późną jesienią, a najbardziej stałe to mroźne zimą i słoneczne latem. Stałość pogody jest bardzo korzystną cechą klimatu, ponieważ nie wymaga od organizmu człowieka szybkiego przysposobienia się do nowych warunków atmosferycznych. Organizm chorego człowieka nie jest odporny na duże wahania temperatury – kontrasty termiczne. Mniej korzystna w Dziekanowie Leśnym jest duża wilgotność względna, co w lecie przy wysokich temperaturach stwarza uciążliwe dla człowieka warunki parności.

W pracy porównano też warunki bioklimatyczne miejscowości uzdrowiskowych Dziekanowa Leśnego i Otwocka, w szczególności charakterystykę struktury klas pogody wg warunków odczucia ciepła dla ludzi chorych na gruźlicę. Okazało się że miejscowości te mają bardzo zbliżone warunki klimatoterapeutyczne. Wydaje się, że klimat w Otwocku może być zbyt suchy dla niektórych grup chorych. Ponadto Dziekanów Leśny wyróżnia się też korzystnie pod względem czystości powietrza. Do walorów Dziekanowa Leśnego należą ładne widoki krajobrazowe i urok Puszczy Kampinoskiej. Lasy sosnowe odświeżają powietrze, są też naturalną przeszkodą, lecz nie zbyt zmniejszającą prędkość wiatru, zapewniając jednocześnie przewietrzanie terenu.

Najkorzystniejszy okres do leczenia klimatycznego istnieje od maja do października, kiedy to pogody słoneczne, sprzyjające klimatoterapii, wykazują największą częstość i stwarzają warunki komfortu atmosferycznego (w miesiącach letnich > 15%, we wrześniu > 20% dni). W okresie od czerwca do września zdarzają się dość często warunki przegrzania podczas dnia a dopiero nocą występujący stan komfortu umożliwia spanie chorych na werandach. Przy warunkach przechłodzenia, które jednak wykazują znaczną częstość, konieczne jest stosowanie urządzeń zabezpieczających od ochładzającego wpływu wiatru.

Ocena stanu atmosfery pod względem rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń (Legionowo, Warszawa)

Pod względem zanieczyszczenia powietrza najbardziej niekorzystne są warunki równowagi stałej powietrza – inwersje termiczne, hamujące konwekcję, a więc pionowe turbulencyjne mieszanie powietrza. Według radiosondaży atmosfery, wykonanych w Legionowie

(okres 1954-1959), występuje przeciętnie w roku 265 dni z inwersją temperatury, w tym 156 dni z inwersją przyziemną i 109 z inwersją w swobodnej atmosferze, kiedy to temperatura wzrasta od pewnego poziomu ku górze (Nowosielski, 1959, *Inwersje temperatury przyziemne i w swobodnej atmosferze w Legionowie w okresie II 1954-31 XII 1958).*

Liczba dni z inwersją zależy od pory roku:

Inwersje	Zima	Wiosna	Lato	Jesień
Przyziemne	27,2	39,2	51,4	38,4
Wysokie	40,6	28,4	13,2	26,8

Częstość inwersji przyziemnych (pochodzenia radiacyjnego) jest największa w lecie, a inwersji wysokich (pochodzenia frontalnego) w zimie.

Inwersje przyziemne i wysokie występują przeważnie w masach powietrza kontynentalnego (PPk). Ponad 50% inwersji przyziemnych jest obserwowanych przy niebie pogodnym, a połowa wysokich – podczas nieba pochmurnego. Prawdopodobieństwo inwersji w ciągu nocy pogodnej jest bliskie 100%, a w dniu o zachmurzeniu konwekcyjnym, zanikającym wieczorem lub przy chmurach wysokich, które nie hamują wypromieniowania – ponad 50%.

Należy podkreślić, że inwersjom temperatury towarzyszą zwykle małe prędkości wiatru lub cisza, przy których poziomy i pionowy turbulencyjny ruch powietrza jest niewielki. Sprzyjają one akumulacji pyłów i SO_2, w przyziemnej warstwie powietrza oraz tworzeniu się mgieł.

Grubość warstwy inwersyjnej – najczęściej 300-500 m, zimą – do 100 m, w swobodnej atmosferze do wysokości 1500 m obserwowano 75% wszystkich inwersji, powyżej 3000 m – 2%. Analiza materiału wyjściowego (radiosondaże) jest bardzo wnikliwa, brak jednak było kompleksowego ujęcia wyników.

Zwarta zabudowa w Śródmieściu Warszawy wyróżnia się większą stabilnością temperatury powietrza – dłuższym utrzymaniem większych jej wartości niż na peryferiach, co jest naturalną konsekwencją zanieczyszczenia, utrudniającego swobodne wypromieniowanie ciepła z nagrzanej zabudowy śródmiejskiej.

Istotny wpływ na pionowy i poziomy ruch powietrza w mieście ma stratyfikacja atmosfery. Ponieważ centralna część miasta nagrzewa się silniej aniżeli tereny otaczające, w ciepłej porze roku zwłaszcza w ciągu dnia słonecznego, nad miastem wytwarza się zwykle równowaga chwiejna. Sprzyja to rozwojowi prądów konwekcyjnych – turbulencji wynoszącej powietrze na większą wysokość, wywołuje tym samym proces naturalnego oczyszczania przygruntowej warstwy powietrza lub przynajmniej zapobiega dalszemu gromadzeniu się zanieczyszczeń.

Zróżnicowanie temperatury między centrum i peryferiami, nawet nocą w półroczu letnim, jest również korzystny ze względu na proces samooczyszczania się powietrza nad miastem. Na peryferiach – zwłaszcza przy słabych wiatrach i niebie pogodnym – często występują inwersje temperatury (równowaga stała atmosfery), powodujące stagnację chłodnego powietrza przy gruncie. Tymczasem owa śródmiejska wyspa ciepła, jeśli nie przyczynia się do powstawania równowagi chwiejnej i prądów wstępujących, to w każdym razie utrudnia stabilność uwarstwienia, podtrzymuje istnienie dyfuzji turbulencyjnej, która powoduje zmniejszenie się zawartości aerozoli w przyziemnej warstwie atmosfery.

Ocena warunków termicznych i wilgotnościowych sezonu grzewczego (Mory)

Charakterystykę warunków atmosferycznych sezonu grzewczego przedstawiono w dwóch pracach magisterskich: *Charakterystyka termiczna sezonu grzewczego 1976/77 na przykładzie stacji w Morach* (Grochulska, 1978) i *Charakterystyka warunków wilgotnościowych sezonu grzewczego 1976/77 na przykładzie stacji w Morach* (Krawcow, 1979).

Prowadzone badania na terenie Instytutu Energetyki w Morach dotyczą charakterystyki termiczno-wilgotnościowej sezonu grzewczego 1976/77. Posłużyły one Instytutowi Energetyki jako dane, do prac nad nowymi systemami wykorzystania źródeł ciepła i poszukiwania optymalnych sposobów gospodarowania energią elektryczną.

Podstawowych wyników pomiarów do tego opracowania dostarczyła stacja meteorologiczna zainstalowana w Morach przez Zakład Klimatologii Instytutu Geografii Uniwersytetu Warszawskiego (działająca od trzeciej dekady października 1976 r. do końca kwietnia 1977 r). Przeprowadzono pomiary temperatury, wilgotności powietrza (psychrometr Augusta), ciśnienia atmosferycznego (aneroid) oraz kierunku i prędkości wiatru (anemometr Robinsona), na standardowej wysokości 2m nad poziomem gruntu. Obserwacje wykonywano trzy razy na dobę o godzinie 7, 13, 19 uzupełniając je odczytami z termohigrografu. Do charakterystyki warunków termicznych wykorzystano również dane z dwóch innych stacji : Warszawa-Uniwersytet i Warszawa-Okęcie.

1. Wahania temperatury powietrza w sezonie grzewczym 1976/77 nie odbiegają od ogólnego przebiegu temperatury w tej porze roku (Grochulska, 1978). Inaczej jest w porównaniu z 10-leciem 1961-1970. W okresie od listopada 1976 do marca 1977 temperatury średnie miesięczne były wyższe od 0,9 do 4,0°C, zaś kwiecień 1977 był chłodniejszy o 2,0°C niż w dziesięcioleciu 1961-1970.

Temperatura powietrza bardzo często zmieniała się pod wpływem adwekcji powietrza o różnych właściwościach termicznych. Zmiany temperatury z dnia na dzień nie odbiegały od średnich wartości notowanych w strefie klimatu umiarkowanego. Wynosiły one w sezonie grzewczym 1976/77 ok. ±2,0°C. Wartości ekstremalne temperatury od listopada 1976 do marca 1977 były wyższe niż w dziesięcioleciu 1961-1970, a w kwietniu 1977 – niższe. Temperatura minimalna jesienią i wiosną najczęściej występowała między godziną 5 i 7, a w zimie – między 6 i 8. Natomiast temperaturę najwyższą notowano najczęściej między godziną 13 i 15. Stwierdzono związek temperatury z kierunkami wiatru – jej wzrost przy napływie powietrza z sektora południowego, a spadek przy wiatrach z sektora północnego i (w czasie zimy) wschodniego. Nie otrzymano natomiast istotnych powiązań temperatury z prędkością wiatru. Współczynniki korelacji tych dwóch elementów mają niskie wartości (około 0,2-0,3).

Wyniki pomiarów prowadzonych na stacjach meteorologicznych Okęcie i śródmiejskiej: Uniwersytet Warszawski – również potwierdziły znane prawidłowości. Temperatura powietrza w centrum miasta była wyższa niż w Morach i na Okęciu. Szczególnie duże różnice obserwowano nocą w zimie.

2. Oceniono również na tym terenie tj. w Morach zawartość pary wodnej w powietrzu, w okresie grzewczym XI 1976 – IV 1970, z uwzględnieniem niektórych elementów meteorologicznych (Krawcow, 1979).

Stan wilgotności powietrza oceniono, uwzględniając cztery wskaźniki: ciśnienie pary wodnej (hPa), wilgotność bezwzględną (g/m3), niedosyt wilgotności powietrza (hPa) i wilgotność względną (%). Wykazano też związki poszczególnych wskaźników wilgotności z innymi elementami meteorologicznymi na tym terenie. Warunki wilgotnościowe sezonu grzewczego 1976/77 porównano z archiwalnymi danymi z okresu ostatniego dziesięciolecia 1961-1970 ze stacji Warszawa – Uniwersytet.

. Powietrze na terenie Mor odznaczało się większą wilgotnością względną i zawartością pary wodnej. W przebiegu czasowym zaznaczył się wyraźny podział na miesiące jesienno-zimowe, o stanie wilgotności powietrza zbliżonym do nasyconego i miesiące wiosenne charakteryzujące się większą suchością powietrza. Zależność ciśnienia pary wodnej od temperatury powietrza w Morach określono wyznaczając współczynniki korelacji *r* i równania prostych regresji. Zależność ciśnienia pary wodnej od temperatury powietrza zaznaczała się najbardziej w miesiącach zimowych. Współczynniki korelacji (*r*) tych dwóch elementów wynoszą w tym okresie 0,90-0,96 .

Wilgotność powietrza bardzo często zmieniała się pod wpływem adwekcji powietrza o różnych właściwościach termicznych – wzrastała przy napływie powietrza z sektora południowego, a malała – przy napływie z sektora północnego i wschodniego w czasie zimy. Inaczej jednak wyglądają jej wartości w porównaniu z 10-leciem 1961-1970. W okresie od listopada 1970 r. do marca 1977 r. ciśnienie pary wodnej było wyższe od 2,0 do 0,6 hPa, niedosyt wilgotności niższy od 0,3 do 0,6 hPa.

Ocena klimatu na potrzeby komunikacji lotniczej (Warszawa-Okęcie)

Klimat Okęcia dobrze charakteryzują dwie prace magisterskie: *Klimat lotniska Warszawa-Okęcie (1951-1960)* (Osos,1963) i *Charakterystyka warunków odczuwalnych otoczenia Warszawy na przykładzie stacji Okęcie w latach 1966-1970* (Szulc-Bomba, 1991)

1. Na Okęciu w latach 1951 – 1960 przeważały wiatry zachodnie (Osos, 1963). Polska leży bowiem w strefie cyrkulacji zachodniej, gdzie dominuje pogoda związana z wędrówką niżów, głównie wzdłuż „Szlaku Bałtyckiego". Najczęstsze są wiatry z kierunku 270° (W), których częstość wynosi 12,9%. Rzadziej występują cisze – 11,9% i kierunek 247,5° – 7,9%. Najmniej zanotowano wiatrów z kierunku 22,5° – 1,8%. Najwięcej jest wiatrów o prędkości z przedziałów 4-6 oraz 7-10 węzłów (2-3 m/s) stanowiąc 27% i 25% ogólnej liczby wiatrów. Korelując prędkość wiatru z kierunkiem, stwierdzono największą powtarzalność z kierunku 270° o prędkości od 11-16 węzłów. Wiatrów najsłabszych (1-3 węzły) jest najwięcej z kierunku 180°, a najsilniejszych 34-40 węzłów (16 razy), a nawet 48-55 węzłów (1 raz) z kierunku 247,5°. Przewaga kierunku 270° utrzymuje się w zakresie prędkości od 46 do 22-27 węzłów; dla większych prędkości jest już najczęstszy kierunek 247,5°. Dla wiatrów z kierunku 22,5° nie zanotowano ani jednego przypadku o prędkości powyżej 21 węzłów (10 m/s).

Temperatura średnia roczna przekracza (5°C) jest wyższa niż wynika to z położenia geograficznego. Dodatnia anomalia termiczna Europy jest wynikiem oddziaływaniu ciepłych wód Prądu Zatokowego. Zakres wahań temperatury jest duży. Średnie dobowe wartości zmieniają się od -25°C do +27°C, co jest związane z napływem różnych mas

powietrznych w różnych porach roku. Wilgotność względna na Okęciu jest większa niż na Bielanach, ponieważ obszar lotniska to dawne, dziś zdrenowane tereny podmokłe. Wokół nich nadal znajdują się liczne drobne zbiorniki wodne.

Zachmurzenie średnie roczne wyższe niż 5/10 – związane jest z położeniem Polski w strefie umiarkowanych szerokości geograficznych, w klimacie przejściowym, co stwarza warunki do tworzenia się i występowania wszystkich rodzajów chmur.

Średnie sumy miesięczne opadów wahają się w ciągu roku w granicach od 20 mm w lutym do 79 mm w lipcu. Stosunek opadów półrocza zimowego do opadów półrocza letniego ma się jak 172:298. Stosunkowo małe sumy opadów na Niżu Polskim, według niektórych autorów, są wynikiem tak zwanego „Mazowieckiego cienia opadowego".

Mgły występujące na lotnisku są przeważnie związane z napływem mas morskich (W-NW) lub z przenoszenia mgieł z nad doliny Wisły (E-SE), albo są lokalne na skutek wypromieniowania. Ich przebieg roczny i dobowy wiąże się z przebiegiem temperatury i wilgotności .

Burze notowane są wyłącznie w półroczu letnim w związku z intensywnym rozwojem chmur kłębiastych, na skutek dużych gradientów pionowych temperatury.

Podstawa chmur niskich (do 270 m) zależy od kierunku i prędkości wiatru. Chmury niskie najczęściej występują podczas cisz (245 przypadków), a chmury najniższe – przy kierunku 270° (90 przypadków) i przy kierunku 292,5° (77) . Również chmury niskie w pozostałych przedziałach podstawy notowano najczęściej przy wietrze z kierunku 270°. Chmury najniższe do 30 m (w przedziale 00-01) występują tylko sporadycznie przy wiatrach z kierunków 0-22,5° i 337,5° (po 3 przypadki). Największą częstość mają chmury o podstawie 150-270 m (05-09), o prędkości przy wietrze 0-6 węzłów (również przy tej samej prędkości obserwowane są najczęściej chmury najniższe, a następnie przy prędkości 7-10 węzłów). W badanym pięcioleciu obserwowano najczęściej chmury o podstawie 00-01 przy ciszach, następnie z przedziału 05-09 przy wietrze z kierunku 270° o prędkości 11-16 węzłów i dalej o podstawie 05-09 przy ciszach. Chmury najniższe (00-01) najczęstsze są przy ciszach, przy wietrze z kierunku 270° o prędkości 7-10 węzłów (48 przypadków) i przy wiatrach z kierunku 292,5° o prędkości od 0-6 węzłów.

Widzialność do 2300 m jest najczęstsza przy ciszach (864 przypadki w pięcioleciu). Widzialność najmniejsza (00-03) najczęściej występuje przy wiatrach z kierunku 135° (41 przypadków), natomiast najmniej przy wiatrach 360° i 337,5° (1) . Największą częstością charakteryzuje się przedział widzialności 08-23 przy wietrze z kierunku 270° o prędkościach: 0-6, 7-10 i 11-16 węzłów. Widzialność najmniejsza (00-03 – do 300 m) występuje najczęściej przy wiatrach z kierunku 292,5° przy tej samej prędkości (28 przypadków).

W ciągu roku zachodnie wiatry występują najczęściej z prędkością około 5m/s. Z takimi wiatrami związana jest największa częstość występowania niskiej podstawy chmur i słabej widzialności. Liczbę dni i terminowość lotów zmniejsza również słaba widzialność występująca przy wiatrach E- SE.

Rozkłady lotów na całej półkuli północnej, jak również nasilenie komunikacji lotniczej, podlegają zmianie w półroczach (są intensywniejsze w półroczu letnim – turystyka). Na Lotnisku Warszawa-Okęcie w ciągu w roku obserwuje się 237 przypadków złej pogody utrudniającej loty (widzialność pozioma $\leq$1500 m, podstawa chmur $\leq$150 m). Więk-

szość z nich występuje w półroczu zimowym (217). Niekorzystne warunki występują najczęściej przy wiatrach z sektora WSWNW (niska podstawa chmur i słaba widzialność pozioma) oraz E-SE (słaba widzialność). Z sektora WSW-NW napływają bowiem niże oraz wilgotne masy atlantyckie, a wiatry E-SE przynoszą mgły z nad Wisły i jej doliny. Lotnisko Warszawa-Okęcie – ma własny klimat lokalny, mimo że jest wkomponowany w klimat okolic Warszawy a nawet w makroklimat Niżu Polskiego. Potwierdzają to różnice między Okęciem a Bielanami. Prędkość wiatrów jest większa na Okęciu niż na Bielanach, a temperatura powietrza (amplituda) – mniejsza (w terenie otwartym). Zachmurzenie jest mniejsze na Okęciu niż na Bielanach (dalej od Wisły o 12 km i brak dymów przemysłowych), a wilgotność względna – większa (teren wilgotny otoczony zbiornikami wodnymi).

Lotnisko Warszawa-Okęcie wyróżnia się niektórymi cechami warunków meteorologicznych:

– W czasie słonecznej pogody, przy ciszy lub słabym wietrze (2-3 m/s) daje się zaobserwować w pewnych porach roku i sytuacjach barycznych, przeważnie w godzinach wieczornych, mgłę przyziemną lub zamglenie na skrzyżowaniu pasów startowych w kierunkach 292° i 331°. Mimo tego, że osiąga 2-3 m wysokości, zasłania pilotowi lądującemu w w/w kierunku początek pasów (z przeciwnego kierunku i z portu lotniczego jest prawie niezauważalna). Powyższe zjawisko można wytłumaczyć łagodnym i rozszerzającym się obniżeniem terenu opadającym w kierunku doliny Wisły.

– W wyniku napływu lokalnych wilgotnych mas powietrznych oraz intensywnego wypromieniowania pasów startowych nagrzewanych w ciągu dnia, powstaje przyziemna mgła o charakterze radiacyjno-adwekcyjnym.. Zmieniający się kąt padania promieni słonecznych powoduje zwiększenie albedo powierzchni mgły. Konsekwencją tego jest dodatkowe utrudnienie lądowania a nawet możliwość złego obliczenia glisady („ścieżki" schodzenia do lądowania).

– Przy zaobserwowaniu powyższego zjawiska należy lądować w kierunku 112° lub 150° .

– Z przedstawionych danych wynika, że na Okęciu średnio 24 dni są nielotne z powodu złej pogody; a na Bielanach (gdyby było lotnisko komunikacyjne) 34 dni. Z w/w dni na Okęciu w porze dziennej – 8 dni, w porze nocnej – 16 dni; na Bielanach w porze dziennej – 15 dni, w porze nocnej – 19 dni.

2. Charakterystykę warunków odczuwalnych panujących na terenach pozamiejskich, reprezentowanych przez stację Warszawa-Okęcie, opracowano (Szulc-Bomba,1991) na podstawie kompleksowego wskaźnika biometeorologicznego tj. temperatury efektywnej (*TE*), zdefiniowanej wzorem Missenarda. Umożliwiło to ocenę komfortu termicznego, w rozumieniu bioklimatologii , ponieważ ten wskaźnik klimatu odczuwalnego, uwzględnia oddziaływanie na organizm ludzki trzech elementów meteorologicznych: temperatury powietrza, wilgotności i prędkości wiatru. W latach 1966-1970 największe średnie wartości wskaźnika *TE* były w lipcu 1967 r., który to rok jednocześnie został uznany za najbardziej „komfortowy" w badanym okresie. Najmniejsza wartość temperatury efektywnej wystąpiła w grudniu 1969 r , a innych latach - w styczniu. Zdecydowanie najwyższa temperatura efektywna pojawiała się w terminie południowym. o godz. 13^{00}, a natomiast najniższa – w godzinach rannych. Przebiegi roczne wartości wskaźnika TE były

podstawą opisu warunków bioklimatycznych terenu peryferyjnego, odznaczającego się osobliwymi cechami.

Jest to obszar o dość niskiej temperaturze efektywnej, szczególnie zimą, wskazującej długotrwałe okresy z silnym przechłodzeniem organizmu człowieka. Jest to przyczyną dość dużego udziału warunków dyskomfortowych z powodu przechłodzenia, a jednocześnie zmniejszenia warunków"ciepła" i „gorąca", także niekorzystnych dla człowieka. Zaledwie 19% średni pięcioletni udział warunków komfortu (przez cały rok) uznać należy za nieduży i jest to kolejną negatywną cechą bioklimatu peryferyjnej dzielnicy Warszawy-Okęcia. Charakterystyczne warunki zimna, utrzymywały się z różnym „natężeniem" przez cały rok, z największą częstością w porze zimowej (niekiedy wszystkie dni miesiąca należały do „zimnych"), a najmniejszą w okresie letnim.

Specyfiką badanej stacji meteorologicznej Warszawa-Okęcie, był niewielki udział stanów dyskomfortowych z powodu przegrzania. „Ciepło" utrzymywało się w miesiącach lata, niekiedy w pojedynczych w czasie wiosny i jesieni, a „gorąco" tylko w lecie i nie zawsze we wszystkich jego miesiącach. Zmienność warunków odczucia termicznego, na peryferiach od Warszawy od strony południowo-zachodniej, była niewielka, gdyż zaledwie 7,2% dni pięciolecia charakteryzowało się gwałtownymi zmianami temperatury efektywnej z dnia na dzień, a aż 92,8% dni stanowiły niewielkie wahania wskaźnika TE, w obrębie podobnych czy „sąsiednich" warunków odczuwalnych.

Bioklimat śródmieścia Warszawy jest bardziej korzystny dla człowieka ze względu na: wyższą temperaturę efektywną w zimie, duży udział zmian małobodźcowych, mniejszą częstość warunków zimna, przy niezbyt dużym wzroście udziału stanów ciepła i gorąca, nieco częstsze występowanie komfortu termicznego i zmniejszenie czasu trwania okresów zimnych. Zdecydowanie na niekorzyść miasta świadczy duże zanieczyszczenie powietrza i hałas.

Ocena klimatu na potrzeby rolnictwa (Warszawa-Okęcie)

Problemy istotne dla rolnictwa przedstawiono w dwóch pracach magisterskich: *Warunki występowania susz atmosferycznych na Równinie Warszawskiej w latach 1951-1990 na przykładzie stacji* Warszawa-Okęcie (Praszkiewicz, 1998) i *Ostrość i śnieżność zim w Warszawie w latach 1965-95* (Płażewski, 2005)

1. Charakterystykę niedoborów w przychodzie wody dokonano w kilku ujęciach (Praszkiewicz, 1998), stosując różne kryteria i podstawy odniesienia (za które posłużyły: średnia wieloletnia suma opadów i parowanie potencjalne). Najpierw określono względne niedobory opadów w poszczególnych miesiącach i latach (w stosunku do średnich sum całego okresu 1951-1990). Żeby stwierdzić czy dany rok lub miesiąc był suchy nie jest jednoznaczne, dlatego porównano wyniki uzyskane za pomocą 3 kryteriów: kryterium Z. Kaczorowskiej (1962) – o normie opadowej 100-90,0%, nieco zmienione – o normie 100-85% (kryterium „H"). Trzecie kryterium wyznaczania suchych miesięcy i lat opiera się na wynikach obliczeń przedziału zmienności opadów, przez cały rok oraz każdy z 12 miesięcy. Sumy opadów odniesiono też do wielkości potencjalnego parowania, z wzoru N. N. Iwanowa (za W. Przedpełską, 1973). Okresy bezopadowe tj. dłuższe przerwy w opadach atmosferycznych (trwające dłużej niż 8 dni) zajęły jedną trzecią okresu 1951-1990. Najczęstsze były krótkie (trwające 9-17 dni), dlatego średnia długość 340 okresów bez-

opadowych wynosiła ok. 14 dni. Okresy dłuższe (ponad 17 dni) wystąpiły 70 razy (a tylko 10 trwało ponad 28 dni – ewenementem był 76-dniowy, jesienią 1951 roku). Liczba dni, w których był zupełny brak opadów, stanowi 40% całego 40-lecia. Najwięcej dni objętych okresami bezopadowymi było w październiku, okresy te były też najdłuższe. Czerwiec jest miesiącem z najkrótszymi okresami bezopadowymi jednak ich waga jest o wiele większa z powodu wysokiej temperatury powietrza i pełni wegetacji wielu roślin.

W poszczególnych miesiącach, w przybliżeniu, okresy bezopadowe pojawiają się średnio nie rzadziej niż co 2 lata (najrzadziej w lipcu, najczęściej – prawie co rok w październiku). Okresy dłuższe od 17 dni w poszczególnych miesiącach występują co 5-15 lat (najczęściej w marcu, najrzadziej w grudniu). Najdłuższe okresy bezopadowe stosunkowo często występowały w październiku.

Ogólnie można stwierdzić, że istotne niedobory opadów zdarzają się średnio raz na 4 lata. Zgodnie z kryterium uwzględniającym naturalną zmienność opadów, jedna czwarta lat w wieloleciu 1951 - 1990 miała niedobór opadów (i w większości umiarkowany). Lat skrajnie suchych nie było, ponieważ roczne sumy opadów nie są bardzo zróżnicowane (były niedobory w niektórych miesiącach, a nadwyżki w innych). Średni niedobór opadów, wynoszący ok. 12,5%, potwierdza, że kryterium stawiające granicę normy na 90 lub 85%, dotyczy dużo dłuższych , niż miesiąc, okresów. Niedobory określone w odniesieniu do średniej sumy opadów są względne i nie urzeczywistniają zapotrzebowania na wodę (widać to po zbliżonej liczbie przypadków suchych miesięcy).

Wskaźnik uwilgotnienia($P/E \cdot 100\%$, P – suma opadów, E – parowanie potencjalne) w poszczególnych miesiącach zmienia się w szerokim zakresie – od 0,62 do 2,84. Wskazuje on, jaka część miesięcy jest sucha – od listopada do stycznia bardzo mała, w lutym już większa (średnio raz na 10 lat luty jest co najmniej bardzo suchy), pozostałe miesiące są suche częściej niż raz na 4 lata (w kwietniu, lipcu i wrześniu przynajmniej w mocnym stopniu); w czerwcu i lipcu częstość suszy jest mniejsza w porównaniu z sąsiednimi miesiącami (ale tylko o przypadki umiarkowanie suche).

W okresach bezopadowych – cyrkulacja antycyklonalna jest 2,6 razy częstsza niż cyklonalną (przewaga w udziale wynosi blisko 43%). Wprawdzie najczęstsza jest sytuacja, gdy wyż znajduje się nad Europą Północną – typ cyrkulacji NEa (E), to najściślej z suszami wiąże się układ, w którym wyż jest w głębi kontynentu – typ E, SE_a (E_1), ponieważ większa część wszystkich dni z taką cyrkulacją (blisko 62%) tworzyła okresy bezopadowe (następuje także największy wzrost częstości typu E_1 – w porównaniu z średnim jego udziałem w roku). Również rzadsza sytuacja O_a (G), gdy centrum wyżu znajduje się nad Polską, w dużym stopniu przyczynia się do trwania okresów bezopadowych („wykorzystanie" – ok. 65%). Typ W_a (C_2D) nie pojawia się dużo częściej w okresach bezopadowych, a czasem nawet przerywa je gwałtownymi opadami (gdyż powietrze, które przynosi, zanim napłynie nad kontynent, nabiera dużo wilgoci znad ciepłych wód Atlantyku). Spośród wszystkich dni z antycyklonalną cyrkulacją – 48% występuje w okresach bezopadowych. Typy cyrkulacji związane z wędrówką niżów (a dokładniej z przechodzeniem frontów) przeciwstawiają się okresom bezopadowym, gdyż tylko ok. 19% wszystkich dni z sytuacjami cyklonalnymi było objęte okresami bezopadowych. Typy cyklonalne pojawiają się dość rzadko w środku okresów bezopadowych (gdy przejściowo na pogodę wpływa skraj niżu, ewentualnie bliższa środka lecz pozafrontalna jego część),

a trochę częściej - na ich początku lub końcu (gdy następuje zmiana pogody). Najbardziej (w porównaniu ze średnią w roku) zmniejszyła się w okresach bezopadowych częstość typu NW_C (CB) oraz NE, E (E_0).

2. W opracowaniach śnieżności zim wykorzystano dane o średniej i maksymalnej grubości pokrywy śnieżnej, liczby dni z opadem śniegu i liczby dni z pokrywą śnieżną z lat 1966-1995 ze stacji Warszawa – Okęcie (Płażewski, 1965).

Co pewien czas zdarzają się miesiące o wyjątkowo niskiej średniej temperaturze. Ostatnim tak mroźnym miesiącem był styczeń 1987 (-12,3°C), kiedy w Warszawie zanotowano najniższa temperaturę w opisywanym 30-leciu – -30,7° C. Bardzo mroźne zimy wystąpiły w Warszawie w latach 60. (1968; -4,9°C). Na początku lat 70. (1970; -6,7°C) oraz w latach 80. (1985; -6,3°C). Typowo zimowe warunki pogodowe (temperatura niższa od 0°C i opady śniegu) mogą wystąpić także podczas innych miesięcy w roku - od października do maja.

Warunki śnieżne w czasie zim ulegały w Warszawie wahaniom z roku na rok. Zakres zmian liczby dni z opadem śniegu wyniósł od 19 dni (1990) do 50 dni (1968). Zakres liczby dni z pokrywą śnieżną był znacznie większy – od 11 dni (1989) do 90 dni (1970) – cały okres trzymiesięczny). Na szczególną uwagę zasługuje przebieg średniej grubości pokrywy śnieżnej. Charakterystyczne jest występowanie co kilka lat zim, podczas których grubość pokrywy śnieżnej jest kilkakrotnie większa niż przeciętnie. Tak było w czasie zimy 1979, kiedy to intensywne opady śniegu spowodowały paraliż komunikacyjny w Polsce, a maksymalna grubość pokrywy śnieżnej wyniosła aż 70 cm. Liczbia dni z pokrywą śnieżną, malała w 30-leciu – spadek wyniósł ponad 11 dni /l0 lat.

Długi czas zalegania pokrywy śnieżnej występuje podczas zim o niskiej temperaturze – niższej od 0°C. Najdłuższym czasem zalegania pokrywy śnieżnej w 30-leciu w Warszawie cechowała się najmroźniejsza zima 1970 (-6,7°C). W czasie najłagodniejszych zim (1989; 2,3°C i 1990; 2,5°C) pokrywa śnieżna zalegała najkrócej (1989 – 11 dni, 1990 – 12 dni).

Pokrywa śnieżna jest ważnym elementem klimatu i jednocześnie czynnikiem klimatotwórczym, kształtującym bilans energetyczny podłoża i przygruntowej warstwy powietrza. Pokrywa śnieżna, jako powierzchnia czynna wyróżnia się dużym albedo, małym współczynnikiem przewodnictwa cieplnego i swoistymi warunkami radiacyjnymi (duże promieniowanie odbite, duża zdolność emisyjna śniegu).

Temperatura gruntu pokrytego śniegiem jest wyższa od temperatury powietrza, zatem pokrywa śnieżna stanowi doskonałą izolację dla podłoża. Własności termoizolacyjne śniegu mają duże znaczenie dla rolnictwa, zwłaszcza w wysiewie roślin ozimych, zapobiegając ich wymarzaniu.

Woda zmagazynowana w pokrywie śnieżnej jest ważnym składnikiem bilansu wodnego. Jej rola jest najważniejsza w fazie topnienia śniegu i odpływu roztopowego. Ilość zmagazynowanej wody uzupełnić może niedostatki opadów z innych pór roku i decyduje o wilgotności gleby.

Zbyt gwałtowne jej topnienie może być przyczyną powodzi. Sama pokrywa śnieżna jest również ważnym elementem w transporcie i komunikacji (zakłócenia ruchu), jak i budownictwa (obciążenia konstrukcji budowlanych).

Intensywne opady śniegu obciążają sieć energetyczną i telekomunikacyjną, a zawieje, zamiecie, zaspy i gołoledź paraliżują ruch kołowy.

VII. LITERATURA

Atlas współzależności parametrów meteorologicznych i geograficznych w Polsce, Wyd. UW, Warszawa:

t. VII, 1992,Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Kicińska B., Żmudzka E., *Zmiany wiekowe klimatu Polsk*i ss. 439.

t. IX, 1995,Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Błażek E., Skrzypczuk J., *Naturalne i antropogeniczne zmiany klimatu Warszawy*, ss. 322.

t. XI, 1998,Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J*., Tendencje wiekowe klimatu miast w Europie* ss. 258

t. XII, 1999, Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Wągrowska M., Błażek E, Skrzypczuk J*., Ocieplenia i ochłodzenia klimatu miast w Europie*, ss. 255.

t. XIII, 1999, Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Błażek E., Skrzypczuk J, *Cykliczne zmiany klimatu miast w Europie*, ss. 283.

t. XIV, 2000, Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Lorenc H., Kicińska B., Błażek E., Skrzypczuk J*., Prognozy zmian klimatu Warszawy*, ss. 209.

t. XVI, 2001, Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Grabowska K., Błażek E., Skrzypczuk J., *Prognozy zmian klimatu Polski* ss. 212.

t. XVII, 2003, Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Baranowski D., Kirschenstein M., Błażek E., Skrzypczuk J., *Mroźne zimy i upalne lata w Polsce* ss. 297.

t. XVIII, 2004, Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Grabowska K., Wawer J., Błażek E., Skrzypczuk J., *Groźne zjawiska pogodowe w Polsce*, ss. 217.

t. XIX, 2005, Boryczka J., Stopa-Boryczka M., Pietras K., Bijak S., Błażek E., Skrzypczuk J., *Cechy termiczne klimatu Europy*, ss. 184.

t. XX-XXI, 2007, Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Bijak Sz., Cebulski R., Błażek E., Skrzypczuk J., *Cykliczne zmiany klimatu Europy w ostatnim tysiącleciu według danych dendrologicznych,* ss. 226.

t. XXII, 2008, Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Wawer J., Osowiec M., Błażek E., Skrzypczuk J., *Wpływ zabudowy i zieleni osiedlowej na zróżnicowanie klimatu lokalnego w Warszawie*, ss. 332.

t. XXIII, 2009, Stopa-Boryczka M., Boryczka J., Wawer J., Dobrowolska M., Osowiec M., Błażek E., Skrzypczuk J., *Klimat Warszawy i innych miast Polski, Studia porównawcze*, ss. 383.

Bernes C., 2003 *A Warmer World. The Greenhouse Effect and Climate Change*, Monitor 18, Swedish Enviromental Protection Agency, SWE CLIM.

Błażejczyk K., 2002, *Znaczenie czynników cyrkulacyjnych i lokalnych w kształtowaniu klimatu i bioklimatu aglomeracji warszawskiej*. Dokumentacja Geograficzna nr 26, PAN IGiPZ, Warszawa.

Boryczka J., 1998, *Zmiany klimatu Ziemi*, Wyd. Akademickie DIALOG, Warszawa.

Boryczka J., 1964, *Zależność klimatycznego wskaźnika turbulencyjnego od wysokości przy różnym stopniu zachmurzenia,* Przegląd Geofizyczny, t. IX, z. 3-4.

Boryczka J., Okołowicz W., 1964, *Turbulencyjne rozprzestrzenianie się pyłów i innych zanieczyszczeń powietrza różnych porach roku w zależności od charakteru podłoża ze szczególnym uwzględnieniem warunków miejskich,* Przegląd Geofizyczny, t. IX, z. 2.

Boryczka J., 1966, *Próba klasyfikacji warunków miejskich dla celów klimatologicznych,* Przegląd Geograficzny, t. XXXVIII, z. 1.

Boryczka J. 1968, *Turbulencyjna transformacja pyłu i gazów w atmosferze ziemskiej i jej zależność od parametrów klimatologicznych,,* maszynopis pracy doktorskiej wykonanej w Zakładzie Klimatologii UW.

Boryczka J., 1973, *Turbulencyjna transformacja pyłu i gazów w atmosferze ziemskiej i jej zależność od parametrów klimatologicznych (skrót pracy doktorskiej),* Dokumentacja Geograficzna, z. 6.

Boryczka J. 1992, *Naturalny i antropogeniczny trend temperatury i opadów w Warszawie,* Prace i Studia Geograficzne, t. 11.

Boryczka J., 2001, *Zmiany klimatu Warszawy w XVIII-XX wieku i ich prognozy,* Prace Geograficzne IG PAN nr 180.

Boryczka J., Mucha B., Stopa-Boryczka M., Wawer J., 2006, *The influence of the North Atlantic Oscillations (NAO) on the climate of Warsaw and Lviv,* Miscellanea Geographica, t. 12.

Climatological Normals (CLINO) for Climate and Climate Ship Stations for the Period 1931-1960, 1962, 1971, WMO, TP 117.

Degirmendźić J., Kożuchowski K., Żmudzka E., 2002, *Uwarunkowania cyrkulacyjne zmienności temperatury powietrza w Polsce w okresie 1951-2000,* Przegląd Geofizyczny, nr 1-2,

Ekofizjograficzne podstawy kształtowania Środowiska osiedla w Białołęce Dworskiej, 1979, Opracowanie dla Instytutu Kształtowania Środowiska w Warszawie (temat rządowy PR-5 pt.: *Charakterystyka i ocena warunków klimatycznych Białołęki Dworskiej oraz określenie wpływu zabudowy na ich zmiany,* autorzy: M. Stopa-Boryczka, M. Kopcz-Lembowicz, A. Górka, E. Ryczywolska, J. Boryczka, J. Wawer.

Flohn H., 1985, *Climatic prospects in the cane of extended CO_2 – induced warming*, Meteor. Zeit., H. 1.

Fortuniak K., 2003, *Miejska wyspa ciepła. Podstawy energetyczne. Studia eksperymentalne. Modele numeryczne i statystyczne*. Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź.

Gorczyński W., 1911, *O zmienności opadu wg obserwacji warszawskich od 1803 r.,* Warszawa.

Gorczyński W., Wierzbicka W., 1915, *O wartościach średnich zachmurzenia w Polsce*, Warszawa.

Gorczyński W., Kosińska S., 1916, *O temperaturze powietrza w Polsce*, Warszawa.

Gumiński R., 1950, *Ważniejsze elementy klimatu rolniczego Polski Południowo-Wschodniej*, „Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej", t. III, z. 1, Warszawa.

Grabowska K. 2002, Burze w Polsce i ich uwarunkowania (1951-1990), (maszynopis rozprawy doktorskiej), Warszawa.

Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC-1990, IPCC-1995, WMO.

IPPC (Intergovernmental Panel on Climate Change), 1990, 1995.

Jastrzębowski W., 1828, *Karta meteorograficzna stolicy Królestwa Polskiego obraz głównych dostrzeżeń w Warszawie 1803-1828*, Warszawa.

Jastrzębowski W., 1829, *Wypadki dostrzeżeń meteorologicznych czynionych w Warszawie blisko pół wieku tj. od 1779 do 1828 r. włącznie przez księdza Bystrzyckiego, Antoniego Magiera i innych*, Warszawa.

Jatczak K., 2004, *Wpływ warunków pogodowych na wysokie stężenie ozonu w śródmieściu Warszawy (1996-2000),* Praca magisterska wykonana w Zakładzie Klimatologii WGiSR UW,

Kaczorowska Z., 1962, *Opady w Polsce w przekroju wieloletnim*, „Prace Geograficzne IG PAN", z. 33, Warszawa.

Kaczorowska Z., 1967, *Opady Wielkiej Warszawy i jej okolic w okresie 1956-1960*, „Przegląd Geofizyczny", t. 12, z. 3-4.

Kicińska B., 1999, Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na stężenie dwutlenku siarki w powietrzu w Polsce, (maszynopis rozprawy doktorskiej wykonanej w Zakładzie Klimatologii UW), Warszawa.

Kicińska B., 2000, *Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na stężenie dwutlenku siarki w powietrzu w Polsce*) „Miseellanea Geographica", t. 9, (skrót pracy doktorskiej).

Kicińska B, Wawer J. 2005, Urban climate 8. Weather and air conditions, w: Urban Sprawl Warsaw Agglomeration case study (red. M. Gutry-Korycka), Wyd. WGSR.

Klimat Wielkiej Warszawy w pracach magisterskich Zakładu Klimatologii w latach 1952-2007, red. K. Błażejczyk, M. Stopa-Boryczka, J. Boryczka, J. Wawer, W. Żakowski, 2008, Materiały Zakładu Klimatologii WGiSR UW na XII Piknik Naukowy Radia BIS. WGiSR UW.

Kłysik K., Fortuniak K, 1999, Temporal and spatial characteristics of the urban heat island of Lodz, Poland. *Atmos. Environ.,* 33, 3885-3895.

Kłysik K., Wibik J., Fortuniak K. (red.), 2008, *Klimat i bioklimat miast,* Wyd. UŁ, Łódź.

Kossowska U., 1971, *Osobliwości klimatu wielkomiejskiego na przykładzie Warszawy,* maszynopis pracy doktorskiej wykonanej w Zakładzie Klimatologii.

Kossowska U., 1973, *Przebieg roczny temperatury powietrza w Warszawie w różnych okresach obserwacyjnych,* Prace i Studia IG UW seria Klimatologia, z. 7.

Kossowska-Cezak U., 1973, *Osobliwości klimatu wielkomiejskiego na przykładzie Warszawy*. Prace i Studia IG UW nr 12, Klimatologia nr 7, Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, s. 141-185.

Kossowska-Cezak U., 1976, *Zmiany roczne różnic temperatury powietrza między śródmieściem a peryferiami Warszawy,* Prace i Studia IG UW, seria Klimatologia, z. 8.

Kossowska-Cezak U., 1977, *Warunki termiczne Warszawy,* Prace i Studia IG UW, seria Klimatologia, z. 9.

Kossowska-Cezak U., 1978, *Próba określenia wpływu zabudowy miejskiej na wielkość zachmurzenia (na przykładzie Warszawy),* Prace i Studia IG UW, seria Klimatologia z. 10.

Kossowska-Cezak U., 1995, *Lato w Polsce na tle sezonów letnich ostatnich 120 lat,* Materiały konferencji „Klimat i bioklimat miast". Wyd, UŁ.

Kossowska-Cezak U., 1996, *Montly thermal and precipitation anomalies In Warsaw and their causes,* Miscellanea Geographica, t. 7.

Kossowska-Cezak U., 1998, *Wpływ rozwoju terytorialnego Warszawy na warunki termiczne,* Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica, 3.

Kossowska-Cezak U., 2000, *The differences of temperature between the peripheries of Warsaw in years 1933-1998,* Miscellanea Geographica, t. 9.

Kossowska-Cezak U., Wawer J., 2001, Wkład Zakładu Klimatologii w badania klimatu Warszawy, w: 50 lat działalności naukowej I dydaktycznej Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii I Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego (1951-2000). Prace I Studia Geograficzne, T. 28, Warszawa.

Kossowska-Cezak U., 2002, *Anomalous months and seasons in terms of temperature and precipitation in the second half of the 20thcentury in Warsaw,* Miscellanea Geographica, t. 10.

Kossowska-Cezak U., 2002, *Zmiany różnicy temperatury powietrza między śródmieściem a peryferiami Warszawy od 1933 do 2000 roku,* Przegląd Geofizyczny, t. 47, nr 3-4.

Kossowska-Cezak U., 2003a, *Uwarunkowania cyrkulacyjne dużych zmian temperatury z dnia na dzień w Warszawie,* [w:] Postępy w badaniach klimatycznych i bioklimatycznych. Prace Geograficzne, nr 188.

Kossowska-Cezak U., 2003b, *Współczesne ocieplenie a liczba dni charakterystycznych,* Balneologia Polska, t. 45, nr 1-2.

Kossowska-Cezak U., 2004, *Contemporary warming and daily values of temperature (on example of Warsaw),* Miscellanea Geographica, t. 11.

Kossowka-Cezak U., 2005, Zmiany termicznych pór roku w Warszawie w okresie 1933-2004. Przegląd Geofizyczny, t. 50, nr 3-4.

Kossowska-Cezak U., 2009, Warunki termiczne i opadowe w Warszawie w świetle serii obserwacyjnej z Okęcia (1947 – 2008). Zeszyty Naukowe Szkoły Wyższej Przymierza Rodzin w Warszawie, Seria Geograficzno-Turystyczna, nr 2.

Kozłowska –Szczęsna T., Podogrocki J., 1995, Antropogeniczne zmiany warunków radiacyjnych w Warszawie, w: Kłysik K., (red.), Klimat i bioklimat miast, Łódź.

Kozłowska-Szczęsna T., Błażejczyk K., Krawczyk B., 1996, Atlas Warszawy, z. 4, Środowisko fizycznogeograficzne – niektóre zagadnienia.

Kozłowska –Szczęsna T., Krawczyk B., Błażejczyk K., 2001, Charakterystyczne cechy klimatu Warszawy, w: Badania środowiska fizycznogeograficznego aglomeracji warszawskiej, Prace Geograficzne IgiPZ PAN nr 180.

Kożuchowski K., 1992, Klimat termiczny Warszawy na podstawie pomiarów od 1979r., Przegląd Geofizyczny, t. 64, nr 1-2.

Kuchcik M., 2000, Wpływ warunków aerosanitarnych i biometeorologicznych na zgony mieszkańców Warszawy (maszynopis maszynopis rozprawy doktorskiej wykonanej w Zakładzie Klimatologii UW).

Kuchcik M., 2001, Wpływ warunków aerosanitarnych i biometeorologicznych na zgony mieszkańców Warszawy, Prace i Studia Geograficzne, t. 28 (skrót pracy doktorskiej).

Lewińska J., Zgud K., Baścik J., Bartosik J., Czerwieniec M., 1982, Wpływ miasta na klimat lokalny. IKS.

Lorenc H., 1978, Opady ulewne i nawalne na obszarze Warszawy, Przegląd Geofizyczny, z. 4,

Lorenc H., 1991, Wpływ urbanizacji Warszawy na zmienność opadów atmosferycznych, Wiadomości IMGW, nr 1-4.

Lorenc H., 1994, Symptomy zmian klimatu w strefach ograniczonych wpływów antropogenicznych, Mat. Bad. IMGW, Meteorologia, 19.

Lorenc H., 2000, Studia nad 202-letnią (1779-1998) serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji, Mat. Bad. IMGW, Meteorologia, 31.

Lorenc H., Mazur A., 2003, Współczesne problemy klimatu Warszawy, IMGW, Warszawa.

Lipska A., 1986, Instrumentalne obserwacje meteorologiczne w Warszawie, „Przegląd Geofizyczny", t. 31, z. 1.

Malcher J., Schönwiese Ch. D., 1987, *Homogenity, spatial correlation and spectral variance analysis of long European and North American air temperature records*, Theor. Appl. Climat., 38.

Merecki R., 1914, *Klimatologia ziem polskich*, Warszawa.

Okołowicz W., 1962, *Zachmurzenie Polski* „ Prace Geograficzne IG PAN", z. 34, Warszawa.

Michalska A., 1998. *Dlugookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Polsce* (maszynopis rozprawy doktorskiej wykonanej w Zakładzie Klimatologii UW)

Michalska A., 1997, *Dlugookresowe zmiany opadów atmosferycznych w Polsce*,. Praece i Studia Geograficzne", t. 20 (skrót pracy doktorskiej)

Oke T. R., 1995, *Boundary layer climates*. Methuen, London.

Olfe D. B., Lee R. L., 1971, Linearized calculations of urban heat island convection effects. *J. Atmos. Sci.,* 28, 1374-1388.

Paszyński J., Niedźwiedź T., 1991, *Klimat*, [W:]: Starkel L. (red.), *Geografia Polski. Środowisko przyrodnicze*, PWN Warszawa.
Prace i Studia IG UW, seria Klimatologia, z. 1. (1964), z. 4. (1970), z. 5. 1970), z. 7. (1973), z. 9. (1977), z. 10. (1978), z. 11. (1978), Wyd. UW.
Prace i Studia Geograficzne, t. 11. (1992), t. 20. (1997), Wyd. UW.
Rojecki A., 1956, *O najdawniejszych obserwacjach meteorologicznych na ziemiach Polski*, Przegląd Geofizyczny, R. I, z. 3-4.
Rojecki A., 1968, *O obserwacjach meteorologicznych w Warszawie w wieku XVII-XIX*, Przegląd Geofizyczny, t. XIII, z. 1.
Schönwiese Ch. D., Rapp J., Fuchs T., Denhard M., 1993, *Klimatrend-Atlas Europa 1891-1990*, Berichte des Zentrums Für Umweltforschung, Nr 20, Frankfurt am Main.
Stopa M., 1962, *Burze w Polsce*, Prace Geograficzne IG PAN, z. 34, Warszawa.
Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Boryczka J., Ryczywolska E., 1980, *Zasady sporządzania i wykorzystania dokumentacji klimatologicznej na potrzeby projektowania osiedli mieszkaniowych,* Opracowanie w ramach tematu rządowego PR – 5 dla Instytutu Kształtowania Środowiska w Warszawie.
Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Ryczywolska E., 1980, *Wpływ zabudowy na zróżnicowanie warunków mikroklimatycznych osiedli mieszkaniowych,* Opracowanie dla Instytutu Kształtowania Środowiska w Warszawie.
Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Boryczka J., Ryczywolska E., Górka A., 1982, *Ocena klimatu lokalnego do projektu osiedla w Białołęce Dworskiej,* Człowiek i Środowisko, t. 6, z. 3-4.
Stopa-Boryczka M., J. Boryczka., 1984, *The multiperiodical changes of air temperature In Warsaw,* Miscellanea Geographica, t. 1.
Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Ryczywolska E., Wawer J., 1984, *Badania wpływu zabudowy na klimat lokalny w Warszawie,* Materiały I Ogólnopolskiej Konferencji „Klimat i bioklimat miast", Łódź.
Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Mierzwiński B., Wawer J., 1986, *Deformacja pól elementów meteorologicznych pod wpływem zabudowy,* Materiały I Sesji naukowej INFG, Warszawa.
Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Kossowska-Cezak U., Mierzwiński B., Wawer J., 1986, *Deformation of fields of meteorological elements under the influence of buildings,* Miscellanea Geographica, t. 2.
Stopa-Boryczka M., 1988, *Air temperature field deformation under the influence of build-up area in Warsaw,* Miscellanea Geographoca, t. 3.
Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 1989, *Wpływ czynników antropogenicznych na klimat lokalny Warszawy,* Acta Universitatis Carolinae, Geographica, XXIV 2.
Stopa-Boryczka M., 1992. *Z badań klimatu Warszawy Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego,* Prace i Studia Geograficzne, t. 11.
Stopa-Boryczka M., 1992, *Deformacja pól zmiennych meteorologicznych przez zabudowę w Warszawie,* Prace i Studia Geograficzne, t. 11.
Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Błażek E., Kicińska B., Żmudzka E., 1995, *Antropogeniczne zmiany temperatury powietrza w Warszawie – pozytywne i negatywne skutki,* Materiały II Konferencji „Klimat i bioklimat miast", Łódź.
Stopa-Boryczka M., 1998, *On thermal characteristic analysis of city climates,* Miscellanea Geographica, t. 8.

Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Wawer J., 2001, *Klimat Warszawy w pracach Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego,* Prace Geograficzne IGiPZ PAN nr 180.

Stopa-Boryczka M., Boryczka J., 2001, Klimat Polski w publikacjach Zakładu Klimatologii Uniwersytetu Warszawskiego, w: Prace i Studia Geograficzne, t. 28, 50 lat działalności naukowej i dydaktycznej Zakładu Klimatologii Wydziału Geografii i Studiów Regionalnych Uniwesytetu Warszawskiego (1951-2000), Wyd. WGSR UW, Warszawa.

Stopa-Boryczka M., Kopacz-Lembowicz M., Wawer J., 2002, *The climate of Warsaw In the research conducted At the Department of Climatology of Warsaw University,* Miscellanea Geographica t. 10.

Stopa-Boryczka M. (editor), 2003, *Studies on the climate of Warsaw*, Warsaw University Faculty of Geography and Regional Studies, Warsaw.

Trepińska J., 1973, *Zmiany w przebiegu temperatury powietrza w Krakowie w XIX i XX wieku*, Przegl. Geofiz., z. 1-2.

Trepińska J., 1988, *Wieloletni przebieg ciśnienia i temperatury powietrza w Krakowie na tle ich zmienności w Europie*, Rozprawy Habilitacyjne UJ, 140, Kraków.

Twardosz R., 2005, Zmienność silnych opadów śniegu w Krakowie (1863-2000), [w:] Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne (red. : E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki), PTGeof, IMGW, Warszawa.

Walczewski J., 1994, *Charakterystyka warstwy granicznej atmosfery nad miastem (na przykładzie Krakowa)*. Materiały badawcze, seria: Meteorologia – 22, IMGW, Warszawa.

Wawer J., 1992, *Zależność różnic temperatury powietrza między miastem i otoczeniem od pory dnia,* Prace i Studia Geograficzne, t. 11.

Walczewski J., 1994, *Charakterystyka warstwy granicznej atmosfery nad miastem (na przykładzie Krakowa)*. Materiały badawcze, seria: Meteorologia – 22, IMGW, Warszawa.

Wawer J., 1995, Wpływ warunków pogodowych na intensywność miejskiej wyspy ciepła w Warszawie. [w:] K. Kłysik, red., Klimat i bioklimat miast, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, s. 71-78.

Wawer J., 1996, *The rate of heating and cooling o fair In town and outside of it,* Miscellanea Geographica, t. 7.

Wawer J., 1997, *Częstość miejskiej wyspy ciepła w Warszawie,* Materiały III Ogólnopolskiej konferencji "KLimat i bioklimat miast", Łódź.

Wawer J. 1997, *Cechy termiczne kliniatu lokalnego Warszawy,,,* Praee i Studia Geograficzne", t. 20, (skrót pracy doktorskiej, maszynopis – 1994)

Wawer J., 1997, *Miejska wyspa ciepła w Warszawie,* Prace i Studia Geograficzne, t. 20.

Urban Sprawl. Warsaw Agglomeration, case study, 2005, (red. M. Gutry-Korycka), Wyd. UW, Warszawa

Wawer J., 1999, *Zależność miejskiej wyspy ciepła od cyrkulacji atmosferycznej,* Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica, 3.

Wawer J. Demendecki D., 2008, *Dom pasywny w klimacie Polski,* Klimat i bioklimat miast (red. K. Kłysik, J. Wibig, K. Fortuniak), Wyd. UŁ, Łódź.

Wiszniewski W., Gumiński R., Bartnicki L., 1949, *Przyczynki do klimatologii Polski*, „Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej", t. I, z. 5.

Wpływ warunków pogodowych na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń na terenie Warszawy, 1970, Maszynopis pracy wykonanej na zlecenie Biura Studiów i Projektów Inżynierii Miejskiej.

Zmiany klimatu i ich przyczyny. Hipotezy i fakty, pod red. M. Stopy-Boryczki, J. Boryczki, 2002, Materiały Zakładu Klimatologii WGiSR UW na VI Piknik Naukowy Radia BIS. WGiSR UW.

Żmudzka E., 1997, *Cykliczne zmianyy temperatury powietrza w Polsce* (maszynopis, 1998), Prace i Studia Geografiezne, t. 20, (skrót pracy doktorskiej).

Żmudzka E., Kossowska-Cezak U., Dobrowolska M., 2003, *Circulation's Requirements of the Urban Heat Island Variations in Warsaw*. [w:] K. Kłysik. T. Oke, K. Fortuniak, S. Grimmond, J. Wibig (red.), *Proceedings*, t. 1., Fifth International Conference on Urban Climate, 1-5 IX 2003, Łódź, Poland, s. 163-166.

Żmudzka E., 2007, *Zmienność zachmurzenia nad Polską i jej uwarunkowania cyrkulacyjne (1951-2000)*. Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa.

Żmudzka E., 2008, *Zmiany zachmurzenia w Warszawie w drugiej połowie XX wieku*. [w:] K. Kłysik, J. Wibig, K. Fortuniak, red., *Klimat i bioklimat miast*. Monografia, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Katedra Meteorologii i Klimatologii UŁ, Łódź, s. 165-177.

WYKAZ PRAC MAGISTERSKICH ZAKŁADU KLIMATOLOGII O KLIMACIE WARSZAWY I MIEJSCOWOŚCI STREFY PODMIEJSKIEJ

1. Nowosielski L., 1959, Inwersje temperatury przyziemne i w swobodnej atmosferze w Legionowie w okresie II 1954 - 31 XII 1958 (opiekun naukowy: W.Okołowicz).
2. Osos J., 1963, Klimat lotniska Warszawa-Okęcie (1951-1960) (opiekunowie naukowi: W. Okołowicz, Z. Kaczorowska).
3. Kopacz M,1966, Bioklimat Otwocka (opiekun naukowy: Z. Kaczorowska).
4. Gniadek M., 1969, Bioklimat Dziekanowa Leśnego (opiekunowie naukowi: W.Okołowicz, Z.Kaczorowska, M. Stopa).
5. Wijas E., 1971, Charakterystyka klimatu Legionowa (1971-1980) (opiekun naukowy: U. Kossowska-Cezak).
6. Okrasa U., 1972, Charakterystyka warunków bioklimatycznych Śródmieścia Warszawy i uzdrowiska Konstancin (opiekunowie naukowi : W. Okołowicz, Z. Kaczorowska, M. Kopacz).
7. Drzewiecka E., 1972, Promieniowanie całkowite w Warszawie w okresie 1966-1970 (opiekunowie naukowi: W. Okołowicz, Z. Kaczorowska).
8. Kielak M., 1977, Klimat lokalny uzdrowiska Konstancin,1977 (opiekunowie naukowi: M. Stopa-Boryczka, M.. Kopacz-Lembowicz).
9. Mateja B.., 1977, Warunki klimatoterapii w uzdrowisku Konstancin (opiekunowie naukowi: Maria Stopa-Boryczka, M. Kopacz-Lembowicz).
10. Stuczyk S., 1977, Warunki termiczno-wilgotnościowe pomieszczeń sanatoryjnych o ekspozycji południowej w Konstancinie (opiekunowie naukowi: M. Stopa-Boryczka, M. Kopacz-Lembowicz, J.Boryczka).
11. Jędryszczak A. 1977,Warunki termiczno-wilgotnościowe pomieszczeń sanatoryjnych o ekspozycji północnej w Konstancinie (opiekunowie naukowi: M. Stopa-Boryczka, M. Kopacz-Lembowicz, J.. Boryczka).
12. Grochulska B., 1978, Charakterystyka termiczna sezonu grzewczego 1976/77 na przykładzie stacji w Morach (opiekunowie naukowi: M. Stopa- Boryczka, K. Olszewski).
13. Krawcow Z., 1979, Charakterystyka warunków wilgotnościowych sezonu grzewczego 1976/77 na przykładzie stacji w Morach (opiekunowie naukowi: M.Stopa- Boryczka, K. Olszewski).
14. Dulczewski W., 1980, Ogólna charakterystyka klimatu Świdra (opiekunowie naukowi: M. Stopa-Boryczka,M. Kopacz-Lembowicz).

15. Górski A.,1990, Związek między temperaturą powietrza i gruntu na stacji meteorologicznej w Brwinowie w latach 1956-1965 (opiekun naukowy: U. Kossowska-Cezak).
16. Kiryluk A., 1990, Charakterystyka klimatu lokalnego Wesołej k. Warszawy (opiekun naukowy: Krzysztof Olszewski)
17. Szulc-Bomba M., 1991, Charakterystyka warunków odczuwalnych otoczenia Warszawy na przykładzie stacji Okęcie w latach 1966-1970 ((opiekun naukowy: M. Kopacz-Lembowicz).
18. Żebrowska A., 1994, Zależność temperatury od cyrkulacji atmosferycznej na przykładzie stacji Warszawa-Okęcie w okresie 1981-1990 (opiekun naukowy: U. Kossowska-Cezak).
19. Birula I., 1994, Wpływ cyrkulacji atmosferycznej na temperaturę powietrza w Warszawie w 10-leciu 1951-1960 (opiekun naukowy: U. Kossowska-Cezak).
20. Mirowska M., 1995, Zmiany roczne ciśnienia atmosferycznego w 10-leciu 1981-1990 na przykładzie obserwacji w Świdrze (opiekun naukowy: U.Kossowska-Cezak).
21. Praszkiewicz M., 1998, Warunki występowania susz atmosferycznych na Równinie Warszawskiej w latach 1951-1990 na przykładzie stacji Warszawa-Okęcie (opiekun naukowy: D. Martyn)
22. Kolbe-Sokolik P., 2001, Zmiany odczucia termicznego w Otwocku w latach 1991-1995 (opiekun naukowy: M.Kopacz-Lembowicz).
23. Bocheński J., 2002, Wpływ cyrkulacji nad Polską na ciśnienie atmosferyczne (na przykładzie Świdra, 1981-1990) (opiekun naukowy: U. Kossowska-Cezak).
24. Płażewski R., 2005, Ostrość i śnieżność zim w Warszawie w latach 1965-95 (opiekun naukowy: U. Kossowska-Cezak).
25. Wyrzykowski P., 2006, Wpływ cyrkulacji na ciśnienie atmosferyczne w Warszawie w latach 1981-2000 (opiekun naukowy: J. Wawer).