

# KLIMAT ZIELONEJ GÓRY

Grzegorz Urban

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej  
Państwowy Instytut Badawczy  
Warszawa 2020



## KLIMAT ZIELONEJ GÓRY

### **Autor**

dr Grzegorz Urban  
Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB  
E. grzegorz.urban@imgw.pl

### **Recenzent**

prof. dr hab. Krzysztof Migąła  
Uniwersytet Wrocławski

### **Opracowanie redakcyjne**

Rafał Stepnowski

### **Opracowanie graficzne i techniczne**

Michał Seredin

### **Komitet Redakcyjny Wydawnictw IMGW-PIB:**

prof. dr hab. inż. Janusz Zaleski – przewodniczący Komitetu Redakcyjnego  
prof. dr hab. inż. Tomasz Heese; dr Przemysław Ligenza;  
dr hab. inż. Bogdan Ozga-Zieliński, prof. IMGW-PIB; mgr Rafał Stepnowski;  
dr hab. inż. Tamara Tokarczyk, prof. IMGW-PIB; prof. dr hab. Zbigniew Ustrnul;  
dr hab. inż. Tamara Zalewska, prof. IMGW-PIB; dr Michał Ziemiański

**ISBN: 978-83-64979-34-7**

### **Wydawca**

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowy Instytut Badawczy  
01-673 Warszawa, ul. Podleśna 61, E. content@imgw.pl  
Redaktor Wydawniczy/Publishing Editor  
Rafał Stepnowski, E. rafal.stepnowski@imgw.pl

Autor pracy bardzo serdecznie dziękuje załodze  
Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej IMGW-PIB w Zielonej Górze,  
a w szczególności jej Kierownikowi Panu Danielowi Szkolniakowi,  
za pomoc w przygotowaniu rozdziału dotyczącego historii stacji  
i udostępnienie wykorzystanych w pracy zdjęć, a także innym osobom,  
które w jakikolwiek sposób przyczyniły się  
do powstania niniejszej publikacji.



## **SPIS TREŚCI**

WSTĘP I CEL PRACY	7
CHARAKTERYSTYKA KLIMATU ZIELONEJ GÓRY	
Czynniki kształtujące klimat Zielonej Góry	9
Dane źródłowe i metoda opracowania	11
Ciśnienie atmosferyczne i wiatr	15
Warunki nefologiczne i usłonecznienie	21
Temperatura powietrza	25
Wilgotność powietrza	31
Opady atmosferyczne	35
Pokrywa śnieżna	39
Zjawiska atmosferyczne	43
Ekstremalne zjawiska i wartości meteorologiczne	49
Tendencje zmian elementów i parametrów meteorologicznych	51
HISTORIA STACJI I POMIARÓW W ZIELONEJ GÓRZE	57
BIBLIOGRAFIA	72



## WSTĘP I CEL PRACY

Zielona Góra należy do nielicznych miast Polski, dla których dysponujemy długoletnimi ciągami pomiarów i obserwacji meteorologicznych. Pierwsza stacja powstała tu 1 listopada 1877 roku – od tego czasu funkcjonuje nieprzerwanie do dzisiaj. Była sukcesywnie rozbudowywana, a jej ranga rosła. Jednak z uwagi na liczne zmiany lokalizacyjne stacji (było ich aż osiem), niejednorodną metodykę wykonywania pomiarów oraz zdarzające się wadliwe rozmieszczenia instrumentarium pomiarowego, niektóre dane należy traktować jako wartości przybliżone, poznawcze. Historię stacji w Zielonej Górze oraz pomiarów i obserwacji meteorologicznych w niej wykonywanych przedstawiono w rozdziale końcowym.

Dotychczas opublikowano kilka prac dotyczących stacji w Zielonej Górze [m.in. Głowicki, Krassowski 1980; Krassowski 1980, 2003; Miętus i in. 1999] i analizy danych pomiarowych pod kątem warunków pogodowych i klimatycznych [Słomska i in. 2005]. Są to jednak opracowania starsze, w których nie uwzględniono obserwacji z ostatnich dwudziestu lat, gdy nastąpił rozwój automatyzacji pomiarów i nasilenie się ekstremalnych zjawisk pogodowych. Wspomniane dzieła nie zawierają najnowszej historii stacji ani kompleksowej, jednorodnej metodycznie, charakterystyki klimatu Zielonej Góry. Ich autorzy skupili się niemal wyłącznie na przedstawieniu średnich wieloletnich wartości dla kilku elementów klimatu. Brakuje zatem kompleksowego, syntetycznego opracowania, opartego na możliwie długiej, wiarygodnej i jednorodnej serii pomiarowej. Ponadto, w odróżnieniu do powyższych opracowań dla Zielonej Góry, ale również dla Śnieżki [Dubicki i in. 1995; Gierczak i in. 2011], Kasprowego Wierchu [Stenz 1938; Maj 2015] czy Zakopanego [Limanówka i in. 2011], niniejsza publikacja „traktuje” problem kompleksowo. Celem Autora prezentowanej Państwu monografii była charakterystyka współczesnych warunków klimatycznych panujących w rejonie Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej (SHM) Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB) Zielona Góra, jak również przypomnienie jej długiej i interesującej historii. Przedstawiony w pracy obszerny rys historyczny pomiarów i obserwacji meteorologicznych w stacji stanowi uzupełnienie wiedzy na temat badań klimatu tego obszaru. Inspiracją do tego przedsięwzięcia był jubileusz 140-lecia obserwacji i pomiarów meteorologicznych w Zielonej Górze, który obchodzono 1 listopada 2017 roku.

Niniejsze opracowanie może stanowić punkt odniesienia (wzorzec) dla studiów nad klimatem dla innych stacji meteorologicznych w IMGW-PIB o równie długim „stażu”, a także być ważnym dziełem o historii miasta i lokalnej społeczności. Jest cennym źródłem wiedzy nie tylko dla klimatologów czy geografów, ponieważ zawiera informacje interesujące i użyteczne dla mieszkańców Zielonej Góry i okolic, zajmujących się np. rolnictwem i ogrodnictwem (w tym. uprawą winorośli), turystyką czy planowaniem przestrzennym.





# CHARAKTERYSTYKA KLIMATU ZIELONEJ GÓRY

## Czynniki kształtujące klimat Zielonej Góry

Warunki pogodowe, a w konsekwencji również klimatyczne Zielonej Góry, są uwarunkowane przede wszystkim czynnikami geograficznymi (szerokość geograficzna, wysokość nad poziomem morza, rzeźba terenu, odległość od mórz i oceanów, pokrycie terenu, etc.) oraz ogólną cyrkulacją atmosferyczną, która odpowiada za częstość i charakter występowania poszczególnych rodzajów mas powietrza. Przyjmuje się, że w strefie umiarkowanych szerokości geograficznych, zwłaszcza w porze zimowej, rola cyrkulacji w kształtowaniu pogody i klimatu jest dominująca [Ustrnul 2007]. Tak też jest w przypadku Zielonej Góry – wobec braku barier orograficznych istotnie modyfikujących klimat w skali lokalnej, to właśnie cyrkulacja atmosferyczna, związana z obecnością stałych i sezonowych centrów barycznych nad Europą, pozostaje najważniejszym czynnikiem pogodowo- i klimatotwórczym miasta i okolic.

Współwystępowanie morskich i kontynentalnych cech klimatu, jak również relatywnie niewielki napływ mas powietrza arktycznego i zwrotnikowego, wpływają na dużą zmienność typów pogody w ciągu roku. W rocznym cyklu klimatycznym dominuje nad Zieloną Górą, podobnie jak i nad Polską, adwekcja mas powietrznych z kwadrantu zachodniego (SW+W+NW). Z tego sektora ma miejsce ponad 50% przypadków napływu mas powietrza. Mały jest udział adwekcji z kwadrantu wschodniego (NE+E+SE), który występuje dwukrotnie rzadziej (patrz rozdz. *Cisnienie atmosferyczne i wiatr*). Taki rozkład częstości kierunków napływu mas powietrza jest głównym wskaźnikiem zmienności typów pogody i przesądza o kształtowaniu się na tym obszarze wielu cech klimatu morskiego, jak i pewnego udziału cech klimatu kontynentalnego [Dubicka 1994].

W rejonie Zielonej Góry, podobnie jak i w Polsce, dominują wilgotne masy powietrza polarnomorskiego (PPm) znad Atlantyku, które stanowią ok. 65% wszystkich rodzajów mas powietrza. Na powietrze polarno-kontynentalne (PPk) napływające ze wschodu przypada ok. 30% dni w roku, na powietrze arktyczne (PA) spływające z północy – około 3% i blisko 2% – na masy powietrza zwrotnikowego (PZ) z południa Europy [Bołaszewska, Reutt 1962; Woś 1999]. Ta różnorodność jest przyczyną dużej zmienności pogody zarówno z dnia na dzień, jak i w danej porze roku w poszczególnych latach, a tym samym przejściowości klimatu Polski [Kossowska-Cezak i in. 2000].

Masy PPm przynoszą relatywnie wysoką temperaturę w chłodnej połowie roku, przyczyniając się do występowania zimą częstych odwilży. Latem zaś powodują obniżenie temperatury. Wpływają również na zwiększenie zachmurzenia i występowanie opadów – bez względu na porę roku. Natomiast masa PPk jest względnie chłodna w chłodnej połowie roku, natomiast względnie ciepła w letniej. Niezależnie od pory roku masa PA jest zimna, a masa PZ ciepła. Stąd np. fale upałów związane są z napływem powietrza PZ lub PPk, a fale mrozów towarzyszą masom powietrza PA lub PPk.

Drugorzędny czynnikiem oddziaływującym na klimat rejonu Zielonej Góry jest rzeźba terenu, a w szczególności deniwelacje sięgające w obrębie miasta do 120 m oraz sąsiedztwo dużych kompleksów leśnych. Położenie stacji SHM Zielona Góra na północnej krawędzi Wysoczyzny Zielonogórskiej może powodować obniżenie temperatury maksymalnej, która jest pochodną wysokości bezwzględnej, w stosunku do najbliższej okolicy, gdzie deniwelacje przekraczają 100 m. Wpływ wysokości bezwzględnej stacji (192 m n.p.m.)

i deniwelacji może również objawiać się podwyższeniem notowanej temperatury minimalnej względem otoczenia, szczególnie w warunkach pogody antycyklonalnej, sprzyjającej inwersjom termicznym we wklęsłych formach terenu, mgłom radiacyjnym, występowaniem rosy lub szronu, czy wreszcie wpływać na zmienność przestrzenną pola wiatru [Yoshino 1975; Oke 1987].

## Dane źródłowe i metoda opracowania

Dane wykorzystane w niniejszej pracy pochodziły z dwóch źródeł. Pierwszym były Niemieckie Roczniki Meteorologiczne z lat 1885-1943<sup>1</sup> uzyskane z archiwum Deutscher Wetterdienst (DWD). Zawierają one wyniki pomiarów i obserwacji niemieckich do lipca 1942 r. i niepełne dane z 1943 r. (kompletne dla trzech miesięcy: marca, kwietnia i maja). Brakuje także dokumentacji z okresu styczeń 1944 – listopad 1945 roku. Materiały te najprawdopodobniej zaginęły lub uległy zniszczeniu. Drugim źródłem, dla lat 1945-2016<sup>2</sup>, były zasoby Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (IMGW-PIB).

Z uwagi na liczne, bo aż ośmiokrotne, zmiany lokalizacyjne stacji meteorologicznej w Zielonej Górze (zarówno horyzontalne jak i wertykalne), za podstawowy okres badawczy przyjęto wielolecie 1976-2016. W okresie tym obiekt nie był przenoszony i funkcjonował jako stacja synoptyczna I-rzędu z całodobową obsadą wykwalifikowanych obserwatorów. Uzyskany materiał pomiarowo-obszerny jest więc homogeniczny i wystarczający do charakterystyki współczesnych warunków klimatycznych panujących w stacji, która jest tym samym reprezentatywna dla jej otoczenia. Ponadto wielolecie 1976-2016 obejmuje wskazane przez Światową Organizację Meteorologiczną (WMO) lata 1981-2010, stanowiące aktualną normę klimatologiczną zalecaną do charakterystyk współczesnego klimatu.

W niektórych przypadkach analizowany okres był krótszy niż 1976-2016. Wynikał on z dostępności danych uwarunkowanych wyposażeniem stacji w przyrządy pomiarowe, a tym samym liczbą mierzonych elementów meteorologicznych. Na przykład z dniem 1 września 2011 roku zaprzestano rejestracji usłonecznienia przy użyciu heliografu Campbella-Stokesa na rzecz czujnika elektronicznego CSD1. W związku z tym dla tego elementu meteorologicznego do analiz przyjęto wielolecie 1976-2010. Dokonano charakterystyki usłonecznienia rzeczywistego, stanowiącego czas trwania bezpośredniego promieniowania słonecznego w ciągu doby oraz usłonecznienia względnego, będącego stosunkiem liczby godzin usłonecznienia rzeczywistego do maksymalnie możliwej liczby godzin, liczonej od wschodu do zachodu Słońca, w danym miejscu.

Dane uzyskane z DWD zawierały wartości miesięczne oraz ekstremalne i zostały wykorzystane jedynie informacyjnie w kontekście wartości ekstremalnych zestawionych w rozdziale *Ekstremalne zjawiska i wartości meteorologiczne*.

Podstawowy materiał źródłowy stanowiły dobowe wartości: średniej, minimalnej i maksymalnej temperatury powietrza, sumy opadów atmosferycznych, usłonecznienia, ciśnienia atmosferycznego, średni stopień zachmurzenia, wysokości pokrywy śnieżnej na gruncie z godziny 06.00 UTC, terminowe kierunki i prędkości wiatru. Dodatkowo wykorzystano informacje o częstotliwości występowania zjawisk meteorologicznych notowanych w SHM typu: mgła, burza, grad.

Analizowana w pracy średnia dobowa temperatura powietrza jest wartością wyznaczoną z ośmiu terminów synoptycznych, tj.: 00, 03, 06, 09, 12, 15, 18, 21 UTC, jako średnia arytmetyczna. Z wartości dobowych wyliczono wartości miesięczne, a z tych z kolei roczne. Analogicznie wyznaczono średnie wartości dla wilgotności względnej powietrza, prężności pary wodnej, zachmurzenia ogólnego nieba, ciśnienia atmosferycznego.

Daty początku i czas trwania okresu wegetacyjnego wyznaczone za pomocą metody Huculaka i Makowca [1977], natomiast termiczne pory roku według metody Makowca [1983]. W opracowaniu zastoso-

<sup>1</sup> Ergebnisse (1885-1943): Beobachtungen an den Stationen II und III Ordnung, Deutsches Meteorologisches Jahrbuch, Berlin

<sup>2</sup> grudzień 1945 r. – grudzień 2016 r.

wano, uwzględniający przejściowość klimatu Polski, podział roku na sześć termicznych pór, zaproponowany przez Mareckiego [1915], a za nim m.in. przez Romera [1949], Kosibę [1958] i innych, opierając się na następujących wartościach progowych średniej dobowej temperatury powietrza: 0,0°C, 5,0°C i 15°C. Za meteorologiczny (termiczny) okres wegetacyjny przyjęto czas w roku, kiedy średnia dobowa temperatura powietrza jest wyższa od 5,0°C. Wyznaczono dni charakterystyczne pod względem termicznym, tj.: mroźne, bardzo mroźne, z przymrozkiem, gorące i upalne (zgodnie z definicją z najnowszego *Słownika meteorologicznego* [Niedźwiedz 2003]).

Konstruując kalendarz sezonowych i rocznych wartości temperatury powietrza, dokonano podziału na pięć klas, z wykorzystaniem odchylenia standardowego od wartości średniej z wielolecia 1976-2016:

- bardzo ciepło:  $t > T + 1,5 \sigma$ ;
- ciepło:  $T + 1,5 \sigma \geq t > T + 0,5 \sigma$ ;
- normalnie:  $T + 0,5 \sigma \geq t \geq T - 0,5 \sigma$ ;
- chłodno:  $T - 0,5 \sigma > t \geq T - 1,5 \sigma$ ;
- bardzo chłodno:  $t < T - 1,5 \sigma$ ;

gdzie:  $\sigma$  – odchylenie standardowe,  $t$  – temperatura powietrza w danym sezonie/roku (°C),  $T$  – średnia temperatura powietrza w sezonie/roku (°C) z wielolecia 1976-2016.

Za dzień z opadem atmosferycznym przyjęto taki, w którym suma dobowa opadów wyniosła co najmniej 0,1 mm, natomiast za dzień z pokrywą śnieżną – gdy zmierzona wysokość pokrywy śnieżnej o godzinie 6.00 UTC była nie mniejsza niż 1 cm i zajmowała minimum 50% powierzchni terenu. Takie ograniczenie pozwoliło wyeliminować dni, kiedy nastąpił impuls opadu śniegu, lecz nie było sprzyjających warunków do jego utrzymania. Warunek ten dotyczy głównie okresu formowania i zaniku pokrywy śnieżnej. Przyjęcie takiego założenia umożliwiło w sposób jednoznaczny określić okresy charakterystyczne (liczba dni z pokrywą śnieżną, okres potencjalny, etc.) oraz daty ich rozpoczęcia i zakończenia. Za sezon zimowy przyjęto przedział czasu od 1 sierpnia danego roku do 31 lipca roku następnego. Analogiczne podejście zastosowano już wcześniej [Falarz 2000-2001; Urban 2015, 2016; Urban i in. 2018b, 2019]. Wszelkie średnie wartości pokrywy śnieżnej zostały wyliczone dla wszystkich dni danego okresu.

Konstruując kalendarz sezonowych i rocznych sum opadów atmosferycznych, wykorzystano klasyfikację Kaczorowskiej [1962], która bazuje na procentowym udziale sumy opadów danego sezonu/roku względem odpowiedniej średniej sumy z wielolecia stanowiącej normę (tab. 1).

**Tabela 1. Klasyfikacja nadmiaru i niedoboru opadów wg Kaczorowskiej [1962]**

Sezon - kategoria	Opady sezonu/roku w % normy
Skrajnie wilgotny	>150
Bardzo wilgotny	126-150
Wilgotny	111-125
Normalny	90-110
Suchy	75-89
Bardzo suchy	50-74
Skrajnie suchy	<50

Dokonano analiz poszczególnych elementów meteorologicznych dla poszczególnych miesięcy, kwartalowych pór roku (zima: XII-II, wiosna: III-V, lato: VI-VIII, jesień: IX-XI), pory ciepłej (V-X) i chłodnej (XI-IV) oraz dla całego roku.

Zgodnie z zaleceniami WMO prędkość wiatru uśredniana jest za okres 10 minut przed terminem obserwacji, a archiwizowane są wartości kierunku i prędkości wiatru dla wspomnianych wcześniej ośmiu terminów. Z wartości terminowych wyznaczono średnie dobowe prędkości wiatru, z nich miesięczne i w konsekwencji roczne. Dane pomiarowe charakteryzują ruch powietrza na poziomie wiatromierza ułożonego 12 m nad gruntem.

Charakterystyki zachmurzenia dokonano na podstawie zapisów obserwacji wizualnych zachmurzenia ogólnego w skali 0-8 (oktantowej), gdzie: 0 oznacza niebo bezchmurne; 1 – jedna ósma nieba pokryta przez chmury; 4 – połowa nieba pokryta przez chmury; 8 – zachmurzenie całkowite. Za dzień pogodny przyjęto taki, w którym średnia dobowa wielkość zachmurzenia ogólnego, wyznaczona z ośmiu terminów synoptycznych była mniejsza od 3, natomiast za dzień pochmurny, gdy była ona większa od 6 [Niedźwiedz 2003; Lorenc i in. 2005].

Wilgotność powietrza określono wg dwóch podstawowych wskaźników – wilgotności względnej określającej stopień nasycenia powietrza parą wodną oraz prężności pary wodnej stanowiącej ciśnienie wywierane przez parę wodną obecną w atmosferze.

Metodyka pomiarów poszczególnych elementów meteorologicznych w stacji była zgodna z wytycznymi dla Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej IMGW [Janiszewski 1988; Rózdziński i in. 2014] i opracowana według standardowej metodyki stosowanej w klimatologii [Pruchnicki 1987; Garnier 1996].

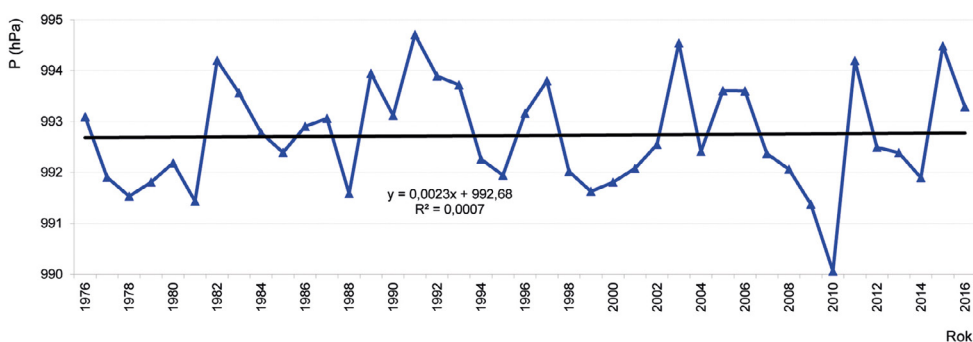
Metodą równań prostych regresji określono tendencje zmian analizowanych elementów i parametrów meteorologicznych. Przy pomocy testu  $t$ -Studenta sprawdzono istotności statystyczne wyznaczonych tendencji zmian poszczególnych elementów meteorologicznych na poziomie istotności 0,05. W odrębnym podrozdziale krótkiej analizie w odniesieniu do innych obszarów poddano jedynie tendencje dla podstawowych elementów meteorologicznych, tj. dla temperatury powietrza, opadów atmosferycznych i pokrywy śnieżnej.



## Ciśnienie atmosferyczne i wiatr

Podstawowymi stałymi ośrodkami barycznymi kształtującymi pogodę i klimat Europy Zachodniej i Środkowej są Niż Islandzki i Wyzł Azorski. Wartości ciśnienia atmosferycznego występujące na obszarze Polski zależą od położenia i stopnia rozbudowania w/w układów barycznych<sup>3</sup>. Niż Islandzki jest najsilniejszy i ma największą aktywność w zimie, a mniejszą latem. Z kolei aktywność Wyzłu Azorskiego i jego wpływ na pogodę najmocniej zaznacza się latem [Kozuchowski 1998; Woś 1999].

Średnie roczne ciśnienie atmosferyczne w Zielonej Górze z wielolecia 1976-2016 wyniosło na poziomie rzeczywistym 992,7 hPa. Zakres wahań jego wartości był mały, nie przekraczał 5 hPa i zawierał się w przedziale od 994,7 hPa w 1991 r. do 990,1 hPa w roku 2010 (rys. 1).



**Rysunek 1. Przebieg średniego rocznego ciśnienia atmosferycznego (P) wraz z linią trendu i równaniem regresji w wieloleciu 1976-2016**

Roczna amplituda ciśnienia, wyznaczona z wartości średnich miesięcznych, osiąga 2,9 hPa. Pełny zakres zmian średniego dobowego ciśnienia, od absolutnego maksimum do absolutnego minimum, wyniósł w analizowanym wieloleciu 76,7 hPa. Obie skrajne wartości zostały zmierzone w miesiącach zimowych (tab. 24 w rozdziale *Ekstremalne zjawiska i wartości meteorologiczne*). Natomiast ekstremalna zmiana średniego dobowego ciśnienia z dnia na dzień wyniosła  $-30,4$  hPa, w nocy z 27 na 28 stycznia 2010 r., kiedy to wartość ta spadła z 1000,5 hPa do 970,1 hPa.

W przebiegu rocznym najniższe średnie wartości ciśnienia atmosferycznego przypadają na kwiecień – ok. 991 hPa, najwyższe natomiast na październik – ok. 994 hPa. Zakres zmian wartości miesięcznych ciśnienia jest największy w okresie zimowym – dwukrotnie większy niż latem (tab. 2). Taki rozkład jest charakterystyczny dla większości obszaru Polski [Woś 1999; Trepińska 2007; Sikora 2008]. Zdaniem Trepińskiej [1988] analogiczne prawidłowości wykazuje roczny rozkład ciśnienia w innych miastach Polski (Warszawa, Kraków) i Europy (Budapeszt, Kijów). Wynika to z faktu, iż w ciągu roku w Polsce środkowej najwięcej dni z układami wysokiego ciśnienia przypada na przełom lata i jesieni, a najmniej ich występuje w zimie. Z kolei cyklonalne układy baryczne dominują w zimie, a najmniej jest ich w październiku [Parczewski 1962]. Wniosek ten potwierdzają późniejsze wyniki badań dla Niziny Wielkopolskiej [Buchert 1992] czy Krakowa [Trepińska 2007].

<sup>3</sup> Ciśnienie atmosferyczne jest zwykle wskazywane przez ludzi jako element pogody stanowiący przyczynę złego samopoczucia, co ma związek z jego oddziaływaniem na receptory zmysłów czy zmianę zawartości gazów w powietrzu [Sikora 2008].

Warto zauważyć, iż różnice pomiędzy średnimi wartościami ciśnienia atmosferycznego w poszczególnych miesiącach roku są relatywnie małe w stosunku do innych elementów meteorologicznych. Ponadto w analizowanym okresie zmiany średniorocznego ciśnienia atmosferycznego praktycznie nie wykazywały tendencji zmian (patrz rys. 1, linia trendu). Wynik ten potwierdza wcześniejsze wnioski Trepińskiej [1988, 1997, 2007] z Krakowa o małej wiekowej zmienności tego elementu meteorologicznego.

**Tabela 2. Wartości miesięczne i roczne (śr. – średnia, max – maksymalna, min – minimalna) ciśnienia atmosferycznego P (hPa) na poziomie stacji w wieloleciu 1976-2016**

P	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
śr.	993,0	993,1	992,2	991,1	992,5	992,5	992,5	992,9	993,8	994,0	992,5	992,8	992,7
max	1005,1	1002,2	1000,7	997,6	997,8	997,0	996,9	996,4	998,4	1001,8	1001,5	1003,2	994,7
rok	1989	1993	2012	2007	1992	2006	2006	1976	1977	1985	1978	2016	1991
min	983,6	982,8	980,6	983,3	986,3	988,6	987,7	986,4	986,9	986,9	982,6	978,9	990,1
rok	1986	2010	2008	1998	1984	1980	2011	2006	1984	1992	2010	1981	2010

Wiatr jest elementem meteorologicznym, który bezpośrednio odzwierciedla cyrkulację atmosfery. Jedynie lokalne warunki morfologiczne – przy urozmaiconej rzeźbie bądź zabudowie urbanistycznej – oraz układ dolin rzecznych mogą w istotny sposób modyfikować kierunek przemieszczania się mas powietrza [Trepińska, Kowanetz 2000; Głowicki i in. 2005; Kowanetz 2007].

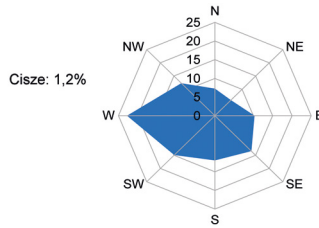
W Zielonej Górze, podobnie jak i w całej Polsce, dominują wiatru z sektora zachodniego (SW, W i NW). Ich udział jest największy w roku oraz w poszczególnych porach roku i stanowi od ok. 53% zimą i latem do ok. 45% wiosną (rys. 2-3). Wśród wiatrów z sektora zachodniego dominuje kierunek zachodni, następnie południowo-zachodni i północno-zachodni, których roczna frekwencja wynosi odpowiednio ok.: 23%, 15% i 12% (rys. 2). Najrzadziej występuje wiatr z kierunku północno-wschodniego, od 4,6% zimą do 7,6% wiosną. Jesienią zaznacza się zwiększona frekwencja kierunku południowo-wschodniego – 16,3%, z kolei zimą i jesienią także kierunku południowego, z częstością ok. 14% (rys. 3).

Jedną z podstawowych charakterystyk reżimu wiatrowego jest częstość występowania cisz atmosferycznych, które mogą powodować stagnację powietrza i zawarty w nim wszelkich zanieczyszczeń [Kowanetz 2007]. Z uwagi na położenie stacji Zielona Góra na północnym skłonie Wysoczyzny Zielonogórskiej i brak barier orograficznych, cisy atmosferyczne występują tu rzadko. Ich średnia roczna częstość wynosi 1,2%, a w kwartałowych porach roku nie przekracza 1,5% (rys. 2-3).

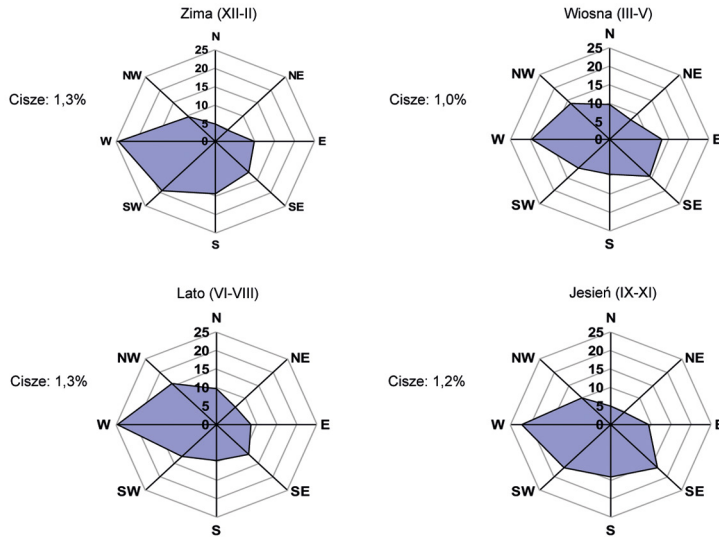
Ważnym elementem poziomego ruchu powietrza jest również jego prędkość. W przypadku wartości rocznych jest to wypadkowa wszystkich zanotowanych prędkości wiatru z uwzględnieniem cisz atmosferycznych. Średnia roczna prędkość wiatru w Zielonej Górze z wielolecia 1976-2016, podobnie jak w większości stacji sąsiedniego Dolnego Śląska [Głowicki i in. 2005] czy Polski, była mała i wyniosła 3,2 m/s. Zakres wahań wartości tego parametru wyniósł 0,9 m/s (od 3,5 m/s w latach 1981, 1983 i 1990 do 2,6 m/s w roku 2003). Wiatr w podanym zakresie prędkości jest wiatrem słabym. Prędkość roczna wykazywała malejącą tendencję zmian, wynoszącą ok. 0,1 m/s/10 lat (rys. 4).

Przebieg roczny prędkości wiatru w Zielonej Górze wykazuje charakterystyczną dla Polski sezonowość. Mianowicie, największe średnie prędkości przypadają na zimą, z maksimum w styczniu wynoszącym 3,7 m/s, najniższe średnie natomiast na lato, z minimum w sierpniu 2,7 m/s. Przyczyną zimowych maxi-

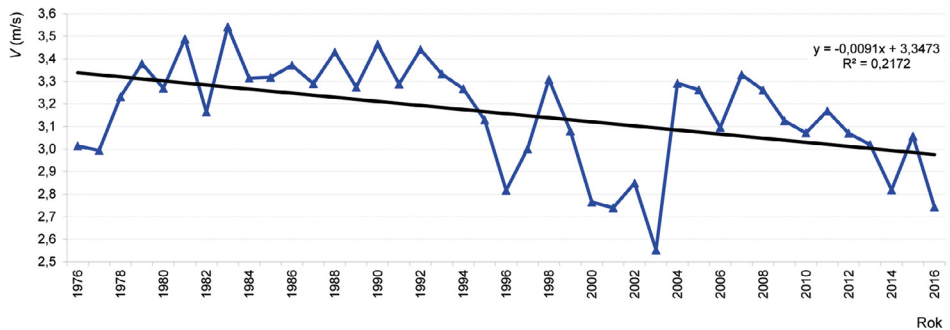




Rysunek 2. Roczna częstość kierunków wiatru (%) w wieloletniu 1976-2016



Rysunek 3. Częstość kierunków wiatru (%) w kwartałowych porach roku w wieloletniu 1976-2016



Rysunek 4. Przebieg średniej rocznej prędkości wiatru  $V$ , wraz z linią trendu i równaniem regresji w wieloletniu 1976-2016

mów prędkości wiatru są występujące o tej porze roku nad Polską duże poziome gradienty ciśnienia. Zakres zmian miesięcznych prędkości wiatru jest największy w miesiącach zimowych, a najmniejszy w letnich. Wahania prędkości wiatru miesięcy zimowych są prawie dwukrotnie większe niż letnich (tab. 3).

Przy analizie prędkości wiatru istotna jest częstość występowania wiatru o określonych wartościach progowych mogących powodować istotne skutki gospodarcze i zagrożenia. Do takich wiatrów zalicza się wiatry silne ( $\geq 10$  m/s) i bardzo silne ( $\geq 15$  m/s). Średnia roczna częstość wiatru silnego w wieloleciu 1976-2016 była mała i wyniosła zaledwie 5,3 dnia. Maksymalna częstość wystąpień (14) miała miejsce w roku 1983. W przebiegu rocznym wiatr silny najczęściej występuje w porze chłodnej, z maksimum przypadającym na styczeń – średnio 1,7 dnia, najrzadziej zaś od końca wiosny do początku jesieni (tab. 4).

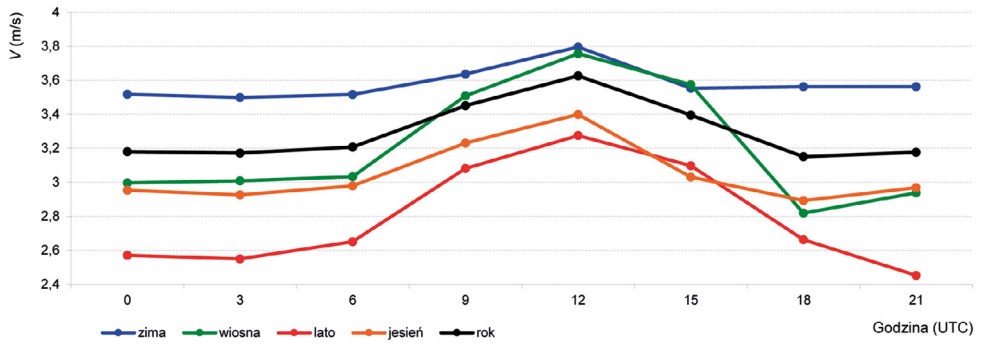
**Tabela 3. Wartości miesięczne i roczne (śr. – średnia, max – maksymalna, min – minimalna) prędkości wiatru V w wieloleciu 1976-2016**

V	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
śr.	3,7	3,5	3,5	3,2	2,9	2,8	2,8	2,7	2,8	3,0	3,3	3,6	3,2
max	5,4	4,4	4,6	3,7	3,4	3,4	3,2	3,2	3,8	4,0	4,7	4,9	3,5
rok	1983	1990	1990	1995	1985	1984	1979 1990 2007 2011	1980 2008	1978	1998	1981	1988	1981 1983 1990
min	2,5	2,2	2,5	2,6	2,2	2,3	2,1	2,0	2,2	2,3	2,4	2,3	2,6
rok	1996 1997 2001	2003	2003	2002	2000	2001 2016	2003	2002 2003	1995 2003	1993 2003	1993 2000	1996	2003

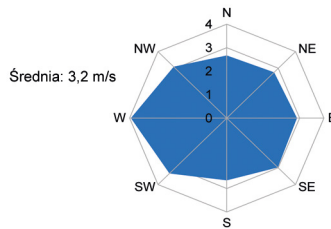
**Tabela 4. Miesięczna i roczna (średnia – śr. i maksymalna – max) częstość (liczba dni) występowania wiatru silnego ( $\geq 10$  m/s) w wieloleciu 1976-2016**

$\geq 10$ m/s	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	I-XII
śr.	1,7	0,7	0,8	0,2	0,1	0,0	0,1	0,1	0,0	0,3	0,5	0,8	5,3
max	10	3	3	2	2	0	1	1	1	3	4	3	14
rok	2007	2004 1983 2011	1983 1994 1998 2008	2011	2007	-	1983 2008 2015	1987 1993 1998 2010 2015	1983 2004	2002	1981	1993 1998 1999	1983

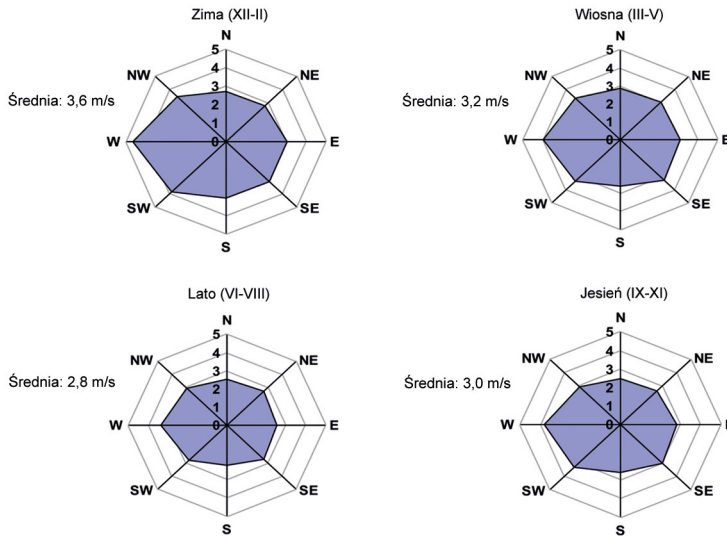
W przebiegu dobowym największe prędkości wiatru, w przedziale 3,3-3,8 m/s, obserwuje się w godzinach okołopołudniowych, zarówno w roku, jak i w poszczególnych jego porach. Spadek prędkości wiatru występuje w godzinach nocnych. Taki rozkład tego parametru w ciągu doby jest najprawdopodobniej uwarunkowany zdecydowanym rozwojem turbulencyjnych ruchów powietrza w godzinach południowych i popołudniowych [Parczewski 1961; Kowanetz 2007], jak i zróżnicowanym polem ciśnienia nad miastem i terenach przyległych wskutek nierównomiernego nagrzewania się podłoża [Bornstein, Johnson 1977]. Zakres zmian dobowego przebiegu prędkości wiatru jest najwyraźniejszy latem i wiosną, najsłabiej zaznacza się zimą (rys. 5). Ten ogólny dobowy rytm często ulega zakłóceniom, np. podczas przemieszczania się frontów atmosferycznych, szczególnie chłodnych, przy których zmiany prędkości wiatru są największe.



Rysunek 5. Przebieg dobowy prędkości wiatru V w wieloleciu 1976-2016



Rysunek 6. Kierunkowy rozkład średnich rocznych prędkości wiatru (m/s) w wieloleciu 1976-2016



Rysunek 7. Kierunkowy rozkład średnich prędkości wiatru (m/s) w kwartałowych porach roku w wieloleciu 1976-2016

Warunki anemologiczne dokładniej charakteryzuje analiza prędkości wiatru na poszczególnych jego kierunkach. Zasadą jest, że dominującym kierunkom wiatru odpowiadają największe jego prędkości. Stąd też największe prędkości wiatru występują w Zielonej Górze na kierunku zachodnim i kształtują się od 4,7 m/s w zimie do 3,4 m/s w lecie. Najmniejszymi prędkościami wiatru w skali roku (2,7 m/s) cechują się kierunek południowy i północny. Najmniejsze prędkości na tych kierunkach notowane są wiosną i wynoszą 2,2 m/s dla południowego i 2,5 m/s dla północnego (rys. 6-7).

## Warunki nefologiczne i usłonecznienie

Zachmurzenie odgrywa istotną rolę w systemie klimatycznym Ziemi, zarówno w skali globalnej, jak i regionalnej czy lokalnej, i zależy głównie od mikroskalowej cyrkulacji. Modyfikuje strukturę i natężenie promieniowania słonecznego oraz wpływa na wielkość wypromieniowania ciepła z gruntu, a w konsekwencji na temperaturę podłoża i powietrza [Matuszko 2003, 2007]. Zachmurzenie jest elementem coraz bardziej docenianym i uwzględnianym w ocenie warunków bioklimatycznych miejscowości czy regionu [Woś 1999; Sikora 2008].

Średnie roczne zachmurzenie ogólne nad Zieloną Górą w wieloleciu 1976-2016 wyniosło 5,3 oktanta. Przebieg średniorocznego zachmurzenia był stosunkowo mało zróżnicowany i kształtował się od 4,6 w 2003 r. do 5,9 oktanta w 1977 r. (tab. 5, rys. 8). Wyraźne minimum w średniorocznym ogólnym zachmurzeniu (4,7 oktanta) wystąpiło również w 1982 roku. Stwierdzono je także w średnich rocznych, obszarowych wartościach dla Polski [Limanówka i in. 2012].

W wieloleciu 1976-2016 średnie roczne zachmurzenie ogólne nad Zieloną Górą wykazywało bardzo słabą ujemną tendencję, nieistotną statystycznie na poziomie istotności 0,05, wynoszącą 0,09 oktanta/10 lat (rys. 8). Natomiast w wieloleciu, w którym scharakteryzowano usłonecznienie, tj. 1976-2010, tendencja ta była niemal identyczna i wyniosła -0,12 oktanta/10 lat.

W przebiegu rocznym, najmniejszym średnim zachmurzeniem ogólnym cechują się miesiące cieplej połowy roku, z minimum przypadającym na sierpień (4,6 oktanta), a największym – miesiące zimowe z maksimum występującym w grudniu (6,3 oktanta). Maksymalne zachmurzenie miesięczne przekracza w każdym miesiącu roku 6 oktantów, minimalne kształtuje się od ponad 5 w grudniu do poniżej 3 w kwietniu, lipcu i wrześniu (tab. 5). Podobny roczny przebieg zachmurzenia występuje we Wrocławiu [Sikora 2008].

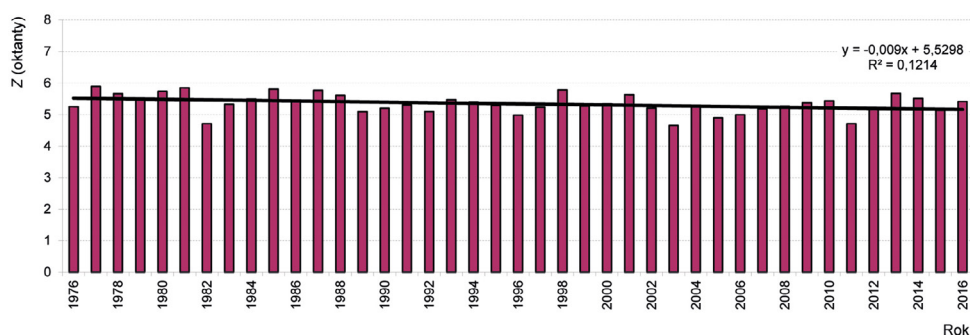
Większe zachmurzenie w zimie związane jest z przewagą sytuacji cyklonalnych z frontami atmosferycznymi i wilgotnym powietrzem polarnym morskim. W chłodnej porze roku, nawet przy sytuacjach antycyklonalnych, może występować duże zachmurzenie ze względu na istnienie inwersji temperatury powietrza, powodujących powstawanie niskich chmur warstwowych. W cieplej połowie roku o mniejszym średnim zachmurzeniu decyduje przewaga chmur konwekcyjnych, które pojawiają się w godzinach południowych i zanikają wieczorem [Matuszko 2007].

**Tabela 5. Wartości miesięczne i roczne (śr. – średnia, max – maksymalna, min – minimalna) zachmurzenia Z (w skali 0-8 pokrycia nieba) w wieloleciu 1976-2016**

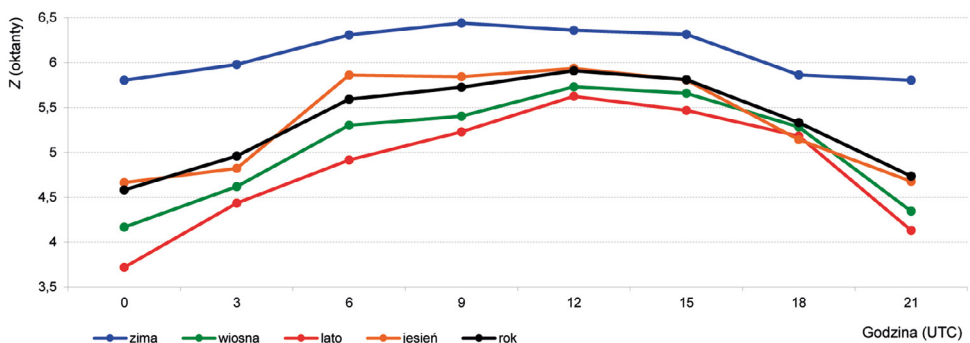
Z	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
śr.	6,2	5,8	5,5	5,0	4,8	5,1	4,8	4,6	4,9	5,1	6,1	6,3	5,3
max	7,3	7,3	6,7	6,6	6,4	6,3	6,6	6,1	6,6	7,0	7,4	7,1	5,9
rok	1979	2013	1981 1985 1988	1986	1996	1985	2000	1977	1978	2016	1987	2001 2009 2010	1977
min	4,9	4,1	3,8	2,4	3,5	3,8	2,7	3,2	2,8	3,3	3,7	5,4	4,6
rok	1993	2003	2011	2009	1990	2008 2010	2006	1997	2006	2005	2011	2003	2003

W przebiegu dobowym zachmurzenia ogólnego stwierdza się największe jego wielkości w godzinach okołopołudniowych, co związane jest z najsilniejszym o tej porze dnia rozwojem prądów wstępujących powietrza. Zmniejsza się ono w godzinach wieczornych i nocnych. Najbardziej pogodne są letnie noce i poranki. Latem obserwuje się największy zakres dobowych zmian zachmurzenia, który osiąga niemal 2,0 oktanty. Zimą jest on najmniejszy, osiąga zaledwie 0,6 oktanta, a zachmurzenie jest największe przez całą dobę względem pozostałych pór roku (rys. 9).

Należy pamiętać, iż przedstawiony na bazie średnich wieloletnich charakter przebiegu zachmurzenia jest uwarunkowany strukturą dobowego bilansu cieplnego atmosfery i podłoża. W poszczególnych dniach może więc znacznie odbiegać od przedstawionego powyżej schematu lub być zmieniany chociażby przez przejścia frontów atmosferycznych.



**Rysunek 8. Przebieg średniego rocznego zachmurzenia Z (w skali 0-8 pokrycia nieba) wraz z linią trendu i równaniem regresji w wieloleciu 1976-2016**



**Rysunek 9. Przebieg dobowy zachmurzenia Z w wieloleciu 1976-2016**

Dla pełniejszej charakterystyki warunków nefologicznych danego miejsca ważna jest częstość występowania dni pogodnych i pochmurnych. Średnia wieloletnia liczba dni pogodnych w Zielonej Górze wynosi 57,6, natomiast dni pochmurnych 160,7. Zatem przeciętnie dni pogodnych jest tu niemal trzykrotnie mniej niż dni pochmurnych. Najliczniej dni pogodne pojawiają się w cieplej połowie roku, z maksimum w sierpniu (6,9 dnia) i w maju (6,6 dnia), co ma związek ze zwiększoną częstością występowania w tych

miesiącach typu pogody antycyklonalnej nad Polską [Dubicka 1994; Paszyński, Niedźwiedz 1999]. Zauważalne obniżenie liczby dni pogodnych w czerwcu (4,2 dnia) wynika ze zwiększonego zachmurzenia w Polsce w ciepłej porze roku [Dubicka 1997], co potwierdzają uzyskane wyniki dla Zielonej Góry (tab. 6, rys. 10). Najrzadziej dni pogodne występują późną jesienią (listopad) i zimą, średnio stanowią ok. 3 dni w miesiącu.

**Tabela 6. Sumy dzienne, miesięczne i roczne (śr. – średnia, max – maksymalna, min – minimalna) usłonecznienia w wieloleciu 1976-2010**

Parametr	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
<b>Usłonecznienie rzeczywiste (godz.)</b>													
śr.	47,9	68,0	104,2	163,0	218,5	200,9	218,2	208,1	137,0	108,2	50,5	36,1	1560,5
max	84,5	117,3	155,1	294,1	292,0	316,8	374,8	284,2	221,1	166,4	97,0	63,1	1927,5
rok	2006	1990	1982	2009	1989	2008	2006	2003	2005	1991	1986	2003	2003
min	17,5	23,0	53,0	87,8	99,8	98,3	74,1	145,4	54,4	42,3	11,2	15,3	1221,5
rok	1977	2009	1985	1986	2010	1987	2000	1977	2001	1998	1987	2001	1987
suma dzienna	1,5	2,4	3,4	5,4	7,0	6,7	7,0	6,7	4,6	3,5	1,7	1,2	4,3
<b>Usłonecznienie względne (%)</b>													
śr.	18,5	24,3	28,2	39,0	44,8	40,4	43,4	46,0	36,1	32,8	19,1	14,8	32,3
max	32,7	40,8	42,0	70,4	59,9	63,6	74,6	62,9	58,2	50,5	36,7	25,8	51,5
min	6,8	7,9	14,4	21,0	20,5	19,7	14,8	32,2	14,3	12,8	4,2	6,3	14,6

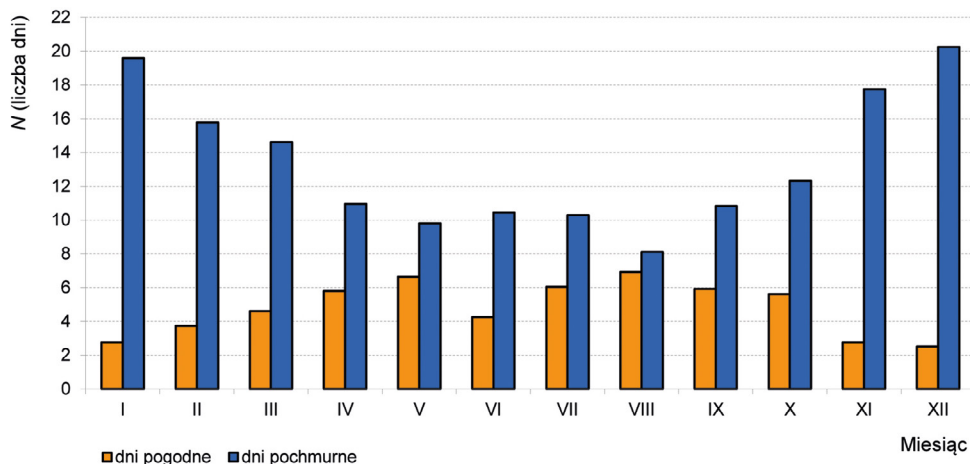
Dni pochmurne pojawiają się najczęściej na przełomie jesieni i zimy, z maksimum około 20 dni w grudniu i styczniu. Najmniej jest ich w miesiącach letnich, z minimum wynoszącym 8,1 dnia w sierpniu (rys. 10).

Na wielkość usłonecznienia wpływa głównie długość dnia oraz wielkość i rodzaj zachmurzenia [Matuszko 2012]. Duża zmienność typów pogody w ciągu roku nad Polską powoduje relatywnie duże zróżnicowanie wielkości usłonecznienia w poszczególnych dniach, porach roku i w konsekwencji latach. Należy podkreślić, że zarówno usłonecznienie, jak i zachmurzenie, są przede wszystkim związane z cyrkulacją atmosfery oraz pozostają pod wpływem bilansu cieplnego i warunków lokalnych [Dubicka, Limanówka 1994; Urban i in. 2018a]. Stąd też największe wartości usłonecznienia rejestrowane są w miesiącach ciepłej połowy roku, a najmniejsze w zimowej.

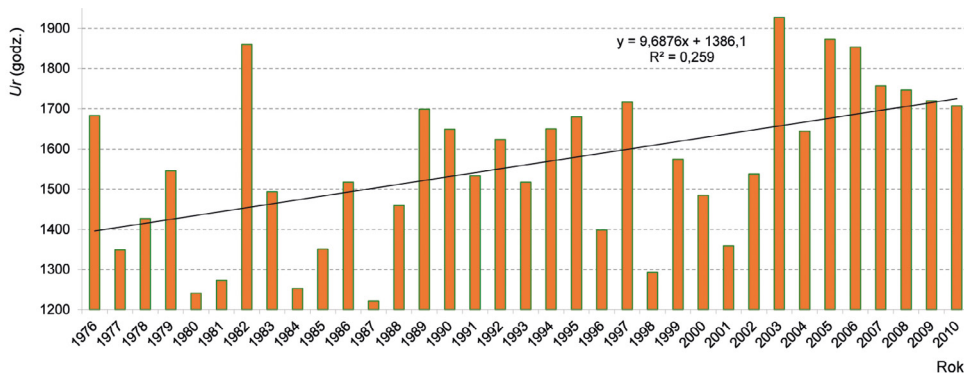
Średnia roczna liczba godzin usłonecznienia rzeczywistego z wielolecia 1976-2010 w Zielonej Górze wynosi ok. 1561, co daje średnio 4,3 godziny na jeden dzień. Wartość ta jest wyższa od podanej przez Kuczarskiego [1990] średniej dla Polski (1526 godzin, na podstawie danych z lat 1951-1975). Zakres zmian sum rocznych kształtował się pomiędzy 1928 godz. w 2003 r. a 1222 godz. w 1987 r. (tab. 6). Sumy roczne usłonecznienia rzeczywistego w analizowanym wieloleciu wykazywały tendencję wzrostową wynoszącą ok. 97 godzin/10 lat (rys. 11).

W przebiegu rocznym, podobnie jak w całej Polsce, minimum przypada na grudzień i wynosi średnio ok. 36 godzin. Najwyższe sumy usłonecznienia, przekraczające 200 godzin, występują pomiędzy majem a sierpniem, z maksimum wynoszącym 218 godzin, przypadającym na maj lub lipiec (tab. 6). Obniżenie średniej sumy usłonecznienia w czerwcu spowodowane jest największym w ciepłej porze roku zachmurzeniem i dużą ilością dni pochmurnych [Dubicka 1997; Degirmendźić 2004; Urban i in. 2018a].

Usłonecznienie względne eliminuje wpływ długości dnia w cyklu rocznym i tym samym ułatwia porównanie wielkości miesięcznych czy sezonowych. Przeciętnie w skali roku Zielona Góra otrzymuje ok. 32%



Rysunek 10. Średnia miesięczna liczba dni pogodnych i pochmurnych w wieloleciu 1976-2016



Rysunek 11. Przebieg rocznych sum usłonecznienia rzeczywistego  $U_r$ , wraz z linią trendu i równaniem regresji w wieloleciu 1976-2010

możliwego usłonecznienia. Wynik ten jest zbliżony z wcześniejszymi wynikami uzyskanymi z lat 1951-1980 dla Polski [Woś 1999], czy z innych miast kraju, np. dla Krakowa z lat 1901-2000 [Matuszko 2007]. Średnio usłonecznienie kształtuje się w przedziale od 15% w grudniu, co świadczy o największym zachmurzeniu w tym miesiącu, do 46% w sierpniu. Jego przebieg roczny wskazuje, że osiąga największe wartości w końcu lata (sierpień – 46%) oraz na przełomie wiosny i lata (maj – 45%). Wyraźnie zaznaczyły się maksymalne usłonecznienie względne z lipca 2006 r., wynoszące 74,6%, przewyższające maksima względne z pozostałych miesięcy (tab. 6). Było to prawdopodobnie uwarunkowane zdecydowaną przewagą w tym miesiącu antycyklonalnego typu pogody, który według klasyfikacji Lityńskiego [1969] stanowił aż 87% wszystkich dni lipca 2006 roku.



## Temperatura powietrza

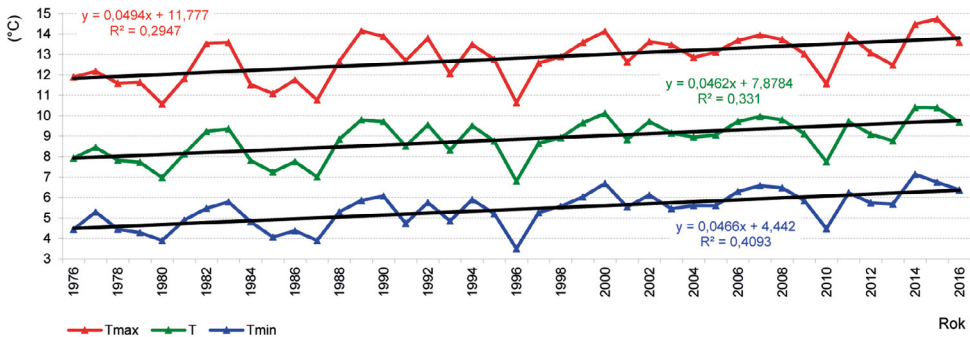
Temperatura powietrza jest podstawowym elementem charakteryzującym zarówno klimat danego obszaru, jak i zachodzących na przestrzeni czasu zmian.

Średnia roczna temperatura powietrza z wielolecia 1976-2016 w Zielonej Górze wyniosła 8,8°C. Z kolei średnia maksymalna i średnia minimalna – odpowiednio 12,8°C i 5,4°C. Szczególnie ciepły był kwartał zimowy, z temperaturą zaledwie 0,1°C poniżej zera (tab. 7). Są to, jak dotąd, jedne z najwyższych wartości w Polsce [Woś 1999; Lorenc i in. 2005]. Najniższą średnią roczną, wynoszącą 6,8°C, zanotowano w 1996 r., zaś wartość najwyższą (10,4°C) wystąpiła w latach 2014 i 2015. Okres 2014-2015, a szczególnie 2015 rok, są uważane za najcieplejsze w historii obserwacji instrumentalnych w Polsce, co wyraźnie zaznaczyło się w Polsce południowo-zachodniej, w tym w rejonie Zielonej Góry [Djaków 2016], jak i globalnie<sup>4</sup>. Z kolei w 1996 rok odznaczał się wszystkimi sezonami chłodnymi (tab. 13).

**Tabela 7. Średnie sezonowe i roczne wartości temperatury powietrza (°C) w wieloleciu 1976-2016**

Temperatura powietrza	Zima (XII-II)	Wiosna (III-V)	Lato (VI-VIII)	Jesień (IX-XI)	Pora ciepła (V-X)	Pora chłodna (XI-IV)	Rok (I-XII)
Średnia	-0,1	8,7	17,8	9,0	15,1	2,7	8,8
Średnia maksymalna	2,5	13,4	22,9	12,6	19,8	5,9	12,8
Średnia minimalna	-2,5	4,7	13,5	6,0	11,0	-0,1	5,4

Wyliczony z lat 1976-2016 trend średniej rocznej temperatury powietrza w Zielonej Górze jest dodatni i wynosi 0,46°C/10 lat. Dla średniej maksymalnej i średniej minimalnej trendy są podobne i również rosnące, wynoszą odpowiednio: 0,49°C/10 lat i 0,47°C/10 lat (rys. 12, tab. 8). W analizowanym wieloleciu dodatnie tendencje zmian wystąpiły w każdej z kategorii temperatury średniej we wszystkich sezonach, z najszybszym wzrostem w kwartale letnim a najwolniejszym w kwartale jesiennym, odpowiednio: 0,5-0,6°C/10 lat i 0,3°C/10 lat (tab. 8). Zbliżone wartości trendów w termice powietrza w XX w. w Polsce podają autorzy innych opracowań klimatologicznych [Obrębska-Starkłowa i in. 1994; Wibig, Głowicki 2002].



**Rysunek 12. Przebieg średnich rocznych wartości temperatury powietrza (*Tmax* – maksymalnej, *T* – średniej, *Tmin* – minimalnej) wraz z liniami trendów i równaniami regresji w wieloleciu 1976-2016**

<sup>4</sup> <https://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

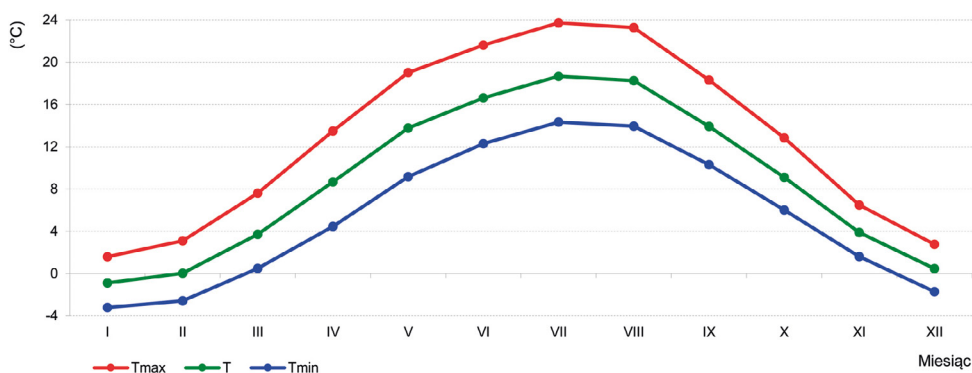
**Tabela 8. Wielkość tendencji zmian ( $^{\circ}\text{C}/10$  lat) sezonowych i rocznych wartości temperatury powietrza w wieloleciu 1976-2016**

Temperatura powietrza	Zima (XII-II)	Wiosna (III-V)	Lato (VI-VIII)	Jesień (IX-XI)	Pora ciepła (V-X)	Pora chłodna (XI-IV)	Rok (I-XII)
Średnia	0,44	0,53	0,57	0,31	0,45	0,50	0,46
Średnia maksymalna	0,45	0,56	0,65	0,33	0,47	0,53	0,49
Średnia minimalna	0,49	0,53	0,53	0,32	0,44	0,53	0,47

W przebiegu rocznym najchłodniejszym miesiącem jest styczeń ze średnią temperaturą powietrza  $-0,9^{\circ}\text{C}$ , a najcieplejszym lipiec z temperaturą  $18,7^{\circ}\text{C}$ . Średnia roczna amplituda temperatury powietrza wynosi więc  $19,6^{\circ}\text{C}$ . Podobnym przebiegiem charakteryzują się średnia maksymalna i średnia minimalna temperatura powietrza (rys. 13). W Polsce w sezonie zimowym, a głównie w styczniu, układ izoterm, poza obszarami górskimi, jest południkowy i temperatura powietrza obniża się z zachodu na wschód. Wówczas obszar Niziny Szczecińskiej i tereny wokół środkowego biegu Odry, a więc i rejon Zielonej Góry, są najcieplejsze, z temperaturą nawet powyżej  $-1,0^{\circ}\text{C}$  [Woś 1999]. Występowanie wówczas względnie ciepłych zim spowodowane jest przede wszystkim wzmoczoną w tym czasie cyrkulacją północno-zachodnią, zachodnią i południowo-zachodnią [Osuchowska-Klein 1992; Bednorz, Więclaw 2005].

Średnie dobowe wartości temperatury powietrza w wieloleciu 1976-2016 zawierały się w przedziale pomiędzy  $-20,1^{\circ}\text{C}$  (11 i 14 stycznia 1987) a  $+30,2^{\circ}\text{C}$  (1 sierpnia 1994). Znacznie większy jest zakres zmian dobowych temperatur ekstremalnych. Różnica pomiędzy absolutnym maksimum ( $36,8^{\circ}\text{C}$ ) a absolutnym minimum ( $-22,2^{\circ}\text{C}$ ), będąca absolutną amplitudą dobową w rozważanym okresie, wyniosła  $59,0^{\circ}\text{C}$  (tab. 9).

Dominacja cyrkulacji z sektora zachodniego i relatywnie mała odległość od Morza Bałtyckiego sprzyjają częstym adwekcjom ciepłych i wilgotnych mas powietrza i tym samym występowaniu w rejonie Zielonej Góry wysokich absolutnych maksimum dobowych w okresie zimowym, które przekraczają  $15,0^{\circ}\text{C}$  w styczniu, a w lutym mogą osiągać  $19,0^{\circ}\text{C}$  (tab. 9).



**Rysunek 13. Przebieg średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza ( $T_{max}$  - maksymalnej,  $T$  - średniej,  $T_{min}$  - minimalnej) w wieloleciu 1976-2016**

**Tabela 9. Absolutne dobowe maksima (*T<sub>max</sub>*) i minima (*T<sub>min</sub>*) oraz absolutne amplitudy (*A*) temperatury powietrza (°C) z datami ich wystąpienia w wieloleciu 1976-2016**

Parametr	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
<i>T<sub>max</sub></i>	15,1	19,0	22,4	29,9	30,7	35,8	36,4	36,8	32,7	26,4	18,2	14,6
Data	19.01 2007	21.02 1990	26.03 2010	29.04 2012	28.05 2005	21.06 2000	31.07 1994	01.08 1994	01.09 2015	04.10 1985	16.11 2006	21.12 1989
<i>T<sub>min</sub></i>	-22,2	-21,3	-13,4	-5,8	-3,4	2,9	7,0	4,5	1,1	-4,6	-11,5	-19,9
Data	14.01. 1987 23.01. 2006	11.02 1985	03.03 1987	01.04 1977	11.05 1978	01.06 1977	18.07 1978	31.08 1978	28.09 1977	31.10 1988	22.11 1998	31.12 1978
<i>A</i>	37,3	40,3	35,8	35,7	34,1	32,9	29,4	32,3	31,6	31,0	29,7	34,5

Obraz stosunków termicznych, poza wartościami średnimi i ekstremalnymi, nie jest pełny bez analizy częstości dni charakterystycznych i termicznych pór roku warunkujących reżim termiczny danego obszaru oraz wpływających na wiele dziedzin działalności człowieka.

Dni mroźne – z ujemną temperaturą w ciągu całej doby – pojawiają się w Zielonej Górze pomiędzy listopadem a marcem. Średnio w ciągu roku występują trzydzieści jeden razy, od ok. jedenastu dni w styczniu do około dwóch w marcu i listopadzie. Z kolei dni bardzo mroźne są w stacji notowane bardzo rzadko, jedynie w miesiącach kwartałowej zimy. Średnio pojawiają się raz w roku, a ich największa częstość przypada na styczeń (tab. 10).

Z kolei na liczbę dni z przymrozkiem w dużym stopniu wpływa lokalna rzeźba terenu. Częściej pojawiają się w obniżeniach terenu niż na wzniesieniach. Stąd też, z uwagi na położenie stacji w obrębie Wysoczyzny Zielonogórskiej, ich liczba nie jest duża. Średnio w roku jest to około pięćdziesiąt dziewięć dni, a okres od czerwca do września jest wolny od przymrozków (tab. 10). Ponadto liczba dni z przymrozkiem w analizowanym wieloleciu względem okresu 1951-1980, kiedy wynosiła 64,4 [Woś 1999], zmniejszyła się.

Mając na uwadze średnie daty wystąpienia przymrozków w wieloleciu 1976-2016, wystąpiły one pomiędzy 28 października a 13 kwietnia. Średnio okres wolny od przymrozków wynosi 199 dni (tab. 11). Wyznaczony zakres średnich dat wystąpienia przymrozków i długość okresu bezprzymrozkowego jest zbliżony z wcześniejszymi wynikami uzyskanymi dla Zielonej Góry z lat 1981-2010 [Tomczyk 2015]. Niemniej jednak długość trwania okresu bezprzymrozkowego z roku na rok ulega silnym wahaniom. Najwcześniej przymrozki wiosenne wystąpiły 16 marca, najpóźniej zaś 12 maja. Natomiast przymrozki jesienne analogicznie 3 października i 21 listopada (tab. 11).

Stacja w Zielonej Górze odznacza się dużą liczbą dni gorących, które pojawiają się od kwietnia do września. Średnio w roku jest to około trzydziestu sześciu dni, z maksimum przypadającym w lipcu – ok. dwunastu dni. Natomiast dni upalnych średnio w roku rejestrowanych jest około sześciu (tab. 10).

Pierwsze jesienne przymrozki pojawiają się coraz później, a ostatnie wiosenne coraz wcześniej. Prowadzi to do wydłużenia się okresu bezprzymrozkowego – o ok. 6,2 dnia/10 lat, a wzrost jego długości wynika przede wszystkim z większego tempa zaniku wiosennych przymrozków (rys. 14).

Tabela 10. Dni charakterystyczne pod względem termicznym w wieloleciu 1976-2016

I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XII
Średnia liczba dni mroźnych ( $T_{max} < 0^{\circ}\text{C}$ )												
10,8	7,9	1,8	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	8,2	31,0
Średnia liczba dni bardzo mroźnych ( $T_{max} < -10^{\circ}\text{C}$ )												
0,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	1,0
Średnia liczba dni z przymrozkiem ( $T_{min} < 0^{\circ}\text{C}$ i $T_{max} > 0^{\circ}\text{C}$ )												
10,6	11,8	12,1	3,8	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,2	7,8	10,9	59,2
Średnia liczba dni gorących ( $T_{max} > 25^{\circ}\text{C}$ )												
0,0	0,0	0,0	0,6	3,3	7,1	11,9	11,0	1,9	0,0	0,0	0,0	35,9
Średnia liczba dni upalnych ( $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$ )												
0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	1,0	2,8	1,8	0,1	0,0	0,0	0,0	5,9

Tabela 11. Dаты wystąpienia ostatnich wiosennych i pierwszych jesiennych przymrozków oraz średni czas trwania okresu bezprzymrozkowego w wieloleciu 1976-2016

Przymrozki wiosenne			Przymrozki jesienne			Średni czas trwania okresu bez przymrozków (dni)
Daty wystąpienia ostatnich przymrozków			Daty wystąpienia pierwszych przymrozków			
najwcześniejsza	najpóźniejsza	średnia	najwcześniejsza	najpóźniejsza	średnia	
16.03.2010	12.05.1978	13.04	3.10.1979	21.11.1977	28.10	199

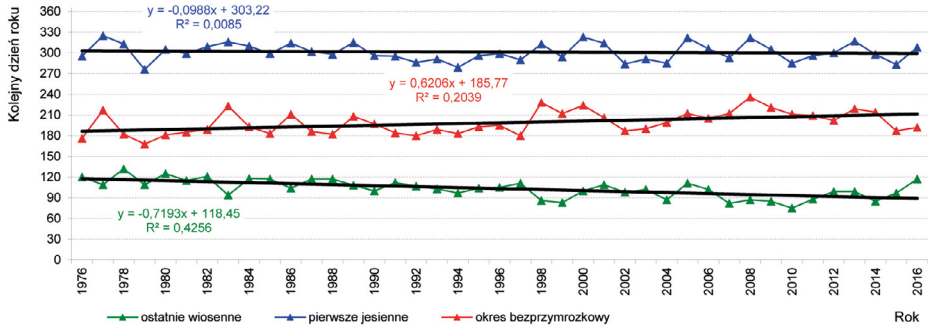
Tabela 12. Średnie daty początku i końca oraz czas trwania termicznych pór roku i meteorologicznego okresu wegetacyjnego w wieloleciu 1976-2016

Kryterium	Zima	Przedwiośnie	Wiosna	Lato	Jesień	Przedzimie	Okres wegetacyjny
	$Td \leq 0^{\circ}\text{C}$	$0^{\circ}\text{C} < Td \leq 5^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C} < Td \leq 15^{\circ}\text{C}$	$Td > 15^{\circ}\text{C}$	$5^{\circ}\text{C} < Td \leq 15^{\circ}\text{C}$	$0^{\circ}\text{C} < Td \leq 5^{\circ}\text{C}$	$Td > 5^{\circ}\text{C}$
Początek	29 XII	21 II	26 III	1 VI	11 IX	10 XI	26 III
Koniec	20 II	25 III	31 V	10 IX	9 XI	28 XII	9 XI
Czas trwania (dni)	54	33	67	102	60	49	229

Charakterystyczną cechą klimatu Polski jest duże zróżnicowanie czasu trwania i dat początku termicznych pór roku, jak i okresu wegetacyjnego [Woś 1996; Skowera, Kopeć 2008; Tomczyk, Szyga-Pluta 2016]. Podobnie jest i w Zielonej Górze. Porą roku, która w tym rejonie trwa najdłużej jest lato – średnio 102 dni. Termiczna wiosna, będąca jednocześnie początkiem meteorologicznego okresu wegetacyjnego, rozpoczyna się zwykle 26 marca i trwa 67 dni. Nieco krócej, bo średnio 60 dni trwa termiczna jesień i 54 dni zima. Najkrótszą porą, zaledwie 33 dni, jest przedwiośnie (tab. 12).

Meteorologiczny okres wegetacyjny w Zielonej Górze wyniósł średnio:

- 229 dni w wieloleciu 1976-2016;
- 233 dni w wieloleciu 1971-2010 [Tomczyk, Szyga-Pluta 2016], jest to jedna z największych wartości tego wskaźnika w skali Polski [Woś 1999; Lorenc 2005; Tomczyk, Szyga-Pluta 2016];
- 225 dni w wieloleciu 1951-1980 [Niedźwiedź, Limanówka 1992]



**Rysunek 14. Przebieg dat wystąpienia ostatnich wiosennych i pierwszych jesiennych przymrozków oraz długość okresu bezprzymrozkowego (dni) wraz z liniami trendów i równaniami regresji w wieloletniu 1976-2016**

Okres wegetacyjny uległ wydłużeniu o około cztery dni. Ta zmiana jest szczególnie widoczna w dwóch ostatnich analizowanych dekadach, tj. od 2000 r. [Kijowska 2010; Nieróbca i in. 2013; Tomczyk, Szyga-Pluta 2016]. Ma to zapewne związek z postępującym ociepleniem klimatu i częstszym pojawianiem się ciepłych sezonów i lat, co jest szczególnie zauważalne od końca XX wieku (tab. 13). Pierwszą dekadę XXI wieku uznaje się za najcieplejszą od momentu rozpoczęcia pomiarów instrumentalnych [IPCC 2013].

W latach 1881-2010, a szczególnie w drugiej połowie XX w. i pierwszej dekadzie XXI w., nastąpił wzrost częstości makrotypu cyrkulacji południowo-zachodniej, co sprzyja występowaniu stosunkowo wysokich temperatur powietrza nie tylko zimą, ale także przyczynia się do wzrostu częstości suchych okresów letnich i wiosennych [Migała i in. 2016]. Zauważalne jest to, jak wspomniano wcześniej, w termice sezonowej i rocznej w Zielonej Górze (tab. 13).

Reasumując rozważania dotyczące temperatury powietrza w Zielonej Górze, należy stwierdzić, że stacja ta cechuje się bardzo korzystnymi warunkami termicznymi pod względem wartości średnich sezonowych i rocznych, długością trwania okresu bez przymrozków i wegetacyjnego oraz wyznaczonymi tendencjami zmian wybranych charakterystyk termicznych. Podobnie jest z uśłonecznieniem. Ma to istotne znaczenie dla ustawicznie rozwijanych upraw winorośli w tym rejonie, które wymagają odpowiednich warunków klimatycznych [Bosak 2013].

Tabela 13. Kalendarz sezonowych i rocznych wartości temperatury powietrza (°C) w wieloletniu 1976-2016

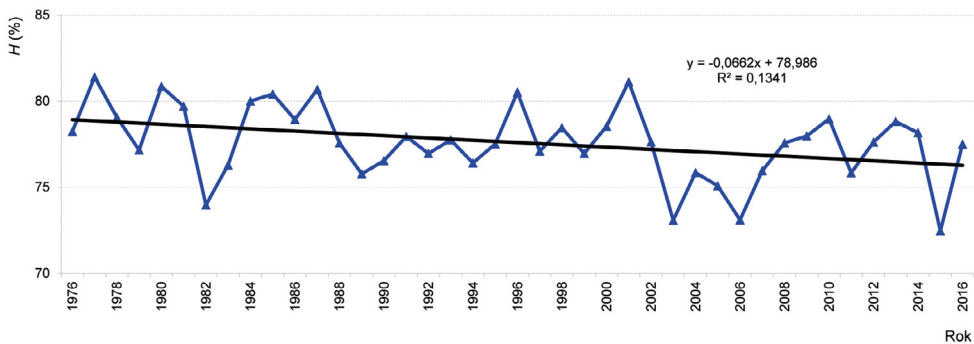
Rok	Zima	Wiosna	Lato	Jesień	Pora ciepła	Pora chłodna	Rok
	XII-II	III-V	VI-VIII	IX-XI	V-X	XI-IV	
1976	-0,2	6,6	17,6	8,8	14,5	2,6	7,9
1977	-0,3	7,9	16,6	8,9	14,0	2,6	8,5
1978	-3,5	7,9	15,9	8,6	13,5	0,6	7,8
1979	-0,9	7,9	17,0	7,9	14,3	1,3	7,7
1980	-0,8	5,8	15,7	8,1	13,2	2,2	7,0
1981	-2,5	9,1	16,6	8,8	14,4	1,3	8,1
1982	1,0	8,2	18,6	11,0	16,1	3,8	9,2
1983	-0,4	9,2	18,9	8,9	15,5	1,9	9,4
1984	-4,5	7,2	15,9	8,7	13,8	0,0	7,8
1985	-2,0	8,4	16,3	7,4	14,3	0,6	7,2
1986	-3,0	8,1	16,9	8,8	14,4	0,7	7,8
1987	1,7	6,0	15,8	9,1	13,5	3,2	7,0
1988	2,5	8,1	17,2	8,0	14,8	4,0	8,9
1989	3,3	9,8	17,6	9,4	15,6	4,6	9,8
1990	-0,8	10,1	17,3	8,7	14,8	2,6	9,7
1991	1,0	7,9	17,7	9,2	14,5	3,2	8,5
1992	0,0	9,0	20,3	8,1	15,9	2,9	9,6
1993	0,9	9,8	16,1	6,5	14,2	2,7	8,3
1994	1,8	9,0	19,2	8,8	15,3	3,7	9,5
1995	-4,5	8,1	18,6	8,7	15,6	-0,7	8,8
1996	-1,4	6,7	16,8	8,2	13,7	1,8	6,8
1997	2,5	7,8	18,4	8,1	15,0	4,0	8,7
1998	0,4	9,6	17,0	7,0	14,5	2,7	8,9
1999	1,5	9,6	18,2	9,8	15,8	4,0	9,7
2000	1,1	10,8	17,5	10,5	15,6	3,3	10,1
2001	1,2	8,3	18,0	9,1	15,5	3,5	8,8
2002	-2,4	10,1	19,5	8,6	16,1	1,5	9,7
2003	0,0	9,2	19,6	8,7	15,8	3,2	9,2
2004	0,3	8,8	17,7	9,4	15,0	2,8	9,0
2005	-2,1	8,5	17,6	10,2	15,6	1,2	9,1
2006	3,5	8,0	19,8	11,8	17,0	6,0	9,7
2007	2,4	11,3	18,5	7,8	15,3	3,6	10,0
2008	-0,8	9,0	18,6	9,0	15,5	3,2	9,8
2009	-2,9	10,2	18,0	9,9	15,1	1,8	9,1
2010	-2,5	8,2	19,2	8,0	14,7	2,3	7,7
2011	0,0	10,5	18,1	9,8	15,8	3,3	9,7
2012	-1,3	10,4	18,0	9,3	15,4	1,3	9,1
2013	2,1	6,8	18,9	9,4	15,7	4,9	8,8
2014	1,6	10,6	18,4	11,0	15,9	4,2	10,4
2015	2,6	9,3	19,5	9,9	15,8	4,6	10,4
2016		9,4	18,6	9,6	16,1		9,7

bardzo ciepły	ciepły	normalny	chłodny	bardzo chłodny

## Wilgotność powietrza

Wilgotność powietrza jest ważnym elementem meteorologicznym kształtującym warunki klimatyczne danego obszaru. Zawartość pary wodnej w atmosferze ma bezpośredni wpływ na wielkość i intensywność parowania, powstawanie chmur oraz zjawisk atmosferycznych, w tym na występowanie opadów. Wilgotność powietrza opisywana jest przez różnorodne wskaźniki charakteryzujące cechy fizyczne pary wodnej w powietrzu oraz nasycenie powietrza parą wodną. Nie ma niestety parametru kompleksowo określającego warunki wilgotnościowe [Wypych 2007]. Dlatego też do analizy wilgotności powietrza w niniejszym opracowaniu wykorzystano najpowszechniejszą charakterystykę wilgotności powietrza – wilgotność względną oraz prężność (ciśnienie) pary wodnej.

Zakres zmian wilgotności względnej powietrza w Polsce, zarówno w czasie, jak i w przestrzeni, jest (poza górami) relatywnie mały względem innych elementów meteorologicznych. Średnia roczna jej wartość z wielolecia 1976-2016 w Zielonej Górze wynosi 78%, a zakres zmian zaledwie 9% (od 72% w 2015 r. do 81% w latach: 1977, 1980, 1987, 1996 i 2001; rys. 15, tab. 14). Średnia roczna wilgotność względna w analizowanym wieloleciu wykazuje niewielką tendencję spadkową wynoszącą 0,7%/10 lat (rys. 15). Wynik ten nawiązuje do stwierdzonego tempa spadku tego elementu meteorologicznego w XX w. w Krakowie [Wypych 2007] oraz jest zgodny z tendencją dla Polski z lat 1966-2008 [Limanówka i in. 2012].



**Rysunek 15. Przebieg średnich rocznych wartości wilgotności względnej (H) wraz z linią trendu i równaniem regresji w wieloleciu 1976-2016**

W przebiegu rocznym największa średnia wilgotność względna występuje od listopada do lutego, z maksimum przypadającym na listopad lub grudzień i wynoszącym 89%. Termin wystąpienia maksimum tego elementu meteorologicznego jest podobny na większości obszaru Polski [Woś 1999; Limanówka i in. 2012]. Najmniejszą średnią wartość wilgotności względnej stwierdza się późną wiosną. W wieloleciu 1976-2016 przypadła ona na maj i wyniosła 67%. Ponadto kwartałowa wiosna (marzec-maj) w Zielonej Górze jest bardziej sucha niż kwartałowa jesień (wrzesień-listopad) – tabela 14.

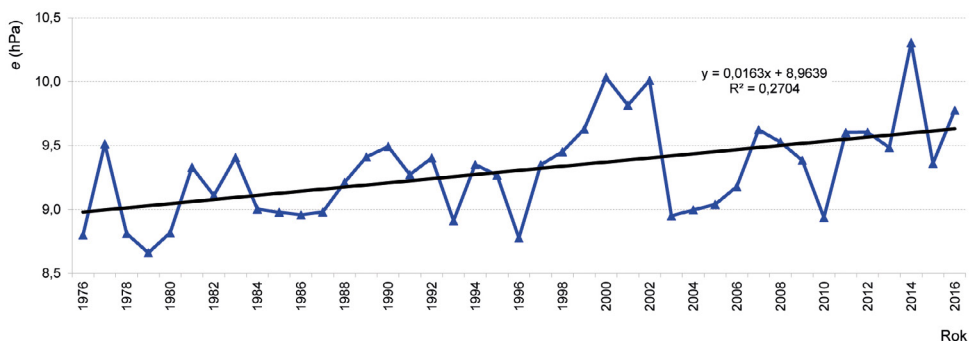
Średnia roczna prężność pary wodnej z wielolecia 1976-2016 w Zielonej Górze wynosi 9,3 hPa, a zakres zmian zaledwie 1,6 hPa (10,3 hPa w 2014 r.; do 8,7 hPa w 1979 r.; rys. 16, tab. 15). Średnia roczna prężność pary wodnej w analizowanym wieloleciu wykazuje tendencję wzrostową wynoszącą ok. 0,2 hPa/10 lat (rys. 16). Wzrost tego elementu nawiązuje do stwierdzonego w Zielonej Górze wzrostu temperatury powietrza. Uży-

**Tabela 14. Wartości miesięczne i roczne (śr. – średnia, max – maksymalna, min – minimalna) wilgotności względnej powietrza  $H$  (%) w wieloletniu 1976-2016**

$H$	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
śr.	88	84	77	69	67	69	69	70	78	83	89	89	78
max	94	93	85	81	80	80	83	83	89	92	94	95	81
rok	2011	2009 2013	1985 1992 2001	1986	1996	1990	1980	1977	2001	1976 2016	1993	2010	1977 1980 1987 1996 2001
min	81	75	70	49	58	55	47	56	64	77	81	83	72
rok	1991 1993 2007	1990	2011	2007	1990	2008	2006	2015	2016	1979 2005	1982	2003	2015

**Tabela 15. Wartości miesięczne i roczne (śr. – średnia, max – maksymalna, min – minimalna) prężności pary wodnej  $e$  (hPa) w wieloletniu 1976-2016**

$e$	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
śr.	5,3	5,4	6,3	7,6	10,3	12,7	14,4	14,4	12,3	9,8	7,4	5,9	9,3
max	6,9	6,9	7,8	10,0	12,9	14,5	16,5	17,1	14,3	12,4	8,8	8,0	10,3
rok	2007	1990 1998 2002	1991	2000	2002	1990	2014	2002	2014	2001	2014	2015	2014
min	3,1	2,7	4,2	6,1	8,2	11,3	12,1	12,6	10,6	7,8	5,7	4,1	8,7
rok	1987	1986	2013	1997	1980	2008	1978	1999	1996	2003	1993	2010	1979



**Rysunek 16. Przebieg rocznych wartości prężności pary wodnej ( $e$ ) wraz z linią trendu i równaniem regresji w wieloletniu 1976-2016**

skany wynik jest zgodny z długookresową zmiennością prężności pary wodnej w Polsce – potwierdza się jej systematyczny przyrost w latach 1966-2008 [Limanówka i in. 2012].

Przebieg roczny prężności (ciśnienia) pary wodnej jest podobny do przebiegu rocznego temperatury powietrza. Największe średnie wartości notowane są w latem, z maksimum 14,4 hPa w lipcu i sierpniu, najniższe zimą, z minimum 2,7 hPa w lutym czy 3,1 hPa w styczniu (tab. 15). Wzrost prężności pary wodnej, podobnie jak np. we Wrocławiu [Dubicka 1994; Sikora 2008], rozpoczyna się z końcem lutego, po około dwumiesięc-



znym okresie stagnacji, i trwa do połowy kwietnia. Wówczas następuje ok. 10-, 14-dniowy spadek związany z częstymi w tym okresie adwekcjami chłodnych i ubogich w parę wodną arktycznych mas powietrza [Dubicka 1994]. W kolejnych miesiącach, w wyniku wzrostu temperatury, ciśnienie pary wodnej zwiększa się aż do wspomnianego maksimum w lipcu i sierpniu. Następnie zż do grudnia obserwuje się stopniowy spadek prężności pary wodnej. Przebieg roczny ciśnienia pary wodnej w Zielonej Górze jest typowy dla umiarkowanych szerokości geograficznych [Woś 1999; Dubicka i in. 2003; Sikora 2008; Limanówka i in. 2012].

Wahania średniej rocznej prężności pary wodnej z roku na rok nie przekraczają 2 hPa. Większa jest zmienność tego elementu w ciągu roku – dla wartości średnich miesięcznych. Różnice pomiędzy wartościami średnimi miesięcznymi najwyższymi a najniższymi mogą być bardzo duże, nawet ponad dwukrotne. Szczególnie zaznacza się to w miesiącach zimowych (tab. 15).

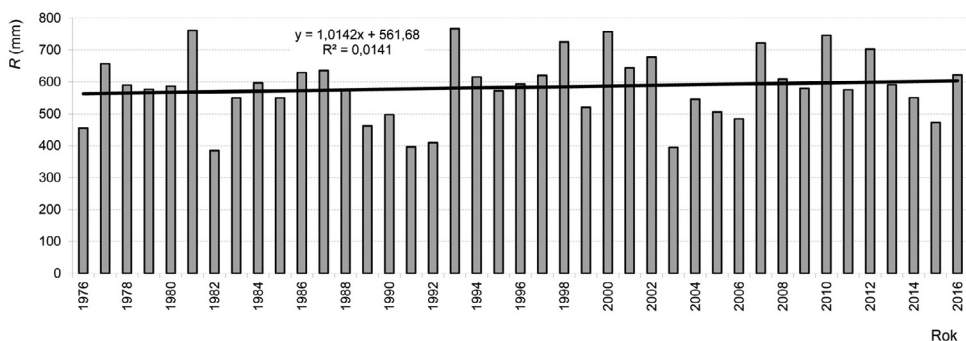


## Opady atmosferyczne

Opady atmosferyczne są jednym z najważniejszych elementów decydujących o warunkach klimatycznych danego obszaru, chociażby ze względu na ich wysokość, częstość występowania, wpływ na pokrywę śnieżną czy reżim. Mają więc ogromne znaczenie dla gospodarki i życia człowieka. Dlatego szczególnie istotne jest poznanie ich aktualnego stanu oraz zmian w wysokości i strukturze opadów, zarówno w skali całego kraju, jak i w aspekcie regionalnym i lokalnym.

Średnia roczna suma opadów w Zielonej Górze w latach 1976-2016 wyniosła 583 mm. W poszczególnych latach sumy roczne ulegały znacznym wahaniom od średniej (rys. 17). Najniższa (385 mm) wystąpiła w 1982 r., a najwyższa (767 mm) w 1993 roku. Rok 1982 był bardzo suchy na większości obszaru Polski [Lorenc i in. 2005], a szczególnie w części południowo-zachodniej [Dubicki i in. 2004a-b; Urban 2006] i w północno-zachodniej [Farat 2010].

Cechą opadów atmosferycznych jest występowanie na przemian wysokich i niskich sum dobowych, miesięcznych, sezonowych i rocznych. Opady należą do najbardziej zmiennych przestrzennie i czasowo elementów klimatu, co powoduje, że w każdym roku mogą występować większe lub mniejsze odchylenia od średniej sumy wieloletniej. Średnia wieloletnia, stanowiąca zwykle normę, nie daje jednak żadnej informacji o zmienności opadów, która jest „normalną” cechą klimatu [Twardosz 2000; Farat 2010]. W analizowanym wieloleciu obserwuje się niewielką rosnącą tendencję sum rocznych opadów, rzędu 10,1 mm/10 lat, nieistotną statystycznie na poziomie istotności 0,05 (rys. 17).



**Rysunek 17. Przebieg rocznych sum opadów atmosferycznych (R) wraz z linią trendu i równaniem regresji w wieloleciu 1976-2016**

Przebieg średnich sum miesięcznych w Zielonej Górze, podobnie jak w większości stacji meteorologicznych w Polsce, wykazuje cechy kontynentalne. Największa średnia suma przypada na kwartał letni (209 mm) z maksimum w lipcu (84,4 mm), najmniejsza średnia na kwartał zimowy (119 mm) z minimum w lutym (32,2 mm). Relatywnie niskie średnie sumy opadów (36 mm) występują w październiku (tab. 16). Związane jest to ze zwiększoną częstością występowania układów wysokiego ciśnienia w Polsce, która w tym miesiącu wynosi aż 63% dni [Paszyński, Niedźwiedz 1999]. Udział opadów kwartałowego lata (209 mm) i półrocza ciepłego (343 mm) w sumie rocznej wynosi odpowiednio około 36% i 59%. Sumy opadów wiosny (130 mm), jesieni (125 mm) i zimy (119 mm) są do siebie zbliżone (tab. 18). Podobne prawidłowości obserwowane są

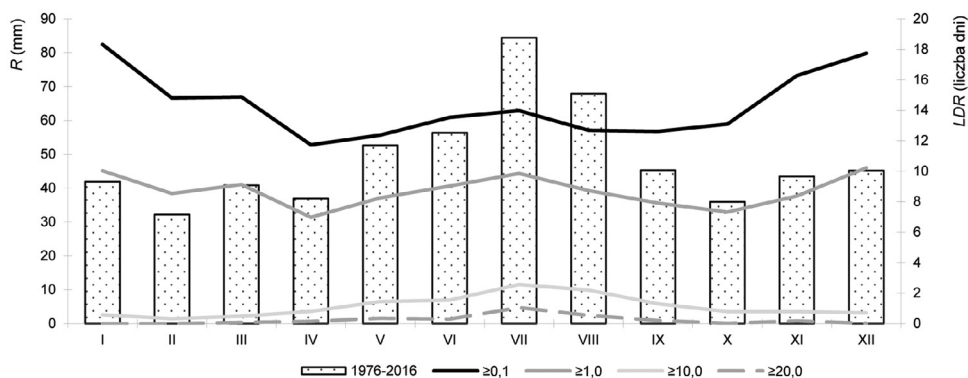
w całym regionie [Farat 2010]. Przewaga opadów letnich w ciągu roku, świadcząca o ich kontynentalnym przebiegu, zaznacza się w ich sumie i natężeniu, a nie w częstotliwości występowania (tab. 16, rys. 18).

Najwyższą sumę miesięczną opadów 219,3 mm zmierzono w lipcu 1981 r., najmniejszą zaś 0,8 mm we wrześniu 2011 roku. Największe zmienności obserwuje się we wrześniu oraz październiku, dla których współczynnik zmienności wynosi odpowiednio ok. 65% i 62% (tab. 16). Decydują o tym przede wszystkim warunki cyrkulacyjne. W wyniku długotrwałego utrzymywania się układów wysokiego ciśnienia, opady atmosferyczne mogą nawet w ogóle nie wystąpić. Zjawisko takie miało miejsce np. w październiku 1951 r. w Krakowie i innych miejscowościach w Polsce [Twardosz 2007]. Długotrwałe okresy bezopadowe wystąpiły podczas suszy w latach 1992 i 2003 w całym dorzeczu górnej i środkowej Odry. Przykładowo w lutym, marcu i w sierpniu 2003 r. liczba dni bez opadów atmosferycznych w Zielonej Górze wyniosła odpowiednio: 25, 25 i 27, przy średniej z wielolecia 1971-2000: 13, 16 i 19 dni [Dubicki i in. 2004b].

Średnia roczna liczba dni z opadem dobowym  $\geq 0,1$ ;  $\geq 1,0$ ;  $\geq 10,0$  i  $\geq 20,0$  mm wynosi odpowiednio: 172, 104, 13 i 3. W porze chłodnej przeważają opady bardzo słabe ( $\leq 1,0$  mm), natomiast umiarkowane, silne ( $\geq 10$  mm) czy bardzo silne ( $>20,0$  mm) występują rzadko i są typowe dla miesięcy letnich. Najmniejszą częstością, wyrażoną poprzez średnią liczbę dni z opadami dobowymi o wysokości  $\geq 0,1$  mm i  $\geq 1,0$  mm, odznaczają się miesiące wiosenne – głównie kwiecień – lub jesienne – wrzesień, październik (rys. 18).

**Tabela 16. Sumy miesięczne i roczne (śr. – średnia, max – maksymalna, min – minimalna) opadów atmosferycznych (mm) z wybranymi charakterystykami statystycznymi ( $\delta$  – odchylenie standardowe w mm;  $V$  – współczynnik zmienności w %) w wieloleciu 1976-2016**

Opad	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
śr.	41,9	32,2	40,8	36,9	52,6	56,4	84,4	67,9	45,3	35,9	43,5	45,2	583,0
max	107,2	86,1	129,9	71,7	132,7	110,3	219,3	138,1	144,4	99,7	123,3	114,8	766,8
rok	2007	2002	2000	1979	2007	1985	1981	1984	2001	1998	2010	1986	1993
min	2,0	5,3	12,6	1,7	8,7	8,5	21,4	6,9	3,2	7,5	0,8	11,5	384,5
rok	1996	2015	1984	2007	2008	1992	2006	2015	1982	1988	2011	2002	1982
$\delta$	21,8	17,3	23,6	19,3	30,4	26,5	52,2	35,2	29,3	22,1	22,6	22,4	102,3
$V$	52,1	53,7	57,8	52,3	57,7	47,1	61,9	51,9	64,7	61,5	51,9	49,5	17,5



**Rysunek 18. Przebieg miesięcznych sum opadów atmosferycznych ( $R$ ) i liczby dni z opadem ( $LDR$ ) o danych wysokościach progowych (mm) w wieloleciu 1976-2016**

Maksymalny dobowy opad w wieloleciu 1976-2016 wystąpił 21 lipca 2011 r. i wyniósł 89,0 mm, co stanowiło ponad 105% normy dla lipca (tab. 17). Zdarzenie to związane było z przemieszczającym się nad Polską, z Czech nad Skandynawię, układem niskiego ciśnienia z powietrzem polarnym morskim. Lipiec 2011 roku na większości obszaru kraju był pod względem opadów miesiącem skrajnie wilgotnym [Biuletyn PSHM 2011]. Suma dobowa 89,0 mm jest jak dotąd rekordową od początku pomiarów w Zielonej Górze, wyłączając okres braku danych, tj. sierpień 1942 – listopad 1945 roku. Zwiększona częstość dni z opadem w porze chłodnej wynika ze zwiększonego niż przeciętnie zachmurzenia (patrz rozdział *Warunki nefologiczne i usłonecznienie*) i większej częstości przechodzenia frontów atmosferycznych nad Polską [Parczewski 1964].

**Tabela 17. Maksymalne dobowe sumy opadów atmosferycznych (mm) z datami wystąpienia oraz ich udział (%) w średniej miesięcznej z wielolecia 1976-2016**

Opady	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
mm	17,9	15,9	35,0	42,1	58,3	36,5	89,0	53,8	43,2	23,4	29,9	20,1
data	9.01 1998	29.02 2008	9.03 2000	14.04 2002	20.05 1977	20.06 1997	21.07 2011	31.08 1995	27.09 2010	29.10 2006	19.11 1987	19.12 1986
%	42,7	49,4	85,8	114,1	110,8	64,7	105,5	79,2	95,4	65,2	68,7	44,5

Analiza czasowa sezonowych i rocznych sum opadów atmosferycznych wskazuje, że w Zielonej Górze dominują okresy normalne pod względem ilości opadów. Sezony skrajnie suche lub skrajnie wilgotne występują bardzo rzadko. Zdarzają się one w kwartałowych porach roku, jak np. skrajnie suche lato i jesień 1982, wiosna 2003, lato 1992 czy skrajnie wilgotne lato 1993 i jesień 2010 roku. W półroczach i roku nie zdarzają się, z uwagi na zbilansowanie się w ich obrębie krótszych okresów. Poza rokiem 1982, do najbardziej suchych okresów należał przełom lat 80. i 90. XX w. oraz lata 2003-2006 (tab. 18). Wyróżnione suche sezony wpisują się w zasięg występowania regionalnej suszy w dorzeczu górnej i środkowej Odry [Dubicki i in. 2004a-b] czy nawet susz o zasięgu ogólnokrajowym [Bobiński, Meyer 1992; Farat i in. 1995]. W Zielonej Górze, podobnie jak na obszarze północno-zachodniej Polski [Farat 2010], wiosna należy do tych pór roku, kiedy opady są umiarkowane, a w stosunku do zimy wykazują dużą zmienność z sezonu na sezon (tab. 18).

Można zauważyć, że pomimo wzrostu w ostatnich dekadach liczby sezonów i lat ciepłych względem chłodnych (tab. 13), sumy roczne opadów w zasadzie nie ulegały istotnym zmianom. Zmienił się jedynie charakter występujących opadów, przejawiający się wzrostem częstości opadów nawalnych wywołujących ilość powodzi błyskawicznych. Ten trend widoczny jest już obecnie [Ostrowski i in. 2012; Dżaków 2016].

**Tabela 18. Kalendarz sezonowych i rocznych sum opadów atmosferycznych (w mm) w wieloleciu 1976-2016**

Rok	Zima XII-II	Wiosna III-V	Lato VI-VIII	Jesień IX-XI	Pora ciepła V-X	Pora chłodna XI-IV	Rok I-XII
1976	91	72	119	124	237	231	455
1977	86	193	244	116	394	210	656
1978	123	123	157	194	383	271	590
1979	137	140	114	181	238	302	577
1980	108	103	253	148	392	260	586
1981	115	166	332	143	471	231	761
1982	130	131	101	56	194	236	385
1983	103	162	161	98	300	196	550
1984	82	126	283	89	418	203	597
1985	129	118	226	88	289	235	550
1986	200	175	174	100	371	315	629
1987	143	123	265	125	352	277	636
1988	120	94	196	104	294	222	577
1989	108	91	176	93	233	222	462
1990	82	74	177	151	278	206	497
1991	103	115	114	86	207	256	397
1992	122	136	98	92	181	205	410
1993	172	91	350	135	492	353	767
1994	149	182	188	120	315	250	615
1995	59	134	203	112	341	140	572
1996	66	113	316	118	474	179	593
1997	129	147	289	89	433	272	620
1998	105	158	241	211	439	260	725
1999	152	173	146	83	266	333	520
2000	99	203	277	121	407	234	757
2001	172	144	202	202	413	304	644
2002	68	127	239	171	372	180	677
2003	131	56	156	91	237	189	395
2004	133	90	185	137	305	239	545
2005	107	93	197	58	295	186	505
2006	195	102	186	122	299	297	484
2007	132	187	194	138	400	321	722
2008	103	133	205	151	316	232	608
2009	111	174	131	140	321	224	580
2010	106	173	211	251	440	282	746
2011	166	87	298	80	413	215	576
2012	137	112	339	115	456	258	702
2013	68	122	215	126	353	201	591
2014	85	195	198	91	397	150	550
2015	112	79	177	138	273	265	473
2016		127	227	129	359		622

skrajnie wilgotny	bardzo wilgotny	wilgotny	normalny	suchy	bardzo suchy	skrajnie suchy
-------------------	-----------------	----------	----------	-------	--------------	----------------

## Pokrywa śnieżna

Pokrywa śnieżna stanowi bardzo dobry wskaźnik zmian klimatu okresu zimowego, gdyż podlega jednoczesnemu bezpośredniemu i pośredniemu oddziaływaniu szeregu elementów i czynników klimatu, a zarazem jej obecność lub brak działa na niektóre elementy klimatu [Foster i in. 1983; Bednorz 2001; Falarz 2004]. Wszelkie zmiany w grubości i czasie zalegania pokrywy śnieżnej mogą mieć długotrwałe konsekwencje środowiskowe i ekonomiczne [Beniston 1997, 2000; Beniston i in. 2003; Schmucki i in. 2015]. Z kolei poznanie długookresowych trendów pokrywy śnieżnej w Polsce wydaje się być ważne chociażby z uwagi na rosnący, istotny statystycznie trend w temperaturze powietrza, głównie w zimie [Kozuchowski, Żmudzka 2001; Wibig, Głowicki 2002]. Wzrost temperatury powietrza w XX w. i z początkiem XXI w. spowodował globalną redukcję kriosfery [IPCC 2013].

Stan i zmienność czasowa pokrywy śnieżnej w Polsce nizinnej są już dość dobrze rozpoznane [Bednorz 2001, 2002; Falarz 2004, 2007, 2010; Kasprowicz 2010]. Na większości obszaru naszego kraju w drugiej połowie XX w. stwierdza się niewielką ujemną tendencję czasu zalegania i grubości pokrywy śnieżnej. Dodatnim trendem, w przypadku czasu zalegania pokrywy śnieżnej, cechują się tylko niektóre regiony górskie, a w przypadku jej grubości – Polska północno-wschodnia [Falarz 2004].

Pokrywa śnieżna na gruncie pojawia się w Zielonej Górze przeciętnie w trzeciej dekadzie listopada, a zanika w trzeciej dekadzie marca. Średnio są to odpowiednio daty 26 listopada i 25 marca. Potencjalny okres występowania pokryw śnieżnej wynosi około 120 dni. W wieloleciu 1976-2016 najwcześniej pokrywa śnieżna pojawiła się na gruncie 26 października 1997 r., najpóźniej 31 grudnia 2014 roku. Z kolei najwcześniejszy jej zanik miał miejsce 3 lutego 2014 r., natomiast najpóźniejszy 30 kwietnia 1985 r. (tab. 19, rys. 19).

Jednak rzeczywisty czas jej występowania, wyrażony poprzez średnią sezonową liczbę dni, wynosi zaledwie 50 dni. Wskaźnik ten odznacza się dużą sezonową zmiennością. Najmniej, gdyż zaledwie 12 dni z pokrywą śnieżną, wystąpiło w sezonie 2006/2007, najwięcej (97) w sezonie 1995/1996. Stwierdza się ujemną tendencję w liczbie dni z pokrywą wynoszącą 5,3 dnia/10 lat (rys. 19). Skrócenie czasu zalegania śniegu na gruncie wynika raczej z większego tempa jego zaniku (–6,4 dnia/10 lat) niż pojawu (+1,2 dnia/10 lat). Średni współczynnik trwałości, będący ilorzem rzeczywistego czasu zalegania pokrywy śnieżnej do jej czasu potencjalnego, osiąga zaledwie 42%. Pokrywa śnieżna zwykle jest nietrwała, pojawia się i zanika podczas se-

**Tabela 19. Wybrane charakterystyki dat początku i końca pokrywy śnieżnej w sezonach zimowych 1976/77 – 2015/16**

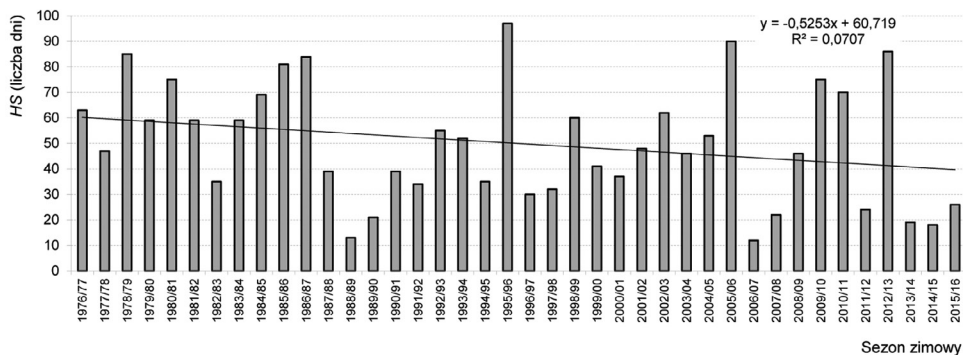
Daty początku pokrywy śnieżnej							
Średnia (data)	Najwcześniej		Najpóźniej		Odchylenie standardowe (dni)	Współczynnik zmienności (%)	Zmiana (dni/10 lat)
	data	rok	data	rok			
26 XI	26 X	1997	31 XII	2014	17,5	5,3	+1,17

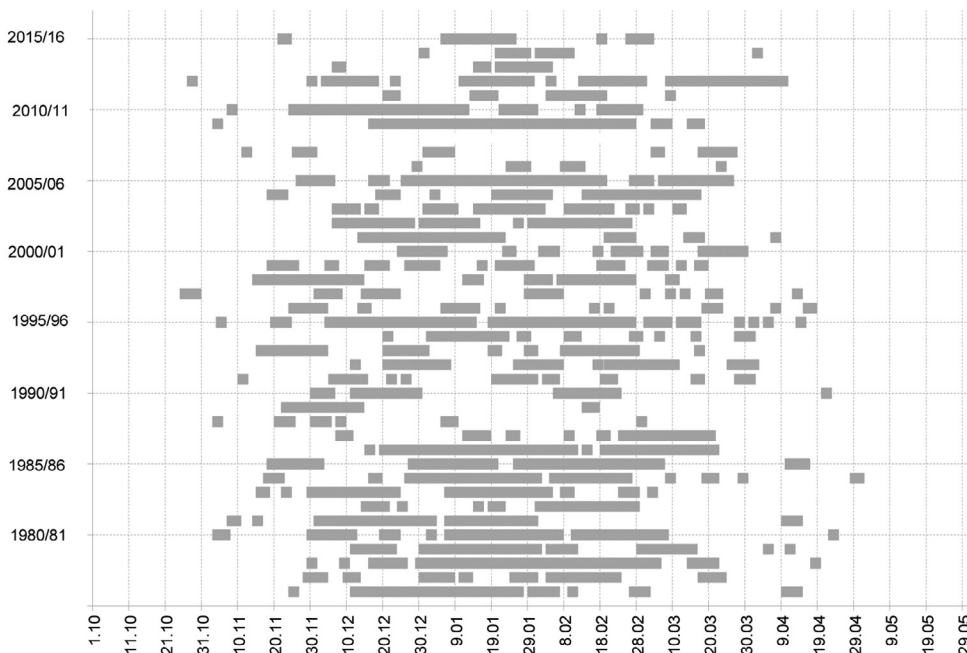
Daty końca pokrywy śnieżnej							
Średnia (data)	Najwcześniej		Najpóźniej		Odchylenie standardowe (dni)	Współczynnik zmienności (%)	Zmiana (dni/10 lat)
	data	rok	data	rok			
25 III	3 II	2014	30 IV	1985	19,7	80,5	–6,36

zону zimowego. Jej cechą są częste zupełne ablacje występujące w środku zimy. Szczególnie jest to widoczne od początku lat 90. XX wieku (rys. 20). Pokrywa śnieżna jest więc niestabilna i nietrwała.

Do częstych i intensywnych ablacji pokrywy śnieżnej przyczynia się ciepła i wilgotna masa powietrza PpM, najczęściej zalegająca nad Polską zachodnią, której częstość w chłodnej porze wynosi od 61% w kwietniu do 74% w grudniu [Więclaw 2004; Bednorz, Więclaw 2005]. Z kolei typową cechą warunkującą intensywne opady śniegu w Polsce nizinnej są ujemne anomalie ciśnienia i obniżenie wysokości powierzchni izobarycznej 500 hPa, co wskazuje na obecność układów niskiego ciśnienia nad Europą [Bednorz 2010].



**Rysunek 19. Przebieg liczby dni z pokrywą śnieżną (HS) wraz z linią trendu i równaniem regresji w sezonach zimowych 1976/1977-2015/2016**



**Rysunek 20. Występowanie pokrywy śnieżnej w Zielonej Górze w sezonach zimowych 1976/1977-2015/2016**



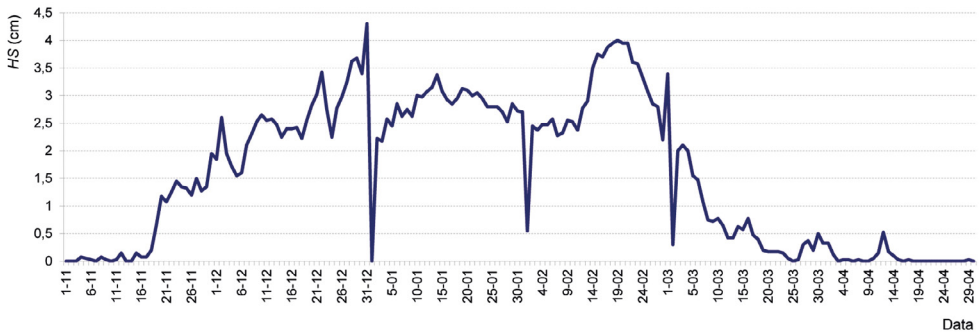
Największą średnią wysokość – 5 cm – pokrywa śnieżna osiąga w styczniu (tab. 20). W świetle klasyfikacji grubości pokrywy śnieżnej według Chrzanowskiego [1988] jest więc ona cienka (1-5 cm) we wszystkich miesiącach sezonu zimowego.

Maksymalne grubości pokrywy śnieżnej osiągają 40 cm (28 grudnia 2010). Wartości średnie maksymalne są jednak lepszym wskaźnikiem potencjalnej grubości śniegu w danym miejscu (nie są obciążone przypadkowością związaną z pojedynczym epizodem opadowym czy specyficzną pojedynczą zimą) i sięgają styczniu i lutym 12 cm (tab. 20).

**Tabela 20. Średnia i maksymalna grubość pokrywy śnieżnej (cm) w sezonach zimowych 1976/1977 – 2015/2016**

Kryterium	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
średnia	4,9	4,5	1,7	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	2,6	1,2
maksymalna	37	35	30	20	0	0	0	0	0	6	21	40	40
średnia maksymalna	11,9	12,0	7,8	2,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	3,8	9,1	3,9

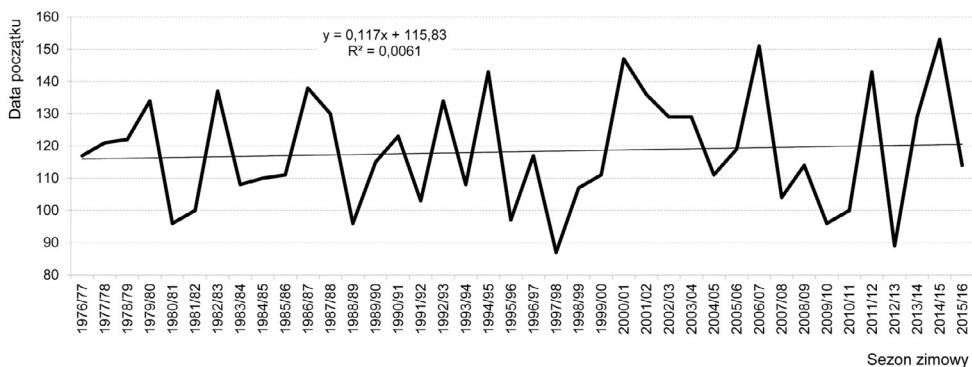
Potwierdzeniem i niejako uszczegółowieniem powyższego stwierdzenia jest np. przebieg, z dnia na dzień, średniej wysokości pokrywy śnieżnej. Wynika z niego, że jej maksimum przypada na koniec grudnia i wynosi 4,3 cm. Na przełomie drugiej i trzeciej dekady lutego występuje drugorzędne maksimum wynoszące 4,0 cm (rys. 21).



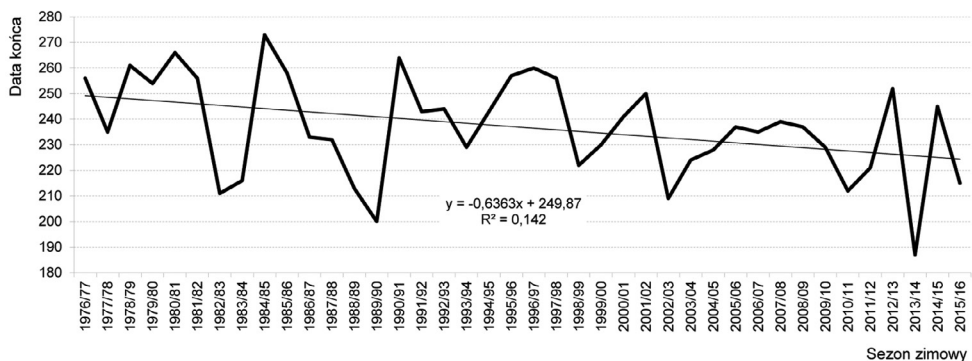
**Rysunek 21. Przebieg średniej dobowej wysokości pokrywy śnieżnej (HS) w sezonach zimowych 1976/1977 – 2015/2016**

Analiza zmienności dat początku pokrywy śnieżnej w Zielonej Górze wskazuje, że wystąpiła niewielka, nieistotna statystycznie na poziomie 0,05, ich tendencja wzrostowa. Pokrywa śnieżna pojawia się więc w stacji o ok. 1,2 dnia/10 lat później (rys. 22, tab. 19). Jednak współczynnik zmienności opisujący pierwszy dzień z pokrywą śnieżną jest dużo mniejszy (5,3%) niż współczynnik zmienności dla ostatniego dnia z pokrywą śnieżną (80,5%). Zatem zakres współczynnika zmienności jest dużo mniejszy dla daty początku pokrywy śnieżnej niż dla daty jej końca.

Z kolei przebieg dat końca pokrywy śnieżnej wykazuje tendencję spadkową o ok. 6,4 dnia/10 lat. Zatem w wieloleciu 1976-2016 pokrywa śnieżna zanika wcześniej o nieco ponad 6 dni/10 lat (rys. 23, tab. 19).



**Rysunek 22. Zmienność dat początku pokrywy śnieżnej (HS) wraz z linią trendu i równaniem regresji w sezonach zimowych 1976/1977 – 2015/2016**

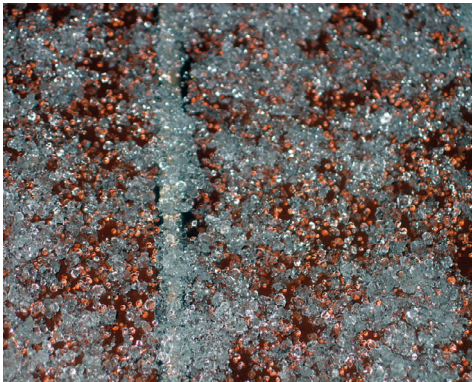


**Rysunek 23. Zmienność dat końca pokrywy śnieżnej (HS) wraz z linią trendu i równaniem regresji w sezonach zimowych 1976/1977 – 2015/2016**

## Zjawiska atmosferyczne

Zjawiska meteorologiczne (meteory), będące przejawem różnych procesów fizycznych zachodzących w atmosferze, dzieli się ze względu na ich genezę na hydrometeory (woda w różnej postaci: deszcz, mżawka, deszcz lodowy, śnieg, śnieg ziarnisty, krupa śnieżna, grad, mgła, rosa, szron, szadź, mgła itp.), litometeory (cząstki stałe: dymy, zmętnienie, zamieć pyłowa, itp.), fotometeory (zjawiska świetlne: tęcza, halo, gloria itp.) i elektrometeory (elektryczne: burza, błyskawica, zorza polarna itp.) – rysunki 24-32. Do zjawisk meteorologicznych nie zalicza się chmur. Najczęściej w atmosferze występują hydrometeory.

W stacjach nizinnych nie obserwuje się tak dużo spektakularnych zjawisk atmosferycznych, jak ma to miejsce w obszarach górskich. Niemniej jednak, niezależnie od lokalizacji stacji, pewne zjawiska mogą wywołać skrajnie różne skutki, np. burza (rys. 26) przynosi ulgę po parnym popołudniu, ale może też być przyczyną nawalnego deszczu wywołującego wezbranie, opadu w postaci stałej (krupa śnieżna, grad) (rys. 27) czy bardzo silnego i porywistego wiatru.



**Rysunek 24. Deszcz lodowy  
w stacji Zielona Góra [fot. P. Zalewski]**



**Rysunek 25. Tęcza i tęcza wtórna  
nad stacją Zielona Góra [fot. J. Krassowski]**

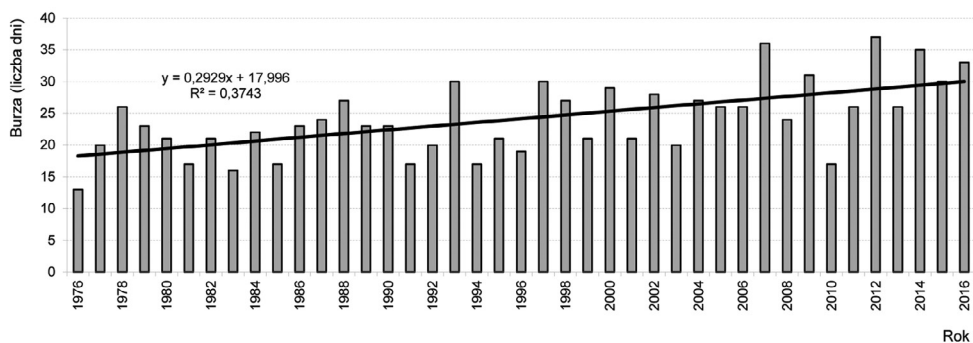


**Rysunek 26. Burza nad stacją Zielona Góra  
[fot. J. Krassowski]**



**Rysunek 27. Krupa śnieżna na gruncie  
w stacji Zielona Góra [fot. J. Krassowski]**

Średnia roczna liczba dni z burzą w Zielonej Górze w wieloleciu 1976-2016 wyniosła 24. Najmniej dni z burzą (13) wystąpiło w 1976 r., a najwięcej (37) w 2012 roku (tab. 21). Parametr ten wykazuje tendencję rosnącą, wynoszącą 2,9 dnia/10 lat (rys. 28). Fakt ten może wpływać na obserwowaną zmianę charakteru opadów, przejawiający się wzrostem częstości opadów nawałnych i powodzi błyskawicznych [Ostrowski i in. 2012; Djaków 2016]. W przebiegu rocznym burze najczęściej pojawiają się od maja do września, z maksimum lipcowym wynoszącym średnio 6 dni. Najbardziej burzowym miesiącem w wieloleciu 1976-2016 był lipiec 2012 r., w którym wystąpiło aż 15 dni z burzą. Najrzadziej, z uwagi na zminimalizowane procesy konwekcyjne, burze występują w miesiącach pory chłodnej (tab. 21).

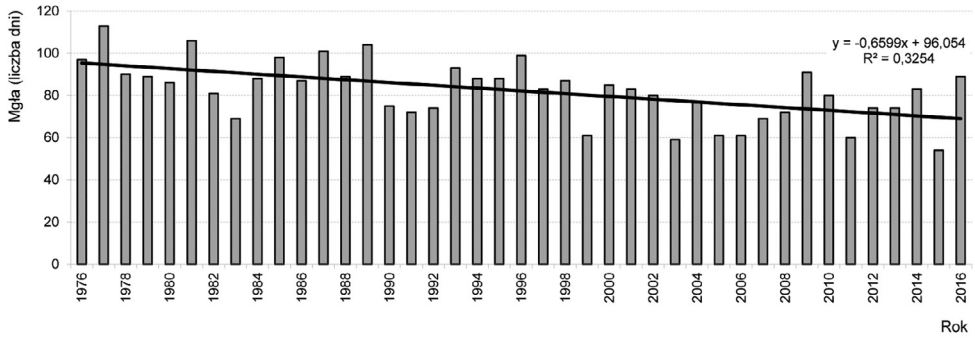


**Rysunek 28. Przebieg rocznej liczby dni z burzą wraz z linią trendu i równaniem regresji w wieloleciu 1976-2016**

Innym ważnym hydrometeorom jest mgła – zjawisko ograniczające widzialność poniżej 1 km. Analiza częstości występowania mgły nabiera szczególnego znaczenia chociażby z uwagi na pobliski port lotniczy Zielona Góra-Babimost. W analizowanym wieloleciu średnio mgła występowała przez 82 dni w roku. Najmniej dni z mgłą (54) wystąpiło w 2015 r., najwięcej (113) w 1977 r., a wskaźnik ten wykazuje tendencję spadkową wynoszącą 6,6 dnia/10 lat (rys. 29). W przebiegu rocznym mgła najczęściej pojawia się w miesiącach pory chłodnej, z maksimum przypadającym na listopad i wynoszącym średnio 12,6 dnia. Najrzadziej mgła pojawia się w miesiącach letnich, ze średnią częstością 3-4 dni w miesiącu (tab. 21). Najbardziej mglistym miesiącem był listopad 1993 r., kiedy to mgła wystąpiła w ciągu aż 23 dni.

Innymi z hydrometeorów, stosunkowo rzadko omawianymi w polskiej literaturze, są: rosa, szron czy szadź. Rosa i szron powstają w wyniku kondensacji pary wodnej na gruncie lub na przedmiotach w jego pobliżu, podczas wypromieniowania ciepła z podłoża, zazwyczaj w czasie bezchmurnych i bezwietrznych nocy. Z tą tylko różnicą, że rosa przy dodatniej temperaturze powietrza, szron zaś przy ujemnej (rys. 30-31). Rosa w Zielonej Górze występuje średnio przez 89 dni w roku, a szron przez 40. Rosa pojawia się najczęściej we wrześniu i październiku, średnio przez ok. 14-15 dni. Zjawisko to może wystąpić w każdym miesiącu roku. Szron natomiast towarzyszy miesiącom zimowym, wówczas pojawia się przez ok. 8 dni w miesiącu, rzadziej zaś notują się go wiosną i jesienią (tab. 21).

Rola obu zjawisk w Polsce jest często niedoceniana, zarówno w przychodzie wody z atmosfery, jak i ładunku zanieczyszczeń wnoszonym do podłoża przez te osady wskutek absorpcji lokalnych, antropogenicznych zanieczyszczeń. Badania przeprowadzone na przykładzie aglomeracji Wrocławia wykazały, że wydajność (przychód wody z atmosfery) i średnia ilość ładunku zanieczyszczeń wnoszonych przez



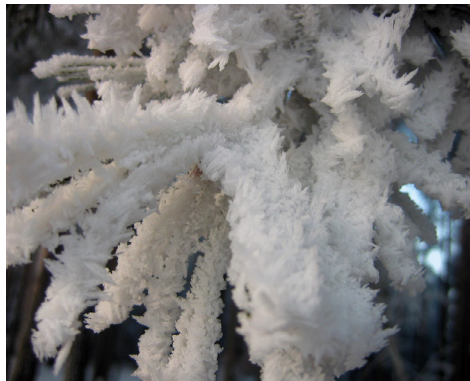
Rysunek 29. Przebieg rocznej liczby dni z mgłą wraz z linią trendu i równaniem regresji w wieloletiu 1976-2016



Rysunek 30. Rosa w stacji [fot. P. Zalewski]



Rysunek 31. Szron w stacji [fot. J. Krassowski]



Rysunek 32. Szadź w rejonie stacji [fot. P. Zalewski]

rosę i szron jest podobna. Jednak z uwagi na to, iż rosa występuje niemal trzykrotnie częściej niż szron, ocenia się, że odkładanie się zanieczyszczeń przez rosę jest więc prawie trzykrotnie większe niż przez szron [Gałek i in. 2012, 2015].

Z kolei kolejny hydrometeor – szadź (sadź) – tworzy się w wyniku zamarzania przechłodzonych kropelek mgły na przedmiotach o temperaturze poniżej 0°C podczas wiatru. Jej geneza jest więc inna niż szronu

czy rosy. Szadź ma postać lodowego nalołu przypominającego najczęściej pióra, które narastają od dowieznej strony na powierzchni obiektów wystających z podłoża (rys. 32). W zależności od temperatury powietrza, struktura sadzi jest mniej lub bardziej delikatna i dlatego wyróżnia się sadź lodową, twardą i miękką [Liebersbach 1980; Błaś 2001].

Szadź miękka jest kruchym osadem składającym się głównie z cienkich igielek lub łusek. Na gruncie i w jego pobliżu osadza się podczas słabego wiatru. Łatwo się osypuje przy potrząsaniu przedmiotami, na których się tworzy. Pojawia się najczęściej w temperaturze powietrza poniżej  $-8^{\circ}\text{C}$ . Szadź twarda jest osadem ziarnistym. Powstaje przy umiarkowanym lub silnym wietrze w temperaturze powietrza od  $0^{\circ}\text{C}$  do  $-8^{\circ}\text{C}$  przez nagłe zamarzanie na przedmiotach kropielek przechłodzonej mgły. Przyczepność do przedmiotów jest duża. Szadź lodowa natomiast to twardy, przezroczysty lub biało-szary osad, w formie bezkształtnej masy lodowej o strukturze amorficznej lub ziarnistej. Tworzy się w temperaturze od  $0^{\circ}\text{C}$  do około  $-2^{\circ}\text{C}$ .

Zjawisko szadzi nie daje tak spektakularnych efektów i nie występuje tak często jak w górach. Jednak jej obecność i stopniowe odkładanie się na wszelkich obiektach wystających z podłoża (drzewa, maszty, słupy, itp.), w tym także na powierzchniach budynków, powoduje obciążenie mechaniczne i może doprowadzić do uszkodzeń. W sprzyjających warunkach pogodowych, przy wydajnej i długo utrzymującej się szadzi, wzrastające obciążenie masą lodu skutkuje obłamywaniem wierzchołków lub nawet całych drzew, oberwaniem linii energetycznych, a w ekstremalnych sytuacjach można mówić o realnym zagrożeniu dla stabilności konstrukcji budynków czy drzewostanów. Obciążenie może wzrastać nie tylko przy wydajnej szadzi, ale także z powodu marznącego deszczu i mżawki oraz w czasie opadu mokrego śniegu, który przykleja się i następnie przymarza do wszelkich powierzchni tworząc tzw. okiść [Urban i in. 2011; Sobik i in. 2014].

W analizowanym wieloleciu szadź występowała w Zielonej Górze średnio przez 9,3 dnia w roku i najczęściej pojawiała się w styczniu i grudniu – przeciętnie przez 3-4 dni (tab. 21). Częstość opisanych powyżej, jak i pozostałych zjawisk meteorologicznych przedstawiono w tabeli 21.

**Tabela 21. Miesięczne i roczne (śr. – średnia, max – maksymalna, min – minimalna)  
liczby dni z występowaniem wybranych zjawisk meteorologicznych w sezonach zimowych 1976-2016**

Miesiąc	Wielkość	Burza	Grad	Gołoledź	Mgła	Rosa	Szron	Szadź
I	śr.	0,1	0,5	2,5	11,0	0,8	7,6	3,8
	max	2	2	13	18	6	16	13
	min	0	0	0	2	0	0	0
II	śr.	0,1	0,5	1,8	8,4	1,4	8,2	1,3
	max	1	2	9	17	17	19	7
	min	0	0	0	2	0	1	0
III	śr.	0,3	0,6	0,3	6,6	4,1	6,6	0,3
	max	1	5	5	17	15	13	2
	min	0	0	0	2	0	0	0
IV	śr.	1,4	0,4	0,0	3,9	7,8	1,7	0,0
	max	5	3	1	14	19	5	1
	min	0	0	0	0	1	0	0
V	śr.	4,5	0,4	0,0	3,3	8,5	0,1	0,0
	max	10	3	0	10	18	2	1
	min	0	0	0	0	1	0	0
VI	śr.	5,2	0,1	0,0	3,2	7,5	0,0	0,0
	max	10	1	0	11	18	0	0
	min	1	0	0	0	0	0	0
VII	śr.	6,0	0,1	0,0	2,8	8,5	0,0	0,0
	max	15	1	0	9	20	0	0
	min	0	0	0	0	0	0	0
VIII	śr.	4,8	0,0	0,0	3,8	11,5	0,0	0,0
	max	9	0	0	13	21	1	0
	min	0	0	0	0	1	0	0
IX	śr.	1,4	0,0	0,0	5,8	15,3	0,0	0,0
	max	4	1	0	15	25	0	0
	min	0	0	0	0	2	0	0
X	śr.	0,3	0,1	0,0	9,1	14,0	2,1	0,1
	max	4	2	2	18	25	10	2
	min	0	0	0	3	2	0	0
XI	śr.	0,0	0,3	0,9	12,6	7,7	5,4	0,9
	max	1	3	8	23	22	13	6
	min	0	0	0	5	0	0	0
XII	śr.	0,0	0,6	2,8	11,6	2,3	8,1	3,0
	max	1	4	12	18	16	22	12
	min	0	0	0	4	0	0	0
I-XII	śr.	24,1	3,7	8,4	82,2	89,3	39,8	9,3
	max	37	11	17	113	171	60	28
		13	0	2	54	32	11	0





## Ekstremalne zjawiska i wartości meteorologiczne

Ekstremalne zjawiska meteorologiczne, dzięki szeroko rozbudowanym systemom teledetekcyjnym i telekomunikacyjnym, stały się w ostatnich latach przedmiotem szczególnego zainteresowania naukowców, głównie meteorologów i klimatologów. Niestety ich przewidywanie nadal nie jest łatwe, one same zaś stanowią zagrożenie dla życia i zdrowia ludzi oraz powodują ogromne straty materialne [Ustrnul, Wypych 2011].

W długotrwałym przebiegu pogody jej elementy nieustannie się zmieniają, pozostając w pobliżu średniej wartości dobowej, sezonowej czy rocznej lub odstają od niej w górę albo w dół. Niektóre z tych odstępstw mają charakter wyjątkowy, powodujący czasem katastrofalne skutki w środowisku przyrodniczym i w działalności człowieka [Sobik, Błaś 2010]. Zdarzenia takie mogą dotyczyć jednego elementu meteorologicznego, np. prędkości wiatru, opadu atmosferycznego lub zespołu elementów, gdzie działają w sposób synergiczny (np. susza) i powodują konkretne implikacje.

W literaturze przedmiotu nie funkcjonuje jak dotąd jednoznaczna definicja meteorologicznego czy klimatologicznego zjawiska ekstremalnego. Na potrzeby tej książki przyjęto za *Słownikiem meteorologicznym* [Niedźwiedz 2003], że zdarzenie ekstremalne wiąże się z wystąpieniem skrajnej (maksymalnej lub minimalnej) wartości określonego elementu meteorologicznego w danym miejscu w przyjętym okresie czasu. Stąd też wartości wybranych charakterystyk meteorologicznych, zmierzone i zaobserwowane w stacji Zielona Góra w latach 1976-2016, należy traktować jako właśnie elementy skrajne, które niekoniecznie spowodowały jakieś istotne skutki gospodarcze, przyrodnicze etc. (tab. 22). Nie analizowano również czynników cyrkulacyjnych, które w znacznym stopniu warunkują ich wystąpienie i osiągnięte wartości [Ustrnul 2000; Huth i in. 2008; Ustrnul, Czekerda 2009; Ustrnul, Wypych 2011].

**Tabela 22. Ekstremalne wartości elementów meteorologicznych i zjawisk w wieloleciu 1976-2016**

Kryterium	Wartość	Data/Czas trwania	Uwagi
<b>CIŚNIENIE ATMOSFERYCZNE</b>			
Najwyższe dobowe	1022,6 hPa	23.01.2006	
Najniższe dobowe	945,9 hPa	26.02.1989	
Największy wzrost dobowy	+24,2 hPa	15/16.02.2016	
Największy spadek dobowy	-30,4 hPa	27/28.01.2010	
<b>WIATR</b>			
Największa średnia miesięczna prędkość	5,4 m/s	01.1983	
Najwyższa średnia 10-minutowa prędkość	16,0 m/s	03.01.1976 (09.00 UTC); 21.10.1986 (03.00 UTC)	
Największy poryw	31,0 m/s	21.10.1986 r. 03.25 UTC; 19.12.1986 r. 12.53, 13.22 UTC	
<b>ZACHMURZENIE</b>			
Najbardziej pochmurny rok	5,9 oktanta	1977	
Najbardziej pochmurny miesiąc	7,4 oktanta	11.1987	
Najmniej pochmurny rok	4,6 oktanta	2003	
Najmniej pochmurny miesiąc	2,4 oktanta	04.2009	

**Tabela 22. Ekstremalne wartości elementów meteorologicznych i zjawisk w wieloleciu 1976-2016 cd.**

Kryterium	Wartość	Data/Czas trwania	Uwagi
<b>USŁONECZNIE NIE*</b>			
Największe roczne usłonecznienie	1927,5 godz.	2003	
Najmniejsze roczne usłonecznienie	1221,5 godz.	1987	
Największe miesięczne usłonecznienie	374,8 godz.	07.2006	
Najmniejsze miesięczne usłonecznienie	11,2 godz.	11.1987	
Największe dobowe usłonecznienie	16,6 godz.	09.06.1976	
<b>TEMPERATURA POWIETRZA</b>			
Najwyższa średnia roczna	10,4°C	2014, 2015	od 1885
Najniższa średnia roczna	6,8°C	1996	6,1°C (1940)
Najwyższa średnia miesięczna	24,2°C	07.2006	od 1885
Najniższa średnia miesięczna	-8,9°C	01.1987	-12,4°C (02.1929)
Najwyższa średnia dobową	30,2°C	01.08.1994	od 1885
Najniższa średnia dobową	-20,1°C	11.01.1987, 14.01.1987	-22,3°C (11.01.1940)
Najwyższa maksymalna dobową	36,8°C	01.08.1994	38,9°C (19.08.1892)
Najniższa minimalna dobową	-22,2°C	14.01.1987, 23.01.2006	-30,2°C (10.02.1929)
Maksymalny ciąg dni upalnych ( $T_{max} > 30^{\circ}\text{C}$ )		22.07 - 02.08.1994 (12 dni)	
Maksymalny ciąg dni bardzo mroźnych ( $T_{max} < -10^{\circ}\text{C}$ )		11-18.01.1987 (8 dni)	
<b>WILGOTNOŚĆ POWIETRZA</b>			
Najbardziej wilgotny rok	81%	1977, 1980, 1987, 1996, 2001	
Najbardziej wilgotny miesiąc	95%	12.2010	
Najmniej wilgotny rok	72%	2015	
Najmniej wilgotny miesiąc	47%	07.2006	
Najmniejsza średnia dobową wilgotność względna	28%	24.03.2003	
Największa średnia dobową prężność pary wodnej	23,2 hPa	26.08.2011	
Najmniejsza średnia dobową prężność pary wodnej	0,9 hPa	13-14.01.1987	
Najdłuższy okres ze stanem parności (prężność pary wodnej $\geq 18,8$ hPa)	$\geq 18,8$ hPa	16.08.2001 (17.00 UTC) - 20.08.2001 (10.00 UTC)	
<b>OPADY ATMOSFERYCZNE</b>			
Najwyższa suma roczna	766,8 mm	1993	905 mm (1926)
Najniższa suma roczna	384,5 mm	1982	od 1885
Najwyższa suma miesięczna	219,3 mm	07.1981	221 mm (06.1926)
Najniższa suma miesięczna	0,8 mm	11.2011	1 mm (10.1908)
Maksymalna suma dobową	89,0 mm	21.07.2011	od 1885
Najwilgotniejsze lato (VI-VIII) - suma opadu	350,2 mm	1993	428 mm (1926)
Najsuchsze lato (VI-VIII) - suma opadu	98,2 mm	1992	71 mm (1904)
Maksymalny ciąg dni bezopadowych	29	06.02.2003 - 06.03.2003	
Maksymalny ciąg dni z opadem	22	11.12.2001 - 01.01.2002	
<b>POKRYWA ŚNIEŻNA</b>			
Największa liczba dni z pokrywą śnieżną	97	1995/1996	
Maksymalna grubość pokrywy śnieżnej	40 cm	28.12.2010	
Najwcześniejszy termin wystąpienia pierwszej pokrywy śnieżnej		26.10.1997	
Najpóźniejszy termin wystąpienia ostatniej pokrywy śnieżnej		30.04.1985	

\* z wielolecia 1976-2010

**Tabela 22. Ekstremalne wartości elementów meteorologicznych i zjawisk w wieloletniu 1976-2016 cd.**

Kryterium	Wartość	Data/Czas trwania	Uwagi
<b>MGŁA</b>			
Największa liczba dni z mgłą w roku	113	1977	
Najmniejsza liczba dni z mgłą w roku	54	2015	
Największa liczba dni z mgłą w miesiącu	23	11.1993	
Najdłużej utrzymująca się mgła	81 godz.	18.11.1979 (00 UTC) – 21.11.1979 (09 UTC)	
<b>BURZA</b>			
Największa liczba dni z burzą w roku	37	2012 r.	
Najmniejsza liczba dni z burzą w roku	13	1976	
Największa liczba dni z burzą w miesiącu	15	07.2012	
<b>GOŁOEDŹ</b>			
Największa liczba dni z gołoledzią w roku	17	1995, 2006	
Najmniejsza liczba dni z gołoledzią w roku	2	1989, 1990	
Największa liczba dni z gołoledzią w miesiącu	13	01.2006	
<b>ROSA</b>			
Największa liczba dni z rosą w roku	171	2014	
Najmniejsza liczba dni z rosą w roku	32	1992	
Największa liczba dni z rosą w miesiącu	25	09.2006, 09.2012, 10.2011	

Powyższa tabela w kolumnie „Uwagi” zawiera ekstremalną wartość elementu meteorologicznego i jej datę wystąpienia od roku 1885, z pominięciem braku danych wyszczególnionym w rozdziale *Dane źródłowe i metody opracowania*



## Tendencje zmian elementów i parametrów meteorologicznych

Wyznaczone kierunki i tempo zmian elementów i parametrów meteorologicznych w Zielonej Górze nawiązują do tendencji analogicznych elementów w drugiej połowie XX w. i z początku XXI w. w skali innych regionów kraju, Europy czy świata. Ponadto są one w większości istotne statystycznie na poziomie istotności 0,05 (tab. 23). Przykładowo w Zielonej Górze wieloletniemu 1976-2016 stwierdza się dodatnią tendencję w rocznych wartościach poszczególnych parametrów temperatury powietrza, wynoszącą ok. 0,5°C/dekadę. Wartości te są podobne do określonych tendencji zmian w temperaturze powietrza w innych częściach Polski [Żmudzka 1995; Trepiańska, Kowanetz 1997; Głowicki 1998, 2003, 2008; Pyka 1998; Lorenc 2000; Dubicka, Pyka 2001; Fortuniak i in. 2001; Kożuchowski, Żmudzka 2001; Wibig, Głowicki 2002; Biernacik 2010; Bryś, Bryś 2010; Limanówka i in. 2012; Wójcik, Miętus 2014; Migała i in. 2016; Urban, Tomczyński 2017; Tomczyk i in. 2019], Europy [Brázdil i in. 1996; Moberg i in. 2006] czy świata [IPCC 2007, 2013]. Zmienność ekstremalnych wartości temperatury jest dobrym wskaźnikiem zmian klimatycznych, gdyż są one bardziej czułe na zmiany niż wartości średnie [Kłysik, Fortuniak 1995; IPCC 2007]. Wzrost temperatury powietrza jest jednym z czynników, który najprawdopodobniej pociąga za sobą dalsze implikacje środowiskowe, typu wydłużenie okresu bezprzymrozkowego (6,2 dnia/dekadę), skrócenie rzeczywistego czasu zalegania pokrywy śnieżnej (5,3 dnia/dekadę), jak i jej wcześniejszy zanik (6,4 dnia/dekadę), czy też wzrost prężności pary wodnej w powietrzu (0,16 hPa/dekadę) (tab. 23). W rezultacie zmian występowania daty ostatniego wiosennego i pierwszego jesiennego przymrozku, w Zielonej Górze wydłużył się okres bezprzymrozkowy. Analogiczne wyniki z okresu 1981-2010 dla Niziny Wielkopolskiej uzyskał Tomczyk [2015]. Wykazał on istotny statystycznie wzrost długości okresu bezprzymrozkowego w stacji w Kaliszu i w Zielonej Górze, odpowiednio o 7,2 dnia/dekadę i 8,4 dnia/dekadę. Podobne zjawisko stwierdzono także w sąsiednich regionach kraju, tj. na Nizinie Szczecińskiej [Koźmiński, Michalska 2001] i w rejonie Bydgoszczy [Dudek i in. 2012]. Przyczyną wydłużenia się okresu bezprzymrozkowego w Polsce jest wyraźny wzrost temperatury powietrza od początku lat 90. XX wieku [Bielec-Bąkowska, Piotrowicz 2011]. Z kolei inni autorzy [Żmudzka 2001; Mager, Kopeć 2010] analizujący długość okresu wegetacyjnego, wykazali że istotny statystycznie wzrost średniej temperatury powietrza słabo odzwierciedla się w wydłużeniu tego okresu. Tendencję zmniejszania się liczby dni z przymrozkiem w drugiej połowie XX r. zaobserwowano również w innych europejskich państwach, m.in. Czechach, Szwajcarii, Finlandii, Białorusi [Heino i in. 1999; Loginov i in. 2007].

Stwierdzona w Zielonej Górze w latach 1976-2016 tendencja wzrostowa sumy rocznej opadów atmosferycznych wyniosła ok. 10 mm/dekadę (tab. 23). Wartość ta nawiązuje do niewielkiego dodatniego trendu zmian tego elementu meteorologicznego w skali globalnej w XX wieku [New i in. 2001]. Zbliżona jest także do nieistotnej statystycznie tendencji rocznych sum opadów w Polsce nizinnej dla drugiej połowy XX wieku [Żmudzka 2002; Kożuchowski 2004], jak i do średniej rocznej obszarowej sumy opadów dla Polski z lat 1961-2009 [Limanówka i in. 2012]. Natomiast wyniki innych prac wskazują, że w nizinnej części Polski obserwowanemu wzrostowi temperatury powietrza towarzyszyła tendencja spadkowa rocznych sum opadów [Kożuchowski, Żmudzka 2003; Podstawczyńska 2010; Kaźmierczak i in. 2014]. Podobnie spostrzeżenia poczyniono na obszarze Polski nizinnej dla wiosny i jesieni w latach 1951-2010 [Czarnecka, Nidzgorska-Lencewicz 2012]. Z kolei w wieloletniemu 1951-2013 w stacjach meteorologicznych w dorzeczu Odry (poza

Raciborzem) stwierdzono brak zmian w rocznych sumach opadów (w tym w Zielonej Górze) lub ich nieznaczny wzrost [Szwed 2019]. Obserwowana zmienność opadów jest głównie wynikiem oddziaływania cyrkulacji atmosferycznej, która decyduje o przewadze wpływów kontynentalnych lub oceanicznych, kształtując tym samym klimat w skali globalnej i lokalnej [Twardosz i in. 2011]. Stąd możliwe są niestabilności w kierunku i tempie tendencji w opadach atmosferycznych w różnych skalach czasowych i przestrzennych.

Nieistotna statystycznie, dodatnia tendencja w rocznych sumach opadów atmosferycznych nie znalazła potwierdzenia w zachmurzeniu ogólnym. Wykazywało ono nad Zieloną Górą bardzo słabą ujemną tendencję, nieistotną statystycznie na poziomie istotności 0,05, wynoszącą 0,09 oktanta/10 lat (tab. 23). Podobnie niewielki ujemny trend w średniorocznym obszarowym zachmurzeniu ogólnym w latach 1966-2008 stwierdzono dla Polski [Limanówka i in. 2012]. Niewielki spadek zachmurzenia jest typowy dla drugiej połowy XX w., szczególnie zauważalny zimą [Wibig 2004; Matuszko 2007]. Małe zróżnicowanie zachmurzenia jest cechą tego elementu meteorologicznego nad obszarem Polski [Woś 1999]. Ponadto również trendy zmian zachmurzenia ogólnego w szerszej skali przestrzennej ukazują Europę Środkową, w tym Polskę, jako obszar gdzie nie są obserwowane silne istotne statystycznie zmiany tego elementu [Kaas, Frich 1995; Sun i in. 2001; Warren i in. 2007].

Z kolei sumy roczne usłonecznienia rzeczywistego w wieloleciu 1976-2010 wykazywały tendencję wzrostową wynoszącą ok. 97 godzin/10 lat (tab. 23). Zauważalny w Zielonej Górze wzrost sum rocznych usłonecznienia w ostatnich dwóch/trzech dekadach względem lat wcześniejszych jest zgodny z ogólnym trendem tego elementu meteorologicznego w Europie [Brázdil i in. 1994; Norris, Wild 2007; Sanchez-Lorenzo i in. 2008; Kitsara i in. 2012; Matuszko 2016; Matuszko, Piotrowicz 2018] oraz w innych miastach Polski [Matuszko 2014]. Wymienieni autorzy zwracają uwagę, że wzrost sum usłonecznienia na tak dużym obszarze świadczy o makroskalowych uwarunkowaniach dopływu promieniowania słonecznego, modyfikowanych jedynie czynnikami lokalnymi. Badania na przykładzie Krakowa potwierdzają powyższe wyniki oraz wskazują, że obecny wzrost temperatury powietrza związany jest bardziej ze zmianą struktury zachmurzenia niż zmianami w stopniu zachmurzenia [Matuszko, Węglarczyk 2014]. W ostatnim czterdziestolecu w Polsce i innych regionach świata obserwuje się wzrost częstości występowania chmur o budowie pionowej, spadek częstości chmur warstwowych oraz częstsze tworzenie się chmur piętra wysokiego [Sun, Groisman 2000; Matuszko 2003; Wibig 2008; Matuszko, Węglarczyk 2014].

**Tabela 23. Wielkość tendencji zmian, współczynnik korelacji liniowej Pearsona (R) i istotność statystyczna elementów i parametrów meteorologicznych w Zielonej Górze w latach 1976-2016**

Element/parametr (jednostka)	Tendencja/10 lat	R
Średnie roczne ciśnienie atmosferyczne na poziomie stacji (hPa)	0,023	0,03
Średnia roczna prędkość wiatru (m/s)	-0,091*	0,47
Średnie roczne zachmurzenie (okt)	-0,090*	0,35
Średnie roczne sumy usłonecznienia rzeczywistego z heliografu Campbella-Stokesa (1976-2010) (godz.)	96,876*	0,51
Średnia roczna maksymalna temperatura powietrza (°C)	0,494*	0,54
Średnia roczna temperatura powietrza (°C)	0,462*	0,58
Średnia roczna minimalna temperatura powietrza (°C)	0,466*	0,64
Data wystąpienia pierwszych jesiennych przymrozków (dni)	-0,988	0,09
Okres bezprzymrozkowy (dni)	6,202*	0,45
Data wystąpienia ostatnich wiosennych przymrozków (dni)	-7,193*	0,65
Średnia roczna wilgotność względna powietrza (%)	-0,662*	0,37
Średnia roczna prężność pary wodnej (hPa)	0,163*	0,52
Średnia roczna suma opadów atmosferycznych (mm)	10,142	0,12
Liczba dni z pokrywą śnieżną w sezonie zimowym (dni)	-5,253	0,27
Średnia data początku pokrywy śnieżnej w sezonie zimowym (dni)	1,170	0,08
Średnia data końca pokrywy śnieżnej w sezonie zimowym (dni)	-6,363*	0,38
Średnia roczna liczba dni z burzą (dni)	2,929*	0,61
Średnia roczna liczba dni z mgłą (dni)	-6,599*	0,57

\* istotna statystycznie na poziomie 0,05





## HISTORIA STACJI I POMIARÓW W ZIELONEJ GÓRZE

Zielona Góra położona jest w zachodniej Polsce, na zboczu doliny Odry, na północnym skłonie Wysoczyzny Zielonogórskiej. Wysoczyzna ta zwana jest również Wałem Zielonogórskim, który swój początek ma na zachodzie w okolicach Nowogrodu Bobrzańskiego nad rzeką Bóbr. Dalej biegnie na wschód poprzez Letnicę, Słone, Zieloną Górę, Kisielin i kończy się nad Odrą w okolicach wsi Tarnawa. Długość całego wzniesienia wynosi 36 km, szerokość 4-8 km. Wysoczyzna Zielonogórska ograniczona jest poziomą 75 m n.p.m. i otoczona ze wszystkich stron rozległymi dolinami rzek – od północy i wschodu Odrą, od zachodu Bobrem, a od północy Śląską Ochłą i Czarną Strugą.

Obszar miasta charakteryzuje się urozmaiconą rzeźbą terenu, co m.in. zobrazowano w dalszej części rozdziału (rys. 42-44). Najniższe położone są południowe dzielnice (Jędrzychów – 80 m n.p.m.), najwyższe wzniesienia Zielonej Góry to Wzgórze Braniborskie (201 m n.p.m.) Centrum miasta leży na wysokości 139 m n.p.m. Peryferyjne dzielnice usytuowane są na stokach wzgórz, a samo miasto otoczone jest lasami, przeważnie sosnowymi [Słomska i in. 2005].

Na terenie obecnego województwa lubuskiego obserwacje meteorologiczne prowadzono najwcześniej w Żaganii, już od 1781 roku. W XVIII wieku Pallatyńskie Towarzystwo Meteorologiczne (Mannheim-Niemcy) zorganizowało międzynarodową sieć stacji meteorologicznych. W latach 1781-1792 Żagań był jedną z trzydziestu dziewięciu miejscowości na świecie oraz jedyną na obecnych ziemiach polskich, gdzie wykonywano obserwacje w ramach tej sieci. Pomiary na wszystkich tych stacjach wykonywano po raz pierwszy w ściśle określonych, wspólnych dla całej sieci, terminach – w godzinach 07, 11, 14 i 21 czasu lokalnego [Krassowski 2003].

Obserwacje meteorologiczne w Zielonej Górze również mają swoją długoletnią historię. Ich opis, wraz z instrumentarium pomiarowym do 1945 r., zostały opracowane w ramach cyklu publikacji dotyczących przebiegu obserwacji meteorologicznych na wybranych stacjach ziem północnych i zachodnich Polski [Miętus i in. 1999]. Dlatego też w niniejszym opracowaniu skupiono się tylko na wybranych kwestiach z tego okresu, a szerzej poruszono sprawy działalności stacji po 1945 roku. Bazowano na dostępnych opracowaniach i zasobach archiwalnych.

Pierwszą stację meteorologiczną na terenie Zielonej Góry uruchomiono 1 listopada 1877 roku. Jej założycielem był, pochodzący z Grodziska Wielkopolskiego, rabin dr Leopold Samter. Pomagali mu w tym przedsięwzięciu profesor dr Arndt z Biura Statystycznego w Berlinie oraz Dyrektor Obserwatorium Astronomicznego dr Wilhelm Lulius Foerstr wywodzący się ze znanej rodziny zielonogórskiej. Stację zlokalizowano w domu przy ul. Moniuszki 17 (Hospitalstraße 12), na terenie posiadłości blisko zachodniej granicy miasta, będącej własnością obserwatora (rys. 33). Zielona Góra (Grünberg) liczyła wówczas około 15 tysięcy mieszkańców. Miasto było całkowicie otoczone lasami, natomiast na terenach bezleśnych, w bezpośrednim sąsiedztwie zabudowań miejskich, znajdowały się winnice.

W stacji wykonywano, w ściśle ustalonych terminach (godz. 06, 14 i 20), obserwacje ciśnienia atmosferycznego, temperatury powietrza, wilgotności względnej, kierunku i prędkości wiatru. Mierzono również temperatury maksymalną i minimalną, wielkość opadów za dobę oraz grubość pokrywy śnieżnej. Notowane były również obserwacje wizualne, takie jak: wielkości zachmurzenia, widzialności oraz rodzaju i czasu występowania różnych zjawisk meteorologicznych.

Po dziesięciu latach pracy, w 1887 r., stacja została wyposażona w komplet nowych przyrządów, zmieniły się też godziny wykonywania obserwacji – prowadzono je o godzinie 07, 14 i 21. Pewne trudności nastęczało ustawienie klatki z termometrami, dlatego też miejsce jej lokalizacji było kilkakrotnie zmieniane. Termometry najpierw ustawiono na wysokości 4 m nad gruntem, a od maja 1893 r. 2 m nad gruntem w klatce meteorologicznej typu angielskiego [Krassowski 1980, 2003].

15 grudnia 1900 roku, w wieku 71 lat, zmarł założyciel i pierwszy obserwator stacji dr Samter. Obiekt przejął nauczyciel Rudolf Wachter. 13 marca 1901 roku przeniósł on klatkę meteorologiczną i deszczomierz do sąsiedniego, dużego ogrodu, przy swoim mieszkaniu znajdującym się w pobliżu starej stacji, przy ul. Fabrycznej 2 (ówczesna Große Fabrikstraße 45; rys. 34).

W następnych latach pojawiały się nowe, coraz doskonalsze, przyrządy. W lipcu 1902 roku na budynku pobliskiej fabryki włókienniczej ustawiono heliograf, a na stacji zamontowano higrometr włosowy i dwa termometry gruntowe. W końcu grudnia tego roku uruchomiono termograf, a od lipca 1905 r. barograf. W lipcu 1906 roku małą angielską klatkę meteorologiczną zastąpiono dużą, a dwa miesiące później zainstalowano psychrometr aspiracyjny Assmanna. Od 11 maja 1910 roku rozpoczęto wykonywanie pomiarów temperatury gruntu na głębokościach 10, 20, 50 i 100 cm [Krassowski 1980, 2003].

W kwietniu 1924 roku stację przejął asystent powiatowy do spraw rolnych Karol Wittek. W mieszkaniu nowego obserwatora został umieszczony barometr, pozostałe przyrządy pozostały na starym miejscu. W dniu 31 lipca 1926 roku stację przeniesiono około kilometr na południe od dotychczasowej lokalizacji, do budynku przy ul. Botanicznej 31 (Ochelhermsdorfer Str. 35; rys. 35). Klatkę i deszczomierz ustawiono w ogrodzie na południe od budynku, a wiatromierz na południowym narożniku dachu – 14 m nad poziomem gruntu. W kwietniu 1927 roku w pobliżu deszczomierza został umieszczony pluwiograf, a w listopadzie do użytku wprowadzono anemometr z chronografem. Rok później przeniesiono heliograf z dachu budynku fabryki włókienniczej na wzgórze pokryte winoroślą przy ul. Botanicznej [Krassowski 2003].

Kolejna, czwarta zmiana lokalizacji stacji nastąpiła 20 kwietnia 1933 roku. Obiekt przeniesiono 400 m na południe, na prywatną posesję obserwatora przy ul. Botanicznej 71 (Ochelhermsdorfer Str. 26). Heliograf został na starym miejscu. Wiatromierz ustawiono na północnym szczycie budynku, 14 m nad gruntem. Na wyposażeniu stacji były również łąta śniegowa oraz śniegomierz (rys. 36).

W tym czasie na terenie Zielonej Góry oprócz stacji meteorologicznej funkcjonował również Miejski Urząd Meteorologiczny (Stadtische Wetterwarte). W latach 20. i 30. XX w. urząd mieścił się w wiatraku holenderskim na wzniesieniu zwanym Lipowym Wzgórzem, na północno-wschodnim krańcu miasta – dzisiejsza ul. Chopina. Obie placówki podlegały Instytutowi Meteorologii w Berlinie (rys. 37-38).

Z Zielonej Góry wysyłane były codziennie meldunki telegraficzne do Stacji Morskiej w Hamburgu, do Berlina, a także do Stacji Meteorologicznej we Wrocławiu. Wysyłano również codziennie pisemne meldunki o wysokości stanu wód oraz zlodowacenia Odry do Zarządu Budowy Odry we Wrocławiu. Stacja Meteorologiczna w Zielonej Górze od 1 stycznia 1926 r. została przemianowana na stację synoptyczną. Objętość wysyłanych depesz synoptycznych stale się zwiększała. Od 1 maja 1929 roku depesze były wysyłane o godzinie 2, 5, 8, 11, 14, 17, 19 i 23 [Krassowski 1980, 2003].

Przykładowe wyniki pomiarów i obserwacji meteorologicznych z Zielonej Góry (Grünberg in Schlesien) były publikowane w Rocznikach Meteorologicznych z lat 1885-1943, wydawanych przez Królewski Pruski Instytut Meteorologiczny. Do dziś są one zachowane w dobrym stanie (rys. 39-40).



**Rysunek 33. Pierwsza lokalizacja stacji Zielona Góra, obecnie ul. Moniuszki 17 [fot. A. Timoszek]**



**Rysunek 34. Druga lokalizacja stacji Zielona Góra, obecnie ul. Fabryczna 2 [fot. A. Timoszek]**



**Rysunek 35. Trzecia lokalizacja stacji Zielona Góra, obecnie ul. Botaniczna 31 [fot. A. Timoszek]**



**Rysunek 36. Czwarta lokalizacja stacji Zielona Góra, obecnie ul. Botaniczna 71 [fot. A. Timoszek]**



**Rysunek 37. Miejski Urząd Meteorologiczny w wiatraku holenderskim [Krassowski 2003]**



**Rysunek 38. Wiatrak holenderski przy ul. Chopina w Zielonej Górze, odtworzony przez J. Owsianego w 2011 r. [fot. A. Timoszek]**

Do czasu wejścia Armii Czerwonej (14 lutego 1945) stacja prawdopodobnie pracowała bez zakłóceń. W Rocznikach Meteorologicznych dostępne są jednak tylko wyniki pomiarów i obserwacji niemieckich do lipca 1942 r. i niepełne dane z 1943 r. (komplet jedynie z okresu marzec-maj) [Ergebnisse 1885-1943]. Brakuje także dokumentacji z okresu styczeń 1944 – listopad 1945.

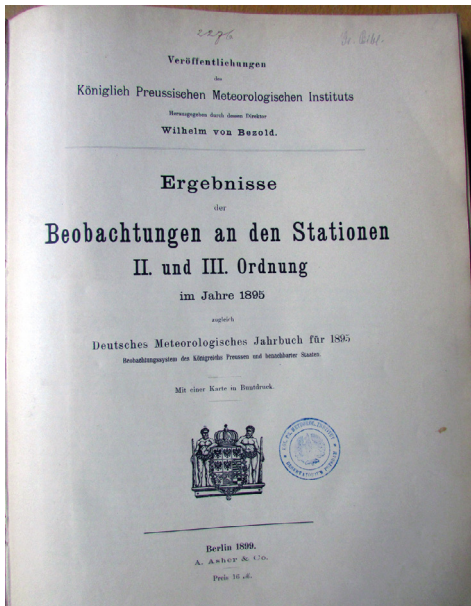
Wraz z wyzwoleniem miasta Armia Czerwona założyła w jego centrum stację meteorologiczną, którą w dniu 3 grudnia 1945 r. starostwo w Zielonej Górze przekazało z pełnym wyposażeniem Państwowemu Instytutowi Hydrologiczno-Meteorologicznemu w Warszawie. Stacja mieściła się wówczas przy ul. Kazimierza Wielkiego 7 (rys. 41).

Położenie stacji nie spełniano wymaganych warunków. Deszczomierz ustawiono na podwórzu o powierzchni 150 m<sup>2</sup>, otoczonym murem o wysokości od 180 do 270 cm, natomiast termometry na balkonie na drugim piętrze. Ponadto na stacji znajdował się psychrometr Assmanna, wiatromierz połowy 16 m nad gruntem, aneroid i barograf. W październiku 1946 roku na stacji zainstalowano wiatromierz Wilda, ok. 2,5 m powyżej dachu od strony południowo-zachodniej na rurze żelaznej, 18 m nad gruntem. W listopadzie stacja otrzymała rtęciowy barometr naczyniowy, który umieszczono 10,2 m nad gruntem oraz psychrometr Augusta, który ze względu na brak klatki nie był wykorzystany.

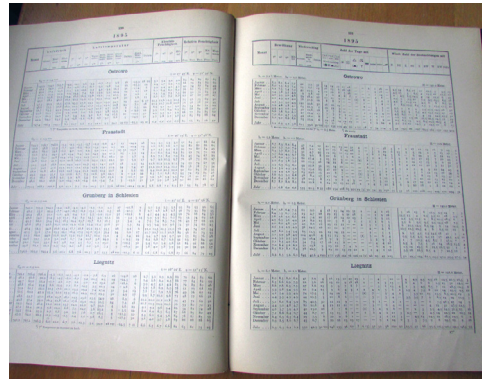
20 sierpnia 1947 roku stacja zmieniła po raz kolejny lokalizację – została przeniesiono na ul. Brani-borską 3 (rys. 42). Na obiekcie znajdowała się klatka meteorologiczna, w której umieszczono psychrometr Augusta i termometr maksymalny, w ogródku ustawiono deszczomierz Hellmanna, na specjalnym maszcie umieszczono wiatromierz Wilda. Stopniowo przybywało przyrządów. Od 11 września 1947 roku rozpoczęto pomiary temperatury minimalnej. W 1948 roku stacja otrzymała śniegowskaz stały i przenośny, śniegomierz objętościowy i nowy barometr naczyniowy. Rok później na wyposażeniu stacji znalazły się nowe samopisy, barograf i termograf oraz ewaporometr Piche'a. W latach 1951-1957 rozpoczęto pomiary temperatury minimalnej przy powierzchni gruntu. Pojawiły się kolejne przyrządy: pluwiograf, higrograf, katatermometr oraz stojak do pomiaru oblodzenia przewodów. 13 czerwca 1957 roku ogródek meteorologiczny przeniesiono na znajdujące się w pobliżu wzniesienie, na ul. Braniborską 9 (rys. 43).

W roku 1958 stacja otrzymała anemometr, w 1959 r. termometry do pomiaru temperatury gruntu na głębokości 5, 10, 20 i 50 cm oraz śniegowskaz objętościowy. Natomiast w 1961 roku na jej wyposażeniu znalazł się dalekopis. Po wielu staraniach w roku 1966 w Zielonej Górze wznowiono pomiary usłonecznienia przy pomocy heliografu Campbella-Stokesa (pomiar nie były wykonywane w okresie 1945-1966 z uwagi na brak przyrządu). Stacja otrzymała wówczas również przyrząd do zdalnego określania prędkości i kierunku wiatru, zwany anemurumbometrem. W tym samym roku zakończono dziesięcioletnią serię badawczą pomiaru oblodzenia przewodów i piętnastoletnią serię badawczą ochładzania za pomocą katatermometru. W latach 70. wyposażenie stacji unowocześniano. 1 stycznia 1971 roku wprowadzono psychrometr Assmanna (wentylowany za pomocą silniczka elektrycznego, włączanego zdalnie z biura), 2 marca 1973 r. zainstalowano sygnalizator opadu i rosy SM-2.

W latach 1968-1972 teren wokół stacji został częściowo zabudowany. Najbliższy budynek zlokalizowano w odległości 27 m, co miało wpływ na zasłonięcie horyzontu. Zabudowa ta, w sposób wysoce niekorzystny, odbiła się na wynikach niektórych pomiarów i obserwacji, głównie temperatury, usłonecznienia, widzialności i wiatru. Wiosną i latem, gdy Słońce w strefie zabudowy jest nisko, do godziny ok. 9.30 ogródek meteorologiczny był w cieniu. Stacja ponownie musiała zostać przeniesiona w inne, bardziej reprezentatywne miejsce [Krassowski 2003].



Rysunek 39. Rocznik Meteorologiczny Pruskiego Instytutu Meteorologicznego z 1895 r. [Ergebnisse 1895]



Rysunek 40. Dane z Rocznika Meteorologicznego z 1895 r. [Ergebnisse 1895]



Rysunek 41. Piąta lokalizacja stacji Zielona Góra, obecnie ul. Kazimierza Wielkiego 7 [fot. A. Timoszek]



Rysunek 42. Szósta lokalizacja stacji Zielona Góra, obecnie ul. Braniborska 3 [fot. A. Timoszek]



Rysunek 43. Siódma lokalizacja stacji Zielona Góra, obecnie ul. Braniborska 9 [fot. A. Timoszek]

Wspomniana powyżej, ósma z kolei, zmiana lokalizacji nastąpiła 10 listopada 1975 roku. Nowo wybudowany obiekt znajdował się przy ul. Andrzeja Struga 1A, 600 m na południe od poprzedniej lokalizacji, na wysokość 192 m n.p.m. Tam stacja działa do dziś (rys. 44-47). Na dachu budynku znajduje się pomost obserwacyjny z dostępem z zewnątrz. Na terenie posesji wybudowano wolnostojący schron wodorowy i pawilon balonowy, obiekty te były użytkowane do 1991 roku. Wykorzystywano je do przechowywania aparatury niezbędnej do wykonywania pomiarów parametrów elementów meteorologicznych, tj. temperatury, ciśnienia, wilgotności, prędkości i kierunku wiatru. Obiekty te zostały wyburzone w 2010 roku.

7 kwietnia 1976 roku stacja otrzymała od Wojska Polskiego reflektor chmurowy do określania postawy chmur. Wykorzystywano go aż do lat 90. Od czerwca 1976 roku do października 1978 r. na stacji pracował telepluviograf, a od maja 1975 r. do lutego 2003 r. nowy udoskonalony anemorumbometr – model M63 M1. W czerwcu 1977 roku uruchomiony został nowy przyrząd do pomiaru podstawy chmur IWO-1M. Był on wykorzystywany na stacji do lutego 2006 roku. W latach 1977-1991 na stacji prowadzono pomiary wiatrów górnych do wysokości 3000 m, a od lipca 1981 r. dysponowano już pełnym zestawem termometrów do pomiaru temperatury gruntu od 5 cm do 1 m.

W 1978 roku Stacja Meteorologiczna w Zielonej Górze obchodziła 100-lecie obserwacji meteorologicznych. Z tej okazji Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej zorganizował 27 października sesję naukową w Sali Dębowej Biblioteki Wojewódzkiej w Zielonej Górze. Zaprezentowano zagadnienia historii badań i osobliwości klimatu miasta, w tym referaty: Głowickiego i Krassowskiego *Klimat Zielonej Góry* oraz Krassowskiego *Historia obserwacji meteorologicznych w Zielonej Górze*. Sesji towarzyszyła wystawa wydawnictw naukowych i technicznych IMGW oraz prezentacja aparatury pomiarowej.

Po awarii elektrowni jądrowej w Czarnobylu, od 30 kwietnia 1986 r., przez dwanaście miesięcy, na stacji prowadzono pomiary natężenia promieniowania  $\gamma$  i  $\beta$ . Od lipca 1981 roku do końca 1993 r. zbierano również próby opadu dla badania chemizmu opadów na zlecenie Inspektoratu Ochrony Środowiska w Zielonej Górze.

Lata 90. XX wieku przynoszą prawdziwą rewolucję w zakresie unowocześnienia przyrządów. Stacja, podobnie jak i pozostałe w sieci Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej w kraju, sukcesywnie przechodzi na cyfryzację i automatykę pomiarową. Od lipca 1991 roku barometr rtęciowy zostaje zastąpiony barometrem cyfrowym PA 11 firmy Vaisala. W grudniu gruntowe termometry rtęciowe zostają uzupełnione termometrami elektrycznymi. Od stycznia 1993 roku stacja pracuje w ramach krajowego monitoringu opadów atmosferycznych, zbierając próby opadów do analiz fizyko-chemicznych, wykonywane są również pomiary odczynu pH w dobowych sumach opadów atmosferycznych. W 1993 roku wdrożony zostaje komputerowy program przekazywania danych dla celów Służby Pogody, tzw. SYNOP oraz System Hydrologii Operacyjnej (SHO).

1 stycznia 1998 roku nazwa stacji przemianowana zostaje ze Stacji Meteorologicznej w Zielonej Górze na Stację Hydrologiczno-Meteorologiczną (SHM) w Zielonej Górze.

20 sierpnia 2002 roku na terenie ogródka meteorologicznego zostaje zainstalowana automatyczna stacja meteorologiczna z zespołem czujników pomiarowych, MAWS 301 (rys. 48).

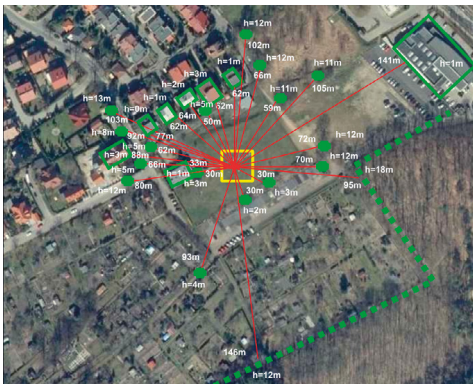
Rozwój automatycznych systemów pomiarowych sukcesywnie wypierał tradycyjne, dotychczas standardowe, przyrządy pomiarowe z użytku. Dowodem na to jest Zarządzenie nr 25/2008 Dyrektora IMGW z dnia 01.08.2008 r. [IMGW 2008] informujące, że dane z czujników automatycznych



Rysunek 44. Ósma, obecna lokalizacja stacji Zielona Góra [fot. D. Szkolniak]



Rysunek 45. Ogródek meteorologiczny stacji w Zielonej Górze [fot. D. Szkolniak]



Rysunek 46. Szkic sytuacyjny otoczenia stacji Zielona Góra [opracował K. Strug 2019]



Rysunek 47. Lokalizacje stacji w Zielonej Górze (1-8) [opracował P. Miszon 2019; podkład: mapa www.geoportal.gov.pl.]



Rysunek 48. Stacja automatyczna MAWS 301 z czujnikiem widzialności (po lewej stronie) oraz czujnikiem wysokości podstawy chmur (po prawej stronie) w ogródku meteorologicznym stacji Zielona Góra [fot. D. Szkolniak]



Rysunek 49. Tablica pamiątkowa na budynku stacji [fot. D. Szkolniak]

na stacjach hydrologicznych i meteorologicznych stanowią wartości podstawowe dla celów operacyjnych i historycznych. W nawiązaniu do powyższego aktu, istotną zmianę w sposobie wykonywania pomiarów wprowadzono w 2014 r. we wszystkich stacjach synoptycznych IMGW-PIB, w tym także w SHM Zielona Góra. Mianowicie, Z-ca Dyrektora IMGW-PIB ds. Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej Główny Synoptyk Meteorologiczny, z dniem 01.01.2014 r. polecił zaprzestać wykonywania termometrami szklanymi, cieczowymi kontrolnych pomiarów temperatury powietrza na wysokości 2 m n.p.g., przy gruncie, a także samej temperatury gruntu. Równocześnie zrezygnowano z pomiarów termometrami szklanymi, tworzącymi zestaw psychrometryczny, wilgotności powietrza w klatce meteorologicznej (tab. 24) [IMGW 2013]. Jednak z dniem 22.09.2016 r. Dyrektor IMGW-PIB zalecił we wszystkich stacjach synoptycznych, gdzie zatrudnieni są obserwatorzy, wykonywać pomiary kontrolne, w stosunku do danych uzyskanych z czujników automatycznych, analogowymi przyrządami. Przyrządy analogowe mają zarazem służyć jako zapasowy sprzęt pomiarowy w przypadku awarii czujników automatycznych [IMGW 2016].

7 września 2002 roku SHM w Zielonej Górze obchodziła kolejną uroczystość – 125 lecie obserwacji meteorologicznych. Odsłonięcia tablicy pamiątkowej dokonał Prezydent Zielonej Góry – Zygmunt Listkowski oraz Z-ca Dyrektora Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Roman Skąpski (rys. 49). W Muzeum Ziemi Lubuskiej otwarcia wystawy dokonali Marszałek Województwa Lubuskiego – Andrzej Bocheński oraz Dyrektor Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – prof. Jan Zieliński. Na wystawie pokazano historię obserwacji meteorologicznych w Zielonej Górze, przyrządy meteorologiczne i hydrologiczne [Krassowski 2003].

Obecnie SHM w Zielonej Górze wchodzi w skład sieci stacji meteorologicznych Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego (PSHM, IMGW-PIB) oraz sieci stacji Światowej Organizacji Meteorologicznej (WMO). Jest stacją synoptyczną I rzędu, w której realizowany jest następujący program pomiarowy:

- I. Wykonywanie całodobowych pomiarów i obserwacji przy wykorzystaniu aparatury automatycznej oraz standardowej stanowiącej sprzęt zapasowy i kontrolny dla pomiarów automatycznych (tab. 24) [IMGW 2008, 2016], w tym:
  - a) Pomiar temperatury powietrza na wysokości 2 m n.p.g., temperatury powietrza przy gruncie oraz temperatury gruntu – dane z czujników automatycznych oraz zapasowe, szklane: termometry cieczowe w klatce meteorologicznej (zestaw psychrometryczny), termometr maksymalny i minimalny, termometry gruntowe;
  - b) Pomiar wilgotności powietrza, zapasowy psychrometr zwykły niewentylowany;
  - c) Pomiar kierunku i prędkości wiatru, zapasowy wiatromierz ręczny;
  - d) Pomiar wysokości opadu atmosferycznego, zapasowy deszczomierz Hellmanna;
  - e) Obserwacje wizualne – stopień i rodzaj zachmurzenia; wysokość podstawy chmur; widzialność; stan gruntu; wysokość, ukształtowanie i rodzaj pokrywy śnieżnej; zjawiska atmosferyczne – ich rodzaj, natężenie i czas trwania;
  - f) Monitoring opadów atmosferycznych w ramach krajowego monitoringu opadów atmosferycznych – zbieranie prób opadów do analiz fizyko-chemicznych, wykonywanie pomiarów odczynu pH w próbach opadów atmosferycznych.



II. Obserwacje fenologiczne – w zakresie określonym w *Przewodniku fenologicznym* [IMGW 2015; Lorenc i in. 2015].

Zachowane są niezbędne strefy ochronne dla urządzeń pomiarowych SHM Zielona Góra, ustanowione decyzją nr RM.III.OS-6210/20/04 z dn. 4 października 2004 r. przez Prezydenta Miasta Zielona Góra. Strefy ochronne obejmują trzy obszary:

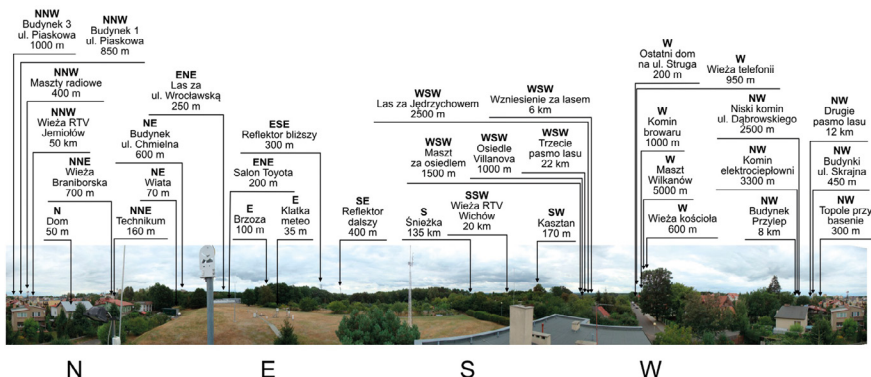
1. Do 30 m, gdzie zabrania się wznoszenia wszelkiej zabudowy obiektów budowlanych, sadzenia drzew, krzewów oraz sztucznego zraszania upraw.
2. Od 30 do 100 m, gdzie zabrania się wznoszenia zabudowy powyżej jednej kondygnacji nadziemnej, zwartej zabudowy jednorodzinnej oraz sadzenia drzew w zwartych zespołach, przy czym odległość pozostałych obiektów od ogródka meteorologicznego powinna być większa niż dziesięciokrotność ich wysokości.
3. Od 100 do 300 m, gdzie zabrania się wznoszenia zabudowy o wysokości trzech i więcej kondygnacji nadziemnych, zwartej zabudowy piętrowej i sadzenia drzew w zwartych zespołach.

Otoczenie stacji (rys. 46) spełnia wymogi aktualnej Instrukcji dla Stacji Meteorologicznych IMGW-PIB [Róźdzynski i in. 2014]. Warto wspomnieć, że SHM w Zielonej Górze ma najdalszy reper widzialności wśród stacji w rejonie dawnego Oddziału IMGW-PIB we Wrocławiu. Jest nim szczyt Śnieżki w Karkonoszach – w odległości 135 km na południe (rys. 50-51).



Rysunek 50. Widok na Śnieżkę z pomostu obserwacyjnego na dachu budynku stacji SHM Zielona Góra

[fot. J. Krassowski]



Rysunek 51. Repery widzialności stacji SHM Zielona Góra [wykonał: K. Strug 2015]

**Tabela 24. Lokalizacje, podstawowe dane, instrumentarium pomiarowe i kierownictwo stacji Zielona Góra**

Lokalizacje stacji meteorologicznych w Zielonej Górze	Data rozpoczęcia pomiarów w danej lokalizacji	Kierownicy stacji w danej lokalizacji	Współrzędne GPS stacji w danej lokalizacji	Wysokość stacji (m n.p.m.)	Wysokość barometru (m n.p.m.)
1 ul. Moniuszki 17	01.11.1877	Leopold Samter	51°56'09" 15°30'05"	147	147 do 03.05.1893 150 od 03.05.1893
2 ul. Fabryczna 2	13.03.1901	Rudolf Wachter	51°56'06" 15°30'08"	149	154
3 ul. Botaniczna 31	31.07.1926	Karol Wittek	51°55'28" 15°30'11"	168	169
4 ul. Botaniczna 71	20.04.1933	Karol Wittek	51°55'16" 15°30'07"	147	148,1 od 01.10.1937 151,3 od 01.10.1937

Wysokość wiatromierza (m n.p.g.)	Wysokość termometrów w klatce (m n.p.g.)	Wysokość deszczomierza (m n.p.g.)	Wysokość heliografu (m n.p.g.)	Instrumentarium pomiarowe wykorzystywane w danej lokalizacji
12	4 do 01.01.1881 2 od 01.01.1881	4 do 01.01.1881 2,5 do 07.1892 1,3 od 07.1892	-	1. Barometr lewarowy 2. Termometr maksymalny 3. Termometr minimalny 4. Dwa wiatromierze 5. Deszczomierz Hellmanna 6. Barometr naczynkowy 7. Psychrometr Augusta
-	2	1,1	16	1. Barometr lewarowy 2. Termometr maksymalny 3. Termometr minimalny 4. Dwa wiatromierze 5. Deszczomierz Hellmanna 6. Barometr naczynkowy 7. Psychrometr Augusta 8. Heliograf Campbella-Stockesa 9. Higrometr włosowy 10. Dwa termometry przygruntowe 11. Termograf Fuessa 12. Barograf Richard'a 13. Psychrometr aspiracyjny Fuessa. 14. Termometry gruntowe na gł. (10,20,50,100 cm). 15. Termometr minimalny przy gruncie.
14	2	1,1	16 do 1928 3 od 1928	1. Barometr lewarowy 2. Termometr maksymalny 3. Termometr minimalny 4. Wiatromierze 5. Deszczomierz Hellmanna 6. Barometr naczynkowy 7. Heliograf Campbella-Stockesa 8. Higrometr włosowy 9. Dwa termometry przygruntowe 10. Termograf Fuessa 11. Barograf Richard'a 12. Psychrometr aspiracyjny Fuessa 13. Termometry gruntowe na gł. (10,20,50,100 cm) 14. Termometr minimalny przy gruncie 15. Łata śniegowa 16. Śniegomierz 17. Pluviograf 18. Anemograf
14	2	1	3	1. Barometr lewarowy 2. Termometr maksymalny 3. Termometr minimalny 4. Wiatromierz 5. Deszczomierz Hellmanna 6. Barometr naczynkowy 7. Heliograf Campbella-Stockesa 8. Higrometr włosowy 9. Dwa termometry przygruntowe 10. Termograf Fuessa 11. Barograf Richard'a 12. Psychrometr aspiracyjny Fuessa 13. Termometry gruntowe na gł. (10,20,50,100 cm) 14. Termometr minimalny przy gruncie 15. Łata śniegowa 16. Śniegomierz 17. Pluviograf 18. Anemograf

**Tabela 24. Lokalizacje, podstawowe dane, instrumentarium pomiarowe i kierownictwo stacji Zielona Góra cd.**

Lokalizacje stacji meteorologicznych w Zielonej Górze	Data rozpoczęcia pomiarów w danej lokalizacji	Kierownicy stacji w danej lokalizacji	Współrzędne GPS stacji w danej lokalizacji	Wysokość stacji (m n.p.m.)	Wysokość barometru (m n.p.m.)
5 ul. Kazimierza Wielkiego 7	03.12.1945	Edmund Czechowicz	51°56'33" 15°30'30"	137	147,4
6 ul. Braniborska 3	20.08.1947	Edmund Czechowicz; Franciszek Nowakowski; Władysław Sulikowski; Wacław Szczygielski; Konrad Kozłowski	51°56'06" 15°31'15"	176	174
7 ul. Braniborska 9	13.06.1957	Konrad Kozłowski; Zygmunt Ręczyński; Ryszard Krassowski	51°56'07" 15°31'17"	180	173,8
8 ul. Struga 1A	10.11.1975	Ryszard Krassowski; Danuta Janiuk; Daniel Szkolniak	51°55'48" 15°31'29"	192	192,67 do 14.02.2018 192,60 od 14.02.2018

Wysokość wiatromierza (m n.p.g.)	Wysokość termometrów w klatce (m n.p.g.)	Wysokość deszczomierza (m n.p.g.)	Wysokość heliografu (m n.p.g.)	Instrumentarium pomiarowe wykorzystywane w danej lokalizacji
18	10	1	-	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Barometr aneroid</li> <li>2. Psychrometr Assmanna</li> <li>3. Deszczomierz Hellmanna</li> <li>4. Barograf</li> <li>5. Wiatromierz polowy</li> <li>6. Wiatromierz Wilda</li> <li>7. Barometr naczynkowy</li> <li>8. Psychrometr Augusta</li> <li>9. Termometr maksymalny</li> <li>10. Termometr minimalny</li> </ol>
10	2	1	-	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Barometr aneroid</li> <li>2. Psychrometr Assmanna</li> <li>3. Deszczomierz Hellmanna</li> <li>4. Barograf</li> <li>5. Wiatromierz polowy</li> <li>6. Wiatromierz Wilda</li> <li>7. Barometr naczynkowy</li> <li>8. Psychrometr Augusta</li> <li>9. Termometr maksymalny</li> <li>10. Termometr minimalny</li> <li>11. Śniegowskaz stały</li> <li>12. Śniegowskaz przenośny</li> <li>13. Śniegowskaz objętościowy</li> <li>14. Termograf Richard'a</li> <li>15. Barograf Richard'a</li> <li>16. Ewaporometr Piche'a</li> <li>17. Termometr minimalny przy gruncie</li> <li>18. Pluviograf</li> <li>19. Higrograf</li> <li>20. Katatermometr</li> <li>21. Stojak do pomiarów oblodzenia przewodów</li> </ol>
16	2	1	6,6	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Barometr aneroid</li> <li>2. Psychrometr Assmanna</li> <li>3. Deszczomierz Hellmanna</li> <li>4. Barograf</li> <li>5. Wiatromierz polowy</li> <li>6. Wiatromierz Wilda</li> <li>7. Barometr naczynkowy</li> <li>8. Psychrometr Augusta</li> <li>9. Termometr maksymalny</li> <li>10. Termometr minimalny</li> <li>11. Śniegowskaz stały</li> <li>12. Śniegowskaz przenośny</li> <li>13. Śniegowskaz objętościowy</li> <li>14. Termograf Richard'a</li> <li>15. Barograf Richard'a</li> <li>16. Ewaporometr Piche'a</li> <li>17. Termometr minimalny przy gruncie</li> <li>18. Pluviograf</li> <li>19. Higrograf</li> <li>20. Katatermometr</li> <li>21. Stojak do pomiarów oblodzenia przewodów</li> <li>22. Anemometr Fuess'a</li> <li>23. Termometry gruntowe na gł. (10,20,50,100 cm)</li> <li>24. Śniegomierz wagowy</li> <li>25. Heliograf Campbella-Stockesa</li> <li>26. Wiatromierz M-47, anemorbometr</li> <li>27. Sygnalizator opadu, rosy, mgły</li> </ol>
13 do 13.03.2014 10 od 13.03.2014	2	1	8,2 do 01.09.2011 3 do 17.12.2014 7,1 od 17.12.2014	Tabela 25

**Tabela 25. Instrumentarium pomiarowe w obecnej lokalizacji stacji SHM Zielona Góra**

Przyrządy nierejestrujące		od dnia	do dnia
Termometry	zwykły	03.12.1945 01.01.2017	01.01.2014
	zwykły do zwilżania	03.12.1945 01.01.2017	01.01.2014
	maksymalny	05.1947 01.01.2017	01.01.2014
	minimalny	11.09.1947 01.01.2017	01.01.2014
	minimalny przy gruncie	17.07.1951	01.01.2014
	gruntowy na gł. 5 cm	31.07.1959	01.01.2014
	gruntowy na gł. 10 cm	31.07.1959	01.01.2014
	gruntowy na gł. 20 cm	31.07.1959	01.01.2014
	gruntowy na gł. 50 cm	31.07.1959	01.01.2014
	gruntowy na gł. 100 cm	01.07.1981	01.01.2014
	gruntowy ASEL	30.12.1991	31.12.2007
	Deszczomierz Hellmanna 200 cm <sup>2</sup>		03.12.1945
Barometr aneroid		1945	data nie znana
Barometr naczynkowy		11.1946	data nie znana
Urządzenie do pomiarów oblodzenia przewodów		01.11.1956	1966
Przystawka wentylacyjna		01.01.1971	01.01.2014
Wysokościomierz IWO-IM		03.06.1977	15.02.2006
Śniegowskaz przenośny		26.09.1948	
Śniegomierz objętościowy		04.11.1948	01.02.1963
Śniegomierz wagowy		01.02.1963	
Wiatromierz Wild'a		10.1946	1977
Wiatromierz M-47, anemorumbometr		08.07.1966	06.05.1977
Wiatromierz M-63, M-1, anemorumbometr		06.05.1977	13.02.2003
Wiatromierz VAISALA WAV 151		16.06.1993	13.03.2014
Wiatromierz Young 05103V		11.06.1996	13.03.2014
Wiatromierz Aviomet		27.09.1999	09.05.2012
Wiatromierz UMAS 2		04.06.1991	1996
Ewaporometr Piche'a		04.07.1949	30.04.1982
Teodolit balonowy przenośny		01.02.1978	21.11.1991
Waga śniegowa WMDO3		01.11.2011	
Wiatromierz ręczny Windmaster 2		20.02.2017	

**Tabela 25. Instrumentarium pomiarowe w obecnej lokalizacji stacji SHM Zielona Góra cd.**

Przyrządy rejestrujące	od dnia	do dnia
Barograf	03.12.1945	01.01.2014
Termograf	22.05.1949	11.08.2006
Higrograf	10.1953	11.08.2006
Pluviograf	08.1952	31.10.2010
Heliograf Campbella-Stockesa	31.03.1966 01.01.2019	01.09.2011
Telepluviograf	03.04.1976	
Barometr Vaisala PA 11	03.07.1991	31.12.1995
Deszczomierz automatyczny SEBA	12.05.1999	
Stacja automatyczna MAWS 301, Sys. Nr 16	20.08.2002	
Sonda temperatury gruntu na gł. 5, 10, 20, 50, 100 cm Vaisala QMT 107	20.08.2002	
Czujnik usłonecznienia Vaisala CSD 1	20.08.2002	
Czujnik temp. powietrza Vaisala QMT 110	20.08.2002	
Czujnik temp. powietrza przy gruncie Vaisala QMT 103	20.08.2002	
Czujnik ciśnienia MAWS PMT 16A	20.08.2002	
Sonda temp. i wilgotności Vaisala HMP 155	20.08.2002	
Czujnik widzialności FD12P	20.08.2002	
Wiatromierz ultradźwiękowy Vaisala WS 425	14.05.2009	
Cełometr Vaisala CL31	08.08.2013	
Deszczomierz wagowy BM SONIC TRWS S/4	16.01.2016	
Barometr Vaisala PTB330	14.02.2018	

## BIBLIOGRAFIA

- Bednorz E., 2001, Pokrywa śnieżna a kierunki napływu mas powietrza w Polsce Północno-Zachodniej, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, Poznań, 131 s.
- Bednorz E., 2002, Snow cover in western Poland and macro-scale circulation conditions, *International Journal of Climatology*, 22 (5), 533-541, DOI: 10.1002/joc.752
- Bednorz E., 2010, Synoptyczne warunki występowania śnieżnych zim na nizinnych obszarach Polski, [w:] *Klimat Polski na tle klimatu Europy, Warunki termiczne i opadowe*, E. Bednorz (red.), Seria: *Studia i Prace z Geografii i Geologii*, 15, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 199-214
- Bednorz E., Więclaw M., 2005, Występowanie pokrywy śnieżnej w różnych masach powietrza na przykładzie Legnicy i Zamościa, *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią. Seria A – Geografia Fizyczna*, 56, 7-14
- Beniston M., 1997, Variations of snow depth and duration in the Swiss Alps over the last 50 years: links to changes in large-scale climatic forcings, *Climate Change*, 36, 281-300, DOI: 10.1007/978-94-015-8905-5\_3
- Beniston M., 2000, *Environmental change in mountains and uplands*, Arnold, London, 172 s.
- Beniston M., Keller F., Goyette S., 2003, Snow pack in the Swiss Alps under changing climatic conditions: an empirical approach for climate impacts studies, *Theoretical and Applied Climatology*, 74, 19-31, DOI: 10.1007/s00704-002-0709-1
- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2011, Wieloletnia zmienność okresu bezprzymrozkowego w Polsce w latach 1951-2006, *Prace i Studia Geograficzne*, 47, 77-86
- Biernacik D., 2010, Zmienność warunków termicznych w Polsce po roku 1951. Rezultaty projektu KLIMAT, [w:] *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Zmiany i ich konsekwencje*, E. Bednorz, L. Kolendowicz (red.), Seria *Studia i Prace z Geografii i Geologii*, 16, 9-21
- Biuletyn PSHM, 2011, Biuletyn Państwowej Służby Hydrologiczno-Meteorologicznej, IMGW-PIB, 7 (105), 40 s.
- Błaś M., 2001, Rola mgły w przychodzie wody z atmosfery i depozycji zanieczyszczeń w wybranych ekosystemach Sudetów, Instytut Geograficzny, Uniwersytet Wrocławski, niepublikowane
- Bobiński E., Meyer W., 1992, Susza w Polsce w latach 1982-1992. Ocena hydrologiczna, *Wiadomości IMGW*, 4, 3-24
- Bołaszewska J., Reutt F., 1962, Częstotliwość występowania poszczególnych mas powietrza w Polsce w okresie 10 lat 1946-1956, *Prace Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego*, 66 s.
- Bornstein R. D., Johnson D.S., 1977, Urban – rural wind velocity differences, *Atmospheric Environment*, 11 (7), 597-604
- Bosak W., 2013, Klimat i rejonizacja upraw winorośli, dostępne online [http://www.winologia.pl/poradnik\\_klimat.htm](http://www.winologia.pl/poradnik_klimat.htm) (9.12.2019)
- Brázdil R., Flocas A.A, Sahsamanoglou H.S., 1994, Fluctuation of sunshine duration in Central and South-Eastern Europe, *International Journal of Climatology*, 14 (9), 1017-1034, DOI: 10.1002/joc.3370140907



- Brázdil R, Budíková M., Auer I., Böhm R., Cegnar T., Faško P., Lapin M., Gajić-Čapka M., Zaninović K., Koleva E., Niedźwiedz T., Ustrnul Z., Szalai S., Weber R.O., 1996, Trends of maximum and minimum daily temperatures in Central and Southeastern Europe, *International Journal of Climatology*, 16, 765-782, DOI: 10.1002/(sici)1097-0088(199607)16:7<765::aid-joc46>3.0.co;2-o
- Bryś K., Bryś T., 2010, Reconstruction of the 217-year (1791-2007) Wrocław air temperature and precipitation series, *Bulletin of Geography – Physical Geography Series*, 3, 121-171
- Buchert L., 1992, Masy powietrza i układy baryczne w rejonie Poznania w latach 1981-1990, *Badania Fizjograficzne nad Polską Zachodnią. Seria A: Geografia Fizyczna*, Poznań, 44 s.
- Chrzanowski J., 1988, Pokrywa śnieżna w Polsce. Klasyfikacja jej grubości i regionalizacja, *Materiały Badawcze IMGW. Seria Meteorologia*, 15, Warszawa, 43 s.
- Czarnecka M., Nidzgorska-Lencewicz J., 2012, Wieloletnia zmienność sezonowych opadów w Polsce, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 12 (2), 45-60
- Djaków P., 2016, Najcieplejszy rok w polskiej historii pomiarów, dostępne online: <https://naukaoklimacie.pl/aktualnosci/najcieplejszy-rok-w-polskiej-historii-pomiarow-130> (9.12.2019)
- Degirmendzić J., 2004, Zmiany usłonecznienia w Polsce i ich uwarunkowania cyrkulacyjne, [w:] *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*, K. Kożuchowski (red.), Wydawnictwo Biblioteka, Łódź, 9-23
- Dubicka M., 1994, Wpływ cyrkulacji atmosfery na kształtowanie warunków klimatu (na przykładzie Wrocławia), *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1581, 295 s.
- Dubicka M., 1997, 95-letnia seria rejestracji usłonecznienia na Śnieżce, [w:] *Geoekologiczne Problemy Karkonoszy, materiały z sesji naukowej w Przesieciu 15-18.X.1997*, 133-144
- Dubicki A., Głowicki B., Czerwiński J., Krzaczkowski P., Kondal K., 1995, Wysokogórskie Obserwatorium Meteorologiczne na Śnieżce, PIOŚ, IMGW, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Wrocław, 112 s.
- Dubicki A., Głowicki B., Urban G., 2004a, Obszary dotknięte suszą w dorzeczu górnej i środkowej Odry w latach 2003-2004, *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej*, Wrocław, 502, 13, 81-89
- Dubicka M., Limanówka D., 1994, Zmienność zachmurzenia i usłonecznienia w Sudetach i Karpatach oraz na ich przedpoju, *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 1590, *Prace Instytutu Geograficznego. Seria C: Meteorologia i Klimatologia*, 1, 45-60
- Dubicka M., Pyka J.L., 2001, Wybrane zagadnienia klimatu Wrocławia w XX wieku, *Prace i Studia Geograficzne*, 29, 101-112
- Dubicka M., Rosiński D., Szymanowski M., 2003, The influence of the urban environment on the air humidity in Wrocław, *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 2542, *Studia Geograficzne*, 75, 504-527
- Dubicki A., Tokarczyk T., Urban G., 2004b, Ocena zasięgu oraz natężenia suszy na terenie dorzecza górnej i środkowej Odry w 2003 roku. Zasoby wodne w dorzeczu górnej i środkowej Odry w warunkach suszy 2003 roku, *maszynopis IMGW*, Wrocław, 118 s.
- Dudek St., Żarski J., Kuśmierk-Tomaszewska R., 2012, Tendencje zmian występowania przymrozków przygruntowych w rejonie Bydgoszczy, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 12 (2), 93-106
- Falarz M., 2000-2001, Zmienność wieloletnia występowania pokrywy śnieżnej w polskich Tatrach, *Folia Geographica. Seria: Geographica Physica*, 31-32, 101-123

- Falarz M., 2004, Variability and trends in the duration and depth of snow cover in Poland in the 20th century, *International Journal of Climatology*, 24 (13), 1713-1727, DOI: 10.1002/joc.1093
- Falarz M., 2007, Potencjalny okres występowania pokrywy śnieżnej w Polsce i jego zmiany w XX wieku, [w:] *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), IGI&P UJ, Kraków, 205-213
- Falarz M., 2010, Współczynnik trwałości pokrywy śnieżnej w Polsce – rozkład przestrzenny, ekstrema, zmiany wieloletnie, [w:] *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Warunki termiczne i opadowe*, E. Bednorz (red.), *Seria Studia i Prace z Geografii i Geologii*, 15, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 167-179
- Farat R., 2010, Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce Północno-Zachodniej, [w:] *Klimat Polski na tle klimatu Europy, Warunki termiczne i opadowe*, E. Bednorz (red.), *Seria Studia i Prace z Geografii i Geologii*, 15, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 117-130
- Farat R., Kępińska-Kasprzak M., Kowalczak P., Mager P., 1995, Susze na obszarze Polski w latach 1951-1990, *Materiały Badawcze IMGW. Seria: Gospodarka Wodna i Ochrona Wód*, 16, 140 s.
- Fortuniak K., Kożuchowski K., Żmudzka E., 2001, Trendy i okresowość zmian temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku, *Przegląd Geofizyczny*, 4, 283-303
- Foster J., Owe M., Rango A., 1983, Snow cover and temperature relationships in North America and Eurasia, *Journal of Climate and Applied Meteorology*, 22, 460-469, DOI: 10.1175/1520-0450(1983)022<0460:scatri>
- Gałek G., Sobik M., Błaś M., Polkowska Ż., Cichała-Kamrowska K., 2012, Dew formation and chemistry near a motorway in Poland, *Pure and Applied Geophysics*, 169 (5-6), 1053-1066, DOI: 10.1007/s00024-011-0331-1
- Gałek G., Sobik M., Błaś M., Polkowska Ż., Cichała-Kamrowska K., Wałaszek K., 2015, Dew and hoarfrost frequency, formation efficiency and chemistry in Wrocław, Poland, *Atmospheric Research*, 151, 120-129, DOI: 10.1016/j.atmosres.2014.05.006
- Garnier B. J., 1996, *Podstawy klimatologii*, IMGW, Warszawa, 209 s.
- Gierczak J., Krzaczkowski P., Miszuk B., Otop I., 2011, 130 lat obserwacji meteorologicznych na Śnieżce, *IMGW-PIB*, Warszawa, 54 s.
- Głowicki B., 1998, Wieloletnia seria pomiarów temperatury powietrza na Śnieżce, *Geoekologiczne Problemy Karkonoszy*, 1, Acarus, Poznań, 117-123
- Głowicki B., 2003, Symptoms of contemporary warming in the 100-year series of temperature measurements on the Śnieżka Mountains, *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 2542, *Studia Geograficzne*, 75 (25), 142-150
- Głowicki B., 2008, Ekstremalne zjawiska termiczne w Sudetach w okresie współczesnych zmian klimatu, *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*, 8, 29-40
- Głowicki B., Krassowski R., 1980, Osobliwości klimatu Zielonej Góry i okolic, [w:] *Materiały z Sesji Naukowej z okazji 100-lecia Obserwacji Meteorologicznych w Zielonej Górze*, IMGW, Warszawa, 28-39
- Głowicki B., Otop I., Urban G., Tomczyński K., 2005, *Klimat*, [w:] *Opracowanie ekofizjograficzne dla województwa dolnośląskiego*, J. Błachowski, E. Markowicz-Judycka, D. Zięba (red.), *Wojewódzkie Biuro Urbanistyczne we Wrocławiu*, Wrocław, 53-61
- Heino R., Brázdil R., Førland E., Tuomenvirta H., Alexandersson H., Beniston M., Pfister C., Rebetez M., Rosenhagen G., Rösner S., Wibig J., 1999, Progress in the study of climatic extremes in Northern and Central Europe, *Climatic Change*, 42 (1), 151-181, DOI: 10.1007/978-94-015-9265-9\_11

- Huculak W., Makowiec M., 1977, Wyznaczanie meteorologicznego okresu wegetacyjnego na podstawie jednorocznych materiałów obserwacyjnych, *Zeszyty Naukowe SGGW. Leśnictwo*, 25, 65-73
- Huth R., Beck Ch., Philipp A., Demuzere M., Ustrnul Z., Cahynova M., Kysely J., Tveito O.E., 2008, Classifications of atmospheric circulation patterns – recent advances and applications, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1146, 105-152, DOI: 10.1196/annals.1446.019
- IMGW, 2008, Zarządzenie nr 25/2008 Dyrektora IMGW z dnia 1 sierpnia 2008 r. w sprawie wykorzystania danych z czujników automatycznych na stacjach hydrologicznych i meteorologicznych, IMGW, Warszawa
- IMGW, 2013, Pismo okólne nr 8/2013 Zastępcy Dyrektora ds. Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej Głównego Synoptyka Meteorologicznego z dnia 25 listopada 2013 r. w sprawie optymalizacji i racjonalizacji wykorzystania poszczególnych przyrządów meteorologicznych na Sieci stacji meteorologicznych PSHM, IMGW-PIB
- IMGW, 2015, Zarządzenie nr 11/2015 Dyrektora IMGW-PIB z dnia 26 lutego 2015 r. w sprawie obserwacji fenologicznych, IMGW-PIB, Warszawa
- IMGW, 2016, Pismo okólne nr 11/2016 Dyrektora IMGW-PIB z dnia 22 września 2016 r. w sprawie racjonalizacji wykorzystania poszczególnych przyrządów meteorologicznych na Sieci stacji meteorologicznych PSHM oraz zapewnienia możliwości realizacji pomiarów w przypadku awarii sprzętu podstawowego, IMGW-PIB, Warszawa
- IPCC, 2007, *Climate Change 2007 – The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, USA, 996 s.
- IPCC, 2013, *Climate Change 2013 – The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the IPCC*, Cambridge University Press, Cambridge, UK; New York, USA, 1535 s.
- Janiszewski F., 1988, *Instrukcja dla stacji meteorologicznych*, Wydawnictwa Geologiczne, Warszawa, 264 s.
- Kaas E., Frich P., 1995, Diurnal temperature range and cloud cover in the Nordic countries: observed trends and estimates for the future, *Atmospheric Research*, 37 (1-3), 211-228, DOI: 10.1016/0169-8095(94)00078-r
- Kaczorowska Z., 1962, Opady w Polsce w przekroju wieloletnim, *Przegląd Geograficzny*, 33, 102 s.
- Kasprowicz T., 2010, Prawidłowości przestrzenne występowania pokrywy śnieżnej Polsce i próba ich regionalizacji, [w:] *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Warunki termiczne i opadowe*, E. Bednorz (red.), *Seria Studia i Prace z Geografii i Geologii*, 15, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 181-198
- Każmierczak B., Kotowski A., Wdowikowski M., 2014, Analiza tendencji rocznych i sezonowych zmian wysokości opadów atmosferycznych w dorzeczu Górnej Odry, *Ochrona Środowiska*, 36 (3), 49-54
- Kijowska M., 2010, Charakterystyka okresu wegetacyjnego w Szymbarku w latach 1968-2009, *Rocznik Świętokrzyski. Seria B – Nauki Przyrodnicze*, 31, 29-43
- Kitsara G., Papaioannou G., Papathanasiou A., Retalis A., 2012, Dimming/brightening in Athens: trends in sunshine duration, cloud cover and reference evapotranspiration, *Water Resources Management*, 27 (6), 1623-1633, DOI: 10.1007/s11269-012-0229-4
- Kłysiak K., Fortuniak K., 1995, Skrajne wartości temperatury powietrza w Łodzi w okresie 1951-1990, [w:] *Klimat i bioklimat miast*, K. Kłysiak (red.), Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 117-127

- Kosiba A., 1958, O konieczności ujednoczenia skali międzynarodowej podstawowych kryteriów termicznych w klimatologii, *Przegląd Geofizyczny*, 3 (1), 27-31
- Kossowska-Cezak U., Martyn D., Olszewski K., Kopacz-Lembowicz M., 2000, *Meteorologia i klimatologia. Pomiary, obserwacje, opracowania*, PWN, Warszawa-Łódź, 259 s.
- Kowanetz L., 2007, Stosunki anemologiczne, [w:] *Klimat Krakowa w XX wieku*, D. Matuszko (red.), IGiGP, UJ, Kraków, 149-167
- Koźmiński Cz., Michalska B. (red.), 2001, *Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce*, Wydawnictwo Akademii Rolniczej i Uniwersytetu Szczecińskiego, Szczecin, 81 s.
- Koźuchowski K., 1998, *Atmosfera, klimat, ekoklimat*, PWN, Warszawa, 244 s.
- Koźuchowski K., 2004, Zmienność opadów atmosferycznych w Polsce w XX i XXI wieku, [w:] *Skala, uwarunkowania i perspektywy współczesnych zmian klimatycznych w Polsce*, K. Koźuchowski (red.), Wydawnictwo Biblioteka, Łódź, 47-58
- Koźuchowski K., Żmudka E., 2001, Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku, *Przegląd Geofizyczny*, 46 (1-2), 81-122
- Koźuchowski K., Żmudka E., 2003, 100-year series of a really averaged temperatures and precipitation totals in Poland, *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 2542, *Studia Geograficzne*, 75, 116-122
- Krassowski R., 1980, Historia obserwacji meteorologicznych w Zielonej Górze, [w:] *Materiały z Sesji Naukowej z Okazji 100-lecia Obserwacji Meteorologicznych w Zielonej Górze*, IMGW, Warszawa, 10-27
- Krassowski R., 2003, 125 lat obserwacji meteorologicznych w Zielonej Górze, *Studia Zielonogórskie*, Tom IX, A. Tomaszewski (red.), Muzeum Ziemi Lubuskiej, Towarzystwo Przyjaciół Muzeum Ziemi Lubuskiej w Zielonej Górze, Zielona Góra, 133-160
- Kuczmański M., 1990, Uśłonecznienie Polski i jego przydatność dla helioterapii, *Dokumentacja Geograficzna*, IGiPZ PAN, 4, 67 s.
- Liebersbach J., 1980, Intensity of atmospheric deposition on Mount Szrenica in the Karkonosze range, *Acta Universitatis Wratislaviensis*, 357, 87 s.
- Lityński J., 1969, Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski, *Prace Państwowego Instytutu Hydrologiczno-Meteorologicznego*, 97, 3-15
- Limanówka D., Cebulak E., Mizerska M., Karzyński M., Kilar P., Pyrc R., 2011, 100 lat Stacji Hydrologiczno-Meteorologicznej w Zakopanem, IMGW-PIB, Kraków, 50 s.
- Limanówka D., Biernacik D., Czernecki B., Farat R., Filipiak J., Kasprowicz T., Pyrc R., Urban G., Wójcik R., 2012, Zmiany i zmienność klimatu od połowy XX w., [w:] *Wpływ klimatu na środowisko, gospodarkę i społeczeństwo – zmiany, skutki i sposoby ich ograniczenia, wnioski dla nauki, praktyki inżynierskiej i planowania gospodarczego. Tom 1: Warunki klimatyczne i oceanograficzne w Polsce i na Bałtyku Południowym*, J. Wibig, E. Jakusik (red.), IMGW-PIB, Warszawa, 7-33
- Loginov V., Mikutskii V., Kuznetsov G., 2007, Statistical and probability analysis of frost in Belarus, *Russian Meteorology and Hydrology*, 32 (10), 651-657
- Lorenc H., 2000, Studia nad 220-letnią (1779-1998) serią temperatury powietrza w Warszawie oraz ocena jej wiekowych tendencji, *Prace Badawcze IMGW: Meteorologia*, 31, 59-86
- Lorenc H., Bogdańska B., Dołęga E., Kowalewski M., Laskowska A., Witaszczyk M., Skibowska E., 2005, *Atlas klimatu Polski*, IMGW, Warszawa, 116 s.

- Lorenc H., Laskowska A., Jabłońska K., 2015, Przewodnik Fenologiczny, Załącznik nr 2 do Zarządzenia nr 11 Dyrektora IMGW-PIB z dn. 26.02.2015 r., IMGW-PIB, Warszawa, 21 s.
- Mager P., Kopeć M., 2010, Okres wegetacyjny w Polsce i w Europie w dobie obserwowanego ocieplenia, [w:] Klimat Polski na tle klimatu Europy. Zmiany i ich konsekwencje, E. Bednorz, L. Kolendowicz (red.), Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 49-63
- Maj S., 2015, 75-lecie Wysokogórskiego Obserwatorium Meteorologicznego na Kasprowym Wierchu w polskich Tatrach (pierwsze lata), *Przegląd Geofizyczny*, 60 (1-2), 77-85
- Makowiec M., 1983, Wyznaczanie termicznych pór roku, *Przegląd Geofizyczny*, 28 (2), 209-220
- Matuszko D., 2003, Cloudiness changes in Cracow in the 20th century, *International Journal of Climatology*, 23 (8), 975-984, DOI: 10.1002/joc.887
- Matuszko D., 2007, Zachmurzenie, [w:] Klimat Krakowa w XX wieku, D. Matuszko (red.), IGI GP, UJ, Kraków, 75-86
- Matuszko D., 2012, Influence of cloudiness on sunshine duration, *International Journal of Climatology*, 32, 1527-1536, DOI: 10.1002/joc.2370
- Matuszko D., 2014, Long-term variability in solar radiation in Krakow based on measurements of sunshine duration, *International Journal of Climatology*, 34 (1), 228-234, DOI: 10.1002/joc.3681
- Matuszko D., 2016, Usłonecznienie w miastach na podstawie wybranych stacji w Europie, *Acta Geographica Lodziensia*, 104, 45-56
- Matuszko D., Piotrowicz K., 2018, Związek usłonecznienia i temperatury powietrza na podstawie wieloletniej serii klimatologicznej w Krakowie (1884-2016), *Przegląd Geofizyczny*, 63 (1-2), 15-29
- Matuszko D., Węglarczyk S., 2014, Effect of cloudiness on long-term variability in air temperature in Krakow, *International Journal of Climatology*, 34 (1), 145-154, DOI: 10.1002/joc.3672
- Merecki M., 1915, Klimatologia ziem Polskich, Księgarnia Geberthera i Wolfa, Warszawa, 313 s.
- Miętus M., Chwalczewska W., Wielbińska D., 1999, Historia obserwacji meteorologicznych w okresie do roku 1945 na stacji w Zielonej Górze, *Wiadomości Meteorologii Hydrologii Gospodarki Wodnej*, 2, 115-118
- Migała K., Urban G., Tomczyński K., 2016, Long-term air temperature variation in the Karkonosze mountains according to atmospheric circulation, *Theoretical and Applied Climatology*, 125, 337-351, DOI: 10.1007/s00704-015-1468-0
- Moberg A., Jones P.D., Lister D., Klein Tank A.M.G., 2006, Indices for daily temperature and precipitation extremes in Europe analyzed for the period 1901-2000, *Journal of Geophysical Research – Atmospheres*, 111 (D22), DOI: 10.1029/2006JD007103
- New M., Todd M., Hulme M., Jones P., 2001, Precipitation measurement and trends in the twentieth century, *International Journal of Climatology*, 21 (15), 1899-1922, DOI: 10.1002/joc.680
- Niedźwiedz T. (red.), 2003, Słownik meteorologiczny, Polskie Towarzystwo Geofizyczne, IMGW, Warszawa, 495 s.
- Niedźwiedz T., Limanówka D., 1992, Termiczne pory roku w Polsce, *Zeszyty Naukowe UJ, MXLII, Prace Geograficzne*, 90 s.
- Nieróbca A., Kozyra J., Mizak K., Wróblewska E., 2013, Zmiana długości okresu wegetacyjnego w Polsce, *Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie*, 13 (2), 81-94

- Norris J.R., Wild M., 2007, Trends in aerosol radiative effects over Europe inferred from observed cloud cover solar “dimming” and solar “brightening”, *Journal of Geophysical Research – Atmospheres*, 112 (D8), DOI: 10.1029/2006JD007794
- Obrębska-Starkłowa B., Bednarz Z., Niedźwiedz T., Trepieńska J., 1994, Klimat Karpat w okresie globalnego ocieplenia i prognozowane zmiany gospodarcze, *Problemy Zagospodarowania Ziemi Górskich*, 37, 13-38
- Oke T.R., 1987, *Boundary Layer Climates*, Routledge, Londyn, New York, 435 s.
- Ostrowski J., Czarnecka H., Głowacka B., Krupa-Marchlewska J., Zaniewska M., Sasim M., Moskwiński T., Dobrowolski A., 2012, Nagłe powodzie lokalne (flash flood) w Polsce i skala ich zagrożeń, [w:] *Klęski żywiołowe a bezpieczeństwo wewnętrzne kraju*, H. Lorenc (red.), IMGW-PIB, Warszawa, 123-149
- Osuchowska-Klein B., 1992, Związek między temperaturą a cyrkulacją atmosferyczną, *Materiały Badawcze IMGW. Seria: Meteorologia*, 17, 156 s.
- Parczewski W., 1961, Nowa klasyfikacja przedziałów prędkości wiatru dla opracowań klimatycznych i bioklimatycznych, *Wiadomości Uzdrawiskowe*, 1-2, 111-115
- Parczewski W., 1962, Układy ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza w Polsce Środkowej, *Przegląd Geofizyczny*, 15 (2), 95-105
- Parczewski W., 1964, Fronty atmosferyczne nad Polską, *Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej*, 7, 59 s.
- Paszyński J., Niedźwiedz T., 1999, Klimat, [w:] *Geografia Polski – środowisko przyrodnicze*, L. Starkel (red.), PWN, Warszawa, 288-343
- Podstawczyńska A., 2010, Temperatura powietrza i opady atmosferyczne w regionie łódzkim w ostatnim stuleciu, [w:] *Torfowisko Żabieniec: warunki naturalne, rozwój i zapis zmian paleoekologicznych w jego osadach*, J. Twardy, S. Żurek, J. Foryś (red.), Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 63-73
- Pruchnicki J., 1987, *Metody opracowań klimatologicznych*, PWN, Warszawa, 203 s.
- Pyka J.L., 1998, Temperatura powietrza we Wrocławiu w latach 1881-1995, *Acta Universitatis Wratislaviensis 2022, Prace Instytutu Geograficznego, Seria C: Meteorologia i Klimatologia*, 5, 25-40
- Romer E., 1949, Regiony klimatyczne Polski, *Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego. Seria B*, 16, 27 s.
- Róźdzynski K., Derek P., Górka A., Grzelak-Agaciak E., Jurczak K., Kamińska M., Kieloch B., Lech H., Letachowicz J., Ragin G., Stepko W., Suhecki St., Trzebunia J., Woźniak Ł., 2014, *Instrukcja dla stacji meteorologicznych*, IMGW-PIB, Warszawa, 389 s.
- Sanchez-Lorenzo A., Calbó J., Martin-Vide J., 2008, Spatial and temporal trends in sunshine duration over Western Europe (1938-2004), *Journal of Climate*, 21 (22), 6089-6098, DOI: 10.1175/2008JCLI2442.1
- Schmucki E., Marty C., Fierz C., Weingartner R., Lehning M., 2015, Impact of climate change in Switzerland on socioeconomic snow indices, *Theoretical and Applied Climatology*, 127 (3-4), 875-889, DOI: 10.1007/s00704-015-1676-7
- Sikora S., 2008, *Bioklimat Wrocławia, Rozprawy Naukowe Instytutu Geografii i Rozwoju Regionalnego Uniwersytetu Wrocławskiego*, 5, Wrocławska Drukarnia Naukowa PAN, Wrocław, 169 s.
- Skowera B., Kopec B., 2008, Okresy termiczne w Polsce południowo-wschodniej (1971-2000), *Acta Agrophysica*, 12 (2), 517-526

- Słomska A., Dancewicz A., Janiuk D., 2005, Warunki klimatyczne i pogodowe Zielonej Góry, [w:] Stan środowiska w Zielonej Górze w 2004 roku, Z. Lewicki (red.), Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska w Zielonej Górze, Urząd Miasta Zielona Góra, Biblioteka Monitoringu Środowiska, Zielona Góra, 11-16
- Sobik M., Błaś M., 2010, Wyjątkowe zdarzenia meteorologiczne, [w:] Wyjątkowe zdarzenia przyrodnicze na Dolnym Śląsku i ich skutki, P. Migoń (red.), Rozprawy Naukowe IGiRR Uniwersytet Wrocławski, Wrocław, 14, 35-80
- Sobik M., Błaś M., Migała K., Godek M., Nasiółkowski T., 2014, Klimat, [w:] Przyroda Karkonoskiego Parku Narodowego, R. Knapik, A. Raj (red.), Jelenia Góra, 147-186
- Stenz E., 1938, Obserwatorium Meteorologiczne na Kasprowym Wierchu, Biuletyn Towarzystwa Geofizycznego w Warszawie, 15, 32-45
- Sun B., Groisman P.Y., 2000, Cloudiness variations over the former Soviet Union, *International Journal of Climatology*, 20 (10), 1097-1111, DOI: 10.1002/1097-0088(200008)20:10<1097::AID-JOC541>3.0.CO;2-5
- Sun B., Groisman P.Y., Mikhov I.I., 2001, Recent changes in cloud-type frequency and inferred increases in convection over the United States and the former USSR, *Journal of Climate*, 14, 1864-1880, DOI: 10.1175/1520-0442(2001)014<1864:RCICTF>2.0.CO;2
- Szwed M., 2019, Variability of precipitation in Poland under climate change, *Theoretical and Applied Climatology*, 135 (3-4), 1003-1015, DOI: 10.1007/s00704-018-2408-6
- Tomczyk A.M., 2015, Przymrozki wiosenne i jesienne oraz okres bezprzymrozkowy na Nizinie Wielkopolskiej w latach 1981-2010, *Współczesne Problemy i Kierunki Badawcze w Geografii*, 3, 245-256
- Tomczyk A. M., Kendziński S., Kugiejko M., Pilgaj N., 2019, Thermal conditions in the summer season on the Polish coast of the Baltic Sea in 1966-2015, *IDÓJÁRÁS*, 123 (1), 57-72, DOI: 10.28974/idojaras.2019.1.4
- Tomczyk A. M., Szyga-Pluta K., 2016, Okres wegetacyjny w Polsce w latach 1971-2010, *Przegląd Geograficzny*, 88 (1), 76-86
- Trepińska J., 1988, Wieloletni przebieg ciśnienia i temperatury powietrza w Krakowie na tle ich zmienności w Europie, *Rozprawy Habilitacyjne UJ*, Kraków, 140 s.
- Trepińska J., 1997, Wieloletni przebieg średnich miesięcznych wartości ciśnienia powietrza w Krakowie, 1792-1995, [w:] *Wahania klimatu w Krakowie 1792-1995*, J. Trepińska (red.), IG UJ, Kraków, 131-161
- Trepińska J., 2007, Ciśnienie atmosferyczne, [w:] *Klimat Krakowa w XX wieku*, D. Matuszko (red.), IGiGP, UJ, Kraków, 41-54
- Trepińska J., Kowanetz L., 1997, Wieloletni przebieg średnich miesięcznych wartości temperatury powietrza w Krakowie (1792-1995), [w:] *Wahania klimatu w Krakowie (1792-1995)*, J. Trepińska (red.), Instytut Geografii UJ, Kraków, 99-130
- Trepińska J., Kowanetz L., 2000, Dependence of wind direction and speed on the orography in the western part of the Beskidy Mountains, *Prace Geograficzne*, 105, 165-182
- Twardosz R., 2000, Opady normalne i anomalne w Krakowie w latach 1850-1998, *Przegląd Geofizyczny*, 45 (2), 171-182
- Twardosz R., 2007, Opady atmosferyczne, [w:] *Klimat Krakowa w XX wieku*, D. Matuszko (red.), IGiGP, UJ, Kraków, 127-138

- Twardosz R., Niedźwiedz T., Łupikasza E., 2011, The influence of atmospheric circulation on the type of precipitation (Krakow, southern Poland), *Theoretical and Applied Climatology*, 104 (1-2), 233-250, DOI: 10.1007/s00704-010-0340-5
- Urban G., 2006, Okresy bezopadowe na Dolnym Śląsku w latach 1971-2000, [w:] *Funkcjonowanie i monitoring geoeosystemów Polski w warunkach narastającej antropopresji*, L. Krzysztofiak (red.), Biblioteka Monitoringu Środowiska, 193-204
- Urban G., 2015, Zaleganie pokrywy śnieżnej i jego zmienność w polskiej części Sudetów i na ich przedpolu, *Przegląd Geograficzny*, 87 (3), 497-516, DOI: 10.7163/PrzG.2015.3.5
- Urban G., 2016, Snow cover and its variability in the Polish Sudetes Mts. and the Sudetic Foreland, *Geografie*, 121 (1), 32-53
- Urban G., Gil W., Zachara T., 2011, Szkody wyrządzone przez gołedź i śnieg na przykładzie Nadleśnictwa Herby, na tle panujących warunków pogodowych w styczniu 2010 roku, *Leśne Prace Badawcze*, 72 (3), 289-295
- Urban G., Migąła K., Pawliczek P., 2018a, Sunshine duration and its variability in the main ridge of the Karkonosze Mountains in relation to with atmospheric circulation, *Theoretical and Applied Climatology*, 131 (3-4), 1173-1189, DOI: 10.1007/s00704-017-2035-7
- Urban G., Richterová D., Kliegrová S., Zusková I., 2019, Durability of snow cover and its long-term variability in the Western Sudetes Mountains, *Theoretical and Applied Climatology*, 137 (3-4), 2681-2695, DOI: 10.1007/s00704-019-02770-7
- Urban G., Richterová D., Kliegrová S., Zusková I., Pawliczek P., 2018b, Winter severity and snowiness and their multiannual variability in the Karkonosze Mountains and Jizera Mountains, *Theoretical and Applied Climatology*, 134 (1-2), 221-240, DOI: 10.1007/s00704-017-2270-y
- Urban G., Tomczyński K., 2017, Air temperature trends at Mount Śnieżka (Polish Sudetes) and solar activity, 1881-2012, *Acta Geographica Slovenica*, 57 (2), 33-44, DOI: 10.3986/AGS.837
- Ustrnul Z., 2000, Synoptic-climatic structure of the extreme air thermal phenomena in Poland, *Geographia Polonica*, 73 (2), 99-109
- Ustrnul Z., 2007, Warunki cyrkulacyjne, [w:] *Klimat Krakowa w XX wieku*, D. Matuszko (red.), IGI&P UJ, Kraków, 21-40
- Ustrnul Z., Czekierda, 2009, Atlas ekstremalnych zjawisk meteorologicznych oraz sytuacji synoptycznych w Polsce, IMGW, Warszawa, 182 s.
- Ustrnul Z., Wypych A., 2011, Ekstremalne wartości temperatury powietrza w Polsce w świetle różnych klasyfikacji typów cyrkulacji, *Prace i Studia Geograficzne*, 47, 87-95
- Warren S.G., Eastman R.M., Hahn C.J., 2007, A survey of changes in cloud cover and cloud types over land from surface observations, 1971-96, *Journal of Climate*, 20 (4), 717-738, DOI: 10.1175/jcli4031.1
- Wibig J., 2004, Zachmurzenie w Łodzi w latach 1951-2000. 100 lat obserwacji meteorologicznych w Łodzi, *Acta Geographica Lodziensia*, 89, 115-129
- Wibig J., 2008, Cloudiness variations in Łódź in the second half of the 20<sup>th</sup> century, *International Journal of Climatology*, 28 (4), 479-491, DOI: 10.1002/joc.1544
- Wibig J., Głowicki B., 2002, Trends of minimum and maximum temperature in Poland, *Climate Research*, 20, 123-133, DOI: 10.3354/cr020123



- Więclaw M., 2004, Masy powietrza nad Polską i ich wpływ na typy pogody, Wydawnictwo Naukowe Akademii Bydgoskiej, Bydgoszcz, 153 s.
- Woś A., 1996, Struktura sezonowa klimatu Polski, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 146 s.
- Woś A., 1999, Klimat Polski, PWN, Warszawa, 302 s.
- Wójcik R., Miętus M., 2014, Niektóre cechy wieloletniej zmienności temperatury powietrza w Polsce (1951-2010), Przegląd Geograficzny, 86 (3), 339-364
- Wypych A., 2007, Wilgotność powietrza, [w:] Klimat Krakowa w XX wieku, D. Matuszko (red.), IGI&P, UJ, Kraków, 113-125
- Yoshino M.M., 1975, Climate in a small area, University of Tokyo Press, Tokyo, 549 s.
- Żmudzka E., 1995, Tendencje i cykle zmian temperatury powietrza w Polsce, Przegląd Geofizyczny, 40 (2), 129-139
- Żmudzka E., 2001, Termiczny okres wegetacyjny w Polsce, Geografia w Szkole, 4, 206-214
- Żmudzka E., 2002, O zmienności opadów atmosferycznych na obszarze Polski nizinnej w drugiej połowie XX wieku, Wiadomości Meteorologii Hydrologii Gospodarki Wodnej, 25 (4), 23-38

