

PRZYMROZKI I OKRES BEZPRZYMROZKOWY W LATACH 2001–2016 NA STACJI EKOLOGICZNEJ W JEZIORACH (WIELKOPOLSKI PARK NARODOWY)

KATARZYNA SZYGA-PLUTA

Zakład Klimatologii, Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych,
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza w Poznaniu,
ul. B. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

Abstract: The paper presents the characteristics of frosts occurrence at the Ecological Station in Jezioro (Wielkopolski National Park) in years 2001–2016. The frequency of occurrence of frosts in the spring and autumn, their intensity and duration of the frost-free period were analyzed. A tendency was observed to extend the frost-free period, which results primarily from the early disappearance of spring frosts. The slight frosts occurred the most often in Jezioro. The most severe frosts occurred occasionally due to the specific location of the station on the forest clearing.

Keywords: spring frost, autumn frost, frost-free period, Jezioro, Wielkopolski National Park

WSTĘP

Przymrozki są zjawiskiem naturalnym występującym najczęściej w okresach przejściowych pór roku, gdy przy temperaturze maksymalnej wyższej od 0°C temperatura minimalna spadnie poniżej 0°C. Istnieje kilka podziałów przymrozków. Można je rozróżnić np. ze względu na porę występowania (wiosenne, jesienne), przyczynę (adwekcyjne, radiacyjne, adwekcyjno-radiacyjne) lub wysokość występowania (przygruntowe, wysokie) oraz ich intensywność. Ich pojawianie się może powodować szkody w uprawach rolnych lub stwarzać niebezpieczeństwo na drogach. W Polsce mogą występować wszystkie rodzaje przymrozków, ale najczęściej mają one charakter adwekcyjno-radiacyjny, a jest to spowodowane m.in. napływem masy zimnego powietrza arktycznego w sezonie zimowym (Wieteska 2011).

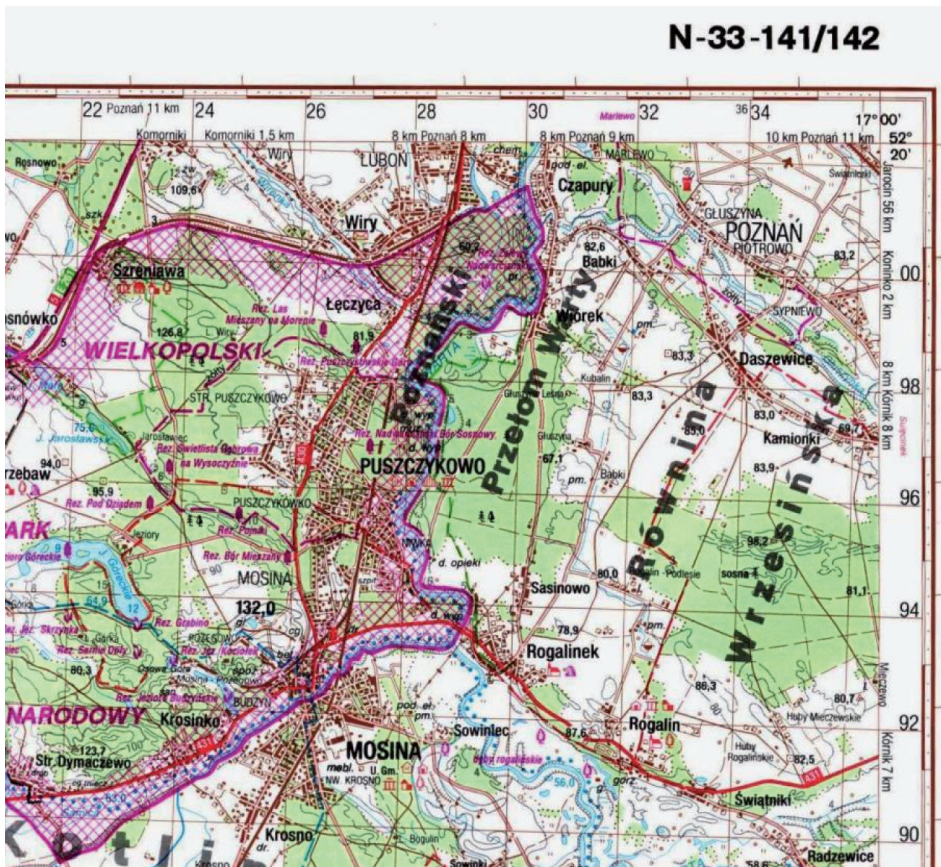
Zróznicowanie przestrzenne występowania dat ostatnich wiosennych i pierwszych jesiennych przymrozków oraz długość okresu bezprzymrozkowego w znaczącym stopniu zależą od warunków lokalnych (Kozłowski i Trzeciak 1971), ale i od warunków pogodowych panujących w danym roku i mogą podlegać dużym zmianom w poszczególnych latach. Znaczenie ma też tendencja zmiany temperatury w poszczególnych sezonach roku. Fortuniak, Kożuchowski i Żmudzka (2001) oraz Kożuchowski i Żmudzka (2001) wykazali, że

najsilniejsze ocieplenie w Polsce w drugiej połowie XX w. nastąpiło w okresie zimy, a zwłaszcza w lutym i marcu. Podobne wyniki uzyskała Michalska (2011), która stwierdziła, że najbardziej znaczący wzrost temperatury powietrza miał miejsce w lutym, a także w marcu, maju i sierpniu. Wzrost temperatury powietrza powoduje przedłużenie sezonu wegetacyjnego, co ma wpływ na modyfikację faz fenologicznych poszczególnych roślin (Menzel i Fabian 1999; Chmielewski i Rötzer 2001; Chmielewski, Muller, Bruns 2004). Wzrost roślin jest szczególnie zależny od zmian temperatury w zimie i wczesną wiosną, które mają wpływ na okres spoczynku i okresy wzrostu organizmów roślinnych (Chmielewski, Muller, Bruns 2004). Możliwość wystąpienia późnych wiosennych przymrozków wraz z coraz częstszymi łagodnymi zimami stanowi wyzwanie nawet w przypadku roślin odpornych na mróz (Burroughs 2002). Specyfika zbiorowisk leśnych powoduje m.in. zróżnicowanie pionowe warunków termicznych panujących w tym środowisku, kształtowanych przez powierzchnie czynne na różnych poziomach (Ożga 2002; Wilczyński i Durło 2003; Kolendowicz i Bednorz 2010). Na kształtowanie się odmiennej temperatury powietrza w poszczególnych zbiorowiskach leśnych ma wpływ zwartość korony drzew (Pietras 2008). Warunki termiczne wewnątrz lasu są znacznie złagodzone, co nie tylko ogranicza częstość przymrozków pod okapem drzew w porównaniu z terenem otwartym, ale i zmniejsza ich intensywność (Ożga 2002).

Przedmiotem artykułu jest charakterystyka występowania przymrozków w latach 2001–2016 na Stacji Ekologicznej UAM w Jeziorach w Wielkopolskim Parku Narodowym. Warunki termiczne na stacji w Jeziorach, położonej na polanie śródleśnej, były rozpatrywane we wcześniejszych publikacjach (Szyga-Pluta i Półrolniczak 2013; Szyga-Pluta i Przebieracz 2016). Celem pracy jest określenie częstości pojawiania się przymrozków wysokich, wyznaczenie daty wystąpienia ostatniego z nich w okresie wiosennym i pierwszego w okresie jesiennym, określenie ich intensywności oraz długości okresu bezprzymrozkowego. Dodatkowo scharakteryzowano sytuacje synoptyczne w czasie występowania majowych przymrozków w latach 2007 i 2011.

OBSZAR, MATERIAŁY ŹRÓDŁOWE I METODY BADAŃ

Jeziory leżą na Pojezierzu Wielkopolskim w odległości około 20 km od Poznania. W niniejszej pracy wykorzystano dane pochodzące ze Stacji Ekologicznej w Jeziorach (φ 52°15'58"N, λ 16°48'5"E, Hs 82 m n.p.m.), która jest jednostką badawczą i dydaktyczną Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu, położoną na terenie Wielkopolskiego Parku Narodowego nad wschodnim brzegiem Jeziora Góreckiego (ryc. 1). Wielkopolski Park Narodowy jest dla mieszkańców Poznania i okolic obszarem ruchu turystycznego i wypoczynku. Teren WPN można zaliczyć do łagodniejszej formy bioklimatu nizinno-leśnego,



Ryc. 1. Położenie Stacji Ekologicznej UAM w Jeziorach (Mapa topograficzna Polski w skali 1 : 100 000)

Fig. 1. Location of the UAM Ecological Station in Jeziora

co wynika z wpływu rozległych zespołów leśnych na warunki klimatyczne i bioklimatyczne.

Ogródek meteorologiczny, zlokalizowany na płaskiej, trawiastej polanie śródleśnej w pobliżu stacji, jest otoczony lasem z takimi gatunkami drzew, jak sosna zwyczajna, dąb szypułkowy i grab pospolity. Otoczenie stacji determinuje dopływ promieniowania słonecznego do miejsca pomiarów. Temperatura powietrza na 2 m nad poziomem gruntu jest mierzona na stacji przy użyciu czujnika VAISALA HMP45D od listopada 2000 r. Pomiary polegają na próbkowaniu wartości fizycznych atmosfery w odstępach dwusekundowych i generowaniu wyników w postaci wartości średnich arytmetycznych oraz ekstremalnych w dziesięciominutowych odcinkach czasowych.

Do niniejszego opracowania wykorzystano temperaturę średnią dobową oraz pomiary temperatury maksymalnej i minimalnej powietrza z okresu od marca do

listopada w latach 2001–2016. Za dzień przymrozkowy przyjęto dzień, w którym temperatura minimalna T_{\min} jest niższa od 0°C , a maksymalna T_{\max} jest wyższa od 0°C (Kossowska-Cezak 2003). W opracowaniu obliczono liczbę dni z przymrozkiem w okresie od marca do listopada, określono daty ostatniego przymrozku wiosennego i pierwszego przymrozku jesiennego w kolejnych latach badanego okresu oraz długość okresu bezprzymrozkowego. Na podstawie wartości temperatury minimalnej podzielono przymrozki ze względu na ich intensywność: łagodny (od $-0,1^{\circ}\text{C}$ do $-2,0^{\circ}\text{C}$), umiarkowany (od $-2,1^{\circ}\text{C}$ do $-4,0^{\circ}\text{C}$), silny (od $-4,1^{\circ}\text{C}$ do $-6,0^{\circ}\text{C}$) i bardzo silny ($< -6^{\circ}\text{C}$) (Dragańska, Rynkiewicz, Panfil 2004). Określono występowanie przymrozków jednodniowych i wydzielono ciągi o 2, 3, 4 i > 4 występujących po sobie dniach przymrozkowych. Okresy > 4 dni, bez względu na liczbę dni w ciągu, są traktowane jako pojedynczy przypadek (Dragańska, Rynkiewicz, Panfil 2004).

REZULTATY

Występowanie przymrozków w Jeziorach

Przymrozki w Jeziorach w latach 2001–2016 występowały średnio między 18 października a 17 kwietnia. Okres bezprzymrozkowy trwał średnio 183 dni. Ostatni wiosenny przymrozek wystąpił najwcześniej 7 kwietnia w roku 2010, a najpóźniej 5 maja 2011 r. Pierwszy przymrozek jesienny odnotowano najwcześniej 3 października w 2013 r., a najpóźniej 10 listopada 2001 r. Zakres zmienności daty ostatniego przymrozku wynosi 28 dni, a pierwszego 38 dni. Najdłuższy okres bez przymrozków wystąpił w roku 2001 i trwał 208 dni. W roku 2011 był on najkrótszy – 162 dni. Potencjalny okres bezprzymrozkowy (okres od daty najwcześniejszego zaniku przymrozków wiosną a najpóźniejszego pojawienia się ich jesienią) w Jeziorach wynosił 218 dni: od 7 kwietnia do 10 listopada. W tak krótkim okresie pomiarowym zauważyć jednak można tendencję do wcześniejszego zaniku przymrozków na wiosnę ($0,6$ dnia/10 lat) i do coraz późniejszego pojawiania się ich jesienią ($0,2$ dnia/10 lat). Trendy te nie są istotne statystycznie.

Przymrozki od marca do listopada

W Jeziorach od marca do listopada pojawiały się średnio 22 dni z przymrozkiem. Ich liczba charakteryzowała się dużą zmiennością z roku na rok i wahała się w badanym okresie od 13 w 2010 r. do 36 w 2003 r. (tab. 2). Odchylenie standardowe liczby dni przymrozkowych wynosi $6,2$, a współczynnik zmienności 27% . Zaznacza się nieistotna statystycznie tendencja do spadku liczby dni z przymrozkiem o $0,3$ dnia/10 lat.

Tabela 1. Daty pierwszych i ostatnich przymrozków oraz długość okresu bezprzymrozkowego w Jeziorach (2001–2016)

Table 1. Dates of the last spring frost and the first autumn frost and the length of the frost-free period in Jeziora (2001–2016)

Rok Year	Ostatni przymrozek wiosenny Last spring frost	Pierwszy przymrozek jesienny First autumn frost	Długość okresu bezprzymrozkowego Length of the frost-free period
2001	15.04	10.11	208
2002	9.04	10.10	183
2003	13.04	18.10	187
2004	12.04	13.10	183
2005	24.04	19.10	171
2006	12.04	18.10	188
2007	1.05	14.10	169
2008	9.04	25.10	198
2009	20.04	16.10	178
2010	7.04	18.10	193
2011	5.05	15.10	162
2012	18.04	11.10	185
2013	10.04	3.10	175
2014	17.04	25.10	190
2015	19.04	11.10	174
2016	30.04	4.11	187
Średnia Mean	17.04	18.10	183
Odchylenie standardowe Standard Deviation	8,5	9,5	11,6
Współczynnik zmienności Variation Coefficient	7,9	3,3	6,3

W Jeziorach pojawiają się najczęściej przymrozki jednodniowe oraz ciągi najkrótsze, tj. dwudniowe (tab. 2). Najwięcej dwudniowych przymrozków wystąpiło w roku 2012 (6 razy) i 2005 (5 razy). Najdłuższe ciągi dni przymrozkowych, tj. powyżej 4 dni, odnotowano w okresie wiosennym: przeważnie w marcu, ale i w kwietniu. Najdłuższy ciąg – 8-dniowy zanotowano w Jeziorach w marcu w 2014 r. Przymrozki utrzymywały się przez 7 dni na przełomie marca i kwietnia 2005 r. Czterokrotnie wystąpiły ciągi 6-dniowe: w kwietniu 2002, w marcu 2003, w marcu 2008 i w marcu 2013 r. Ciągi 5-dniowe przymrozków pojawiły się raz w kwietniu w 2005 r. oraz 4 razy w marcu w latach: 2003, 2009, 2011 i 2015.

Tabela 2. Liczba dni z przymrozkiem oraz liczba przymrozków jednodniowych i ciągów dni przymrozkowych od marca do listopada w Jeziorach (2001–2016)

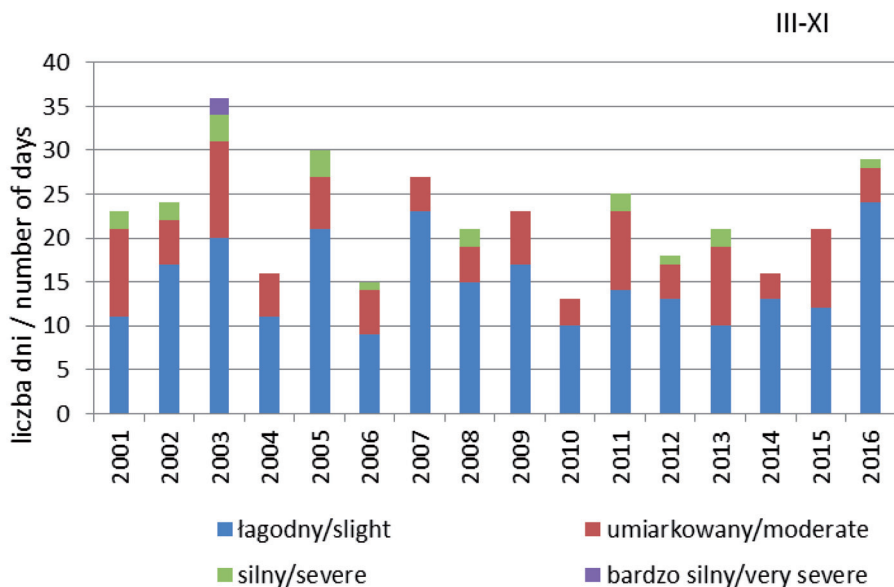
Table 2. Number of frost days, number of one day frosts and frost-days sequences in the period from March to November in Jeziory (2001–2016)

Rok Year	Liczba dni z przymrozkiem Number of frost days	Przymrozki jednodniowe One day frost	Liczba dni w ciągach Number of days in sequences			
			2	3	4	> 4
2001	23	2	4	1	0	0
2002	24	1	3	0	1	1
2003	36	3	3	3	1	2
2004	16	6	2	0	0	0
2005	30	2	2	0	4	2
2006	15	3	2	1	0	0
2007	27	5	5	0	0	0
2008	21	4	1	1	0	1
2009	23	5	2	1	0	1
2010	13	5	3	0	0	0
2011	25	3	4	0	0	1
2012	18	3	6	0	0	0
2013	21	0	2	1	0	1
2014	16	2	3	0	0	1
2015	21	1	4	0	1	1
2016	29	5	2	1	2	0

Intensywność przymrozków

Na stacji w Jeziorach w latach 2001–2016 największą frekwencją charakteryzowały się przymrozki łagodne, a przymrozki bardzo silne wystąpiły sporadycznie (ryc. 2). Liczba dni z przymrozkami łagodnymi ($T_{\min.}$ od $-0,1^{\circ}\text{C}$ do $-2,0^{\circ}\text{C}$) wynosiła średnio w Jeziorach w badanym okresie 15, co stanowiło około 67% wszystkich dni z przymrozkiem. Liczba tych dni wahała się od 9 w 2006 r. do 24 w 2016 r. Przymrozki umiarkowane ($T_{\min.}$ od $-2,1^{\circ}\text{C}$ do $-4,0^{\circ}\text{C}$) zaobserwowano średnio 6 razy w analizowanym okresie. Najrzadziej pojawiły się w latach 2010 i 2014, bo tylko 3 razy. Najwięcej dni z przymrozkiem o tej intensywności wystąpiło w 2003 r. (11 dni) i 2001 r. (10 dni). Bardzo rzadko występowały przymrozki silne ($T_{\min.}$ od $-4,1^{\circ}\text{C}$ do $-6,0^{\circ}\text{C}$), maksymalnie 3 razy w latach 2003 i 2005, lub nie pojawiały się. Sporadycznie, bo tylko 2 razy w badanym okresie, pojawiły się przymrozki bardzo silne ($T_{\min.}$ poniżej $-6,0^{\circ}\text{C}$).

Przymrozki bardzo silne wystąpiły w Jeziorach w badanym okresie 4 i 5 marca 2003 r. Było to związane z układem wysokiego ciśnienia z centrum na



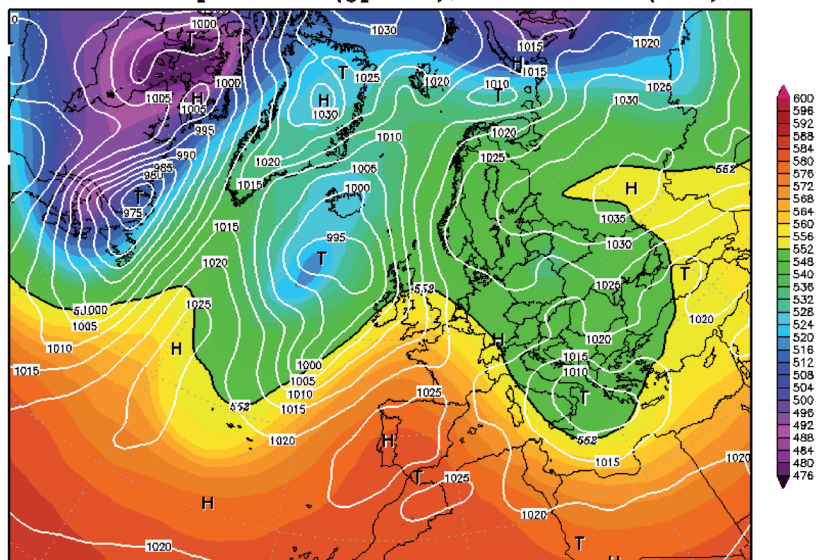
Ryc. 2. Liczba dni z przymrozkiem o różnej intensywności od marca do listopada w Jeziorach w latach 2001–2016

Fig. 2. Number of frost days of specified frost intensity in the period March–November in Jeziora in years 2001–2016

północny wschód od Polski (> 1025 hPa). Spowodowało to napływ bardzo wychłodzonej masy powietrza kontynentalnego z sektora wschodniego. Uzupełnieniem informacji o warunkach przy powierzchni ziemi jest wysokość powierzchni izobarycznej 500 hPa (ryc. 3), dzięki której można zlokalizować położenie ciepłych i chłodnych mas powietrza w układach barycznych. Wynika to z relacji temperatury i gęstości powietrza. Ponadto bardzo małe zachmurzenie lub bezchmurne niebo, charakterystyczne dla pogody wyżowej, przyczynia się do silnego wypromieniowania ciepła z podłoża w nocy. W wyniku tych czynników temperatura minimalna na 2 m n.p.gr. spadła wtedy w Jeziorach do $-8,0^{\circ}\text{C}$ (4.03) i $-7,3^{\circ}\text{C}$ (5.03).

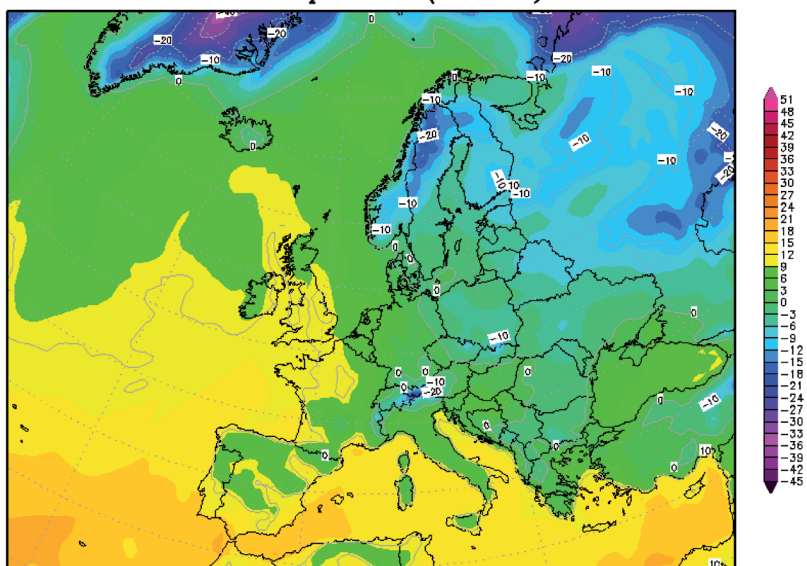
Najczęściej przymrozki występowały w Jeziorach w okresie wiosennym, a szczególnie w marcu (ryc. 4). Wtedy też występowały częściej w kolejnych latach przymrozki o większej intensywności. Mniejsza częstość dni przymrozkowych występuje w kwietniu. Pojedyncze przypadki pojawiania się przymrozków zanotowano w maju. W okresie jesiennym najbardziej intensywne przymrozki pojawiały się najczęściej w listopadzie. Regularnie w kolejnych latach, ale z mniejszą częstością, pojawiały się przymrozki łagodne i umiarkowane w październiku, a we wrześniu nie zanotowano przymrozków.

04MAR2003 00Z

500hPa Geopotential (gdam), Bodendruck (hPa)

Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

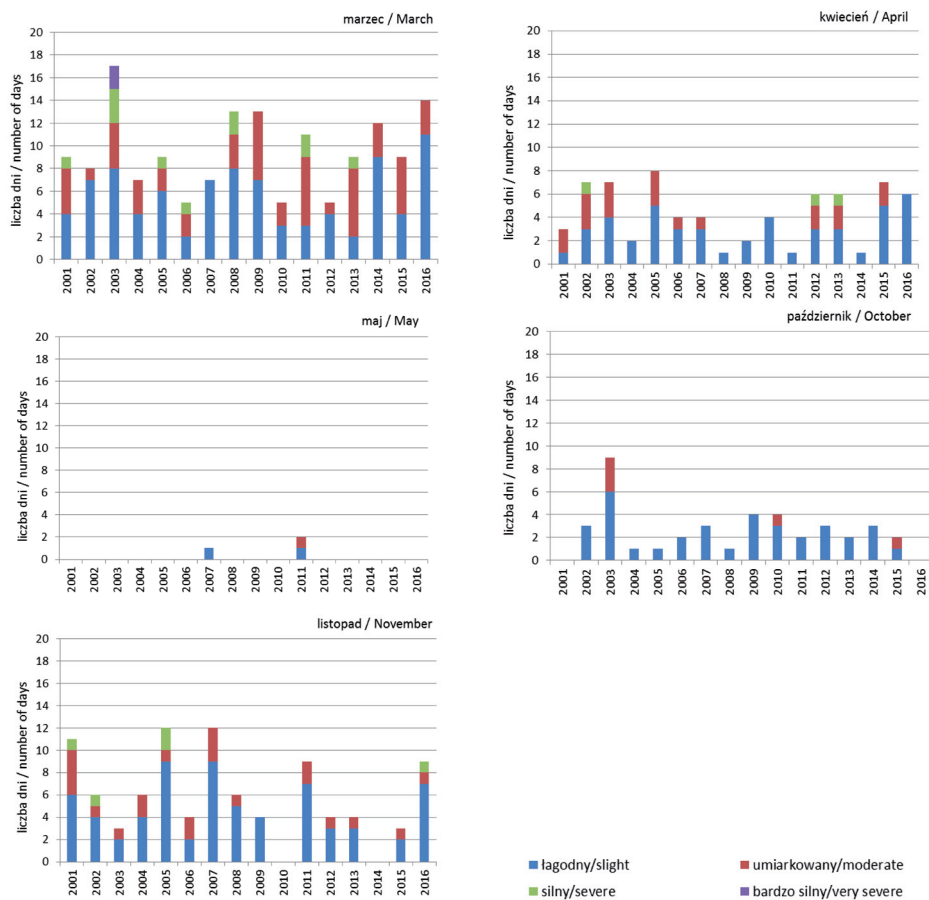
04MAR2003 19Z

2m Temperatur (Grad C)

Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

Ryc. 3. Mapa powierzchni izobarycznej 500 hPa i temperatury na 2 m; 4/5 marca 2003 r., godz. 0 UTC (<<http://www.wetterzentrale.de/reanalysis>>)

Fig. 3. Map of 500 hPa geopotential and temperature on 2 m; 4/5 March, 2003, 0 UTC



Ryc. 4. Liczba dni z przymrozkiem o różnej intensywności w poszczególnych miesiącach w Jeziorach w latach 2001–2016

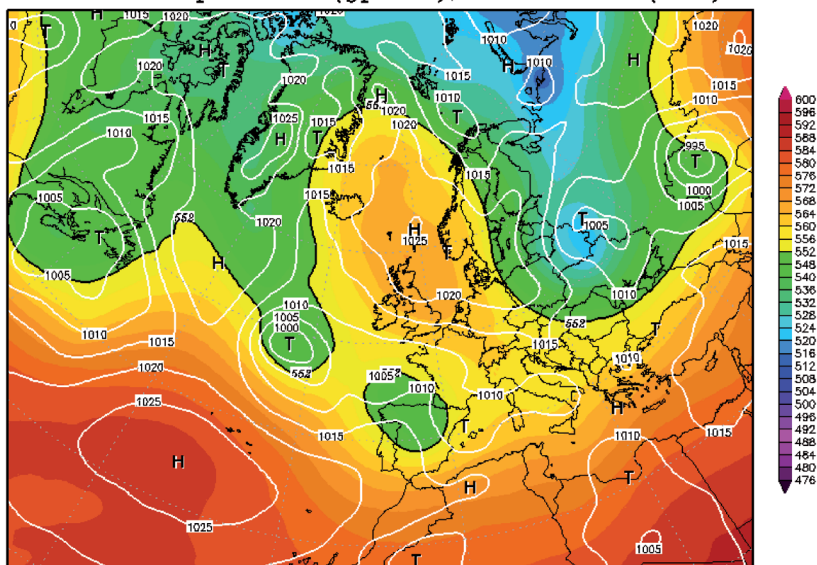
Fig. 4. Number of frost days of specified frost intensity in particular months in Jeziory in years 2001–2016

Przymrozki w maju

Najbardziej niebezpieczne, biorąc pod uwagę rozwój roślin, są przymrozki pojawiające się w maju. W badanym okresie w Jeziorach przymrozki majowe wystąpiły tylko dwukrotnie: w 2007 i 2011 r.

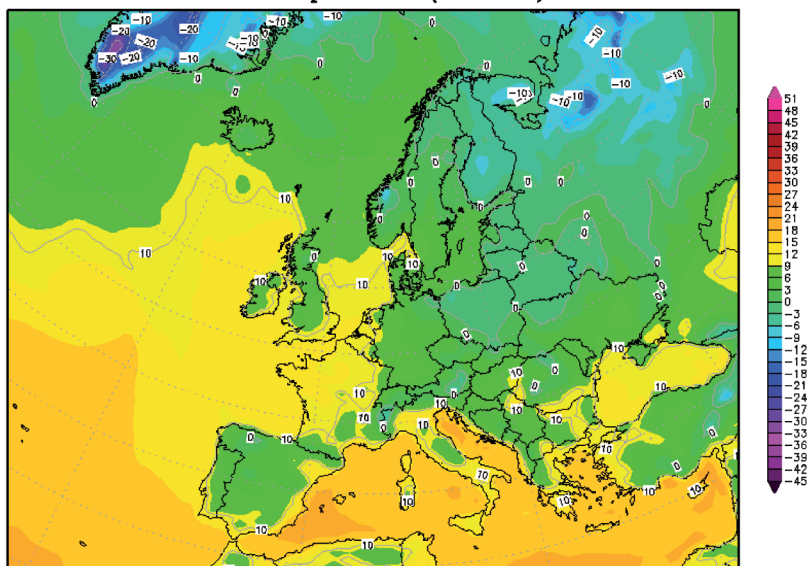
Przymrozek majowy w roku 2007 wystąpił 1 maja. Był to przymrozek łagodny. Temperatura minimalna spadła do $-1,6^{\circ}\text{C}$. Temperatura maksymalna w ostatnich dniach kwietnia osiągnęła nawet $25,9^{\circ}\text{C}$. Spadek temperatury był spowodowany napływem wychłodzonej kontynentalnej masy powietrza z północnego wschodu (ryc. 5). Nad Morzem Norweskim z jednej strony, a nad

01MAY2007 06Z

500hPa Geopotential (gpdam), Bodendruck (hPa)

Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

01MAY2007 01Z

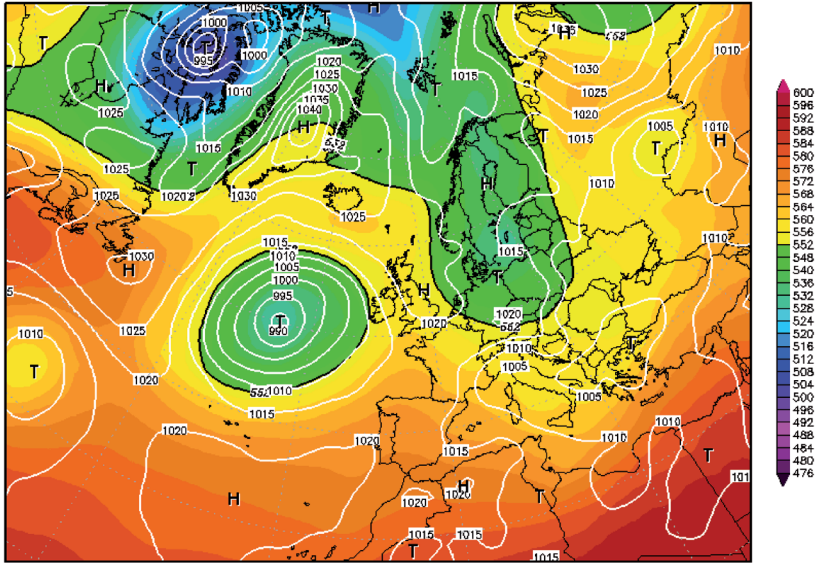
2m Temperatur (Grad C)

Daten: CFS Reanalysis
(C) Wetterzentrale
www.wetterzentrale.de

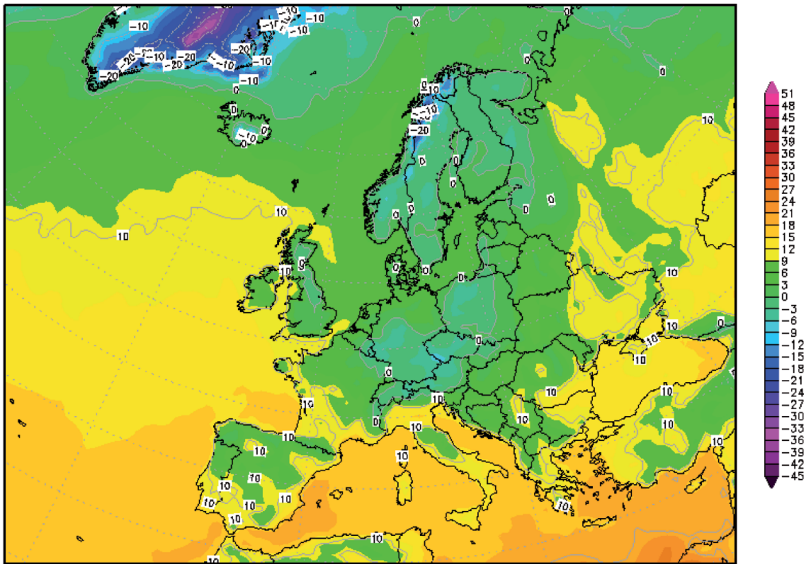
Ryc. 5. Mapa powierzchni izobarycznej 500 hPa i temperatury na 2 m; 1 maja 2007 r., godz. 6 UTC (<<http://www.wetterzentrale.de/reanalysis>>)

Fig. 5. Map of 500 hPa geopotential and temperature on 2 m; 1 May, 2007, 6 UTC

04MAY2011 00Z

500hPa Geopotential (gpdam), Bodendruck (hPa)

04MAY2011 01Z

2m Temperatur (Grad C)

Ryc. 6. Mapa powierzchni izobarycznej 500 hPa i temperatury na 2 m; 4 maja 2011 r., godz. 0 UTC (<<http://www.wetterzentrale.de/reanalysis>>)

Fig. 6. Map of 500 hPa geopotential and temperature on 2 m; 4 May, 2011, 0 UTC

Niziną Wschodnioeuropejską z drugiej zalegały układy wysokiego ciśnienia. Na obszar położony między nimi spłynęła zimna masa powietrza, powodując spadek temperatury na znacznym obszarze Europy.

W roku 2011 przymrozek majowy wystąpił 4 i 5 maja. Temperatura minimalna wynosiła odpowiednio $-2,3^{\circ}\text{C}$ (przymrozek umiarkowany) i $-1,6^{\circ}\text{C}$ (przymrozek łagodny). Wahania temperatury w okresie poprzedzającym i następującym po przymrozkach były znaczne. Wcześniej temperatura maksymalna dochodziła do $25,6^{\circ}\text{C}$, a po okresie ochłodzenia ponownie wzrosła nawet do $28,3^{\circ}\text{C}$. Tak duży spadek temperatury był spowodowany napływem arktycznego powietrza z północy (ryc. 6). Masy świeżego powietrza arktycznego napłynęły nad obszar Polski w wyniku zablokowania cyrkulacji strefowej nad środkową i północną Europą przez stabilny wyż, który utworzył się nad Morzem Norweskim. Południkowy spływ chłodnej masy powietrza był wspierany przez niżę z frontami atmosferycznymi w pasie od Ukrainy po Morze Białe.

DYSKUSJA I WNIOSKI

W latach 2001–2016 na Stacji Ekologicznej w Jeziorach zauważyć można było tendencję do coraz wcześniejszego zaniku przymrozków na wiosnę i coraz późniejszego pojawiania się ich jesienią. Podobne rezultaty uzyskano wcześniej dla różnych części Polski, np. dla Niziny Szczecińskiej (Kozmiński i Michalska 2001), północno-wschodniej Polski (Dragańska, Rynkiewicz, Panfil 2004), rejonu Bydgoszczy (Dudek, Żarski, Kuśmierk-Tomaszewska 2012) i całego obszaru Polski (Kalbarczyk 2010; Bielec-Bąkowska i Piotrowicz 2011). Bielec-Bąkowska i Piotrowicz (2011) zaobserwowały coraz wcześniejsze rozpoczęcie się okresu bezprzymrozkowego w 65% opracowywanych stacji w Polsce w latach 1951–2006 (tendencja istotna statystycznie na poziomie 0,05), jednakże w Poznaniu odnotowano tendencję nieistotną statystycznie. Autorki wskazują również na mniej znaczące opóźnienie terminu zakończenia okresu bezprzymrozkowego. Tendencję tę potwierdzają wyniki autorów rozpatrujących występowanie przymrozków w Europie Środkowej, gdzie stwierdzono przyspieszenie ostatniego przymrozkowego wiosennego o 0,2 dnia/rok (Scheifinger i in. 2003), jak również opóźnienie pierwszych przymrozków jesiennych na większości rozpatrywanych stacji od 0,2 dnia/rok do 0,5 dnia/rok (Tomczyk i Szyga-Pluta 2015). Zmiany tych terminów prowadzą do zmiany długości okresu bezprzymrozkowego. Tendencję taką można zauważyć w Jeziorach. Według Kolaśińskiego (2008) w latach o wyraźnie dłuższym okresie bezprzymrozkowym to właśnie jesienią następowało większe przesunięcie daty pierwszego przymrozkowego. Wydłużenie okresu bezprzymrozkowego to, według Bielec-Bąkowskiej i Piotrowicz (2011), wynik wyraźnego wzrostu temperatury powietrza w latach 90. XX w. Największy wzrost długości okresu bezprzymrozkowego prognozuje się

na obszarach, gdzie ten okres jest obecnie najkrótszy (Graczyk i Kundzewicz 2016). Poza skracaniem okresu bez przymrozków maleje liczba dni z przymrozkiem w Jeziorach. Potwierdza to podobny kierunek zmian zarówno w Polsce, jak i w Europie (Heino i in. 1999; Tomczyk i Szyga-Pluta 2015), ale również w Ameryce Północnej (Bonsal i in. 2001; Easterling 2002; Kunkel i in. 2004; Meehl, Tebaldi, Nychka 2004) i Chinach (Liu, Henderson, Xu 2008).

W Jeziorach w latach 2001–2016 najczęściej występowały przymrozki łagodne i umiarkowane. Potwierdza to łagodzący wpływ lasu na warunki termiczne (Ozga 2002). Największe szkody wyrządzają przymrozki zarówno te najsilniejsze, jak i te, które występują najpóźniej – przymrozki majowe. W Jeziorach występowały one najrzadziej. Majowe przymrozki odnotowano dwukrotnie. Należały do łagodnych i umiarkowanych. Były związane z układem antycyklonalnym i napływem zimnych mas powietrza z północy i północnego wschodu. Spadek temperatury minimalnej w maju w 2011 r. w Jeziorach nie był tak duży jak na innych terenach. W Toruniu temperatura na 2 m n.p.gr. spadła wówczas do $-7,2^{\circ}\text{C}$, a straty w sadownictwie i ogrodnictwie były ogromne na wielu obszarach w Polsce (Doroszewski i in. 2013). Temperatura minimalna na stacji Poznań-Ławica osiągnęła $-3,9^{\circ}\text{C}$, a w Ogrodzie Botanicznym w Poznaniu $-3,0^{\circ}\text{C}$, powodując znaczące zniszczenia wśród roślin (Jerzak 2011). Na siłę przymrozków w Jeziorach wpłynęło zapewne szczególne położenie stacji. Otoczenie polany przez las powoduje mniejsze wypromieniowanie ciepła w nocy, a co za tym idzie – mniejszy spadek temperatury powietrza. Ponadto przyczynia się do tego osłonięcie obszaru przed wiatrem i bezpośrednim wpływem napływających mas powietrza.

Podsumowując, w krótkim, bo zaledwie 16-letnim okresie obserwacyjnym w Jeziorach zauważyć można podobne tendencje zmian występowania przymrozków i długości okresu bezprzymrozkowego jak w innych rejonach. Intensywność przymrozków jest mniejsza ze względu na usytuowanie stacji na polanie śródleśnej. Warto przeprowadzić bardziej szczegółowe badania, które mogłyby być przydatne dla np. leśników; badania oparte na dłuższej serii pomiarowej oraz obejmujące porównanie częstości występowania przymrozków w różnych ekosystemach Wielkopolskiego Parku Narodowego.

LITERATURA

- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2011: *Wieloletnia zmienność okresu bezprzymrozkowego w Polsce w latach 1951–2006*, Pr. i Stud. Geograf., 47, 77–86.
- Bonsal B.R., Zhang X., Vincent L.A., Hogg W.D., 2001: *Characteristics of daily and extreme temperatures over Canada*, Journ. of Climate, 14, 1959–1976.
- Burroughs W.J., 2002: *Gardening and climate change*, Weather, 5(27), 151–157.
- Chmielewski F.M., Muller A., Bruns E., 2004: *Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961–2000*, Agric. Forest Meteor., 121(1–2), 69–78.

- Chmielewski F.M., Rötzer T., 2001: *Response of tree phenology to climate change across Europe*, Agric. Forest Meteor., 108, 101–112.
- Doroszewski A., Wróblewska E., Józwicki T., Mizak K., 2013: *Ocena szkód w roślinach sadowniczych i ogrodniczych powodowanych przez przymrozki w maju 2011 roku*, Act. Agrophys., 20(2), 269–281.
- Dragańska E., Rynkiewicz I., Panfil M., 2004: *Częstotliwość i intensywność występowania przymrozków w Polsce Północno-Wschodniej w latach 1971–2000*, Act. Agrophys., 3(1), 35–41.
- Dudek S., Źarski J., Kuśmierk-Tomaszewska R., 2012: *Tendencje zmian występowania przymrozków przygruntowych w rejonie Bydgoszczy*, Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 12(2), 93–106.
- Easterling D.R., 2002: *Recent changes in frost days and the frost free season in the United States*, Bull. of the American Meteor. Soc., 83, 1327–1332.
- Fortuniak K., Kożuchowski K., Żmudzka E., 2001: *Trendy i okresowości zmian temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku*, Przegl. Geofiz., XLVI(4), 283–303.
- Graczyk D., Kundzewicz Z.W., 2016: *Changes of temperature-related agroclimatic indices in Poland*, Theoretical and Appl. Clim., 124, 1–2, 401–410.
- 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*, Clim. Change, 42(1), 151–181.
- Jerzak E., 2011: *Rekordowe majowe przymrozki w 2011 r. i ich wpływ na drzewa i krzewy Ogródu Botanicznego w Poznaniu*, Roczn. Pol. Tow. Dendr., 59, 37–61.
- Kalbarczyk R., 2010: *Spatial and temporal variability of the occurrence of ground frost in Poland and its effect on growth, development and yield of pickling cucumber (Cucumis sativus L.) 1966–2005*, Act. Scientiarum Polonorum, Hortorum Cultus, 9(3), 3–26.
- Kolasiński J., 2008: *Przymrozki wiosenne i jesienne – występowanie i tendencja zmian*, Przegl. Geofiz., LIII, 3–4, 303–310.
- Kolendowicz L., Bednorz E., 2010: *Warunki mikroklimatyczne wewnątrz boru sosnowego na Mierzei Łebskiej*, Bad. Fizjogr., Ser. A – Geogr. Fiz., 61, PTPN, Poznań, 151–168.
- Kossowska-Cezak U., 2003: *Współczesne ocieplenie a częstość dni charakterystycznych*, Baln. Pol., 45(1–2), 92–100.
- Koźmiński C., Michalska B. (red.), 2001: *Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce*, Wyd., AR i USz, Szczecin.
- Koźmiński C., Trzeciak S., 1971: *Przestrzenny i czasowy rozkład przymrozków wiosenno-jesiennych na obszarze Polski*, Przegl. Geogr., 48, 1, 75–93.
- Kożuchowski K., Żmudzka E., 2001: *Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury w drugiej połowie XX w.*, Przegl. Geofiz., 46(1–2), 81–90.
- Kunkel K.E., Easterling D.R., Hubbard K., Redmond K., 2004: *Temporal variations in frost-free season in the United States: 1895–2000*, Geophys. Res. Lett., 31, L03201 (doi:10.1029/2003GL018624).
- Liu B., Henderson M., Xu M., 2008: *Spatiotemporal change in China's frost days and frost-free season, 1955–2000*, Journ. of Geophys. Res., 113, D12104 (doi:10.1029/2007JD009259).
- Meehl G.A., Tebaldi C., Nychka D., 2004: *Changes in frost days in simulations of twentyfirst century climate*, Clim. Dynam., 23, 495–511.
- Menzel A., Fabian P., 1999: *Growing season extended in Europe*, Nature, 397, 659.
- Michalska B., 2011: *Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce*, Pr. i Stud. Geogr., 47, 67–75.
- Ożga W., 2002: *Badania klimatu lasu w Rogowie w latach 1926–1990*, [w:] G. Wójcik, K. Marciniak (red.), *Działalność profesora Władysława Gorczyńskiego i jej kontynuacja*, Wyd. Uniw. Mikołaja Kopernika, Toruń, 397–407.
- Pietras K., 2008: *Warunki termiczne wybranych zbiorowisk leśnych Puszczy Boreckiej jesienią*, Dok. Geogr., 37, 100–108.

- Scheifinger H., Menzel A., Koch E., Peter Ch., 2003: *Trends of spring time frost events and phenological dates in Central Europe*, Theoretical and Applied Climatol., 74, 41–51.
- Szyga-Pluta K., Półrolniczak M., 2013: *Evaluation of thermal conditions in Jeziory (the Wielkopolski National Park)*, Quaes. Geogr., 32(1), 33–42.
- Szyga-Pluta K., Przebieracz J., 2016: *Warunki termiczne na Stacji Ekologicznej w Jeziorach (Wielkopolski Park Narodowy) w latach 2006–2015*, Bad. Fizjograf., Ser. A – Geogr. Fiz., 67, PTPN, Poznań, 225–237.
- Tomczyk A.M., Szyga-Pluta K., 2015: *Frost and frost-free periods in Poland and neighbouring countries*, Open Geosciences, 7, 1, 812–823.
- Wieteska S., 2011: *Ryzyko występowania przymrozków w polskiej strefie klimatycznej*, Act. Univ. Lodz., Fol. Oeconomica, 259, 143–157.
- Wilczyński S., Durło G., 2003: *Temperatura w profilu pionowym drzewostanu*, Sylwan, 8, 19–28.