

ZMIANY WARUNKÓW TERMICZNYCH W PILE W LATACH 1971–2020

ZUZANNA MATUSZAK

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

Abstract: *Changes in the thermal conditions in Piła in 1971–2020.* The paper focuses on changes of the thermal conditions in Piła in 1971–2020. In the study, daily data were obtained from the Institute of Meteorology and Water Management – the National Research Institute, to analyze the variability of the annual, seasonal and monthly average air temperature, develop a thermal classification and determine the variability of the start dates and the length of 6 thermal seasons. The analysis showed an increase in the average air temperature for all of the time intervals. The consequence of the progressive warming was the increasingly frequent occurrence of months, seasons and years with thermal conditions above the norm for the entire studied period. The research also showed statistically significant changes in the dates of the beginning of the spring, summer, autumn and early winter, with the highest trend in the autumn.

Keywords: air temperature, climate changes, thermal classification, thermal seasons

WSTĘP

Zagadnienie zmian klimatu w obecnych czasach jest bardzo częstym tematem badań naukowych, które w dużej mierze koncentrują się na zamianach temperatury powietrza oraz powierzchni Ziemi w różnych skalach przestrzennych. Całkowity wzrost średniej temperatury od okresu 1850–1900 do lat 2003–2013 wynosił średnio 0,78°C (IPCC 2013). Równocześnie trzy ostatnie dekady z tego okresu (tj. 1983–2012) należały do najcieplejszych, przy czym każda kolejna dekada była cieplejsza od poprzedniej. Najcieplejszym rokiem w skali Ziemi wg NOAA (2021), obejmującym wielolecie 1880–2020, był rok 2016. Drugie miejsce w tym rankingu zajmuje rok 2020, a trzecie 2019. Dziesięć najcieplejszych lat w tym okresie wystąpiło po roku 2005. Obserwowany jest również większy wzrost temperatury średniej na półkuli północnej niż na południowej. Dla Europy najwyższa średnia temperatura odnotowana została w 2020 roku (NOAA 2021).

Zmiany w środowisku atmosferycznym prowadzą między innymi do częstszego pojawiania się ekstremalnych zjawisk pogodowych, takich jak fale upałów, trąby powietrzne, huragany i cyklony o większej intensywności (Kuchcik 2017). Konsekwencją częstszego występowania tych zjawisk są poważne skutki społeczne oraz gospodarcze. Przykładem może być wysoka liczba zgonów spowodowana występowaniem niekorzystnych warunków biometeorologicznych w trakcie fali

upałów w 2003 roku w zachodniej i południowej Europie (Beniston 2004; Grize i in. 2005).

W Polsce najcieplejszym rokiem od początku regularnych pomiarów był 2019, w którym odchylenie temperatury powietrza od średniej z okresu bazowego 1981–2010 wyniosło 1,9°C. Tym samym średnio temperatura powietrza wzrosła o 2°C w stosunku do połowy XX w. (Miętus i in. 2021). Wyraźne zwiększenie tempa ocieplenia widoczne jest od lat 80. minionego wieku (Kozuchowski, Żmudzka 2001; Żmudzka 2009), które nasiliło się w XXI w. (Półrolniczak i in. 2018; Tomczyk, Bednorz 2020). Średni wzrost temperatury powietrza dla wielolecia 1961–2018 wyniósł 0,33°C na 10 lat, przy czym największy wzrost zauważany jest latem (lipiec 0,48°C/10 lat) i zimą (styczeń 0,46°C/10 lat), a najmniejszy jesienią. Obserwowane jest również intensywniejsze ocieplenie się klimatu na zachodzie kraju i na obszarach przy Morzu Bałtyckim (Kejna, Rudzki 2021).

Warunki termiczne w Polsce oraz ich zmiany analizowane były w różnych skalach przestrzennych. Badania takie prowadzono zarówno w skali całego kraju (Owczarek, Filipiak 2016; Kejna, Rudzki 2021), jak i w skali wybranych regionów (Miętus i in. 2002; Grabowska i in. 2007; Koźmiński, Michalska 2008), a także w pojedynczych stacjach (Janasz 2000; Majewski i in. 2011; Szyga-Pluta, Przebieracz 2016; Półrolniczak i in. 2018).

Temperatura powietrza, będąca podstawowym elementem klimatu, wykorzystywana jest również do wydzielenia termicznych pór roku. W ich określaniu najczęściej stosuje się średnią miesięczną temperaturę powietrza. Najbardziej powszechna metoda wyznaczania termicznych pór roku została opracowana przez Gumińskiego (1948). Podział na osiem pór roku, prawidłowy z fenologicznego punktu widzenia, wykorzystany został przez m.in. Wiszniewskiego (1960), Makowca (1983), Szygę-Plutę (2011), a także przyjęty był w *Atlasie klimatu Polski* (2005). Starszy podział, obejmujący sześć pór roku, zastosowali m.in. Romer (1938), Paszyński i Niedźwiedź (1991), Olszewski i Jarzab (1996), Nowosad i Filipiuk (1998) oraz Czernecki i Miętus (2017). Szczegółowy opis stosowanych w opracowaniach klimatologicznych wydzielen termicznych pór roku przeprowadziła Piotrowicz (2000). Analiza początków termicznych pór roku oraz długość ich trwania pozwoliła stwierdzić, że dla okresu 1951–2010 tempo skracania termicznej zimy wynosiło średnio 0,64 dnia na rok, natomiast najbardziej wydłużał się okres letni i przedwiośnie. Tym samym zwiększyła się liczba lat bez termicznej zimy w ciągu ostatnich 20 lat tego wielolecia. Początki termicznych pór roku od przedwiośnia do lata zwykle odnotowywane były wcześniej, a występujące po nich pory roku rozpoczynały się później (Czernecki, Miętus 2017).

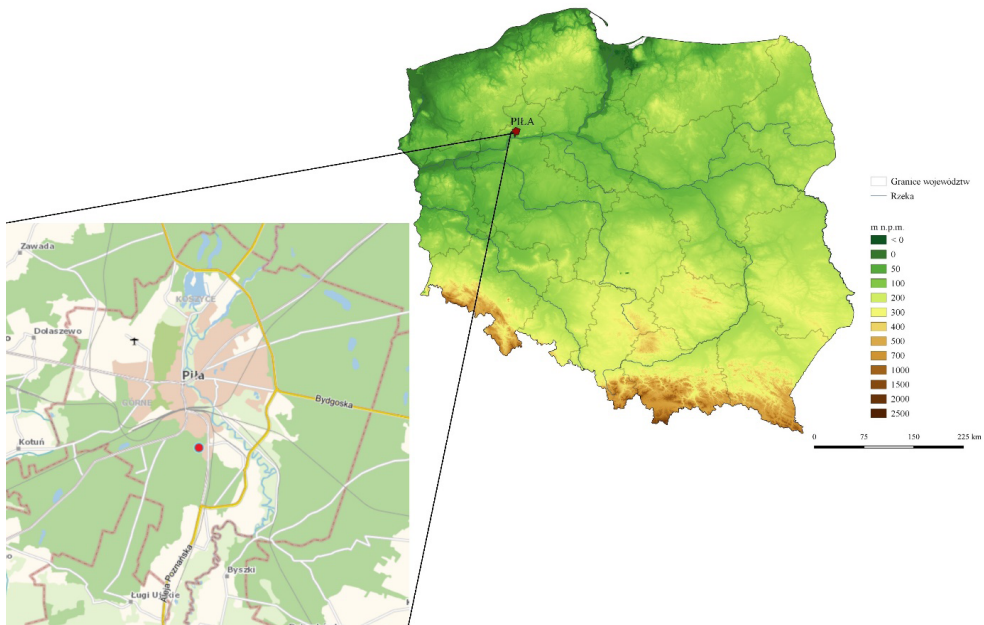
Celem pracy była charakterystyka warunków termicznych w Pile w latach 1971–2020. Założony cel został zrealizowany poprzez analizę przebiegu średniej miesięcznej, sezonowej i rocznej temperatury powietrza w badanym okresie, przeprowadzenie klasyfikacji termicznej poszczególnych miesięcy, sezonów oraz

lat, a także wydzielenie termicznych pór roku. Dla powyższych charakterystyk określono kierunek zmian oraz ich istotność statystyczną.

OBSZAR BADAŃ, DANE I METODY BADAŃ

Piła leży w północno-zachodniej Polsce (ryc. 1). Według podziału administracyjnego należy do województwa wielkopolskiego i jest siedzibą powiatu pilskiego. Pod względem liczby ludności jest czwartym miastem w województwie, natomiast pod względem powierzchni drugim miastem w województwie (GUS 2020).

Według regionalizacji fizycznogeograficznej Kondrackiego (2002), Piła położona jest na południu mezoregionu Dolina Gwdy, należącego do makroregionu Pojezierze Południowopomorskie, wchodzącego w skład podprowincji Pojezierze Południowobałtyckie.



Ryc. 1. Lokalizacja stacji synoptycznej w Pile

Fig. 1. Location of the synoptic station in Piła






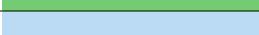
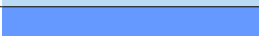




Dobowe wartości średniej temperatury powietrza, będące podstawą pracy, pochodzą ze stacji meteorologicznej w Pile należącej do Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej – Państwowego Instytutu Badawczego. Dane te pozyskane zostały z ogólnodostępnych baz danych Instytutu (danepubliczne.imgw.pl) dla wielolecia 1971–2020.

Na podstawie powyższych danych wyliczona została średnia roczna temperatura powietrza, średnia temperatura powietrza dla meteorologicznych pór roku

oraz poszczególnych miesięcy. Obliczone wartości przedstawiono na wykresach w celu zobrazowania ich przebiegu oraz wyznaczenia kierunku zmian. Istotność statystyczną uzyskanych trendów sprawdzono na podstawie wyznaczonych wartości R^2 , które porównano z tablicą wartości krytycznych współczynnika r korelacji Pearsona, dla poziomu istotności 0,05.

Wartości średniej miesięcznej, sezonowej i rocznej temperatury powietrza były podstawą przeprowadzenia klasyfikacji termicznej. W pracy zastosowana została kwantylowa klasyfikacja termiczna, opierająca się na percentylach (kwantyl rzędu $k/100$). Wskazują one na wartość, poniżej której mieści się dany procent populacji (Czernecki, Miętus 2011). Klasyfikacja obejmuje podział na 11 klas (tab. 1), które wcześniej w swojej klasyfikacji przedstawiła Lorenc (2000). Klasom przypisane zostały odpowiednie kolory, na podstawie których stworzono mapę ciepła.

Tabela 1. Kryteria kwantylowej klasyfikacji termicznej
Table 1. Criteria for quantile thermal classification

Klasa	Rząd percentyli	Skala barw
ekstremalnie ciepły	> 95,00	
anomalnie ciepły	90,01–95,00	
bardzo ciepły	80,01–90,00	
ciepły	70,01–80,00	
lekko ciepły	60,01–70,00	
normalny	40,01–60,00	
lekko chłodny (l. mroźny)	30,01–40,00	
chłodny (mroźny)	20,01–30,00	
bardzo chłodny (mroźny)	10,01– 20,00	
anomalnie chłodny (mroźny)	5,00 – 10,00	
ekstremalnie chłodny (mroźny)	< 5,00	

Źródło: Miętus i in. 2002.

Następnie wyznaczono daty początku termicznych pór roku za pomocą metody Gumińskiego (1948), która opiera się na wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza oraz wartościach progowych dla poszczególnych pór roku (0, 5, 15°C) (tab. 2). W metodzie przyjmuje się, że każdy miesiąc ma 30 dni, średnia temperatura miesięczna przypada na 15 dzień miesiąca, a zmiany temperatury z miesiąca na miesiąc zachodzą równomiernie (Tomczyk, Szyga-Pluta 2016). Do określenia pierwszych dni termicznych pór roku obliczana jest liczba dni dzieląca dzień z temperaturą progową i 15 dzień miesiąca poprzedzającego, wyznaczana za pomocą wzoru:

– jeśli średnia temperatura powietrza miesiąca następującego po temperaturze progowej jest wyższa od średniej temperatury powietrza miesiąca poprzedzającego:

$$x = 30 [(tp - t1)/(t2 - t1)]$$

– jeśli średnia temperatura powietrza miesiąca następującego po temperaturze prognozy jest niższa od średniej temperatury powietrza miesiąca poprzedzającego:

$$x = 30 [(t1 - tp)/(t1 - t2)]$$

gdzie:

tp – temperatura prognozy;

$t1$ – temperatura średnia w miesiącu poprzedzającym temperaturę prognozy;

$t2$ – temperatura średnia w miesiącu następującym po temperaturze prognozy;

x – liczba dni dzieląca dzień z temperaturą prognozy od 15 dnia miesiąca poprzedzającego.

Tabela 2. Przedziały średniej dobowej temperatury powietrza dla poszczególnych pór roku

Table 2. The ranges of average daily air temperature for particular seasons of the year

Pora roku	Przedział temperatury
przedwiośnie	0,1–5,0°C
wiosna	5,1–15,0°C
lato	> 15,0°C
jesień	15,0–5,1°C
przedzimy	5,0–0,1°C
zima	< 0,1°C

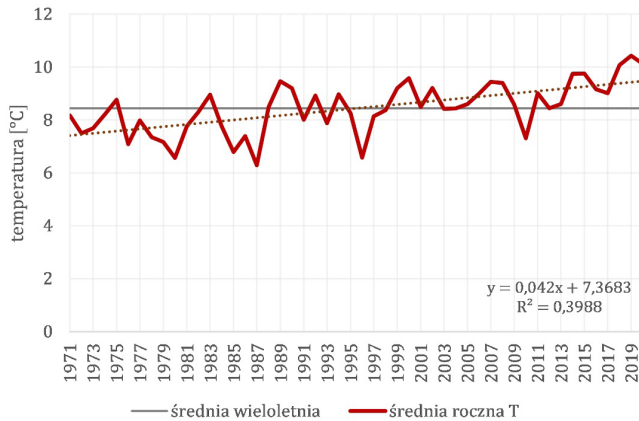
W przypadku lat bez termicznej zimy pierwszy dzień przedwiośnia wyznaczono sztucznie w połowie okresu pomiędzy rozpoczęciem przedzimy a końcem przedwiośnia. Po wyznaczeniu pierwszego i ostatniego dnia termicznych pór roku dla całego okresu badań określono średnią, najwcześniejszą i najpóźniejszą datę rozpoczęcia poszczególnych pór oraz zakres wahań. Następnie obliczono i porównano średnią długość trwania termicznych pór roku oraz określono rok, w którym czas trwania danej pory roku był najdłuższy oraz najkrótszy.

WYNIKI

Zmiany średniej rocznej temperatury powietrza w latach 1971–2020

W wieloleciu 1971–2020 średnia roczna temperatura powietrza w Pile wyniosła 8,4°C. Najcieplejszym rokiem był 2019 ze średnią roczną temperaturą wynoszącą 10,4°C, a najchłodniejszym rok 1987, ze średnią 6,3°C. Trend średniej rocznej temperatury powietrza był wyraźnie rosnący (ryc. 2) i istotny statystycznie. Tempo zmian wynosiło 0,42°C na 10 lat. Od początku XXI w. średnia roczna

temperatura powietrza trzy razy osiągnęła wartość średniej z wielolecia i tylko raz, w roku 2010, spadła poniżej tej wartości. W pozostałych latach utrzymywała się ona powyżej średniej wartości z wielolecia. Lata 70. i 80. XX w. odznaczały się stosunkowo niskimi wartościami średniej rocznej temperatury powietrza, które przekroczyły wartość średnią z wielolecia tylko w 1975 i 1983 r. oraz w dwóch ostatnich latach tego okresu.



Ryc. 2. Średnia roczna temperatura powietrza w Piłe w latach 1971–2020

Fig. 2. The average annual air temperature in Piła in the years 1971–2020

Pięć najwyższych wartości średniej rocznej temperatury powietrza odnotowano w ostatniej dekadzie badanego wielolecia, a spośród nich trzy maksymalne przypadają na ostatnie trzy lata (tab. 3). Wartość 9,5°C z 1989 r. była wartością maksymalną dla pierwszej połowy badanego wielolecia oraz drugą najwyższą średnią temperaturą powietrza ze wszystkich analizowanych lat z XX wieku. Od roku 2014 średnia roczna temperatura powietrza nie spadła poniżej 9,0°C, a po 1997 r. tylko raz spadła poniżej 8,0°C (w 2010). Dziesięć najniższych wartości wystąpiło głównie w latach 70. i 80. XX w., wyjątkiem jest tylko 1996 oraz 2010 rok.

Tabela 3. Dziesięć najwyższych i najniższych wartości średniej rocznej temperatury powietrza w Piłe w latach 1971–2020

Table 3. The ten highest and lowest values of the average annual air temperature in Piła in the years 1971–2020

	Najwyższe		Najniższe	
	Rok	Wartość [°C]	Rok	Wartość [°C]
1.	2019	10,4	1987	6,3
2.	2018, 2020	10,1	1980, 1996	6,6
3.	2015	9,8	1985	6,8

4.	2014	9,7	1976	7,1
5.	2000	9,6	1979	7,2
6.	1989	9,5	1978, 2010	7,3
7.	2007, 2008	9,4	1986	7,4
8.	1990, 1999, 2002, 2016	9,2	1972	7,5
9.	2017, 2011, 2006, 1994, 1983	9,0	1973	7,7
10.	1992	8,9	1981, 1984	7,8

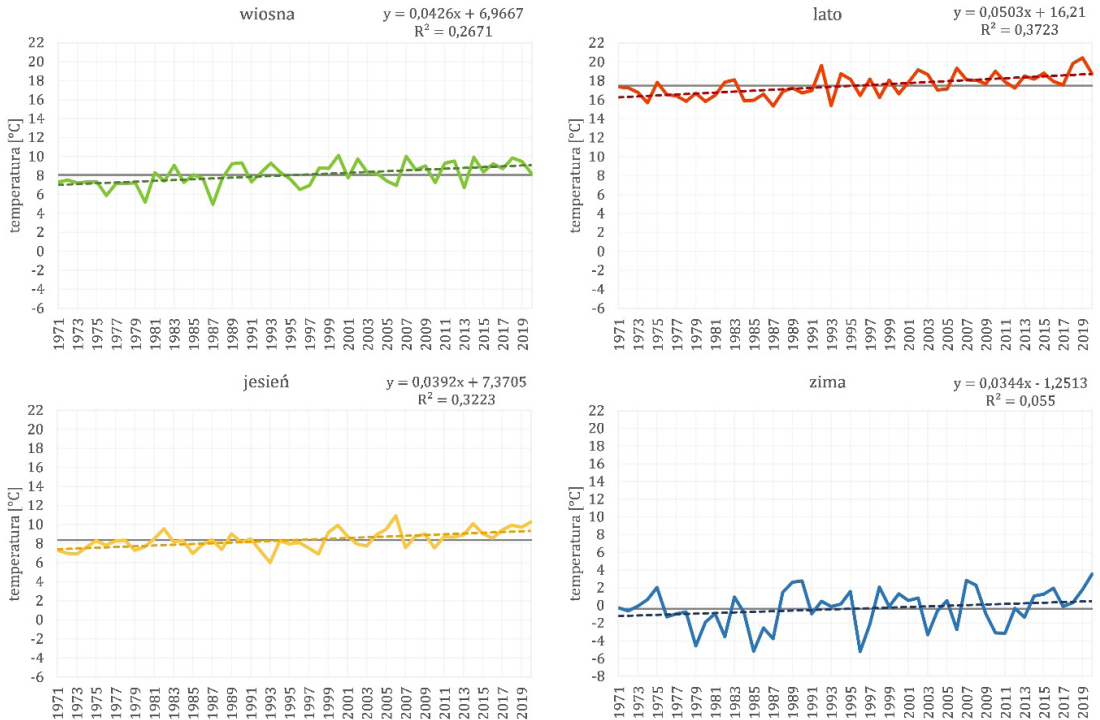
Zmiany średniej sezonowej temperatury powietrza w latach 1971–2020

W podziale na pory roku największy trend wzrostowy średniej sezonowej temperatury powietrza obserwowany był latem ($0,50^{\circ}\text{C}/10$ lat). Średnia z wielolecia dla lata to $17,5^{\circ}\text{C}$. Najniższa średnia wartość wyniosła $15,3^{\circ}\text{C}$ i wystąpiła w 1987 r., natomiast najwyższa wyniosła $20,4^{\circ}\text{C}$ i została odnotowana w roku 2019. Na tle całego wielolecia szczególnie wyróżniał się rok 2019, ponieważ średnia sezonowa temperatura powietrza tylko w tym roku przekroczyła 20°C . W pierwszych 20 latach badanego wielolecia średnia temperatura sezonu trzykrotnie przekroczyła wartość średnią z całego wielolecia, natomiast w ostatnich 20 latach średnia dla sezonu tylko trzykrotnie spadła poniżej średniej z całego wielolecia.

Sezonowa temperatura powietrza odznaczała się większym wzrostem wiosną ($0,43^{\circ}\text{C}/10$ lat) niż jesienią ($0,39^{\circ}\text{C}/10$ lat). Średnia dla wiosny z tego wielolecia wynosiła $8,1^{\circ}\text{C}$, a jesieni $8,4^{\circ}\text{C}$. Oznacza to, że na obszarze Piły różnica temperatury między wiosną a jesienią maleje. Najcieplejsza wiosna wystąpiła w 2000 r., ze średnią temperaturą powietrza równą $10,1^{\circ}\text{C}$, a najchłodniejsza była wiosna w 1987 r., ze średnią $4,9^{\circ}\text{C}$. Rok 2006 był rokiem z największą różnicą temperatury powietrza między wiosną a jesienią, która wyniosła 4°C . Tego roku wystąpiła najwyższa, znacznie odstająca (ryc. 3), średnia temperatura powietrza dla jesieni, która wyniosła $10,9^{\circ}\text{C}$. Najniższa wartość średniej temperatury powietrza jesienią, tj. 6°C , odnotowana została w 1993 roku.

Zima jest jedyną porą roku, w której nie zaobserwowano istotnych statystycznie zmian temperatury powietrza (ryc. 3). W tym sezonie wystąpiły największe wahania temperatury powietrza z roku na rok. Średnia wieloletnia wartość wynosiła $-0,4^{\circ}\text{C}$. Prawie w połowie przypadków w badanym okresie średnia temperatura powietrza w zimie była wyższa od 0°C . Najchłodniejsza była zima 1995/1996, kiedy średnia temperatura powietrza spadła poniżej $-5,2^{\circ}\text{C}$. Ostatnia zima w badanym okresie, tj. 2019/2020, była najcieplejsza, ze średnią wynoszącą $3,5^{\circ}\text{C}$.

Różnica między wartościami średnimi temperatury powietrza w lecie i w zimie wynosiła $17,9^{\circ}\text{C}$. Z kolei maksymalny zakres wahań, tj. różnica pomiędzy najchłodniejszą zimą i najcieplejszym latem, wyniósł $25,6^{\circ}\text{C}$.



Ryc. 3. Średnia sezonowa temperatura powietrza w Pile w latach 1971–2020

Fig. 3. The average seasonal air temperature in Piła in the years 1971–2020

Zmiany średniej miesięcznej temperatury powietrza w latach 1971–2020

W rozpatrywanym wieloleciu najcieplejszym miesiącem był lipiec. Średnia temperatura powietrza dla tego miesiąca z badanego wielolecia wynosiła 18,3°C. Z kolei najchłodniejszym miesiącem był styczeń, ze średnią –1,2°C. Najcieplejszy lipiec wystąpił w 2006 r. (tab. 4), kiedy średnia temperatura powietrza wyniosła 23,2°C. Jest to również najwyższa odnotowana wartość średnia miesięczna w badanym wieloleciu. Od początku okresu analizy do 1993 r. średnia temperatura powietrza tego miesiąca nie przekroczyła 20°C, a w późniejszych latach przekroczyła ona tę wartość siedmiokrotnie. Najniższa temperatura powietrza w lipcu odnotowana została w 1979 r., a jej wartość osiągnęła 14,5°C. W styczniu 1987 roku wartość średniej miesięcznej temperatury powietrza osiągnęła –10,2°C i była to najniższa średnia dla całego okresu badań. Najcieplejszy styczeń był w 2007 r., kiedy wartość średnia wyniosła 4,0°C. W badanym wieloleciu miesiącami z naj-

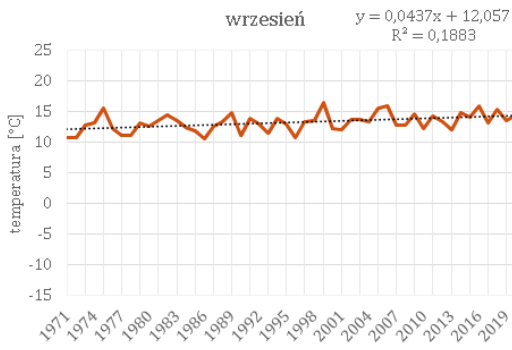
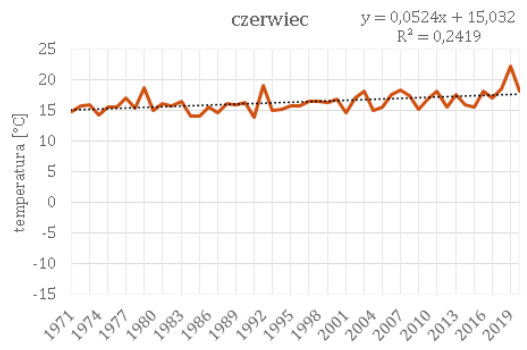
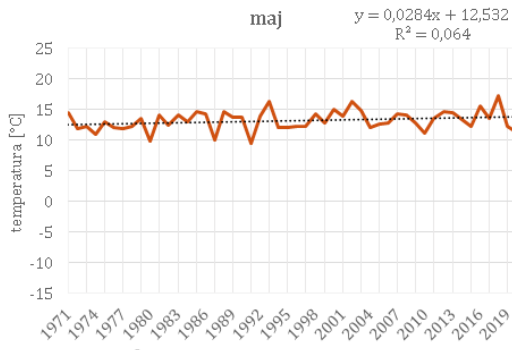
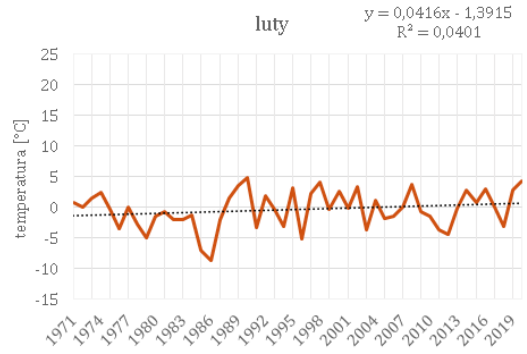
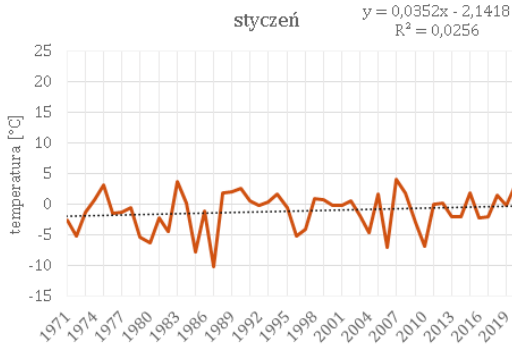
wyższą średnią miesięczną temperaturą powietrza odnotowaną w XX w. były: luty, marzec i wrzesień. W pozostałych miesiącach maksymalną wartość stwierdzono w XXI wieku. Z kolei tylko w październiku i grudniu najniższą średnią miesięczną temperaturę powietrza w rozpatrywanym wieloleciu odnotowano po 2000 roku.

W badanym okresie we wszystkich miesiącach stwierdzono wzrost średniej temperatury powietrza. Zmiany istotne statystycznie zaobserwowano w miesiącach takich, jak: kwiecień ($0,7^{\circ}\text{C}/10$ lat), czerwiec ($0,5^{\circ}\text{C}/10$ lat), lipiec ($0,5^{\circ}\text{C}/10$ lat), sierpień ($0,5^{\circ}\text{C}/10$ lat), wrzesień ($0,4^{\circ}\text{C}/10$ lat), październik ($0,3^{\circ}\text{C}/10$ lat) i listopad ($0,4^{\circ}\text{C}/10$ lat). Kwiecień charakteryzował się najmniejszą zmiennością średniej temperatury powietrza z roku na rok (ryc. 4). Najbardziej zmienne były miesiące zimowe. W styczniu odnotowana została największa różnica między maksymalną a minimalną średnią miesięczną temperaturą powietrza o wartości $14,2^{\circ}\text{C}$. Najmniejszą amplitudę odnotowano we wrześniu z wartością $5,9^{\circ}\text{C}$.

Tabela 4. Najwyższe i najniższe wartości średniej miesięcznej temperatury powietrza w Pile w latach 1971–2020

Table 4. The highest and the lowest values of the average monthly air temperature in Piła in the years 1971–2020

Miesiąc	Najwyższe		Najniższe	
	Rok	Wartość [°C]	Rok	Wartość [°C]
styczeń	2007	4,0	1987	-10,2
luty	1990	4,9	1986	-8,7
marzec	1990	6,4	1987	-2,5
kwiecień	2018	12,1	1977	4,9
maj	2018	17,4	1991	9,5
czerwiec	2019	22,2	1991	14,0
lipiec	2006	23,2	1979	14,5
sierpień	2015	22,1	1987	14,6
wrzesień	1999	16,4	1986	10,5
październik	2000	11,7	2003	4,8
listopad	2006	6,2	1993	-0,9
grudzień	2015	5,1	2010	-5,8





Ryc. 4. Średnia miesięczna temperatura powietrza w Pile w latach 1971–2020

Fig. 4. The average monthly air temperature in Piła in the years 1971–2020

Klasyfikacja termiczna

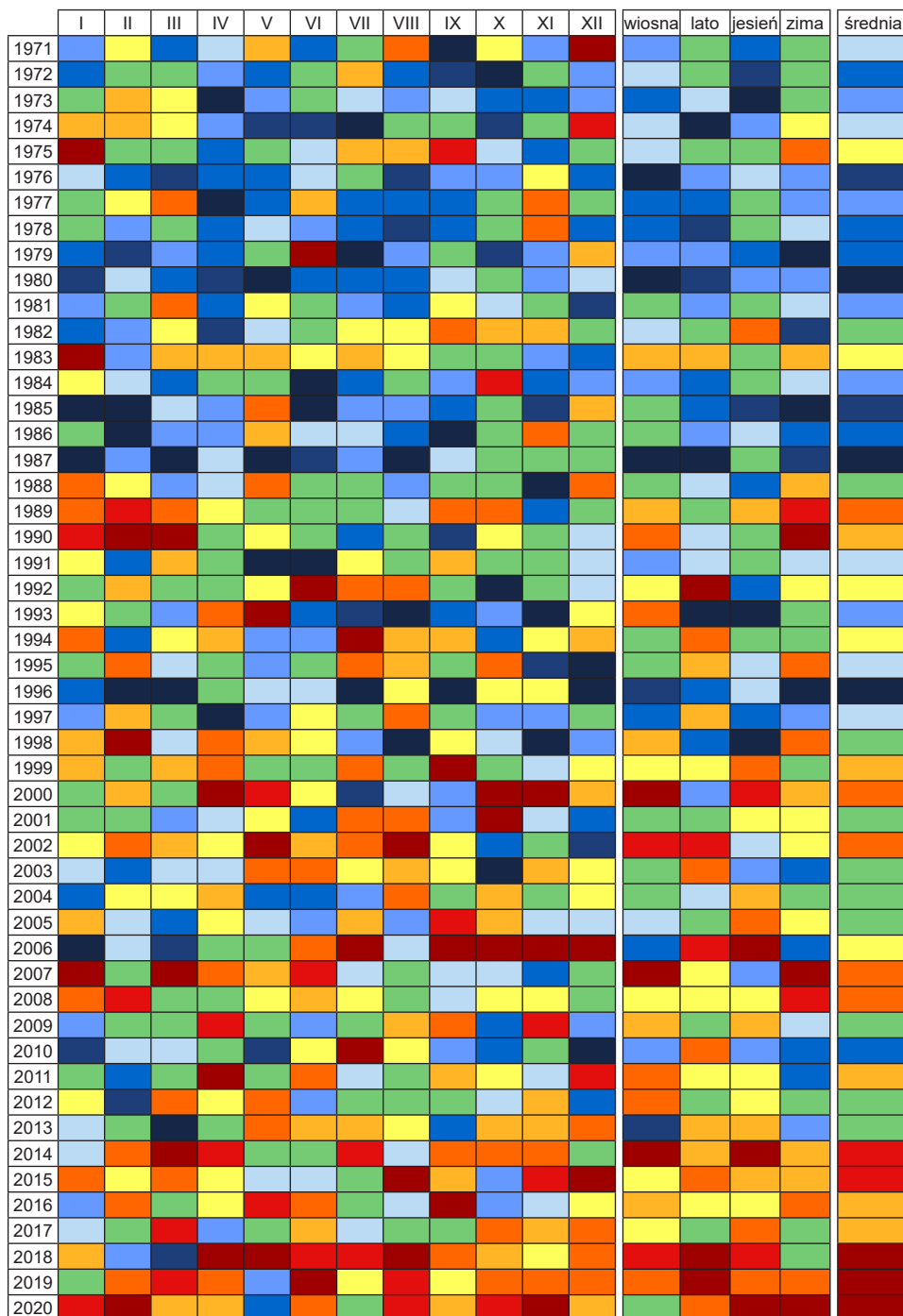
Sporządzona na podstawie średnich miesięcznych, sezonowych oraz rocznych wartości temperatury powietrza mapa ciepła (ryc. 5) pozwala zobrazować za pomocą kolorów zmiany warunków termicznych. Wyraźnie widać dominację kolorów chłodnych w górnej części mapy, tj. we wcześniejszych latach analizy, oraz dominację kolorów ciepłych w jej dolnej części, głównie w ostatnich latach analizy. Większość miesięcy ekstremalnie chłodnych wystąpiło przed rokiem 2000. Od tego roku obserwuje się brak klas anomalnie oraz ekstremalnie chłodnych szczególnie w miesiącach letnich. W latach 70. i 80. XX w. czterokrotnie wystąpiły miesiące ekstremalnie ciepłe i anomalnie ciepłe, w większości przypadające na chłodną porę roku. W kwietniu, sierpniu i listopadzie do 2000 r. ani razu nie wystąpiły klasy ekstremalnie i anomalnie ciepłe. Równocześnie w kwietniu przez całą pierwszą dekadę badanego okresu występowały klasy od lekko chłodnych do ekstremalnie chłodnych.

Mniejsza rozbieżność barw i lepiej widoczne gromadzenie się barw ciepłych w latach XXI w. jest przy podziale na meteorologiczne pory roku. W tym okresie ani razu nie wystąpił sezon ekstremalnie chłodny i tylko raz wystąpiła anomalnie chłodna pora roku (wiosna). Na ostatnie 20 lat okresu badań przypada 75% ekstremalnie i anomalnie ciepłych pór roku.

Lata ekstremalnie ciepłe przypadają na ostatnie trzy lata badanego okresu i tylko w ostatniej dekadzie zaobserwowano lata anomalnie ciepłe. Wszystkie lata XXI w. (oprócz 2010, który był rokiem bardzo chłodnym) mieszczą się w rzędach percentyli $> 40,00$. W latach 70. i 80. XX w. lata normalne i lekko ciepłe wystąpiły zaledwie po dwa razy (odpowiednio rok 1982 i 1988 oraz 1975 i 1983), a bardzo ciepłe tylko raz (1989). Pozostałe lata tego okresu należą do lat od lekko chłodnych po ekstremalnie chłodne. Ostatnim rokiem klasyfikowanym jako ekstremalnie chłodny był rok 1996.

W roku 1987, w którym została odnotowana najniższa średnia temperatura powietrza w badanym wieloleciu, wystąpiły tylko trzy miesiące normalne, a pozostałe były poniżej normy. Cztery z nich to miesiące ekstremalnie chłodne (styczeń, marzec, maj, sierpień) i jeden anomalnie chłodny (czerwiec). Jedynie w 1996 r. wystąpiło więcej miesięcy ekstremalnie chłodnych.

Rok z najwyższą średnią temperaturą powietrza, tj. 2019, miał tylko jeden miesiąc chłodny (maj) i jeden normalny (styczeń). Pozostałe miesiące oraz wszystkie pory roku były powyżej normy. Czerwiec był jedynym miesiącem sklasyfikowanym jako ekstremalnie ciepły.



Ryc. 5. Klasyfikacja termiczna miesięcy, sezonów i lat w Piłi w latach 1971–2020

Fig. 5. Thermal classification of months, seasons and years in Piła in the years 1971–2020

Termiczne pory roku

W badanym okresie średnio termiczne przedwiośnie rozpoczynało się 14 lutego (tab. 5). Najwcześniej rozpoczęło się 26 grudnia (w roku bez termicznej zimy), natomiast licząc tylko lata z termiczną zimą, najwcześniejsze przedwiośnie przypadło 4 stycznia w 1974 roku. Najpóźniej rozpoczęło się ono 24 marca w 1987 roku. Średnia długość wynosiła 40 dni (tab. 6), co czyni przedwiośnie najkrótszą termiczną porą roku. Najkrótsze było w 2014 r. – trwało 10 dni, a najdłuższe w 1974 r., trwało bowiem 81 dni. Z powyższych danych wynika, że zakres wahań rozpoczęcia przedwiośnia wynosił 89 dni, a długości 71 dni.

Wiosna średnio rozpoczynała się 26 marca i trwała 68 dni. Najwcześniej swój początek miała 8 lutego w 2014, a najpóźniej 16 kwietnia w 1997 roku. Najkrótsza wiosna trwała 35 dni (2018), a najdłuższa 116 dni (2014). Zakres wahań wystąpienia daty początku to 68 dni, a czasu trwania 81 dni.

Pierwszy dzień termicznego lata średnio przypadał na 2 czerwca. Najwcześniej odnotowany został 2 maja w 2018 r., a najpóźniej 8 lipca w 1974, co daje zakres wahań 68 dni. Lato było najdłuższą termiczną porą roku i trwało średnio 92 dni. Najdłuższe lato, które utrzymywało się 140 dni, odnotowano w 1999 r., a najkrótsze, trwające 48 dni, zarejestrowano w 1987 roku. Zakres wahań trwania to 92 dni.

Termiczna jesień średnio rozpoczynała się 2 września i trwała 65 dni. Pora ta charakteryzowała się najmniejszym zakresem wahań długości (57 dni) oraz rozpoczęcia (63 dni). Najwcześniej rozpoczęła się 9 sierpnia (1987), a najpóźniej 20 września (1999, 2006), natomiast jej minimalna długość to 38 dni (2003), a maksymalna 95 dni (2015).

Data średniego początku przedzimia to 6 listopada. Najwcześniej rozpoczęło się 14 października w 2003, a najpóźniej 15 grudnia w 2015 roku. Zakres wahań daty początku to 63 dni. Termiczne przedzimie jest drugą najkrótszą porą roku – trwało średnio 45 dni. Minimalna długość, tj. 18 dni, wystąpiła w aż pięciu latach, w tym cztery z nich należą do lat 90. XX wieku. Maksymalnie długie przedzimie wystąpiło w 1974 r. i utrzymywało się 106 dni. Zakres wahań dla długości trwania tej pory roku wyniósł 88 dni.

Zima była termiczną porą roku o największym zakresie wahań daty początku (94 dni) oraz długości (114 dni w przypadku lat z termiczną zimą). Średnio rozpoczynała się 21 grudnia i trwała 55 dni. Najwcześniej zima rozpoczęła się w 1993 r. 11 listopada, a najpóźniej 12 lutego w 1974 roku. W roku 2018 trwała tylko 6 dni, a w 1995 r. aż 120 dni. W okresie 1971–2020 odnotowano 8 lat bez termicznej zimy, tj.: 1987/1988, 1988/1989, 1989/1990, 1997/1998, 2006/2007, 2007/2008, 2014/2015 i 2019/2020.

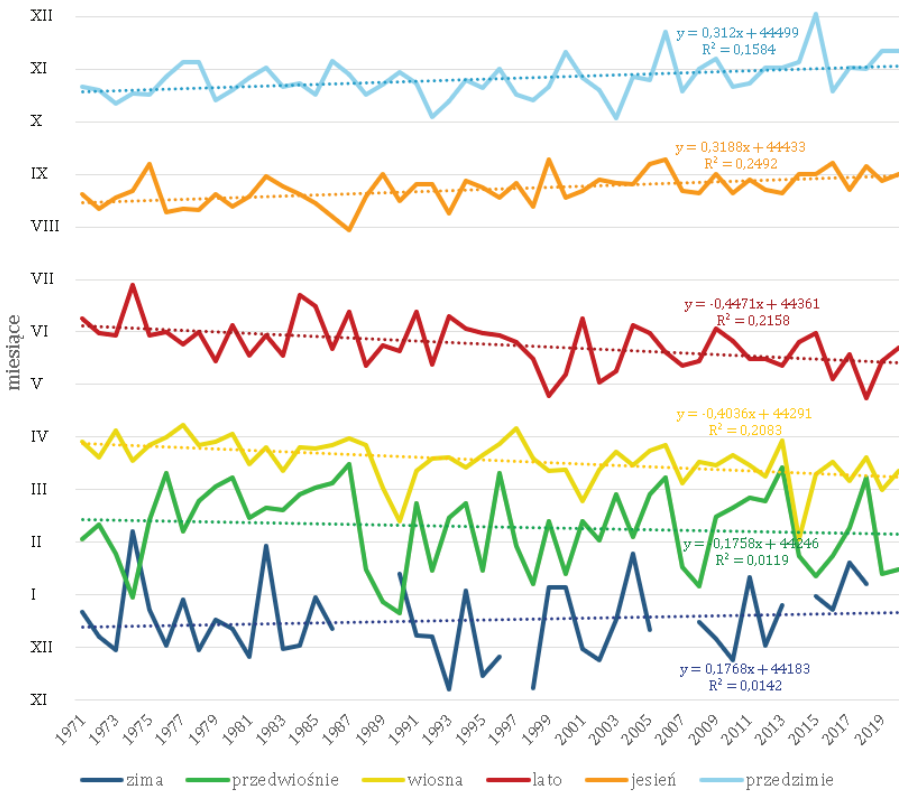
Tabela 5. Daty początku termicznych pór roku w Pile w latach 1971–2020
 Table 5. Dates of the beginning of the thermal seasons in Piła in the years 1971–2020

Pora roku	Średnia	Najwcześniej		Najpóźniej		Zakres wahań (dni)
		Dzień	Rok	Dzień	Rok	
przedwiośnie	14 II	26 XII	1990	24 III	1987	89
wiosna	26 III	8 II	2014	16 IV	1977	68
lato	2 VI	2 V	2018	8 VII	1974	68
jesień	2 IX	9 VIII	1987	20 IX	1999, 2006	43
przedzimie	6 XI	14 X	2003	15 XII	2015	63
zima	21 XII	11 XI	1993	12 II	1974	94

Tabela 6. Długość termicznych pór roku w Pile w latach 1971–2020
 Table 6. The duration of thermal seasons in Piła in the years 1971–2020

	Średnia	Najkrótsza		Najdłuższa		Zakres wahań (dni)
		Długość (dni)	Rok	Długość (dni)	Rok	
przedwiośnie	40	10	2014	81	1974	71
wiosna	68	35	2018	116	2014	81
lato	92	48	1987	140	1999	92
jesień	65	38	2003	95	2015	57
przedzimie	45	18	1978, 1993, 1995, 1996, 1998	106	1974	88
zima	55	6	2018	120	1995	114

Istotnie statystycznie zmiany daty początku charakteryzowały wiosnę, lato, jesień i przedzimie, przy czym największą tendencję odnotowano dla jesieni. Termiczne pory roku odpowiadające wzrostom temperatury (wiosna, lato) rozpoczynały się coraz wcześniej (ryc. 6), a pozostałe, odznaczające się spadkami temperatury powietrza i ich niskimi wartościami, zaczynały się coraz później. Największą wartość trendu zarejestrowano dla jesieni oraz lata. Taka tendencja zmian prowadziła do wydłużania lata (ryc. 7), a skracania głównie zimy i przejściowych termicznych pór (przedwiośnie, przedzimie). Lato było jedyną porą roku o dodatniej i istotnej statystycznie tendencji zmian długości. Średnio na 10 lat wydłużało się o 7,7 dnia. Pozostałe pory roku charakteryzowały się tendencją malejącą, największy spadek widoczny był zimą.



Ryc. 6. Początek termicznych pór roku w Pile w latach 1971–2020

Fig. 6. The beginning of thermal seasons in Piła in the years 1971–2020

PODSUMOWANIE I DYSKUSJA

Przeprowadzona analiza wykazała wzrost średniej temperatury powietrza we wszystkich rozpatrywanych przedziałach – miesięcznym, sezonowym oraz rocznym. W Pile średnia roczna temperatura powietrza dla okresu 1971–2020 wyniosła $8,4^{\circ}\text{C}$ i była wyższa od średniej dla całego obszaru Polski z podobnego okresu (tj. 1966–2018) – wynoszącej $7,8^{\circ}\text{C}$ (Tomczyk, Bednorz 2020) – oraz wyższa od wartości średniej dla regionu Wielkopolski Zachodniej, gdzie średnia temperatura powietrza dla wielolecia 1951–2000 wynosiła $8,3^{\circ}\text{C}$ (Woś 2010). Z kolei Kejna i Rudzki (2021) podają, że średnia roczna temperatura powietrza w wieloleciu 1961–2018 w Pile wyniosła $8,1^{\circ}\text{C}$. Również większy był wzrost średniej temperatury powietrza w przeliczeniu na 10 lat w Pile, wynoszący $0,42^{\circ}\text{C}$, niż średni dla całej Polski, o wartości $0,33^{\circ}\text{C}$ dla wielolecia 1961–2018 (Kejna, Rudzki 2021).



Ryc. 7. Długość trwania termicznych pór roku w Pile w latach 1971–2020

Fig. 7. The duration of thermal seasons in Piła in the years 1971–2020

Potwierdza to wcześniejsze rezultaty, iż temperatura powietrza rośnie szybciej w północnej i zachodniej części kraju niż przeciętnie w Polsce (Michalska 2011; Miętus, Wójcik 2014; Kejna, Rudzki 2021).

Najcieplejszym rokiem w wieloletnim szeregu lat 1971–2020 w skali całego kraju oraz lokalnie w Pile, a także trzecim najcieplejszym rokiem w skali całej Ziemi był 2019 (NOAA 2021). Najniższa temperatura zarówno w Pile, jak i w całym kraju w tym

okresie odnotowana została w roku 1987 (Michalska 2011). Spośród dziesięciu lat z najniższą temperaturą powietrza jedynie rok 2010 należy do XXI wieku. Rok ten był najchłodniejszym rokiem po 2000 r. również w skali całego kraju (Miętus i in. 2021).

Największy wzrost średniej sezonowej temperatury powietrza w Pile zaobserwowano latem, a zima była jedyną porą roku, w której nie zostały zaobserwowane zmiany istotne statystycznie. W skali całej Polski w wieloleciu 1961–2018 wg Kejny i Rudzkiego (2021) lato miało największy trend rosnący (lipiec $0,48^{\circ}\text{C}/10$ lat), a zima była na drugim miejscu (styczeń $0,46^{\circ}\text{C}/10$ lat). Natomiast wg Miętusa i Wójcika (2014), analizujących wielolecie 1951–2010, największy wzrost obserwowano wiosną ($0,36^{\circ}\text{C}/10$ lat) oraz zimą ($0,32^{\circ}\text{C}/10$ lat).

Najcieplejszym miesiącem był lipiec, ze średnią temperaturą $18,3^{\circ}\text{C}$, a najchłodniejszym styczeń ze średnią $-1,2^{\circ}\text{C}$. Według Kejny i Rudzkiego (2021), w wieloleciu 1961–2018 średnia temperatura miesięczna w styczniu w Pile wyniosła $-1,7^{\circ}\text{C}$, a w lipcu $18,1^{\circ}\text{C}$.

Mapa ciepła sporządzona dla Piły ukazuje dominację barw chłodnych na początku badanego wielolecia i dominację kolorów ciepłych w drugiej połowie analizowanego okresu. Wszystkie lata ekstremalnie i anomalnie chłodne wystąpiły przed 2000 r., a ekstremalnie i anomalnie ciepłe w ostatniej dekadzie. Jedynym rokiem mroźnym w XXI w. był 2010.

Średnio przedwiośnie rozpoczynało się 14 lutego, wiosna 26 marca, lato 2 czerwca, jesień 2 września, przedzime 6 listopada, a zima 21 grudnia. Natomiast czas trwania tych termicznych pór roku to odpowiednio: 40 dni, 68 dni, 92 dni, 65 dni, 45 dni i 55 dni. Termiczna zima nie wystąpiła w ośmiu latach. Przedwiośnie, wiosna oraz jesień w Pile trwały dłużej niż średnio w wieloleciu 1951–2000 dla regionu Wielkopolski Zachodniej (Woś 2010), a także rozpoczynały się wcześniej. Lato było dwa dni krótsze w Pile i rozpoczynało się dzień wcześniej, a zima trwała tyle samo i rozpoczynała się trzy dni wcześniej. Wszystkie średnie daty rozpoczęcia termicznych pór roku (oprócz lata) przypadły wcześniej w Pile niż średnie daty początku w wieloleciu 2001–2008 w Poznaniu (Szyga-Pluta 2011), położonym na południe od Piły. Wiosna oraz lato rozpoczynały się coraz wcześniej, a jesień i przedzime coraz później. Lato wydłużało się kosztem pozostałych pór roku. Wydłużenie się lata zaobserwowano również w wielu innych miejscowościach (Lublin – Nowosad, Filipiuk 1998; Kraków – Piotrowicz 2010; Poznań – Szyga-Pluta 2011).

Przeprowadzone badania wykazały znaczące zmiany w warunkach termicznych w Pile w latach 1971–2020. Cechą charakterystyczną ostatnich lat było coraz częstsze występowanie miesięcy, sezonów oraz lat z warunkami termicznymi powyżej normy z wielolecia. Bazując na badaniach dotyczących zmian temperatury powietrza w kolejnych dekadach (Piniewski i in. 2017), należy spodziewać się coraz częstszego występowania warunków określanych jako anomalnie i ekstremalnie ciepłe.

BIBLIOGRAFIA

- Atlas klimatu Polski*, 2005, red. Lorenc H., IMGW, Warszawa.
- Beniston M., 2004: *The 2003 heat wave in Europe: a shape of things to come?* Geophysical Research Letters, 31, L02202.
- Czernecki B., Miętus M., 2011: *Porównanie stosowanych klasyfikacji termicznych na przykładzie wybranych regionów Polski*. Przegląd Geograficzny, 56, 3–4, 201–233.
- Czernecki B., Miętus M., 2017: *The thermal seasons variability in Poland, 1951–2010*. Theoretical and Applied Climatology, 127, 481–493.
- Grabowska K., Panfil M., Olba-Zięty E., 2007: *Ekstremalne warunki termiczne w latach 1951–2005 w Polsce północno-wschodniej*. Acta Agrophysica, 10 (2), 341–347.
- Grize L., Huss A., Thommen O., Schindler C., Braun-Fahrländer C., 2005: *Heat wave 2003 and mortality in Switzerland*. Swiss Medical Weekly, 135, 200–205.
- Gumiński R., 1948: *Próba wydzielenia dzielnic rolniczo-klimatycznych w Polsce*. Przegląd Meteorologiczny i Hydrologiczny, 1, 1, 7–20.
- GUS, 2020 <<https://demografia.stat.gov.pl/BazaDemografia/StartIntro.aspx>> [dostęp: 5.05.2021].
- IPCC, 2013: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, New York, USA.
- Janasz J., 2000: *Warunki termiczne i śnieżne zim w Lublinie (1960/61–1994/95)*. Acta Agrophysica, 34, 71–78.
- Kejna M., Rudzki M., 2021: *Spatial diversity of air temperature changes in Poland in 1961–2018*. Theoretical and Applied Climatology, 143, 1361–1379.
- Kondracki J., 2002: *Geografia regionalna Polski*. PWN, Warszawa
- Koźmiński C., Michalska B., 2008: *Zmienność minimalnej dobowej temperatury powietrza w strefie polskiego wybrzeża Bałtyku*. Acta Agrophysica, 12, 3, 713–736.
- Koźuchowski K., Żmudzka E., 2001: *Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku*. Przegląd Geograficzny, 46, 1–2, 81–90.
- Kuchcik M., 2017: *Warunki termiczne w Polsce na przełomie XX i XI wieku i ich wpływ na umiERALNOŚĆ*. Prace Geograficzne 263, Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania, Warszawa.
- Lorenc H., 2000: *Termiczno-opadowa ocena klimatycznych sezonów roku w Polsce oraz tendencje czasowo-przestrzenne*. Projekt badawczy M-9, IMGW (maszynopis).
- Majewski G., Gołaszewski D., Przewoźniczuk W., Rozbicki T., 2011: *Warunki termiczne i śnieżne zim w Warszawie w latach 1978/79–2009/10*. Prace i Studia Geograficzne, 47, 147–155.
- Makowiec M., 1983: *Wyznaczanie termicznych pór roku*. Przegląd Geofizyczny, 28, 2, 209–220.
- Miętus M., Filipiak J., Owczarek M., 2002: *Warunki termiczne na obszarze Wybrzeża i Pomorza w świetle wybranych klasyfikacji*. Materiały Badawcze IMGW, seria Meteorologia, 36, 56.
- Miętus M., Wójcik R., 2014: *Niektóre cechy wieloletniej zmienności temperatury powietrza w Polsce (1951–2010)*. Przegląd Geograficzny, 86, 3, 339–364.
- Miętus M., Ustrnul Z., Wypych A., Jakusik E., Biernacik D., Czekierda D., Chodubska A., Marosz M., Filipiak J., Kitowski M., Kowalewski M., Urban G., Łaszycza E., Kowalska B., 2021: *Klimat Polski 2020*. IMGW.
- Michalska B., 2011: *Tendencje zmian temperatury powietrza w Polsce*. Prace i Studia Geograficzne, 47, 67–75.
- NOAA, 2021: <<https://www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/202013>> [dostęp: 5.05.2021].
- Nowosad M., Filipiak E., 1998: *Zmiany czasu trwania termicznych pór roku w Lublinie w latach 1951–1995*. Acta Universitatis Lodziensis, Folia Geographica Physica, 3, 231–240.

- Olszewski J., Jarzab B., 1996: *Termiczne pory roku w środkowej części Gór Świętokrzyskich*. Roczniki Świętokrzyskie, seria B – Nauki Przyrodnicze, PAN – Oddział Kraków, Kieleckie Towarzystwo Naukowe, 23, 91–108.
- Owczarek M., Filipiak J., 2016: *Contemporary changes of thermal conditions in Poland, 1951–2015*. Bulletin of Geography, Physical Geography Series, 10, 31–50.
- Paszyński J., Niedźwiedz T., 1991: *Klimat*, [w:] Starkel L., *Geografia Polski – środowisko przyrodnicze*. PWN, Warszawa, 326–328.
- Piniewski M., Mezghani A., Szcześniak M., Kundzewicz Z., 2017: *Regional projections of temperature and precipitation changes: Robustness and uncertainty aspects*. Meteorologische Zeitschrift, 26, 223–234.
- Piotrowicz K., 2000: *Sposoby wydzielania pór roku*. Przegląd Geofizyczny, 45, 3–4, 261–278.
- Piotrowicz K., 2010: *Sezonowa i wieloletnia zmienność typów pogody w Krakowie*. Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej Uniwersytetu Jagiellońskiego, Kraków.
- Półrolniczak M., Tomczyk A., Kolendowicz L., 2018: *Thermal conditions in the city of Poznań (Poland) during selected heat waves*. Atmosphere, 9, 11.
- Romer E., 1938: *Pogląd na klimat Polski*. Czasopismo Geograficzne, 16, 193–224.
- Szyga-Pluta K., 2011: *Termiczne pory roku w Poznaniu w latach 2001–2008*. Przegląd Geograficzny, 83, 1, 109–119.
- Szyga-Pluta K., Przebieracz J., 2016: *Warunki termiczne na stacji ekologicznej w Jeziorach (Wielkopolski Park Narodowy) w latach 2006–2015*. Badania Fizjograficzne, VII – seria a – Geografia Fizyczna (A67), 225–237.
- Tomczyk A., Szyga-Pluta K., 2016: *Okres wegetacyjny w Polsce w latach 1971–2010*. Przegląd Geograficzny, 88, 1, 75–86.
- Tomczyk A., Bednorz E., 2020: *The extreme year – analysis of thermal conditions in Poland in 2018*. Theoretical and Applied Climatology, 139, 251–260.
- Wisniewski W., 1960: *Kilka uwag o meteorologicznych porach roku w Polsce w świetle średnich wieloletnich wartości temperatur powietrza*. Przegląd Geograficzny, 5 (13), 31–39.
- Woś A., 2010: *Klimat Polski w drugiej połowie XX wieku*. Wydawnictwo Naukowe UAM.
- Żmudzka E., 2009: *Współczesne zmiany klimatu Polski*. Acta Agrophysica, 13 (2), 555–568.