

Krzysztof BARTOSZEK^a
Bogusław M. KASZEWSKI^b
Krzysztof SIWEK^c
Pawło SHUBER^d

Prace i Studia Geograficzne
ISSN: 0208–4589; ISSN (*online*): 2543–7313
2025, t. 70.1, s. 7–24
DOI: 10.48128/pisg-2025-70.2-01

^aUniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
Instytut Nauk o Ziemi i Środowisku
e-mail: k.bartoszek@umcs.pl
ORCID: 0000-0002-8676-003X
^bAkademia Nauk Stosowanych Wincentego Pola
w Lublinie
Wydział Nauk Społecznych
e-mail: kaszewski.b@wssp.edu.pl
ORCID: 0000-0002-0797-4284

^cUniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie
Instytut Nauk o Ziemi i Środowisku
e-mail: krzysztof.siwek@mail.umcs.pl
ORCID: 0000-0003-1953-7142
^dLwowski Uniwersytet Narodowy Iwana Franki
Katedra Geoekologii i Geografii Fizycznej
e-mail: pawlo.shuber@lnu.edu.ua
ORCID: 0000-0001-6327-8788

WARUNKI TERMICZNE WE LWOWIE (1951–2023)

Thermal conditions in Lviv (1951–2023)

Abstract: The aim of the study is to determine the changes in air temperature in Lviv from 1951 to 2023 and their significance in the context of climate change in western Ukraine. Data were sourced from meteorological observations at Danylo Halytskyi International Airport in Lviv. The Mann-Kendall test was used to detect trends, and Sen's method estimated the rate of air temperature change. Additionally, selected indicators assessed the degree of climate continentality and its temporal variability in Lviv. Results reveal a statistically significant increase in annual mean air temperature of 0.31°C per decade, with pronounced warming in spring and summer. The number of frost days is decreased, while hot days and warm nights have become more frequent. Despite rising air temperatures, no significant changes in climate continentality were observed. These trends align with ongoing climate warming in Central Europe and may impact urban functionality and residents' thermal comfort.

Key words: climate change, air temperature, Lviv, characteristic days

Wpłynęło: 20.02.2025

Zaakceptowano: 06.05.2025

Zalecany sposób cytowania / Cite as: Bartoszek K., Kaszewski B.M., Siwek K., Shuber P., 2025, Warunki termiczne we Lwowie (1951–2023), *Prace i Studia Geograficzne*, 70.2, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego, Warszawa, 7–24, DOI: 10.48128/pisg-2025-70.2-01.

© Copyright by Wydział Geografii i Studiów Regionalnych Uniwersytetu Warszawskiego & Autorzy

Czasopismo otrzymało dofinansowanie w ramach programu Inicjatywa Doskonałości – Uczelnia Badawcza



Artykuł opublikowany przez SCIENDO i objęty licencją Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License

WSTĘP

Lwów jest jednym z ważniejszych miast zachodniej Ukrainy, położonym na pograniczu Roztocza Wschodniego (Roztocze Lwowskie) i Wyżyny Podolskiej, nad rzeką Pełtwią. Miasto znajduje się w odległości ponad 600 km od morza na północy i południu oraz około 2000 km od wybrzeża Oceanu Atlantyckiego. Charakterystyczne dla obszaru Lwowa są zróżnicowane wysokości terenu, wahające się od około 250 do 400 m n.p.m. Przez miasto przebiega europejski dział wodny oddzielający zlewisko Bałtyku (dorzecze Wisły) od zlewiska Morza Czarnego (dorzecze Dniestru). Według międzynarodowej klasyfikacji klimatów świata Köppena-Geigera klimat Lwowa należy do typu Dfb – zimny, bez wyraźnej pory suchej, z ciepłym i wilgotnym latem (Kottek i in. 2006). W klasyfikacji E. Romera (1949) miasto znajduje się w typie klimatów wyżyn środkowych (D) w krainie Lubelsko-Lwowskiej (D4).

Lwów ma długą historię obserwacji meteorologicznych, których początki sięgają końca XVIII w. (Shuber, Savka 2011). Pierwsze publikacje dotyczące danych meteorologicznych ukazały się w *Gazecie Lwowskiej* w październiku 1811 r.¹ Stacja meteorologiczna znajdowała się na terenie Uniwersytetu Lwowskiego, a początkowe pomiary wykonywano o godzinach 8:00, 15:00 i 22:00, zaś w latach 1812–1813 pierwszy pomiar odbywał się o wschodzie Słońca. W XIX w. stacja meteorologiczna była wielokrotnie przenoszona. W czasopiśmie *Kosmos* publikowane były zestawienia miesięczne wartości charakterystyk szeregu elementów meteorologicznych z lat 1882–1886 i 1888 (Buschak 1888).

Regularne obserwacje meteorologiczne rozpoczęto w 1893 r. (Kozłowska-Szczęsna 1993). Już wcześniej Romer (1907, s. 31) zwracał uwagę na brak wiarygodnych danych z XIX w.: „(...) indywidualności klimatu lwowskiego przedstawiam na podstawie krótkiego, bo tylko 10-letniego okresu (1886–95) z powodu, że dotychczas klimat ten nie doczekał się wyczerpującej monografii, a inne nawet bardzo poważne dzieła klimatologiczne nie uwzględniły pewnych wadliwości w długoletniej, starszej stacji Uniwersytetu i na podstawie tego materiału osiągnęły wadliwe wyniki”. W 1882 r. powstała druga stacja meteorologiczna w ramach Obserwatorium Astronomicznego Politechniki Lwowskiej, a dane z tej stacji publikowano w *Sprawozdaniach Komisji Fizjograficznej*. Stacja ta została zlikwidowana w latach 50. XX w. (Shuber, Savka 2011; Nazaruk, Bota 2023). Przebieg temperatury powietrza w latach 1910–1919 przedstawił L. Grabowski (1923).

K. Szulc (1921) przedstawił roczny przebieg temperatury powietrza we Lwowie w latach 1851–1900 oraz określił początek i długość trwania 6 pór roku. R. Merecki (1914) wykorzystał dane termiczne z różnych okresów (1851–1900, 1872–1896, 1878–1897) w swojej pracy *Klimatologia Ziemi Polskiej*. W okresie międzywojennym lwowska stacja uniwersytecka została włączona do ogólnopolskiej sieci meteorologicznej. Po II wojnie światowej kilkakrotnie ją przenoszono, co wpłynęło na ciągłość prowadzonych pomiarów. W latach 1919–1933 temperaturę powietrza rejestrowano jeszcze w trzech dodatkowych punktach pomiarowych. Wyniki obserwacji publikowano w rocznikach *Fizyki Komisji Geograficznej* (Shuber, Savka 2011).

W maju 1940 r., 1,5 km na południowy zachód od Lwowa, utworzono stację meteorologiczną przy lotnisku (Nazaruk, Bota 2023). W czerwcu 1941 r. działalność tej stacji została przerwana, a pomiary wznowiono 29 sierpnia 1944 r. W 1946 r. powstała nowa stacja meteorologiczna działająca w ramach Wydziału Geograficznego Uniwersytetu Lwowskiego w Ogrodzie Botanicznym, w dzielnicy Pohulanka (Shuber, Savka 2011).

Po II wojnie światowej opublikowano wiele prac wykorzystujących dane termiczne ze Lwowa, głównie w języku rosyjskim i ukraińskim. W większości badań analizowano średnie wartości miesięczne i roczne, rzadziej minimalne i maksymalne. Przykładowo, O.M. Ruda (2009) badała zmiany średniej rocznej temperatury powietrza w latach 1961–1990 oraz 1991–2005. P.M. Shuber i H.S. Sav-

¹ Oprócz temperatury powietrza podawanej w skali Reaumura, mierzono także ciśnienie atmosferyczne, nieco później wilgotność powietrza i sumy dobowe opadu atmosferycznego, a także opisywano stan nieba.

ka (2011) wykorzystali dane ze stacji lotniskowej we Lwowie do charakterystyki klimatu miasta w okresie 1961–1990. V.I. Osadchyi i V.M. Babichenko (2013) przedstawili średnie miesięczne oraz ekstremalne wartości temperatury maksymalnej i minimalnej z lat 1991–2010 na tle okresu 1961–2010. I.M. Shcherban i O.V. Khala (2014) analizowali dane z lat 1961–2011, a P. Shuber (2018) z okresu 1961–2010, charakteryzując klimat obwodu lwowskiego. Prognozowane zmiany temperatury powietrza we Lwowie na lata 2021–2050, w porównaniu z okresem 1986–2005, na podstawie modelu CORDEX przedstawili M.S. Zamfirova i V.M. Khokhlov (2020).

Również w Polsce opublikowano kilka prac dotyczących warunków termicznych we Lwowie. B. Mucha (2001) wykorzystał dane z lat 1961–2000 do analizy zmian temperatury powietrza w dorzeczu Górnego Dniestru. B. Mucha i J. Wawer (2011) opracowali charakterystykę przestrzennego zróżnicowania temperatury powietrza w mieście na podstawie pomiarów z lat 2007–2008. J. Boryczka i in. (2006) badali korelacje między temperaturą powietrza we Lwowie i Warszawie a wskaźnikiem Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO) w latach 1825–2000. R. Twardosz (2017) przeanalizował średnie miesięczne temperatury powietrza we Lwowie z lat 1951–2015, badając zmienność częstości anomalnie zimnych i ciepłych miesięcy w Polsce oraz jej bezpośrednim sąsiedztwie. Z kolei A. Marsz i A. Styszyńska (2018) wykorzystali zarówno dane obserwacyjne ze Lwowa (ze 140 lat), jak i dane zrekonstruowane dla tego miasta (ze 156 lat) do określenia średniej obszarowej temperatury powietrza w Polsce w sezonach zimowych (grudzień–marzec) w latach 1720–2015.

Celem niniejszej pracy jest analiza wieloletnich zmian temperatury powietrza we Lwowie w latach 1951–2023 oraz ich znaczenia w kontekście obserwowanych zmian klimatu na obszarze zachodniej Ukrainy. Badanie opiera się na długim szeregu danych pomiarowych, co umożliwia ocenę charakteru tych zmian na tle innych miast Europy Środkowo-Wschodniej. Dodatkowo praca we wstępie zawiera zarys historyczny pomiarów meteorologicznych we Lwowie, co pozwala lepiej zrozumieć ciągłość obserwacji oraz ich wartość w dokumentacji warunków termicznych miasta i dalszych badaniach nad jego klimatem.

MATERIAŁ I METODY

W niniejszej pracy wykorzystano dobowe wartości temperatury powietrza (średnia, minimalna i maksymalna) z lat 1951–2023. Dane pochodzą ze stacji meteorologicznej Zachodnioukraińskiego Centrum Meteorologicznego, zlokalizowanej na terenie portu Lotniczego Lwów im. Daniela Halickiego (49°48'26"N, 23°57'54"E, 323 m n.p.m.), oznaczonej w systemie WMO numerem 33393. Stacja ta, położona na południowo-zachodnich obrzeżach miasta, charakteryzuje się otwartą przestrzenią, co minimalizuje wpływ zabudowy na pomiary meteorologiczne (Shuber, Savka 2011). Przerwy w ciągłości danych wynikające z bombardowania lotniska 18 marca 2022 r. uzupełniono danymi ze stacji klimatologicznej IMGW-PIB w Tomaszowie Lubelskim.

Na podstawie zgromadzonych danych przeanalizowano wieloletni przebieg temperatury powietrza, określono jej zmienność w skali roku oraz oceniono długoterminowe trendy i ich istotność statystyczną. Do analizy trendów zastosowano test Manna-Kendalla, uwzględniając poziomy istotności $p < 0,001$, $p < 0,01$ i $p < 0,05$, a do określenia wielkości zmian w czasie wykorzystano metodę Sen'a (Sen 1968; Kendall 1975).

W celu dokładniejszej charakterystyki warunków termicznych określono liczbę dni i nocy charakterystycznych, bazując na klasyfikacji U. Kossowskiej-Cezak (2014). W okresie chłodnym wyróżniono: dni przymrozkowe, gdy minimalna temperatura powietrza spadała poniżej 0°C, a maksymalna pozostawała dodatnia; dni mroźne, w których temperatura maksymalna nie przekraczała 0°C; dni bardzo mroźne, gdy temperatura maksymalna była $< -10^{\circ}\text{C}$. W okresie ciepłym analizowano częstość dni gorących ($30^{\circ}\text{C} \geq t_{\text{max}} > 25^{\circ}\text{C}$) i upalnych ($t_{\text{max}} > 30^{\circ}\text{C}$). Dodatkowo uwzględniono charaktery-

stykę termicznych nocy wyróżniając noce ciepłe ($18^{\circ}\text{C} \geq t_{\min} > 15^{\circ}\text{C}$), bardzo ciepłe ($20^{\circ}\text{C} \geq t_{\min} > 18^{\circ}\text{C}$) oraz tropikalne ($t_{\min} > 20^{\circ}\text{C}$). Na tej podstawie określono ich częstość w kolejnych dekadach oraz zmiany w czasie.

Ocenie poddano również sezonowe zmiany warunków termicznych we Lwowie uwzględniając zarówno podział na termiczne pory roku, jak i tzw. klasyfikację kwantylową. Daty początku sześciu pór roku określono metodą Huculaka i Makowca (1977), wyznaczając średnie terminy ich występowania oraz analizując zmienność w wieloleciu. Na tej podstawie określono długość trwania zimy, przedwiośnia, wiosny, lata, jesieni i przedzimia oraz ich przesunięcia w czasie. Ponadto zastosowano klasyfikację kwantylową zgodnie z podejściem B. Czerneckiego i M. Miętusa (2011), wyróżniając 11 klas termicznych przypisanych do określonych przedziałów temperatury powietrza. Analizując wyniki oceniono, jak często w kolejnych dekadach występowały miesiące i lata należące do poszczególnych klas.

Dodatkowo dokonano oceny stopnia kontynentalizmu i oceanizmu klimatu Lwowa na podstawie różnych wskaźników stosowanych w klimatologii. Obliczono indeks kontynentalizmu Rivas-Martíneza i in. (2011), wskaźnik Gorczyńskiego (1918), wskaźnik Iwanowa (1959) oraz wskaźnik oceanizmu Marsza (1995). Analiza zmian wartości tych wskaźników w latach 1951–2023 pozwoliła określić, czy w długim okresie klimat Lwowa wykazuje tendencję do zwiększania lub zmniejszania cech kontynentalnych.

WYNIKI

Przebieg wieloletni i roczny temperatury powietrza

Średnia roczna temperatura powietrza we Lwowie w latach 1951–2023 wynosiła $7,7^{\circ}\text{C}$ (tabela 1). Najcieplejszym miesiącem był lipiec ze średnią temperaturą $18,2^{\circ}\text{C}$, podczas gdy najchłodniejszy to styczeń ze średnią $-3,6^{\circ}\text{C}$. Absolutne maksimum temperatury wynosi $35,1^{\circ}\text{C}$ i zostało odnotowane 16 sierpnia 1952 r., natomiast absolutne minimum temperatury to $-29,5^{\circ}\text{C}$, które wystąpiło 10 lutego 1956 r. Analizując średnie roczne i miesięczne wartości temperatury powietrza, to najwyższe wartości dla poszczególnych miesięcy występowały najczęściej po roku 2000, z rekordowym rokiem 2019, w którym odnotowano najwyższą średnią temperaturę roczną ($9,8^{\circ}\text{C}$)². Z kolei najniższa średnia roczna temperatura powietrza wystąpiła w 1956 r. ($5,5^{\circ}\text{C}$).

Zakres zmienności średnich miesięcznych temperatur powietrza pomiędzy najcieplejszymi a najchłodniejszymi latami różni się w zależności od miesiąca (tabela 1). Największe różnice zaobserwowano w lutym ($16,6^{\circ}\text{C}$) i styczniu ($14,5^{\circ}\text{C}$), podczas gdy najmniejsze w maju i czerwcu (po $7,2^{\circ}\text{C}$). Zauważalne są wyraźne różnice między porami roku, gdzie miesiące zimowe cechują się największą zmiennością temperatury powietrza, a wiosenne i letnie – najmniejszą.

W przebiegu rocznym najwyższa średnia dobową temperatura powietrza przypada przeciętnie na 3 sierpnia i wynosi $19,1^{\circ}\text{C}$, natomiast najniższa na 19 stycznia ($-4,2^{\circ}\text{C}$) (ryc. 1). Średnia temperatura maksymalna osiąga najwyższą wartość również 3 sierpnia ($24,9^{\circ}\text{C}$), natomiast najniższa temperatura minimalna występuje przeciętnie 19 stycznia ($-7,4^{\circ}\text{C}$).

Analiza trendów wskazuje na istotny wzrost średniej miesięcznej temperatury powietrza w większości miesięcy (ryc. 2). Największe tempo wzrostu zaobserwowano w marcu ($+0,52^{\circ}\text{C}$ na 10 lat, $p < 0,001$) oraz w sierpniu ($+0,33^{\circ}\text{C}$ na dekadę, $p < 0,001$). Średnia roczna temperatura powietrza wzrastała w tempie $+0,31^{\circ}\text{C}$ na 10 lat, a trend również był statystycznie istotny na poziomie 0,001. W przypadku temperatury maksymalnej najsilniejsze trendy wzrostowe odnotowano

² Średnia roczna temperatura powietrza we Lwowie w 2024 r. wyniosła $10,7^{\circ}\text{C}$, jednak rok ten nie był już ujęty w opracowaniu.

Tabela 1. Średnie charakterystyki termiczne we Lwowie (1951–2023)**Table 1.** Average thermal characteristics in Lviv (1951–2023)

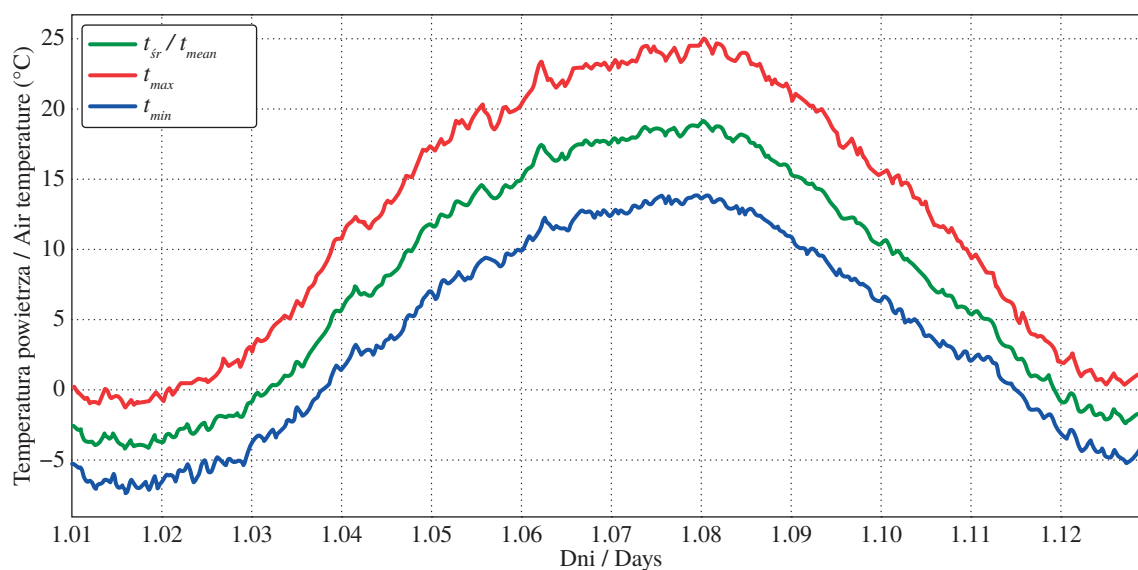
Miesiące Months	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Rok
t_{sr} średnie <i>T_{mean} average</i>	–3,6	–2,5	1,5	8,0	13,3	16,7	18,2	17,6	13,2	8,1	2,8	–1,6	7,7
t_{sr} najwyższe <i>T_{mean} maximum</i> Rok <i>Year</i>	2,4 2007	3,5 2002	6,4 2007	12,9 2018	16,9 2003	21,1 2019	21,3 2021	21,2 2015	17,2 2023	11,9 1966	6,9 2000	2,7 2015	9,8 2019
t_{sr} najniższe <i>T_{mean} minimum</i> Rok <i>Year</i>	–12,1 1963	–13,1 1956	–6,6 1952	3,8 1997	9,7 1980	13,9 1984	14,6 1979	14,5 1987	9,9 1996	4,9 1951	–3,8 1993	–7,0 2002	5,5 1956
Zakres zmienności <i>Range of variability</i>	14,5	16,6	13,0	9,1	7,2	7,2	6,7	6,7	7,3	7,0	10,8	9,7	4,2
t_{max} średnie <i>T_{max} average</i>	–0,7	0,9	5,9	13,2	18,7	22,1	23,7	23,3	18,5	13,0	6,0	1,1	12,2
t_{max} najwyższe <i>T_{max} maximum</i> Rok <i>Year</i>	5,3 2007	7,9 2002	11,0 1990	19,3 2018	22,6 2002	27,1 2019	26,7 2021	28,2 2015	23,5 2023	17,1 2000	11,0 2000	5,9 2015	14,6 2019
t_{min} średnie <i>T_{min} average</i>	–6,6	–5,6	–2,0	3,5	8,2	11,6	13,1	12,6	8,7	4,2	0,1	–4,3	3,7
t_{min} najniższe <i>T_{min} minimum</i> Rok <i>Year</i>	–15,8 1963	–17,4 1956	–11,5 1952	0,1 1997	5,1 1980	9,5 1994	9,8 1993	9,4 1995	5,9 1959	0,9 1979	–7,9 1993	–10,6 2002	1,7 1956

Źródło: opracowanie własne.

Source: own elaboration.

w marcu, gdzie temperatura rosła o 0,62°C na dekadę ($p < 0,001$), oraz w sierpniu (+0,41°C na 10 lat, $p < 0,001$). Z kolei temperatura minimalna wykazała najwyższy wzrost w styczniu (+0,47°C na dekadę, $p < 0,01$) i sierpniu (+0,22°C na 10 lat, $p < 0,01$). Podsumowując, trendy były szczególnie wyraźne w miesiącach wiosennych i letnich, podczas gdy w okresie jesiennym zmiany były mniej znaczące.

Analiza klasyfikacji termicznej miesięcy i lat we Lwowie potwierdza wzrost częstości miesięcy ciepłych i bardzo ciepłych w ostatnich dwóch dekadach, co odpowiada obserwowanym trendom wzrostu temperatury powietrza (ryc. 3). W latach 50. i 60. XX w. dominowały miesiące chłodne, a lata ekstremalnie chłodne nie należały do rzadkości. Okresy anomalnie i ekstremalnie ciepłe zdarzały się sporadycznie. W kolejnych dekadach, zwłaszcza od lat 90., zauważalny jest istotny wzrost udziału miesięcy „ekstremalnie ciepłych” i „anomalnie ciepłych”, a jednocześnie miesiące chłodne, zwłaszcza „ekstremalnie chłodne”, występują coraz rzadziej. Przełom nastąpił na początku XXI w., kiedy liczba miesięcy ciepłych zaczęła wyraźnie przewyższać liczbę chłodnych. Charakterystyka termiczna lat również wskazuje na dominację lat ciepłych i bardzo ciepłych, podczas gdy lata ekstremalnie chłodne praktycznie przestały występować. Szczególnie zauważalne zmiany miały miejsce wiosną i latem, kiedy temperatury powietrza coraz częściej przekraczały średnie wieloletnie. Trend ten wskazuje na trwałe ocieplenie klimatu, które nasiliło się w ostatnich dwóch dekadach.

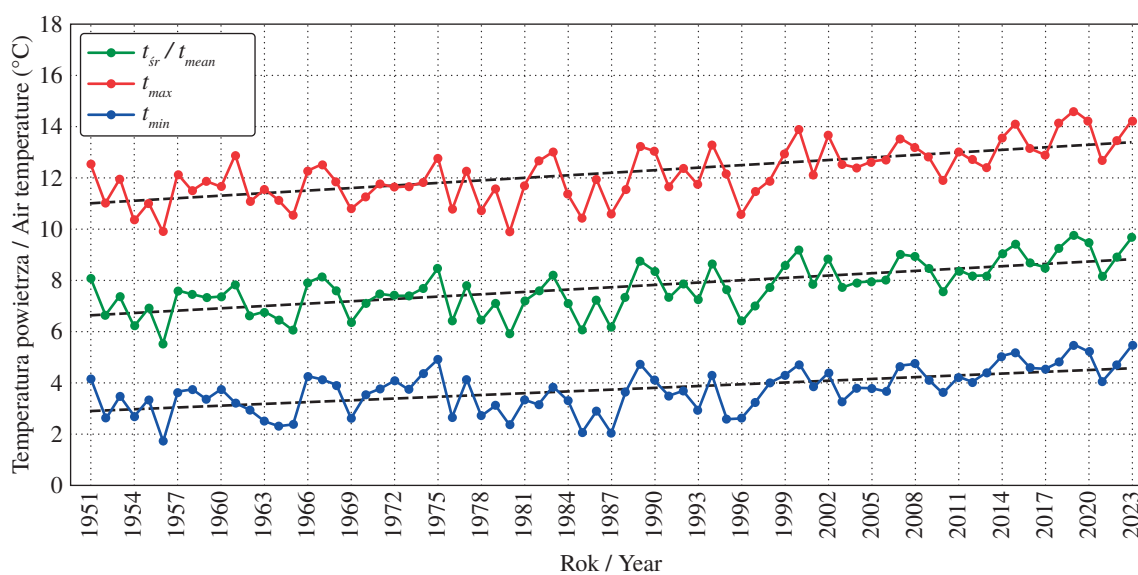


Ryc. 1. Roczny przebieg średniej dobowej, maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza we Lwowie w latach 1951–2023

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 1. Annual course of daily mean, maximum, and minimum temperature in Lviv from 1951 to 2023

Source: own elaboration.



Ryc. 2. Przebieg wieloletni średniej, maksymalnej i minimalnej temperatury powietrza we Lwowie w latach 1951–2023

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 2. Long-term course of mean, maximum, and minimum air temperature in Lviv from 1951 to 2023

Source: own elaboration.

Dni charakterystyczne w chłodnej części roku

W analizowanym wieloleciu dni przymrozkowe we Lwowie występowały średnio 73 razy w roku (tabela 2). Najwięcej takich dni odnotowano w 1997 r. (101 dni), a najmniej w latach 1967 i 2010 (47 dni) (ryc. 4). W latach 1965–1970 liczba dni przymrozkowych była wyraźnie niższa, ze średnią wynoszącą 58 dni rocznie, natomiast w drugiej połowie lat 90. osiągnęła najwyższe wartości. W przebiegu rocznym najczęściej dni przymrozkowych występowało w marcu (średnio 15,0 dni), a od grudnia do lutego ich liczba wynosiła od 11,7 do 13,0 dni. Najwcześniejszy spadek temperatury minimalnej powietrza poniżej 0°C miał miejsce 17 września 1952 r., a najpóźniejszy 23 maja 1980 r. W analizowanym okresie liczba dni przymrozkowych nie wykazywała istotnego statystycznie trendu (wzrost o 0,99 dnia na 10 lat).

Średnia liczba dni mroźnych wynosiła 44 dni rocznie (tabela 2). Najwięcej takich dni zaobserwowano w 1964 r. (79 dni), a najmniej w 2020 r. (5 dni). W latach 2010–2023 liczba dni mroźnych była wyraźnie niższa niż w poprzednich dekadach i wynosiła przeciętnie 17 dni rocznie (ryc. 4). W przebiegu rocznym największa liczba dni mroźnych występowała w styczniu (14,3 dnia), grudniu (11,0 dni) oraz lutym (10,9 dnia). Najwcześniejszy dzień mroźny odnotowano 25 października 1979 r., a najpóźniejszy 8 kwietnia 2003 r. Liczba dni mroźnych wykazywała istotny statystycznie trend spadkowy na poziomie 0,01 (spadek o 3,36 dnia na 10 lat).

Dni bardzo mroźne występowały średnio 3 razy w roku (tabela 2). Nie występowały w 32 spośród analizowanych lat, natomiast najczęściej takich dni zaobserwowano w 1954 r. (23 dni). W latach 1960–1980 dni bardzo mroźne pojawiały się znacznie częściej, podczas gdy po 1990 r. występowały sporadycznie (ryc. 4). W całym wieloleciu najczęściej obserwowano je w styczniu (1,4 dnia) i lutym (0,7 dnia). Najwcześniejszy dzień bardzo mroźny miał miejsce 18 listopada 1965 r., a najpóźniejszy 8 marca 1964 r.

Tabela 2. Średnia liczba dni charakterystycznych w okresie od września do maja we Lwowie w latach 1951–2023

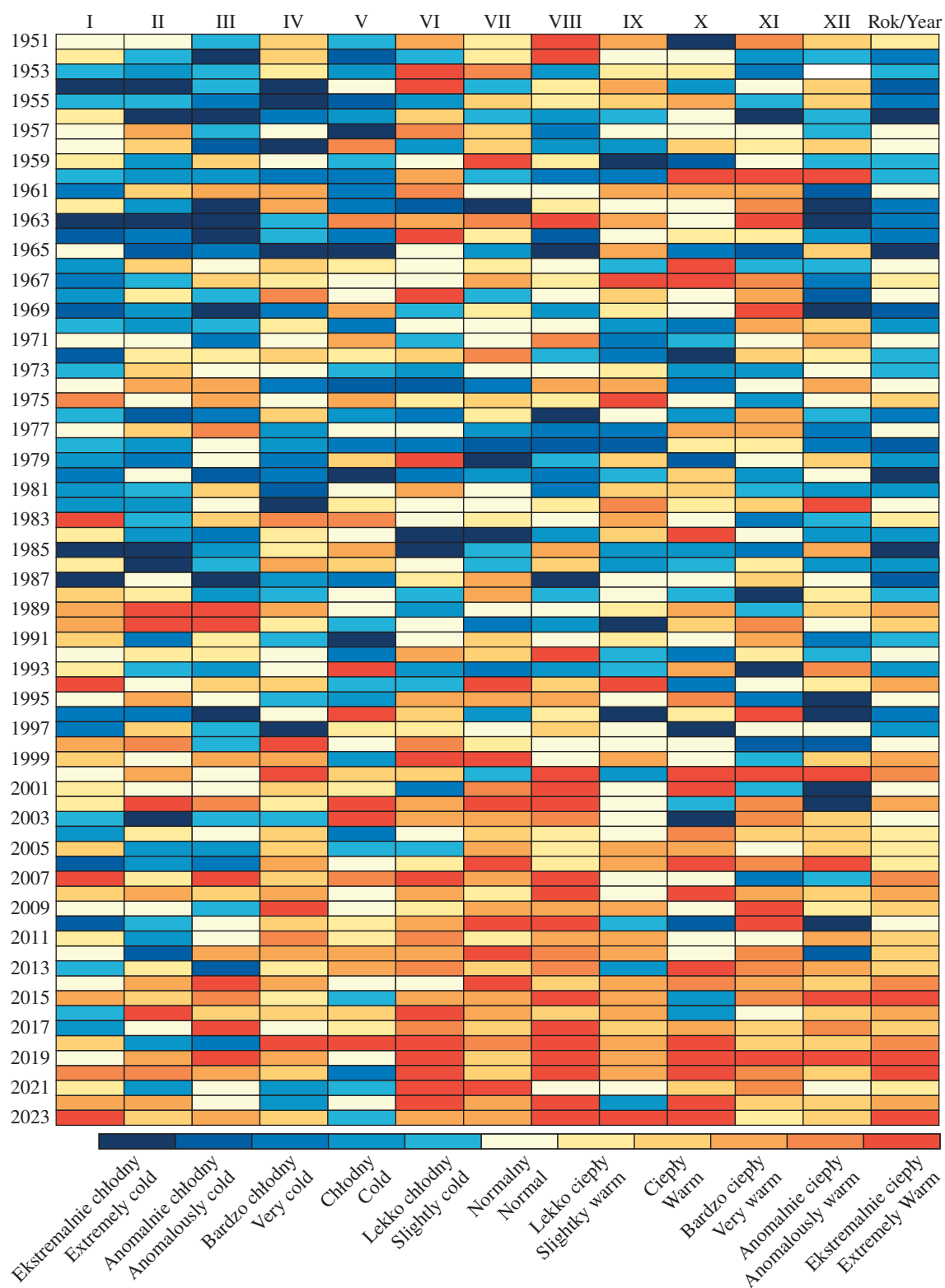
Table 2. The average number of characteristic days from September to May in Lviv from 1951 to 2023

Dni Days	IX	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	Rok Year
Przymrozkowe Frost	0,2	4,7	10,4	13,0	11,7	12,1	15,0	5,4	0,4	72,8
Mroźne Cold	.	0,1	3,6	11,0	14,3	10,8	4,6	0,1	.	44,5
Bardzo mroźne Very cold	.	.	.	0,5	1,4	0,7	.	.	.	2,7

Źródło: opracowanie własne.
Source: own elaboration.

Dni i noce charakterystyczne w ciepłej części roku

Dni gorące w analizowanym okresie 1951–2023 występowały średnio 32 razy w roku (tabela 3). Najwięcej takich dni odnotowano w 2018 r. (69 dni), a najmniej w 1980 r. (9 dni; ryc. 5). W latach 1950–1970 liczba dni gorących była umiarkowana, z roczną średnią wynoszącą 28 dni. Natomiast po 1990 r. odnotowano wyraźny wzrost, ze średnią 38 dni rocznie. W przebiegu rocznym najczęściej dni gorących występowało w lipcu (około 10 dni) i sierpniu (9 dni), natomiast w kwietniu (0,2 dnia) i wrześniu (około 2 dni) pojawiały się sporadycznie. Najwcześniejszy dzień gorący miał miejsce 23 kwietnia

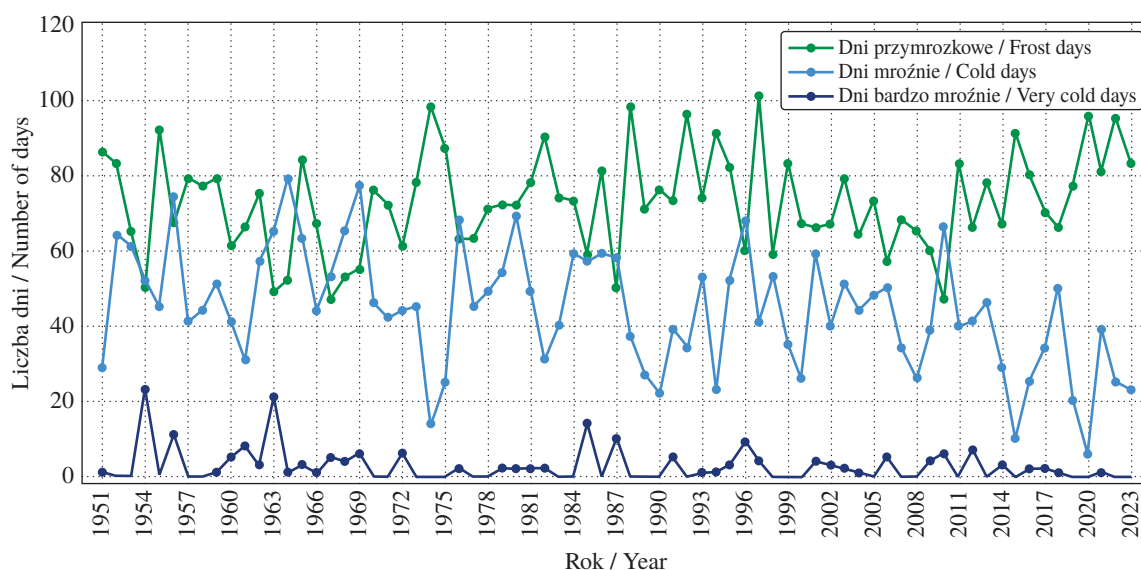


Ryc. 3. Klasyfikacja termiczna miesięcy i lat we Lwowie (1951–2023)

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 3. Thermal classification of months and years in Lviv (1951–2023)

Source: own elaboration.



Ryc. 4. Zmienność liczby dni przymrozkowych, mroźnych i bardzo mroźnych we Lwowie w latach 1951–2023
Źródło: opracowanie własne.

Fig. 4. Variability in the number of frost days, cold days, and very cold days in Lviv from 1951 to 2023
Source: own elaboration.

Tabela 3. Średnia liczba dni charakterystycznych w okresie od kwietnia do września we Lwowie w latach 1951–2023

Table 3. The average number of characteristic days from April to September in Lviv from 1951 to 2023

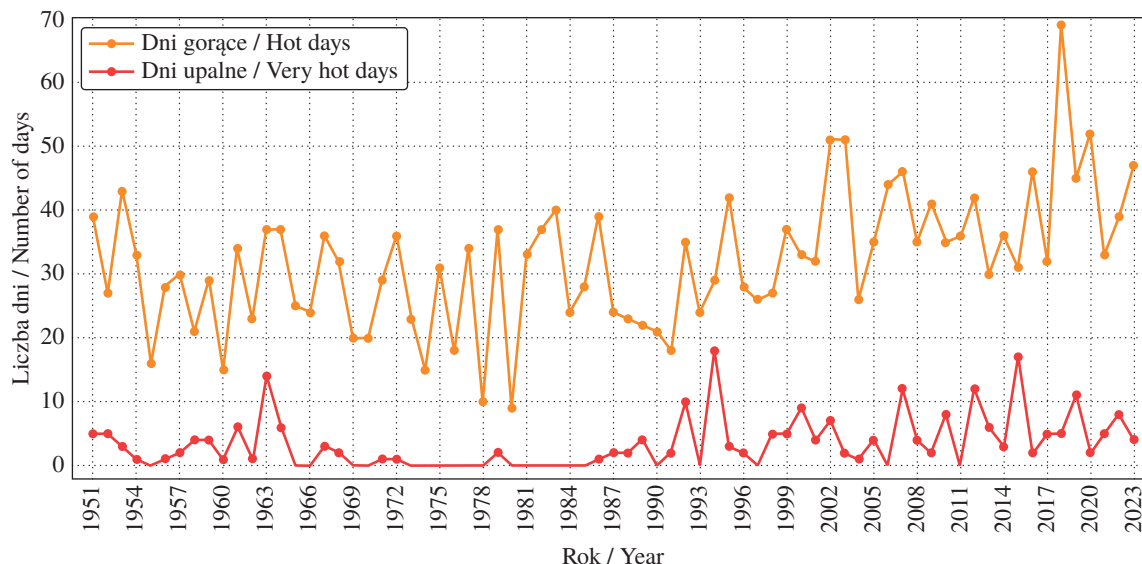
Dni Days	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Rok Year
Gorące Warm	0,2	2,6	7,5	10,3	8,9	2,4	0,0	32,0
Upalne Hot	·	·	0,5	1,4	1,4	0,1	·	3,4
Noce Nights	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Rok Year
Ciepłe Warm	·	0,4	3,9	7,6	6,0	0,6	·	18,6
Bardzo ciepłe Very warm	·	·	0,2	0,9	0,5	·	·	1,5
Tropikalne Tropical	·	·	0,0	0,0	0,0	·	·	0,1

Źródło: opracowanie własne.
Source: own elaboration.

1968 r., a najpóźniejszy 14 października 1993 r. Liczba dni gorących wykazywała istotny statystycznie trend wzrostowy na poziomie 0,01 (wzrost o 2 dni na 10 lat).

Dni upalne występowały średnio około 3 dni w roku. W 33 spośród analizowanych lat nie odnotowano takich dni. Najwięcej dni upalnych zaobserwowano w 1994 r. (18 dni; ryc. 5). W latach 1970–1990 pojawiały się one wyjątkowo rzadko, a ich liczba zaczęła wyraźnie rosnąć dopiero po

2000 r. osiągając maksymalne wartości w ostatnich latach. Najwięcej takich dni występowało w lipcu i sierpniu (około 1,5 dnia). Najwcześniejszy dzień upalny odnotowano 23 maja 2007 r., a najpóźniejszy 18 września 1961 r.

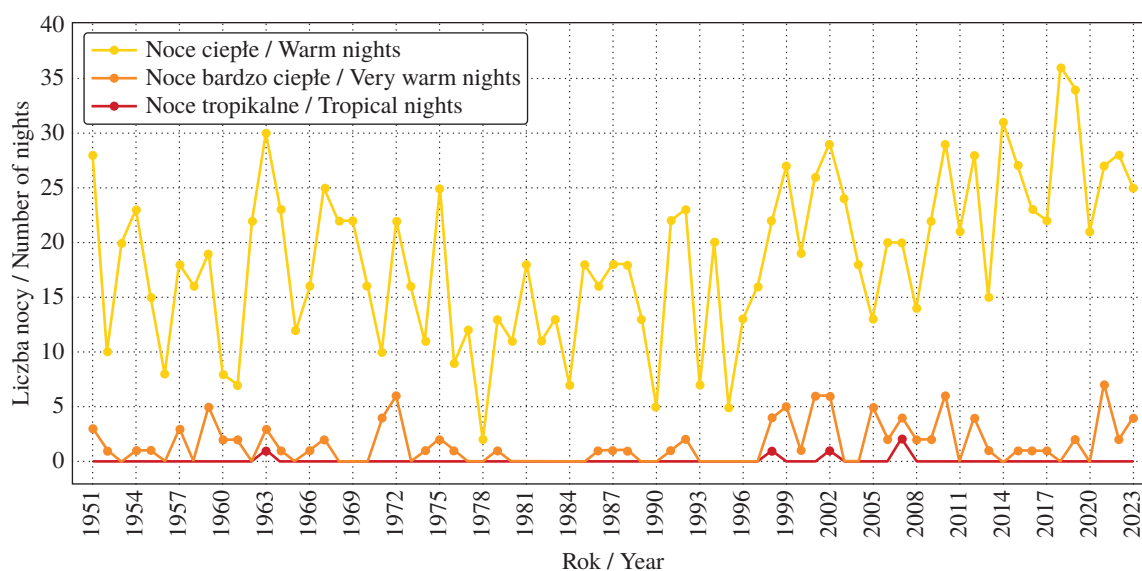


Ryc. 5. Zmienność liczby dni gorących i upalnych we Lwowie w latach 1951–2023

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 5. Variability of warm and hot days in Lviv from 1951 to 2023

Source: own elaboration.



Ryc. 6. Zmienność liczby nocy ciepłych, bardzo ciepłych i tropikalnych we Lwowie w latach 1951–2023

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 6. Variability of warm, very warm, and tropical nights in Lviv from 1951 to 2023

Source: own elaboration.

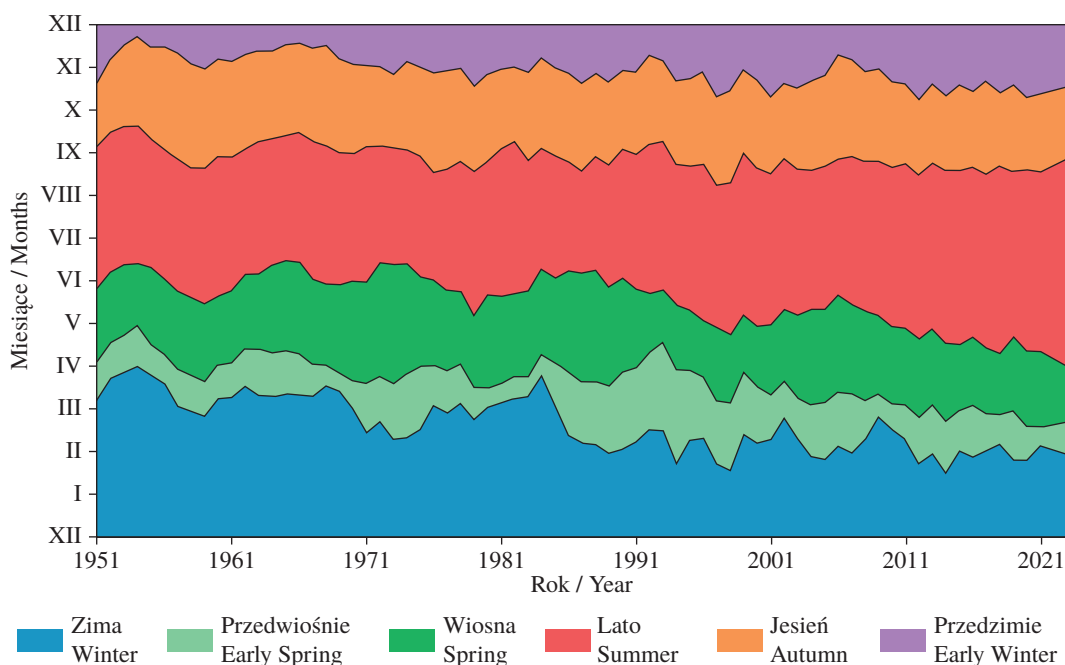
Noce ciepłe występowały średnio 19 razy w roku (tabela 3). Najwięcej odnotowano ich w 2018 r. (36 nocy), a najmniej w 1978 r. (2 noce) (ryc. 6). W latach 1951–1970 liczba nocy ciepłych była umiarkowana, natomiast od lat 90. XX w. zauważono ich wzrost, ze średnią wynoszącą około 25 przypadków w roku. Najczęściej występowały w lipcu (około 8 nocy) i sierpniu (6 nocy). Najwcześniejsza noc ciepła miała miejsce 1 maja 2003 r., a najpóźniejsza 23 września 1981 r. Liczba nocy ciepłych wykazywała istotny statystycznie trend wzrostowy na poziomie 0,01 (wzrost o 1,4 przypadków na 10 lat).

Noce bardzo ciepłe występowały sporadycznie, średnio raz lub dwa razy w roku. W 45 spośród analizowanych lat nie odnotowano ich wcale, a najczęściej zaobserwowano w 2021 r. (7 przypadków). W latach 1951–2000 były one rzadkością, natomiast po 2000 r. zaczęły pojawiać się częściej, zwłaszcza w lipcu i sierpniu. Najwcześniejsza noc bardzo ciepła miała miejsce 29 czerwca 1963 r., a najpóźniejsza 24 sierpnia 2007 r.

Noce tropikalne były wyjątkowo rzadkie, występując jedynie w czterech latach w analizowanym okresie 1951–2023. Najwięcej takich nocy zaobserwowano w 2007 r. (2 noce) (ryc. 6). Pojedyncze przypadki nocy tropikalnych miały miejsce w latach 1963, 1998 i 2002, co podkreśla ich sporadyczny charakter.

Termiczne pory roku

We Lwowie w okresie 1951–2023 termiczna zima rozpoczynała się średnio 9 grudnia i trwała 83 dni, a przedwiośnie zaczynało się 25 lutego i utrzymywało przez 35 dni. Termiczna wiosna, rozpoczynająca się przeciętnie 31 marca, trwała 58 dni, natomiast lato – najdłuższa pora roku – zaczynało się 29 maja i obejmowało średnio 99 dni. Termiczna jesień zaczynała się przeciętnie 5 września i trwała 62 dni, a najkrótsze przedzimy – trwające 33 dni – rozpoczynało się przeciętnie 6 listopada. Wśród wszystkich termicznych pór roku największe wahania terminów początku występowały w przedwiośniu, a najmniejsze w przedzimy, natomiast w przypadku długości trwania największe różnice obserwowano w zimie, a najmniejsze w jesieni.



Ryc. 7. Zmiany dat początku i długości termicznych pór roku w Lwowie w latach 1951–2023

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 7. Changes in the onset dates and duration of thermal seasons in Lviv from 1951 to 2023

Source: own elaboration.

W analizowanym okresie początek termicznego przedwiośnia ulegał istotnemu statystycznie przyspieszeniu o 5 dni na dekadę ($p < 0,001$), a jego długość wzrastała o 3 dni na dekadę ($p < 0,05$) (ryc. 7). Wiosna również w ostatnim okresie rozpoczynała się wcześniej, przesuwając się średnio o 2 dni na dekadę ($p < 0,01$), jednak jej długość nie wykazywała istotnej zmiany. Termiczne lato wykazywało statystycznie istotne przyspieszenie początku o 2 dni na dekadę ($p < 0,05$) i jednocześnie wydłużenie o 3 dni na dekadę ($p < 0,05$). W przypadku jesieni i przedzimia trendy w datach początku oraz ich długości nie były istotne statystycznie. Termiczna zima natomiast zaczynała się coraz później, z przesunięciem o 3 dni na dekadę ($p < 0,05$), a jej długość ulegała skróceniu w tempie 8 dni na dekadę ($p < 0,001$) (ryc. 7).

KONTYNENTALIZM I OCEANICZNOŚĆ KLIMATU LWOWA

Jednym z podstawowych wskaźników charakteryzujących klimat danego miejsca jest indeks kontynentalizmu (I_c). Wskaźnik ten – zaproponowany przez Rivas-Martíneza i in. (2011) do celów bioklimatycznych – oblicza się według wzoru:

$$I_c = T_{max} - T_{min} \quad (1)$$

gdzie I_c oznacza indeks kontynentalizmu ($^{\circ}\text{C}$), T_{max} to średnia miesięczna temperatura powietrza najcieplejszego miesiąca ($^{\circ}\text{C}$), a T_{min} – średnia miesięczna temperatura powietrza najchłodniejszego miesiąca ($^{\circ}\text{C}$). Autorzy wyróżniają 3 główne typy kontynentalizmu: hiperoceaniczny ($I_c = 0\text{--}11^{\circ}\text{C}$), oceaniczny ($I_c = 11\text{--}21^{\circ}\text{C}$) i kontynentalny ($I_c = 21\text{--}66^{\circ}\text{C}$). Dodatkowo w obrębie tych typów wydzielają 9 podtypów, w tym m.in.: euoceaniczny ($I_c = 14\text{--}17^{\circ}\text{C}$) i semikontynentalny ($I_c = 17\text{--}21^{\circ}\text{C}$) w typie oceanicznym, a także subkontynentalny ($I_c = 21\text{--}28^{\circ}\text{C}$) oraz eukontynentalny ($I_c = 28\text{--}46^{\circ}\text{C}$) w typie kontynentalnym.

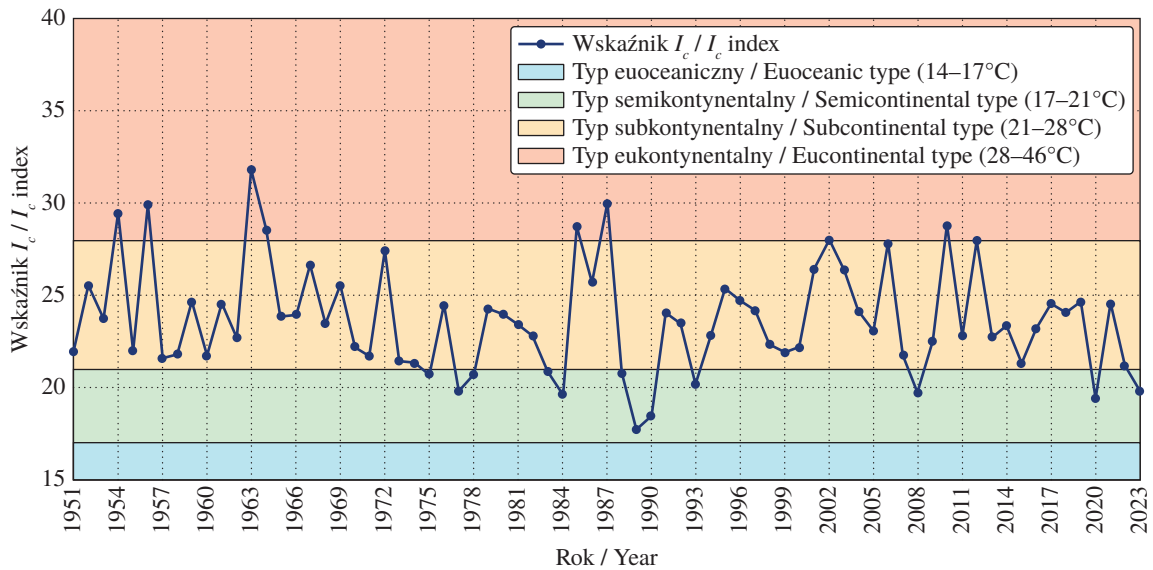
Średnia wartość wskaźnika I_c dla Lwowa w latach 1951–2023 wyniosła $23,7^{\circ}\text{C}$, co klasyfikuje ten klimat jako kontynentalny w podtypie subkontynentalnym (ryc. 8). Najwyższą wartość wskaźnika zanotowano w 1963 r. ($I_c = 31,9^{\circ}\text{C}$), a najniższą w 1989 r. ($I_c = 17,8^{\circ}\text{C}$). Wskaźnik I_c w niektórych latach wykazywał wartości charakterystyczne dla typu oceanicznego ($I_c < 21^{\circ}\text{C}$), co oznaczało osłabienie cech kontynentalnych klimatu. Takie sytuacje zdarzały się kilkakrotnie w latach 1975–1993 oraz w XXI w. Z kolei lata o wyraźnym kontynentalnym charakterze (podtyp eukontynentalny) pojawiały się w latach 50. i 60. oraz w połowie lat 80. XX w. i po roku 2000 – jeden taki przypadek odnotowano w 2010 r. Analiza zmian wskaźnika I_c w latach 1951–2023 wykazała nieistotny statystycznie spadek jego wartości wynoszący $-0,193^{\circ}\text{C}$ na 10 lat.

Najczęściej stosowanym w Europie wskaźnikiem kontynentalizmu (np. Ciaranek 2014; Vilček i in. 2016; Vlăduț i in. 2018) jest wskaźnik Gorczyńskiego (K_G). Oblicza się go według równania (Gorczyński 1918):

$$K_G = 1,7 \cdot \left(\frac{A}{\sin \varphi} \right) - 20,4 \quad (2)$$

gdzie K_G jest procentowym wskaźnikiem kontynentalności (%), A oznacza roczną amplitudę temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}$), a φ reprezentuje szerokość geograficzną w stopniach. Na podstawie tej formuły W. Gorczyński (1918) wyróżnił trzy poziomy kontynentalności: przejściowo-morski ($K_G = 0\text{--}33\%$), kontynentalny ($K_G = 34\text{--}66\%$) i skrajnie kontynentalny ($K_G = 67\text{--}100\%$).

Średnia wartość wskaźnika K_G dla Lwowa w latach 1951–2023 wyniosła $33,1\%$, co wskazuje na granicę między klimatem przejściowo-morskim a kontynentalnym (ryc. 9). Najmniejszą wartość



Ryc. 8. Wieloletni przebieg indeksu kontynentalizmu (I_c) we Lwowie w latach 1951–2023

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 8. Long-term trend of the continentality index (I_c) in Lviv from 1951 to 2023

Source: own elaboration.

wskaźnika zanotowano w 1989 r. ($K_G = 20\%$), natomiast najwyższą w 1963 r. ($K_G = 52\%$). W przekroju wieloletnim, w 40 latach wartości K_G wskazywały na występowanie klimatu przejściowo-morskiego, a w 33 latach klimatu kontynentalnego. Natomiast ani razu wskaźnik nie osiągnął wartości charakterystycznych dla klimatu skrajnie kontynentalnego ($K_G > 66\%$). Analiza wieloletnich zmian wskaźnika K_G wykazała nieistotny statystycznie trend malejący jego wartości wynoszący $-0,414\%$ na 10 lat.

Nieco inny jest wskaźnik kontynentalizmu klimatu Iwanowa (K_I), którego wartość oblicza się według wzoru (za: Vilček i in. 2016):

$$K_I = \frac{100 \cdot A}{0,33 \cdot \varphi} \quad (3)$$

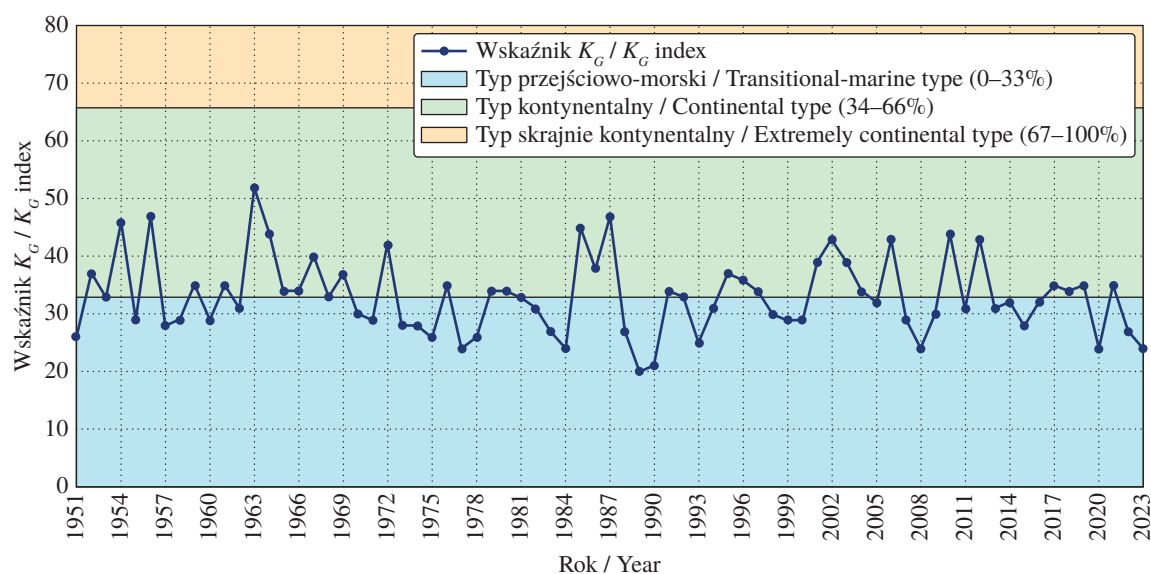
gdzie K_I to wskaźnik kontynentalizmu (%), A oznacza roczną amplitudę temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}$), a φ reprezentuje szerokość geograficzną. Na podstawie wartości K_I wyróżnia się m.in. typ lekko kontynentalny ($K_I = 101\text{--}121\%$), umiarkowanie kontynentalny ($K_I = 122\text{--}146\%$), kontynentalny ($K_I = 147\text{--}177\%$) i silnie kontynentalny ($K_I = 178\text{--}214\%$).

Średnia wartość wskaźnika K_I dla Lwowa w latach 1951–2023 wyniosła 147% , co klasyfikuje go na granicy klimatu umiarkowanie kontynentalnego i kontynentalnego (ryc. 10). Ekstremalne wartości zanotowano w 1989 r. ($K_I = 110\%$) oraz 1963 r. ($K_I = 198\%$). W analizowanym okresie w trzech latach wartość K_I wskazywała na cechy klimatu lekko kontynentalnego, w 36 latach na klimat umiarkowanie kontynentalny, w 27 latach na kontynentalny, a w 6 latach na silnie kontynentalny. Analiza wieloletnich zmian wskaźnika K_I w latach 1951–2023 wykazała nieistotny statystycznie trend spadkowy wynoszący $-1,116\%$ na 10 lat.

Dodatkowo jako miarę wpływu cech oceanicznych na klimat Lwowa zastosowano bezwymiarowy wskaźnik oceanizmu (O_c), którego wartość oblicza się według wzoru (Marsz 1995):

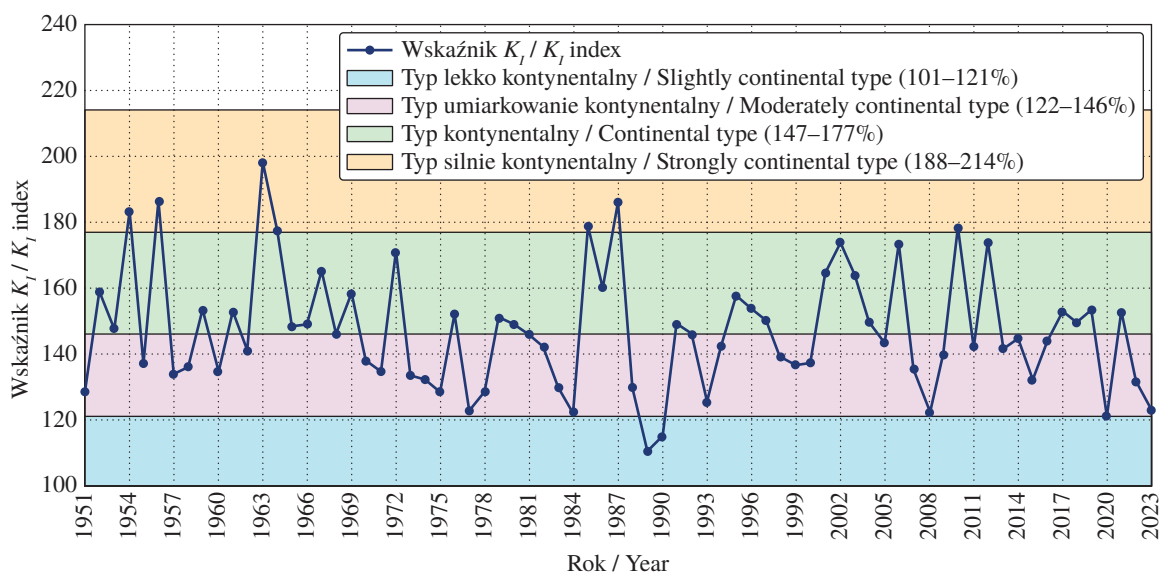
$$O_c = \frac{0,732 \cdot \varphi + 1,767}{A} \quad (4)$$

gdzie φ – szerokość geograficzna stacji, A – roczna amplituda temperatury powietrza ($^{\circ}\text{C}$).



Ryc. 9. Wieloletni przebieg wskaźnika kontynentalizmu Gorczyńskiego (K_G) we Lwowie w latach 1951–2023
Źródło: opracowanie własne.

Fig. 9. Long-term trend of Gorczyński continentality index (K_G) in Lviv from 1951 to 2023
Source: own elaboration.



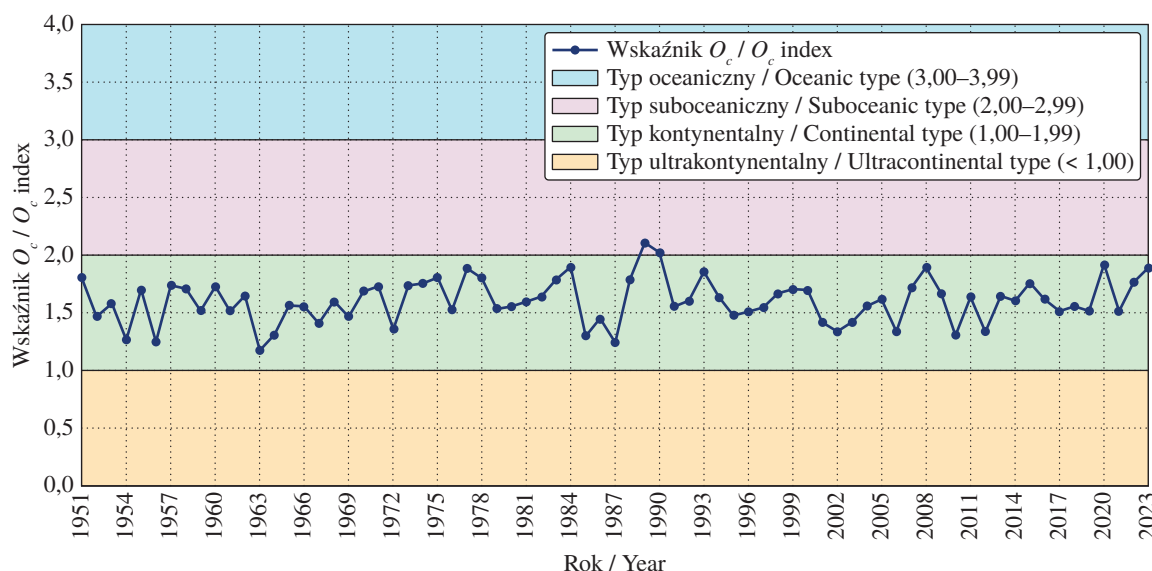
Ryc. 10. Wieloletni przebieg wskaźnika kontynentalizmu Iwanowa (K_I) we Lwowie w latach 1951–2023
Źródło: opracowanie własne.

Fig. 10. Long-term trend of Ivanov continentality index (K_I) in Lviv from 1951 to 2023
Source: own elaboration.

Wskaźnik O_c określa stopień oceaniczności lub kontynentalności klimatu. Informuje on również o szacunkowym udziale mas powietrza oceanicznego (PM) i kontynentalnego (PK) w danym miejscu (Marsz 1995). Klasyfikacja wyróżnia między innymi następujące typy klimatu:

- oceaniczny ($3,99 \leq O_c \leq 3,00$), w którym wyraźnie dominują masy PM, okresowo pojawiają się masy powietrza morskiego starego (PMs), a masy powietrza kontynentalnego (PK) występują sporadycznie (do 5% dni w roku);
- suboceaniczny ($2,00 \leq O_c \leq 2,99$), gdzie dominują masy PM o różnym stopniu transformacji, a udział PK wynosi do 50% dni w roku;
- kontynentalny ($1,00 \leq O_c \leq 1,99$) charakteryzujący się udziałem PK powyżej 50% dni w roku, podczas gdy pozostałe dni to masy PMs o dużym stopniu transformacji;
- ultrakontynentalny ($O_c < 1,00$), w którym występują wyłącznie masy PK.

We Lwowie średnia wartość wskaźnika O_c w latach 1951–2023 wyniosła 1,61, co klasyfikuje klimat tego miejsca jako kontynentalny (ryc. 11). Najniższą wartość O_c zanotowano w 1987 r. ($O_c = 1,18$), natomiast najwyższą w 1977 r. ($O_c = 2,11$). W analizowanym okresie tylko w dwóch latach (1989, 1990) wartość O_c mieściła się w przedziale 2,00–2,99, wskazując na klimat suboceaniczny. W pozostałych 71 latach wartości te odpowiadały klimatowi kontynentalnemu. Analiza zmian wskaźnika O_c wykazała nieistotny statystycznie trend wzrostowy wynoszący +0,011 na 10 lat.



Ryc. 11. Wieloletni przebieg wskaźnika oceanizmu Marsza (O_c) we Lwowie w latach 1951–2023

Źródło: opracowanie własne.

Fig. 11. Long-term trend of Marsz oceanity index (O_c) in Lviv from 1951 to 2023

Source: own elaboration.

DYSKUSJA I WNIOSKI

Przeprowadzone badania pozwoliły na szczegółową analizę zmian warunków termicznych we Lwowie w latach 1951–2023 ukazując zarówno długoterminowe trendy, jak i specyficzne cechy w poszczególnych porach roku. Uzyskane wyniki jednoznacznie wskazują na wzrost temperatury powietrza w tym mieście, co jest zgodne z globalnymi i regionalnymi trendami zmian klimatu (Sulikowska, Wypych 2021; Copernicus Climate Change Service³; IPCC 2023). Pomimo znacznego zróżnicowa-

³ https://climate.copernicus.eu/e_sotc/2022 (dostęp: 15.01.2025).

nia warunków termicznych w poszczególnych latach, obserwuje się wyraźną i statystycznie istotną tendencję wzrostową średniej rocznej temperatury powietrza wynoszącą $+0,31^{\circ}\text{C}$ na dekadę dla analizowanego okresu. Podobne zmiany odnotowano w Lublinie, gdzie w latach 1960–2019 wzrost temperatury był jeszcze większy i wyniósł $+0,5^{\circ}\text{C}$ na dekadę (Flis-Olszewska 2022).

Analiza średnich miesięcznych temperatur powietrza wykazała istotny ich wzrost zwłaszcza wiosną i latem, co może wpływać na warunki życia i działalności gospodarczej w mieście. Wzrost temperatury w marcu ($+0,52^{\circ}\text{C}$ na 10 lat) sugeruje przesunięcie początku wiosny i wydłużenie okresu wegetacyjnego, co potwierdzają zmiany w terminach występowania termicznych pór roku. Podobne tendencje odnotowano również w innych regionach kraju (Chojnacka-Oźga, Oźga 2018; Radzka 2013), a dla całej Polski potwierdzili je Czernecki i Miętus (2017) na podstawie opracowania danych z wielu stacji meteorologicznych. Skrócenie zimy oraz wydłużenie przedwiośnia i lata to zjawiska występujące także w polskich miejscowościach, takich jak Poznań (Szyga-Pluta 2011) i Szymbark (Bochenek 2016).

Istotne zmiany zaobserwowano w częstości dni i nocy charakterystycznych. Spadek liczby dni mroźnych i bardzo mroźnych oraz wzrost liczby dni gorących i upalnych wskazują na wyraźne ocieplenie klimatu. Podobne tendencje odnotowała U. Kossowska-Cezak (2014), analizując częstość dni charakterystycznych pod względem termicznym w Warszawie w latach 1951–2010. W ostatnich dekadach szczególnie zauważalny był wzrost liczby ciepłych i bardzo ciepłych nocy, co ma znaczenie dla komfortu termicznego mieszkańców oraz wpływa na zwiększone zapotrzebowanie na energię chłodniczą (Jurasz i in. 2016). Tendencję wzrostu liczby ciepłych nocy i dni upalnych potwierdzają również inne współczesne badania prowadzone w różnych częściach Polski i w skali całego kraju (Matuszko i Piotrowicz 2012; Bielec-Bąkowska i Piotrowicz 2013; Wójcik i Miętus 2014; Piotrowicz i in. 2022).

Analiza indeksów kontynentalizmu i oceanizmu klimatu pozwoliła określić stopień wpływu cech oceanicznych i kontynentalnych na klimat Lwowa. Jak wynika z wcześniejszych badań z lat 1981–2010 (Witek i in. 2015), większość kontynentu europejskiego znajduje się w strefie klimatu kontynentalnego (wartość wskaźnika oceanizmu Marsza od 1,00 do 1,99), a dane z Lwowa mieszczą się w przedziale 1,6–1,7. Pomimo wzrostu średniej temperatury powietrza, zmiany w kontynentalizmie były nieistotne statystycznie, co sugeruje, że wpływ czynników kontynentalnych i oceanicznych nie uległ we Lwowie istotnym modyfikacjom. Podobne wyniki uzyskano w badaniach dla południowej Rumunii i północnej Bułgarii (Vlăduț 2018) oraz dla Słowacji (Vilček i in. 2016).

Podsumowując, wyniki badań wskazują na wyraźne zmiany termiczne we Lwowie, które przejawiają się wzrostem średniej temperatury powietrza, wydłużeniem okresu wegetacyjnego oraz zwiększoną liczbą dni gorących i ciepłych nocy. Chociaż zmiany w kontynentalizmie nie były istotne statystycznie, to utrzymujący się trend wzrostu temperatury powietrza potwierdza ogólny kierunek zmian klimatu w Europie Środkowo-Wschodniej. Przeprowadzone analizy dostarczają istotnych informacji o dynamice klimatu w rejonie zachodniej Ukrainy i mogą stanowić punkt odniesienia dla dalszych badań nad skutkami zmian klimatu w tej części kontynentu. Zmiany termiczne we Lwowie są wyraźnie widoczne, a ich wpływ na lokalne warunki środowiskowe i funkcjonowanie miasta wymaga dalszych, bardziej szczegółowych badań.

Literatura

- Bielec-Bąkowska Z., Piotrowicz K., 2013, Temperatury ekstremalne w Polsce w latach 1951–2006, *Prace Geograficzne*, 132, 59–98, DOI: 10.4467/20833113PG.13.004.1094.
- Bochenek W., 2016, Termiczne pory roku w Szymbarku (1968–2013), *Prace Geograficzne*, 147, 67–80, DOI: 10.4467/20833113PG.16.022.6084.
- Boryczka J., Mucha B., Stopa-Boryczka M., Wawer J., 2006, The influence of the North Atlantic Oscillations (NAO) on the climate of Warsaw and Lviv, *Miscellanea Geographica*, 12, 75–80, DOI: 10.2478/mgrsd-2006-0008.
- Buschak J., 1888, *Rezultaty spostrzeżeń meteorologicznych stacyi uniwersyteckiej we Lwowie w roku 1888. (Tablica)*, Kosmos, Lwów.

- Chojnacka-Ożga L., Ożga W., 2018, Tendencje zmian długości termicznego okresu wegetacyjnego w północno-wschodniej Polsce, *Sylwan*, 162(6), 479–489, DOI: 10.26202/sylwan.2018022.
- Ciaranek D., 2014, Variability of the thermal continentality index in Central Europe, *Aerul și Apa: Componente ale Mediului*, 2014, 307–313.
- Czernecki B., Miętus M., 2011, Porównanie stosowanych klasyfikacji termicznych na przykładzie wybranych regionów Polski, *Przegląd Geofizyczny*, 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, DOI: 10.1007/s00704-015-1647-z.
- Flis-Olszewska E., 2022, Przymrozki wysokie i niskie oraz okres bezprzymrozkowy w Lublinie w kontekście zmian temperatury powietrza w wieloleciu 1960–2019, *Agronomy Science*, 77(4), 79–91, DOI: 10.24326/as.2022.4.6.
- Gazeta Lwowska, 1811, *Meteorologiczne postrzeżenia w Lwowie od dnia 1 do 3 Października. Dodatek 1. do Gazety Lwowskiej*, 54.
- Gorczyński W., 1918, O wyznaczaniu stopnia kontynentalizmu według amplitud temperatury, *Sprawozdanie z posiedzeń Towarzystwa Naukowego Warszawskiego*, 11(4), 500–547.
- Grabowski L., 1923, Normalny przebieg roczny ciśnienia i temperatury powietrza we Lwowie (na podstawie zapisów Obserwatorium Politechniki z dziesięciolecia 1910–1919), *Archiwum Towarzystwa Naukowego we Lwowie, Wydział 3, Matematyczno-Przyrodniczy*, 2(9), 169–186.
- Huculak W., Makowiec M., 1977, Wyznaczanie meteorologicznego okresu wegetacyjnego na podstawie jedno-rocznych materiałów obserwacyjnych, *Zeszyty Naukowe SGGW*, 25, 65–72.
- IPCC, 2023, *Summary for Policymakers*, [w:] H. Lee, J. Romero (red.), *Climate Change 2023: Synthesis Report, Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Geneva, 1–34, DOI: 10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.001.
- Iwanow N.N., 1959, Poyasa kontinentalnosti Zemli, *Izvestiya Vsesoyuznogo Geographicheskogo obshchestva*, 91, 410–423.
- Jurasz J., Mikulik J., Piasecki A., 2016, Wpływ zmienności temperatury na zapotrzebowanie na moc elektryczną w Polsce w latach 2002–2015, *Przegląd Elektrotechniczny*, 92(9), 257–261, DOI: 10.15199/48.2016.09.62.
- Kendall M.G., 1975, *Rank correlation measures*, Charles Griffin, London.
- Kossowska-Cezak U., 2014, Zmiany wieloletnie liczby termicznych dni charakterystycznych w Warszawie (1951–2010), *Prace Geograficzne*, 136, 9–30, DOI: 10.4467/20833113PG.14.001.1639.
- Kottek M., Grieser J., Beck C., Rudolf B., Rubel F., 2006, World map of the Köppen-Geiger climate classification updated, *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263, DOI: 10.1127/0941-2948/2006/0130.
- Kozłowska-Szczęśna T., 1993, *Temperatura powietrza w Polsce w trzydziestoleciu 1951–1980*, [w:] T. Kozłowska-Szczęśna, D. Limanówka, T. Niedźwiedz, Z. Ustrnul, S. Paczos (red.), *Charakterystyka termiczna Polski*, IGiPZ PAN, Warszawa, 18, 5–23.
- Marsz A., 1995, *Wskaźnik oceanizmu jako miara klimatycznego współoddziaływania w systemie ocean – atmosfera – kontynenty*, Wyższa Szkoła Morska, Gdynia.
- Marsz A., Styszyńska A., 2018, Przebieg temperatury zim na obszarze Polski w latach 1720–2015, *Prace Geograficzne*, 155, 85–138, DOI: 10.4467/20833113PG.18.018.9541.
- Matuszko D., Piotrowicz K., 2012, Wieloletnia zmienność sytuacji meteorotropowych w Krakowie, *Przegląd Geograficzny*, 84(3), 413–422, DOI: 10.7163/PrzG.2012.3.5.
- Merecki R., 1914, *Klimatologia Ziem Polskich*, Drukarnia i Litografia J. Cotty, Warszawa.
- Mucha B., 2001, Zmiany elementów klimatycznych w dorzeczu górnego Dniestru w drugiej połowie XX wieku, *Prace i Studia Geograficzne*, 29, 155–160.
- Mucha B., Wawer J., 2011, Wpływ rzeźby, zabudowy i zieleni na zróżnicowanie klimatu lokalnego Lwowa, *Prace i Studia Geograficzne*, 47, 383–391.
- Nazaruk M.M., Bota O.V., 2023, Natural and historical aspects of the environmental monitoring in the city of Lviv, *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University, Series Ecology*, 28, 6–14, DOI: 10.26565/1992-4259-2023-28-01.

- Osadchyi V.I., Babichenko V.M., 2013, Temperatura povitria na terytorii Ukrainy v suchasnykh umovakh klimatu, *Ukrainskyi Heohrafichnyi Zhurnal*, 2013(4), 32–39.
- Piotrowicz K., Bokwa A., Krzaklewski P., 2022, *Analiza zmian klimatu – diagnoza stanu aktualnego na potrzeby aktualizacji regionalnego planu działań dla klimatu i energii dla województwa małopolskiego*, LIFE-IP EKOMALOPOLSKA / LIFE19 IPC/PL/000005, Kraków – <https://klimat.ekomalopolska.pl/wp-content/uploads/2023/01/Opracowanie-ANALIZA-ZMIAN-KLIMATU-DIAGNOZA-STANU-AKTUALNEGO22.pdf> (dostęp: 03.06.2025).
- Radzka E., 2013, Okresy termiczne w środkowowschodniej Polsce, *Acta Agrophysica*, 20(4), 679–691.
- Rivas-Martínez S., Rivas Sáenz S., Peñas A., 2011, Worldwide bioclimatic classification system, *Global Geobotany*, 1, 1–634, DOI: 10.5616/gg110001.
- Romer E., 1907, *Klimat Lwowa*, [w:] J. Wiczowski (red.), *Lwów: jego rozwój i stan kulturalny oraz przewodnik po mieście*, nakładem Wydziału Gospodarczego X Zjazdu Lekarzy i Przyrodników Polskich oraz Reprezentacji M. Lwowa, Skład Główny w księgarni H. Altenberga, Lwów, 31–37.
- Romer E., 1949, *Regiony klimatyczne Polski*, Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego, Seria B, 20.
- Ruda O.M., 2009, Zmiany temperatury povitria u misti Lvovi na prykinci XX ta na pochatku XXI stolittia, *Naukovyi Visnyk NLTU Ukrainy*, 19(15), 196–200.
- Sen P.K., 1968, Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau, *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1379–1389.
- Shcherban I.M., Khala O.V., 2014, Temperaturnyi rezhym Lvivskoi oblasti, *Geografii ta turizm*, 31, 189–201.
- Shuber P., 2018, *Klimat*, [w:] P. Shuber (red.) *Lvivska oblast: pryrodni umovy ta resursy: monohrafiya*, Wydawnictwo Staroho Leva, Lviv, 157–189.
- Shuber P.M., Savka H.S., 2011, *Klimatychni umovy*, [w:] A.V. Melnyk, V.M. Shushnyak (red.), *Zvit pro vykonannya posluhy z doslidzhen ta eksperymentnykh rozrobok u haluzi pryrodnych i tekhnichnykh nauk*, 73.10.1.
- Sulikowska A., Wypych A., 2021, Seasonal variability of trends in regional hot and warm temperature extremes in Europe, *Atmosphere*, 12(5), 612, DOI: 10.3390/atmos12050612.
- Szulc K., 1921, *Klimat i czynniki pogody: charakterystyka, przewidywania i znaczenie dla rolnictwa*, Praktyczna Encyklopedia Gospodarstwa Wiejskiego, 7–9, Warszawa, Wydawnictwo Towarzystwa Oświaty Rolniczej.
- Szyga-Pluta K., 2011, Termiczne pory roku w Poznaniu w latach 2001–2008, *Przegląd Geograficzny*, 83(1), 109–119.
- Twardosz R., 2017, Zmiany częstości anomalii termicznych w Polsce w latach 1951–2015, *Polish Journal of Agronomy*, 31, 3–10, DOI: 10.26114/pja.iung.340.2017.31.01.
- Vilček J., Škvarenina J., Vido J., Nalevanková P., Kandrík R., Škvareninová J., 2016, Minimal change of thermal continentality in Slovakia within the period 1961–2013, *Earth System Dynamics*, 7, 735–744, DOI: 10.5194/esd-7-735-2016.
- Vlăduț A., Nikolova N., Licurici M., 2018, Evaluation of thermal continentality within southern Romania and northern Bulgaria (1961–2015), *Geofizika*, 35(1), 1–15, DOI: 10.15233/gfz.2018.35.1.
- Witek M., Bednorz E., Forycka-Lawniczak H., 2015, Kontynentalizm termiczny w Europie, *Badania Fizjograficzne, Seria A – Geografia Fizyczna*, 66, 171–182, DOI: 10.14746/bfg.2015.6.13.
- Wójcik R., Miętus M., 2014, Niektóre cechy wieloletniej zmienności temperatury powietrza w Polsce (1951–2010), *Przegląd Geograficzny*, 86(3), 339–364, DOI: 10.7163/PrzG.2014.3.3.
- Zamfirova M.S., Khokhlov V.M., 2020, Air temperature and precipitation regime in Ukraine in 2021–2050 by CORDEX model ensemble, *Ukrainian Hydrometeorological Journal*, 25, 17–27, DOI: 10.31481/uhmj.25.2020.02.

<https://climate.copernicus.eu/esotc/2022> (dostęp: 15.01.2025).