

Małgorzata OW CZAREK, Mirosław MIĘTUS
Uniwersytet Gdański, Wydział Oceanografii i Geografii*

EKSTREMALNE ZJAWISKA METEOROLOGICZNE W GDYNI DO 1950 ROKU

METEOROLOGICAL EXTREME EVENTS IN GDYNIA UNTIL 1950

Wstęp

Ekstremalne zjawiska pogodowe i klimatyczne są definiowane na podstawie różnych kryteriów. Najczęściej dotyczą one prawdopodobieństwa wystąpienia zjawiska na danym obszarze lub określonej wartości progowej. Jako ekstrema mogą być traktowane wartości skrajne elementu meteorologicznego, jakie odnotowano w określonym miejscu (Niedźwiedź 2003), a także zjawiska określane, na podstawie właściwego dla danego miejsca rozkładu prawdopodobieństwa, jako rzadko występujące (Miętus 2005; IPCC 2014). Ze zjawiskami ekstremalnymi wiąże się zwykle potencjalne zagrożenie społeczeństwa oraz ekosystemów. Z tego punktu widzenia zjawisko uznawane jest za ekstremalne, jeśli spowodowało lub może spowodować zniszczenia, straty w środowisku, straty materialne, zagrożenie i utratę zdrowia, a nawet życia. Nie ma jednakże uniwersalnych metod, w tym zwłaszcza kryteriów wydzielania ekstremów (Ustrnul, Czekierda 2009). Międzyrządowy Zespół ds. Zmian Klimatu (IPCC) określa, że pogodowe zjawisko ekstremalne występuje na danym obszarze nie częściej niż wskazują na to wartości 10 i 90% kwantyla funkcji gęstości prawdopodobieństwa oszacowanej na podstawie obserwacji (IPCC 2014). W literaturze stosowane są także odniesienia do wartości kwantyli 1, 5, 95 i 99%. Inne definicje odnoszą się do liczby dni z elementem meteorologicznym powyżej lub poniżej określonej wartości. Średnia liczba przypadków ekstremalnych zjawisk pogodowych w danym okresie określana jest jako ekstremalne zjawisko klima-

*Katedra Meteorologii i Klimatologii

tyczne. Ekstremalne zjawiska pogodowe i klimatyczne są stałym elementem systemu klimatycznego, istnieje także wiele dowodów na intensyfikację zjawisk o charakterze ekstremalnym (Miętus 2005). Ważne jest zatem prowadzenie badań dotyczących występowania tych zjawisk w różnych skalach czasowych i przestrzennych.

Pomiary meteorologiczne w Gdyni prowadzone były jeszcze przed nadaniem jej 10 lutego 1926 r. praw miejskich. Wraz z odzyskaniem niepodległości w 1918 roku i uzyskaniem przez Polskę dostępu do Wybrzeża pojawiła się możliwość wybudowania portu wojennego i handlowego. Za najodpowiedniejsze do tego celu miejsce uznano właśnie Gdynię, a budowę rozpoczęto oficjalnie 23 września 1922 r., gdy sejm uchwalił *Ustawę o budowie portu przy Gdyni na Pomorzu jako portu użyteczności publicznej* (Wapiński 1997). W związku z koniecznością utrzymania służby ostrzegawczej na polskim wybrzeżu, już w styczniu 1923 r. rozpoczęto pomiary meteorologiczne na stacji zlokalizowanej w ogrodzie kierownictwa budowy portu, przy zbiegu dzisiejszych ulic B. Chrzanowskiego i T. Wendy¹. W kwietniu 1927 r. stacja przeniesiona została na teren nowej siedziby Wydziału Morskiego (przy Państwowym Instytucie Meteorologicznym) przy ul. Abrahama, a od 25 czerwca 1931 r. mieściła się w budynku Obserwatorium Morskiego przy ul. Nadbrzeżnej (obecnie budynek Oddziału Morskiego IMGW-PIB przy ul. Waszyngtona). Odległości między miejscami pomiarów nie były jednak duże, znaczącym zmianom nie ulegało również otoczenie stacji, które stanowiły słabo wówczas rozbudowane miasto i Zatoka Gdańska². Zatem nowe lokalizacje pomiarów najprawdopodobniej nie wpłynęły na ich jakość. Brak jest danych dotyczących pracy stacji od sierpnia 1939 do grudnia 1940 r. W roku 1941 rozpoczęła pracę niemiecka stacja meteorologiczna „Marine Observatorium Gotenhafen”, która funkcjonowała do końca lutego 1945 r. Po zakończeniu wojny stacja wznowiła działalność już w czerwcu, a 1 lipca oficjalnie rozpoczęto pomiary i obserwacje. Do 1948 r. prowadzono je nadal przy ul. Waszyngtona. Następnie ogródek meteorologiczny został jeszcze kilkakrotnie przeniesiony – początkowo około 200 m w kierunku wschodnim (w rejon obecnego I Basenu Portu Gdynińskiego), w 1955 r. około 800 m w kierunku wschodnim (na obecne Molo Południowe), a w czerwcu 1966 r. o kolejne 50 m w tym samym kierunku (Owczarek 2000). W odległości ok. 200 m na północo-wschód znajdują się budynki portowe, a 110 m na południo-zachód – budynek Muzeum i Akwarium Morskiego. Od lutego 2015 r. stacja pełni funkcję klimatologicznej stacji automatycznej.

Dane meteorologiczne z lat 1923-1950, jakie zachowały się w archiwum Państwowego Instytutu Meteorologicznego (obecnie IMGW-PIB), nie były dotychczas w całości wykorzystywane w badaniach klimatu. Tylko część z nich

¹ http://old.imgw.pl/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=187

² tamże

posłużyła charakterystyce warunków meteorologicznych w Gdańsku i Gdyni w latach 1941-1944 (Michalska 2006). Inne prace, w których brano pod uwagę Gdynię, powstały przy wykorzystaniu danych obserwacyjnych rejestrowanych po 1950 r. Dotyczyły one klimatu polskiego wybrzeża (np. Miętus i in. 2004, 2005; Owczarek 2005) oraz klimatu i bioklimatu aglomeracji gdańskiej (np. Szukalski 1965, Trapp i in. 1987, Nurek i in. 1992). Liczba publikacji dotyczących tylko klimatu Gdyni jest stosunkowo niewielka (Trapp 1978; Owczarek 2000; Owczarek, Miętus 2001), kilka opracowań stanowi charakterystykę poszczególnych elementów klimatu miasta, jak usłonecznienia (Gorczyński 1939; Lechowicz-Kwiecień 1961), opadów atmosferycznych (Malinowska 2010) a także warunków bioklimatycznych (Owczarek 2003, 2007) czy jakości powietrza (Tomczak 1972; Lewandowska, Falkowska 2013).

Wyniki pomiarów i obserwacji prowadzonych w Gdyni od 1923 r. stanowią cenne źródło wiedzy na temat klimatu miasta i polskiego wybrzeża, także w kontekście występowania zjawisk ekstremalnych. Mogą być też przydatne podczas rekonstrukcji zmiany i zmienności klimatu, gdzie bezpośrednie dane pomiarowe są najcenniejszym materiałem (Filipiak 2007). Celem pracy jest wyznaczenie ekstremalnych wartości temperatury powietrza, opadów atmosferycznych oraz prędkości wiatru w Gdyni w latach 1923-1950, a także ich ocena w odniesieniu do lat późniejszych.

Dane i metody

W pracy wykorzystano dane pomiarowe ze stacji w Gdyni, zachowane w archiwum PIM (część danych dostępna jest w Rocznikach Meteorologicznych NOAA Central Library³). Były to codzienne wartości temperatury maksymalnej i minimalnej, dobowe sumy opadów, a także prędkości wiatru z trzech terminów obserwacyjnych. Serie pomiarowe nie są kompletne: obejmują okres od 1 stycznia 1923 r. do 31 lipca 1939 r., następnie lata 1941-1944, okres od 1 lipca 1945 r. do 31 sierpnia 1949 r. oraz rok 1950. Dane te charakteryzują się dobrą jakością z uwagi na brak zasadniczych zmian w otoczeniu miejsca pomiarów oraz staranność w ich prowadzeniu. Wykazują także zgodność z seriami pomiarowymi z tego okresu z Gdańska. Pomimo niekompletności stanowią cenny materiał badawczy. W pracy wykorzystano ponadto dane ze stacji w Gdyni z lat 1951-2014, dotyczące terminowej prędkości wiatru z lat 1951-2012.

Analizowane rozkłady empiryczne elementów meteorologicznych porównano z ich rozkładem teoretycznym. Jako kryterium ekstremalnych warunków termicznych przyjęto wartości kwantyli 10 i 90% rozkładu empirycznego tem-

³ www.lib.noaa.gov (Poland Climatological Data, roczniki meteorologiczne oraz mapy pogody z lat 1923-1938)

peratury maksymalnej i temperatury minimalnej; wyznaczono również wartości kwantyli 5 i 95%. Określono częstość występowania dni upalnych (z temperaturą maksymalną co najmniej 30°C), fal gorąca i czasu ich trwania, przyjmując ich definicję jako co najmniej trzydniowe okresy, w trakcie których maksymalna temperatura powietrza nie spadła poniżej 25°C (Buchert i in. 2013) oraz dni bardzo mroźnych (z temperaturą maksymalną poniżej -10°C). W przypadku opadów atmosferycznych zastosowano wybrane wskaźniki zalecane przez ekspertów European Climate Assessment and Dataset – ECA&D⁴ (Frich i in. 2002; Klein Tank i in. 2002) oraz Expert Team on Climate Change Detection and Indices⁵ – ETCCDI. Jako wskaźniki warunków ekstremalnych i zmian klimatu wybrano sumę opadów w ciągu roku podczas dni z opadem o sumie dobowej co najmniej 1 mm i jednocześnie wyższej niż wartość 95% (jak również 99%) kwantyla rozkładu sum dobowych w okresie referencyjnym 1961-1990 (zalecanym w tym wypadku przez ETCCDI), liczbę dni z opadem silnym (o sumie dobowej co najmniej 10 mm), liczbę dni z opadem bardzo silnym (o sumie dobowej co najmniej 20 mm), najdłuższe ciągi kolejnych dni z opadem efektywnym (o sumie dobowej co najmniej 1 mm) oraz dni bez opadów lub o sumie poniżej 1 mm. W celu wyznaczenia kryterium ekstremalnych warunków opadowych w poszczególnych miesiącach wyznaczono wartości kwantyli 10 i 90% rozkładu miesięcznych sum opadów, które w świetle kwantylowej klasyfikacji opadowej (Miętus i in. 2005) stanowią kryterium oceny miesiąca jako „ekstremalnie suchego” i „ekstremalnie wilgotnego”. Biorąc pod uwagę maksymalne dobowe wartości prędkości wiatru, wyznaczono wartości maksymalnej prędkości wiatru o różnym okresie powtarzalności, z zastosowaniem rozkładów GEV (ang. *Generalized Extreme Value*) stosowanych w analizach wartości ekstremalnych (Coles 2001).

Wyniki z lat 1923-1950 oceniono w odniesieniu do wielolecia referencyjnego 1971-2000, jako jednolitego okresu obejmującego co najmniej trzy kolejne okresy dziesięcioletnie (WMO 2015) oraz do całego okresu pomiarowego 1923-2014.

Wyniki

Ekstremalne warunki termiczne

Zakres zmienności temperatury maksymalnej w Gdyni w latach 1923-1950 wynosił 50,5°C i był identyczny, jak w całym okresie pomiarów. Wartość najwyższa wyniosła 35,9°C, a najniższa -14,6°C. Najwyższą wartość temperatury powietrza w Gdyni w całym wieloleciu 1923-2014 odnotowano 8 sierpnia 1943 r.

⁴ <http://www.ecad.eu/indicesextremes/index.php>

⁵ <https://www.wcrp-climate.org/etccdi-members>

W porównaniu z wieloleciem 1971-2000 zakres zmienności tej charakterystyki do roku 1950 był większy o $0,7^{\circ}\text{C}$, wartość maksymalna była o $0,9^{\circ}\text{C}$ wyższa, natomiast minimalna o $1,5^{\circ}\text{C}$ niższa. Średnia wartość temperatury maksymalnej w latach 1923-1950 wynosiła $11,2^{\circ}\text{C}$, była o $0,1^{\circ}\text{C}$ wyższa niż w latach 1971-2000 i równa średniej z całego okresu obserwacji (tab. 1). Rozkład temperatury maksymalnej w latach 1923-1950, jak również w latach 1971-2000 i całym okresie pomiarów, charakteryzował się dwumodalnością ze słabą asymetrią lewostronną, najsilniejszą w okresie do 1950 r. (rys. 1, tab. 1). Wartości ujemne temperatury maksymalnej do roku 1950 były odnotowane w 8,3% obserwacji, o 2% częściej niż w latach 1971-2000 i 1% częściej niż w okresie 1923-2014. Temperatura maksymalna charakteryzowała się większym zróżnicowaniem i zmiennością międzydobową niż w pozostałych rozpatrywanych wieloleciach, na co wskazuje największa wartość odchylenia standardowego i współczynnika zmienności (tab. 1). Wartość kwantyla 90% rozkładu empirycznego temperatury maksymalnej w latach 1923-1950 wyniosła $21,9^{\circ}\text{C}$, była wyższa o $0,9^{\circ}\text{C}$ w porównaniu z okresem 1971-2000 i o $0,4^{\circ}\text{C}$ w porównaniu z latami 1923-2014 (rys. 3a). Wartość kwantyla 95% wyniosła $23,9^{\circ}\text{C}$, a różnice w odniesieniu do pozostałych okresów wyniosły odpowiednio 1,0 i $0,5^{\circ}\text{C}$. Świadczą one o obniżeniu wartości progowej ekstremalnie ciepłych warunków termicznych w latach 1971-2000.

Tabela 1. Wybrane charakterystyki statystyczne rozkładów empirycznych temperatury maksymalnej i minimalnej w Gdyni

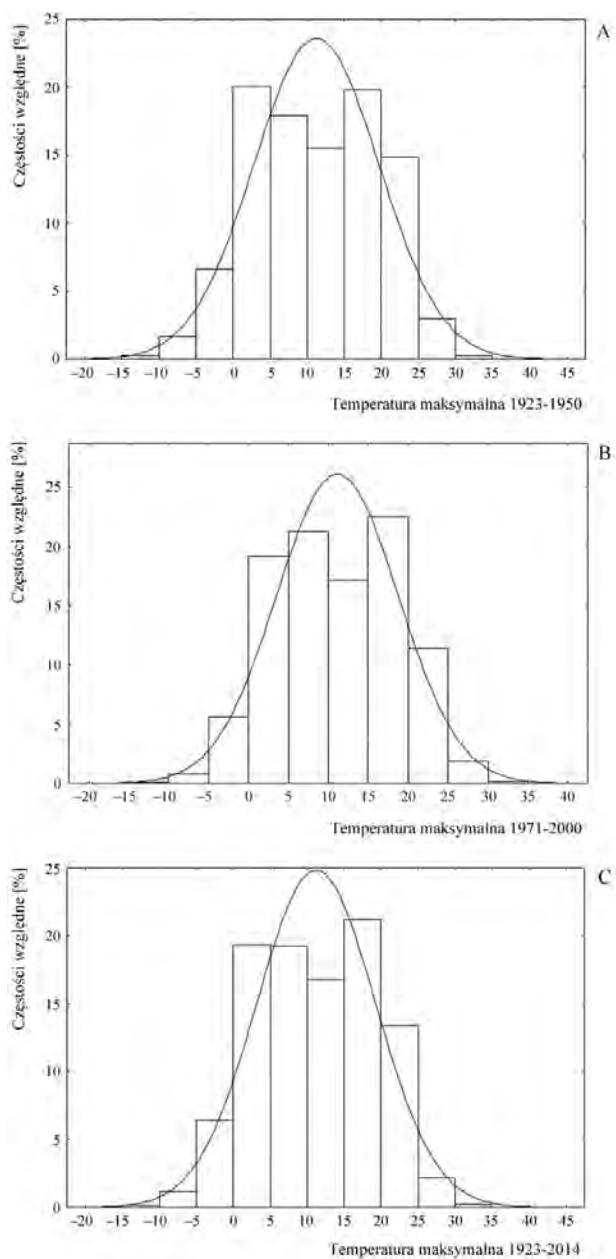
Table 1. Statistical characteristics of the distribution of maximum and minimum temperature in Gdynia

Lata Period	Średnia Mean [$^{\circ}\text{C}$]		Odchylenie standardowe Standard deviation [$^{\circ}\text{C}$]		Współczynnik zmienności* Coefficient of variation* [%]		Współczynnik skośności Skewness		Kurioza Kurtosis	
	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\min}$	$t_{\max}$	$t_{\min}$
1923-1950	11,2	4,5	8,46	7,24	3,0	2,6	-0,07	-0,34	-0,86	-0,25
1971-2000	11,1	5,9	7,64	6,77	2,7	2,4	-0,01	-0,18	-0,82	-0,54
1923-2014	11,2	5,4	8,03	7,09	2,8	2,5	-0,05	0,26	-0,86	-0,39

*wyznaczono wg temperatury średniej wyrażonej w kelwinach

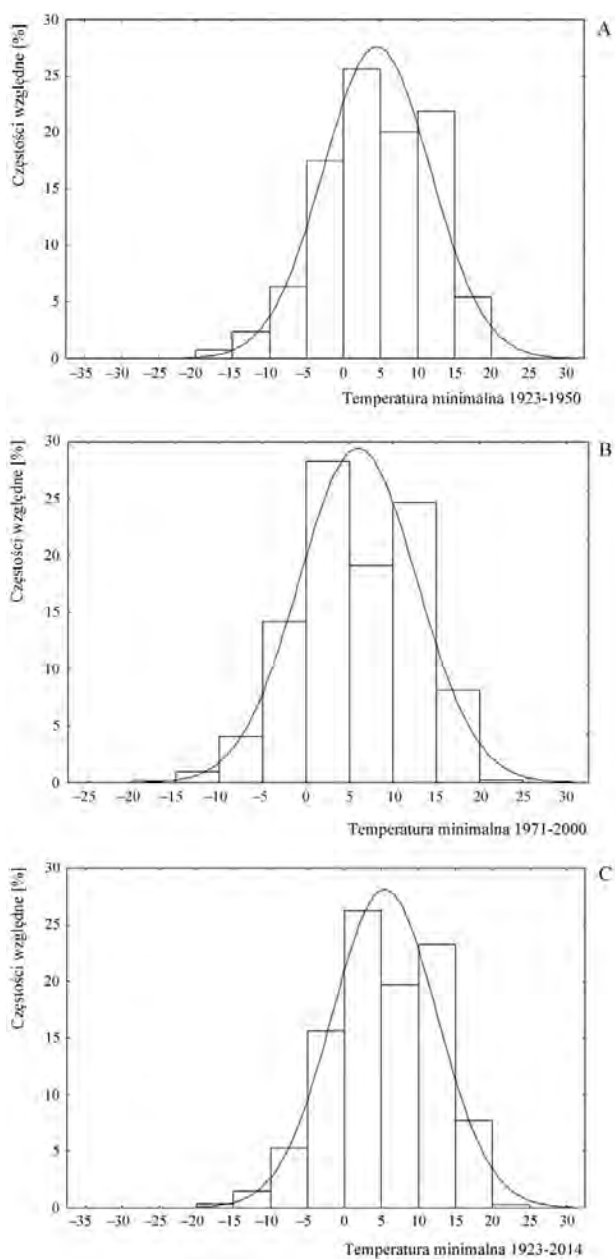
*calculated based on mean temperature values in kelvins

Do roku 1950 częstość występowania dni upalnych oraz dni objętych falami gorąca była większa niż w pozostałych okresach (rys. 4a). Różnica częstości występowania dni upalnych była większa w odniesieniu do lat 1971-2000 niż całego wielolecia. Można zatem przypuszczać, że nie następował wieloletni spadek liczby tych dni. Nie pojawiały się one w postaci fal upałów (w rozumie-



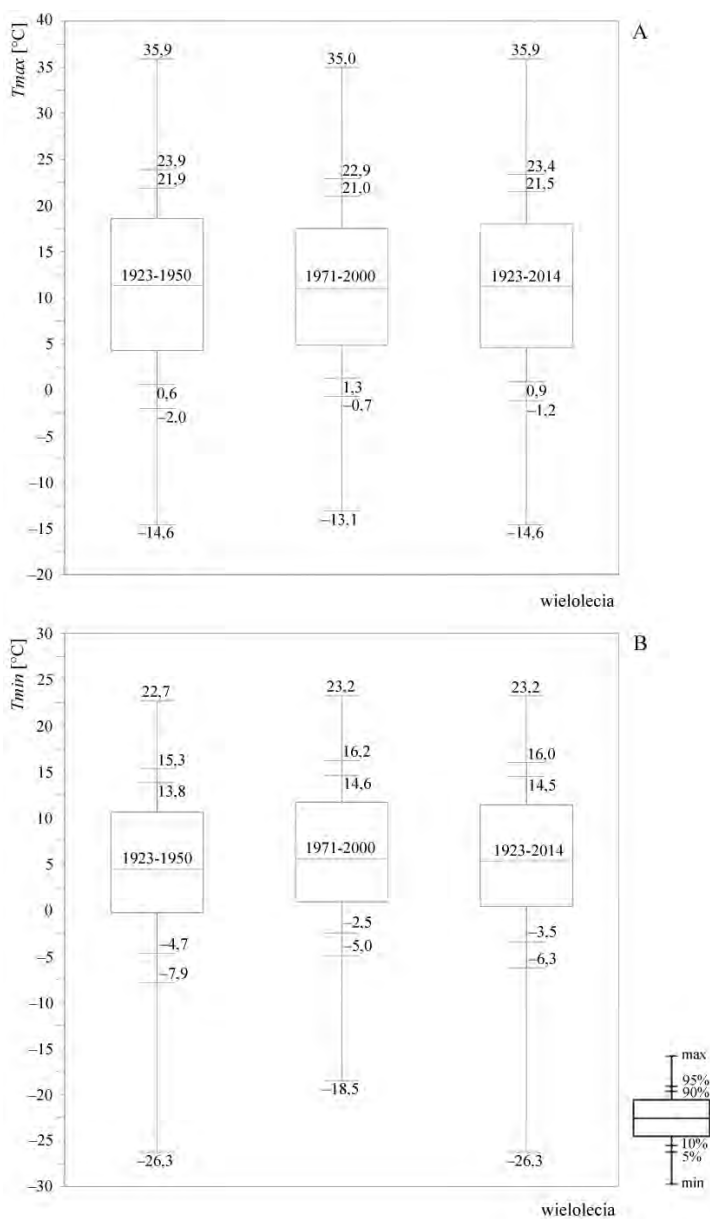
Rys. 1. Histogramy temperatury maksymalnej [°C] w Gdyni i krzywe rozkładu normalnego w latach: a) 1923-1950, b) 1971-2000, c) 1923-2014

Fig. 1. Histograms of the frequency of distribution of maximum temperature [°C] together with expected normal distribution in Gdynia in the periods
a) 1923-1950, b) 1971-2000, c) 1923-2014



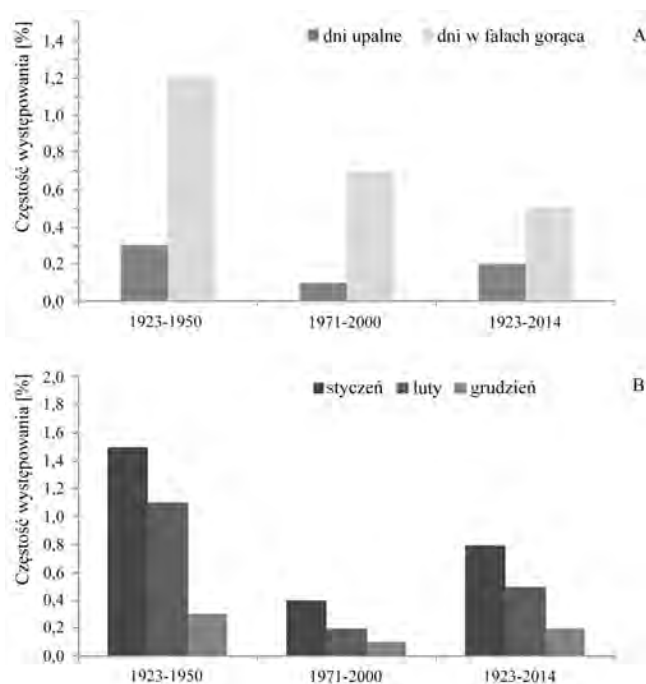
Rys. 2. Histogramy temperatury minimalnej [°C] w Gdyni i krzywe rozkładu normalnego w latach a) 1923-1950, b) 1971-2000, c) 1923-2014

Fig. 2. Histograms of the frequency of distribution of minimum temperature [°C] together with expected normal distribution in Gdynia in the periods a) 1923-1950, b) 1971-2000, c) 1923-2014



Rys. 3. Wartości ekstremalne i wartości kwantyli 5, 10, 90 i 95%:
a) temperatury maksymalnej i b) temperatury minimalnej w Gdyni
w latach 1923-1950, 1971-2000 i 1923-2014

Fig. 3. Extreme values and 5, 10, 90 and 95% quantiles of:
a) maximum temperature, b) minimum temperature in the periods
1923-1950, 1971-2000 i 1923-2014



Rys. 4. Częstość występowania dni i okresów ekstremalnych termicznie w Gdyni w latach 1923-1950, 1971-2000 i 1923-2014: a) średnia roczna dni upalnych i dni w falach gorąca, b) średnia miesięczna dni bardzo mroźnych

Fig. 4. Frequency of the occurrence of thermally specific days in Gdynia in the periods 1923-1950, 1971-2000 and 1923-2014: a) annual mean of sweltering days, b) annual mean of very cold days

niu okresów co najmniej trzydniowych z temperaturą maksymalną co najmniej 30°C), lecz jako pojedyncze przypadki. Fale gorąca występowały natomiast w całym okresie pomiarów coraz rzadziej.

Wartości kwantyla 10%, jak i 5% temperatury maksymalnej, wyznaczone w odniesieniu do lat 1923-1950, były mniejsze niż w pozostałych wieloleciach (rys. 3a). W porównaniu z okresem 1971-2000 różnice wynosiły odpowiednio -1,3 i -0,7°C, a z całym okresem pomiarów -0,8 i -0,3°C. Podwyższenie wartości kwantyli 10 i 5% w stosunku do lat 1923-1950 może świadczyć przede wszystkim o systematycznym łagodzeniu warunków termicznych sezonu zimowego.

Zakres zmienności temperatury minimalnej w Gdyni w latach 1923-1950 wynosił 49,0°C i był o 7,3°C większy niż w latach 1971-2000 oraz o 0,5°C mniejszy niż w latach 1923-2014 (tab. 1). Najwyższa wartość wyniosła 22,7°C, najniższa -26,3°C (odnotowano ją 10 lutego 1929 r. i jest to najniższa temperatura powietrza w Gdyni w całym wieloleciu 1923-2014). Zima 1928/1929 była jedną z najostrzejszych od początku obserwacji meteorologicznych w Polsce (Piotro-

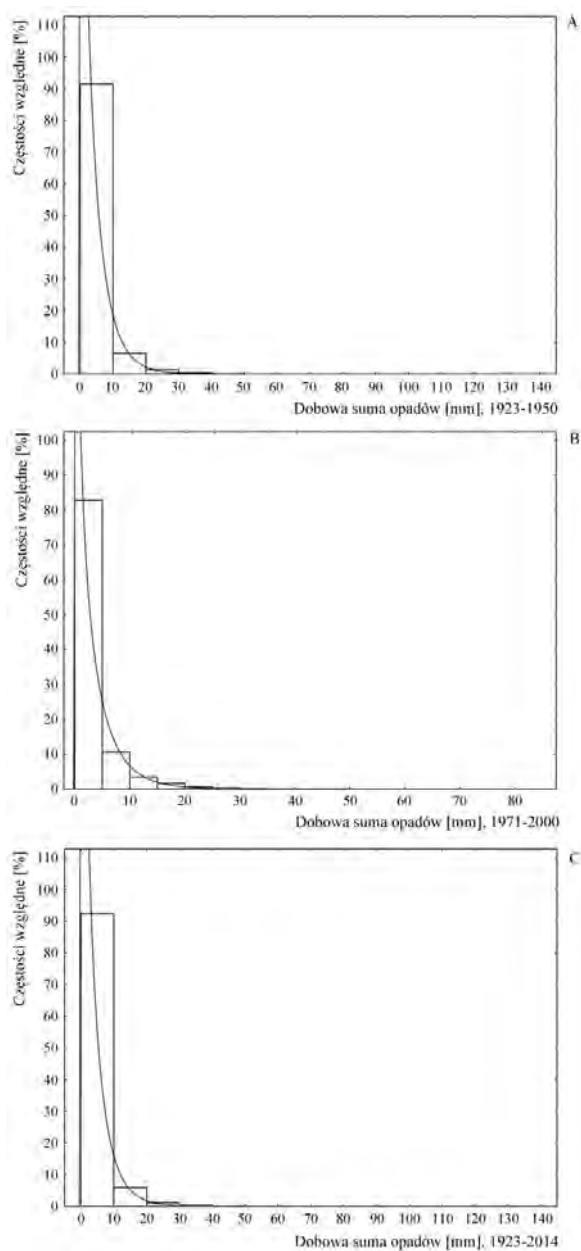
wicz 2006). Jak pisał w 1931 r. Gumiński: *»(...) najbardziej mroźnemi były dni: od dnia 6-go do dnia 12-go lutego, a zwłaszcza dzień 10-ty miesiąca. Temperatury najniższe w dniu tym w niektórych miejscowościach spadły poniżej -40° . W dniu 10-ym lutego zamarzł port w Gdańsku i Gdyni, więżąc przebywające tam okręty i przerywając eksport naszego węgla. Nawigacja otwarta została po upływie kilku tygodni«.*

Od 1929 r. temperatura minimalna w Gdyni spadła poniżej -20°C jedynie dwukrotnie: w lutym 1954 i 1956 r. W latach 1971-2000 najniższa temperatura minimalna wyniosła $-18,5^{\circ}\text{C}$. Średnia temperatura minimalna w latach 1923-1950 była wyraźnie niższa niż w latach 1971-2000 i całym okresie obserwacji, a różnice wyniosły $1,5$ i $0,9^{\circ}\text{C}$ (tab. 1). Rozkłady temperatury minimalnej w rozpatrywanych wieloleciach charakteryzowały się większą asymetrią lewostronną niż w przypadku temperatury maksymalnej, a wartości znacznie mniejsze od średniej do roku 1950 występowały częściej niż w pozostałych okresach (rys. 2). Temperatura minimalna w latach 1923-1950, podobnie jak maksymalna, była najbardziej zmienna spośród rozpatrywanych okresów.

Wartości kwantyli 90 i 95% rozkładu empirycznego temperatury minimalnej w latach 1923-1950 były najmniejsze. W porównaniu z okresem 1971-2000 różnice ujemne wyniosły $0,8$ i $0,7^{\circ}\text{C}$, w odniesieniu do lat 1923-2014 – $0,9$ i $0,7^{\circ}\text{C}$ (rys. 3b). Jeszcze większe różnice wystąpiły w przypadku wartości progowych ekstremalnie chłodnych warunków termicznych. Wartość kwantyla 10% w okresie 1923-1950 wyniosła $-4,7^{\circ}\text{C}$ i była o $2,2^{\circ}\text{C}$ mniejsza niż w latach 1971-2000 i o $1,2^{\circ}\text{C}$ niż w okresie 1923-2014. W przypadku kwantyla 5%, o wartości $-7,9^{\circ}\text{C}$, różnice ujemne wyniosły odpowiednio $2,9$ i $1,6^{\circ}\text{C}$. Do 1950 r. także dni bardzo mroźne występowały częściej niż w pozostałych omawianych wieloleciach. W styczniu częstość ich występowania wynosiła 1,5%; była prawie czterokrotnie większa niż w latach 1971-2000 i prawie dwukrotnie niż w całym okresie pomiarów (rys. 4b). Podobne różnice wystąpiły w pozostałych miesiącach zimowych. Należy zaznaczyć, że z powodu braku danych nie uwzględniono zimy 1939/1940, jednej z najchłodniejszych w Polsce.

Ekstremalne warunki opadowe

Rozkład dobowych sum opadów w latach 1923-1950, jak i w pozostałych wieloleciach nie odbiegał od rozkładu gamma o parametrze kształtu mniejszym od 1. W większości przypadków suma dobową nie przekraczała 10 mm (rys. 5), a największą jej wartość odnotowano 3 sierpnia 1932 r. – wyniosła 119 mm. W prasie pisano na temat negatywnych skutków tej ulewy. Według gazety *Nowy Kurjer* (1932) w Gdyni *»(...) zerwany został most kolejowy i kołowy, na szosie obok kanału portowego prowadzącego do Oksywiu, burza poczyniła wielkie szkody w porcie jacht-klubu i na nabrzeżu wilsonowskim«*, a w Gdańsku *»(...) w jednym miejscu woda podniosła się o $1\frac{1}{2}$ m ponad poziom ulicy«*. Taka suma dobową



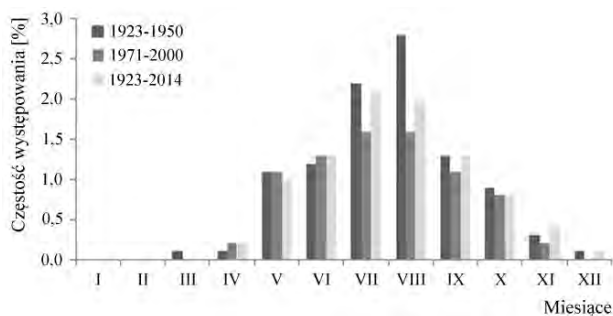
Rys. 5. Histogramy dobowej sumy opadów [mm] w Gdyni i dopasowane krzywe rozkładu gamma w latach: a) 1923-1950, b) 1971-2000, c) 1923-2014

Fig. 5. Histograms of the frequency of distribution of daily precipitation [mm] total together with expected gamma distribution in Gdynia in the periods a) 1923-1950, b) 1971-2000, c) 1923-2014

nie została dotąd przekroczona w Gdyni, nawet podczas silnych opadów, jakie wystąpiły w Gdańsku i Gdyni 14 lipca 2016 r. (wg informacji IMGW-PIB). Najdłuższy ciąg kolejnych dni z opadem efektywnym wystąpił od 26 września do 7 października 1936 r., stanowiąc jednocześnie najdłuższy taki okres w całym wieloleciu 1923-2014.

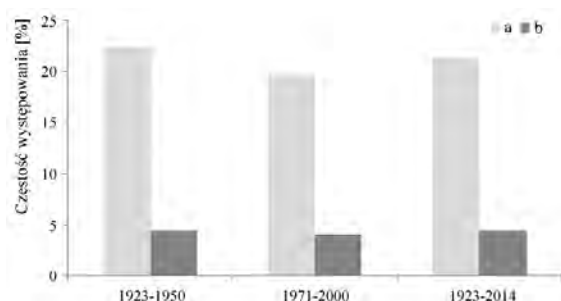
Średnia roczna częstość występowania dni z opadem silnym w latach 1923-1950 wynosiła 3,7%. Była o 0,5% większa niż wyznaczona dla lat 1971-2000 i o 0,2% większa niż w całym okresie pomiarów (rys. 6). Dni z opadem bardzo silnym stanowiły 0,8% wszystkich dni w latach 1923-1950, tyle samo co w latach 1923-2014 i o 0,2% więcej niż w okresie 1971-2000. W większości miesięcy częstość występowania dni z opadem bardzo silnym była zbliżona we wszystkich rozpatrywanych okresach, ale w lipcu i sierpniu była największa w latach 1923-1950. Wyznaczono także sumy opadów, które wystąpiły w ciągu roku tylko w dniach z opadami wyższymi od wartości kwantyli 95% oraz 99% rozkładu empirycznego dobowej sumy opadów w wieloleciu 1961-1990 (wyjątkowo w tym wieloleciu, co zaznaczono wcześniej). Wartości tych kwantyli wynosiły odpowiednio 16,0 i 34,2 mm. Wzięto pod uwagę tylko te lata, w których brak danych nie przekraczał 10% dni w roku. W okresie 1923-1950 opady dobowe większe niż 16,0 mm stanowiły średnio 22,5% sumy rocznej, a udział ten był większy niż w pozostałych rozpatrywanych wieloleciach (rys. 7). W przypadku dni z opadem powyżej 34,2 mm udział w sumie rocznej wynosił średnio 4,4% i był o 0,3 % większy niż w latach 1971-2000, i taki sam, jak w całym rozpatrywanym okresie pomiarów. Różnice te mogą świadczyć o zmiennej częstości występowania opadów o co najmniej I stopniu zagrożenia (o sumie dobowej co najmniej 30 mm) według kryterium IMGW-PIB (Buchert i in. 2013) w poszczególnych latach w okresie 1923-2014.

W świetle kwantylowej klasyfikacji opadowej, wartości progowe „ekstremalnie wilgotnego” charakteru poszczególnych miesięcy (wartości 90% kwantyla



Rys. 6. Częstość występowania dni z opadem bardzo silnym w latach 1923-1950, 1971-2000 i 1923-2014

Fig. 6. Frequency of the occurrence of very heavy precipitation days in Gdynia in the periods 1923-1950, 1971-2000 i 1923-2014



Rys. 7. Udział sumy opadów w dniach o sumie dobowej wyższej niż wartość kwantyla a) 95%, b) 99% w odniesieniu do lat 1961-1990

Fig. 7. Annual total precipitation on a wet day when the daily precipitation amount is above a) 95% quantile, b) 99% quantile of precipitation on wet days in the 1961-1990 period

rozkładu sumy miesięcznej) wyznaczone dla lat 1923-1950 były większe niż w latach 1971-2000 w większości miesięcy, oprócz kwietnia, czerwca i września (tab. 2). Największa różnica wystąpiła w czerwcu, wartość progowa „ekstremalnie wilgotnego” miesiąca w latach 1971-2000 zwiększyła się o prawie 15 mm w stosunku do lat 1923-1950. Natomiast w porównaniu z całym wieloleciem 1923-2014 wartości kwantyla 90% były większe od grudnia do marca oraz w sierpniu i październiku. Największa zmiana nastąpiła w lipcu; do 1950 r. omawiana wartość progowa była mniejsza o ponad 13 mm, co może świadczyć o zwiększeniu sumy opadów w tym miesiącu, prawdopodobnie związanym z częstszym występowaniem intensywnych i krótkotrwałych opadów. Wartości kwantyla 10% miesięcznej sumy opadów, stanowiącego kryterium „ekstremalnie suchego” charakteru opadowego miesiący, były większe niż w latach 1971-2000 i 1923-2014 we wszystkich miesiącach poza listopadem, grudniem i styczniem (tab. 3). Największe różnice można zauważyć we wrześniu (prawie 26 mm) i październiku (15 mm), co może wskazywać na zmniejszanie się sumy opadów w sezonie jesiennym. Różnice te mogą także świadczyć o częstszym występowaniu niedoboru opadów w okresie po 1950 r. niż w latach wcześniejszych.

Tabela 2. Wartości kwantyla 90% rozkładu empirycznego średnich miesięcznych sum opadów w Gdyni w latach 1923-1950, 1971-2000 i 1923-2014

Table 2. Values of the 90% quantiles of distribution of monthly mean precipitation amount in Gdynia in the periods 1923-1950, 1971-2000 i 1923-2014

Lata Periods	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1923-1950	56.55	47.96	54.40	57.05	79.65	91.70	101.8	132.64	92.44	93.96	63.98	69.23
1971-2000	49.82	31.03	49.49	62.90	78.05	106.58	99.26	105.55	104.84	84.98	60.69	66.22
1923-2014	55.45	43.18	49.34	60.57	81.62	92.68	115.1	129.2	98.04	91.58	68.70	68.30

Tabela 3. Wartości kwantyla 10% rozkładu empirycznego średnich miesięcznych sum opadów w Gdyni w latach 1923-1950, 1971-2000 i 1923-2014
 Table 3. Values of the 10% quantiles of distribution of monthly mean precipitation amount in Gdynia in the periods 1923-1950, 1971-2000 i 1923-2014

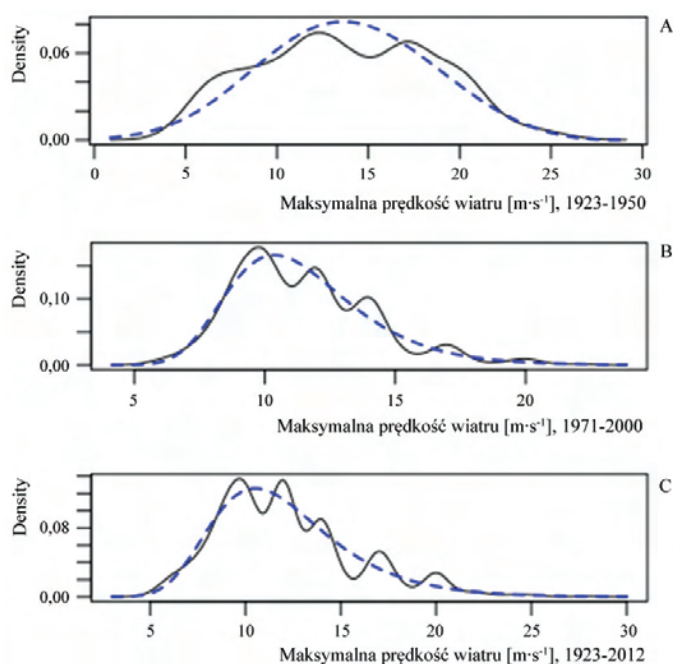
Lata Periods	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1923-1950	7.05	9.56	12.3	18.35	22.6	24.00	28.12	26.76	40.4	33.74	18.7	11.23
1971-2000	6.04	5.49	11.43	11.82	18.2	22.24	26.04	18.84	14.6	16.51	23.44	15.91
1923-2014	8.93	7.30	9.76	11.65	18.38	22.9	26.1	22.4	25.34	16.18	18.88	11.77

Najdłuższy ciąg kolejnych dni bez opadu lub o sumie poniżej 1 mm trwał sześćdziesiąt sześć dni, od 3 stycznia do 9 marca 1927 r. Dłuższy ciąg takich dni nie wystąpił do 2014 r. Biorąc pod uwagę tylko półrocze ciepłe (od kwietnia do września), najdłuższy ciąg dni bez opadu przed rokiem 1950 trwał od 25 kwietnia do 24 maja 1938 r. (trzydzieści dni), natomiast w latach 1923-2014 wystąpił od 17 kwietnia do 21 maja 1984 r. i trwał trzydzieści pięć dni. Po 1970 r. maksymalna długość ciągu bez opadu efektywnego uległa zatem wydłużeniu.

Ekstremalne warunki anemometryczne

Maksymalna prędkość wiatru, wyznaczona na podstawie danych z trzech terminów obserwacyjnych w poszczególnych miesiącach w latach 1923-1950, wahała się od 18 do 25 m·s⁻¹. Terminowa prędkość wiatru 25 m·s⁻¹ była odnotowywana kilkakrotnie, w tym także 22 grudnia 1929 r., w dniu z największą średnią dobową prędkością wiatru (23,3 m·s⁻¹). W latach 1971-2000 maksymalna prędkość wiatru wahała się od 12 do 22 m·s⁻¹, zaś w całym okresie pomiarowym 1923-2012 od 18 do 28 m·s⁻¹. Analiza nie uwzględniała prędkości wiatru w porywach, która może znacznie przewyższać prędkość terminową, co zwiększa ryzyko wystąpienia niekorzystnych skutków silnego wiatru. Znany jest przykład z 4 grudnia 1999 r., kiedy odnotowano w Gdyni znaczne straty spowodowane silnym wiatrem. Maksymalna terminowa prędkość wiatru wyniosła wówczas 14 m·s⁻¹, natomiast prędkość wiatru w porywach sięgała 33 m·s⁻¹ (Owczarek, Miętus 2001).

Rozkład maksymalnej miesięcznej prędkości wiatru oszacowano z zastosowaniem rozkładu GEV oraz wyznaczono wartości maksymalnej prędkości wiatru o powtarzalności (ang. *return level*) w trzech zakresach czasowych (okresach powrotu, ang. *return periods*). Parametry rozkładów zarówno w latach 1923-1950, jak i pozostałych analizowanych wieloletniach wskazują na dopasowanie do rozkładu Weibulla, które według kryterium Akaike jest najlepsze w przypadku okresów 1971-2000 oraz 1923-1950 (rys. 8).



Rys. 8. Rozkłady maksymalnej prędkości wiatru w Gdyni i dopasowane krzywe rozkładu Weibulla według analizy GEV w latach: a) 1923-1950, b) 1971-2000, c) 1923-2012

Fig. 8. Distribution of maximum wind speed in Gdynia together with expected Weibull distribution in Gdynia in the periods a) 1923-1950, b) 1971-2000, c) 1923-2012

Prędkość wiatru o okresie powtarzalności 60 miesięcy (5 lat) na podstawie rozkładu w latach 1923-1950 wynosiła $23,54 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ i była prawie o $5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ wyższa niż w przypadku wielolecia 1971-2000 oraz o $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ wyższa w odniesieniu do całego wielolecia. W przypadku 10-letniego okresu powtarzalności prędkość wiatru w latach 1923-1950 również była największa spośród wszystkich rozpatrywanych okresów analizy i wynosiła $24,47 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Prędkość wiatru o okresie powtarzalności 50 lat wyznaczona na podstawie analizy w latach 1923-1950 jest wyższa niż wyznaczona w odniesieniu do okresu 1971-2000, ale o prawie $2 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ mniejsza niż w przypadku całego okresu pomiarów 1923-2012. Wyniki pokazują, iż pomimo niższych wartości prędkości wiatru, jaka może zostać przekroczona raz na 60 i raz na 120 miesięcy według lat 1923-2012, w porównaniu z okresem do 1950 r., co najmniej raz na 5 lat może wystąpić wiatr o prędkości znacznie przekraczającej kryterium wydawania ostrzeżeń przed silnym wiatrem, wynoszącym $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ (Buchert i in. 2013). Większa prędkość wiatru, jaka może zostać przekroczona raz na 50 lat w okresie analizy 1923-2012 w porównaniu z dwoma wcześniejszymi wieloleciami, może wskazywać na większe ryzyko wystąpienia znacznych zniszczeń i strat.

Tabela 4. Maksymalna prędkość wiatru o okresie powtarzalności 5, 10 i 50 lat w latach 1923-1950, 1971-2000 i 1923-2012 według analizy GEV

Table 4. The expected return level of the extreme wind speed in Gdynia for 5, 10 and 50 year return period in the periods 1923-1950, 1971-2000 and 1923-2012 according to GEV analysis

Okres powtarzalności Return period [lata/years]	Prędkość wiatru Wind speed [m·s ⁻¹]		
	1923-1950	1971-2000	1923-2012
5	23,54	18,56	21,54
10	24,47	19,83	23,77
50	26,05	22,63	27,98

Podsumowanie i wnioski

Dane pomiarowe ze stacji w Gdyni rejestrowane do 1950 r. umożliwiły analizę warunków termicznych, opadowych i anemometrycznych w tym okresie oraz wydłużenie serii danych pomiarowych z tej stacji o około 25 lat. Na ich podstawie wykazano różnice w występowaniu zjawisk meteorologicznych o charakterze ekstremalnym do roku 1950 na tle całego okresu pomiarów w Gdyni do 2014 r. Najbardziej znaczące różnice ekstremalnych warunków termicznych stwierdzono w przypadku rocznego rozkładu temperatury minimalnej, który ulega systematycznemu przesunięciu w kierunku wyższych wartości. Wartości ekstremalne tej temperatury do 1950 r. były wyraźnie niższe niż w pozostałych rozpatrywanych okresach. Wzrost następuje także w przypadku najniższych wartości temperatury maksymalnej, na co wskazują wyznaczone różnice parametrów rozkładu w latach 1923-1950, w tym znacznie niższe wartości progowe ekstremalnie niskich wartości temperatury maksymalnej do 1950 r. względem pozostałych okresów. Różnice częstości występowania dni bardzo mroźnych w każdym z miesięcy zimowych do roku 1950 względem pozostałych okresów świadczą o systematycznym spadku ich liczby. Z kolei w przypadku ekstremalnie wysokiej temperatury powietrza nie można stwierdzić zasadniczych zmian. Jej wartości progowe były do 1950 r. wyższe, a dni upalne występowały częściej niż w pozostałych okresach. Jednakże różnice w stosunku do całego okresu pomiarów były mniejsze niż w odniesieniu do lat 1971-2000. Powyższe wyniki można uznać za symptom wieloletnich zmian warunków termicznych. Szczególnie dotyczyć to może sezonu zimowego, w którym zwykle odnotowywane są najniższe wartości temperatury powietrza w ciągu roku, a w którym w porównaniu z okresem do 1950 r. ekstremalne warunki termiczne do 2014 r. uległy złagodzeniu. Wyniki dotyczące ekstremalnych warunków opadowych wskazują, że opady mogące powodować zagrożenie

nia występowały od początków istnienia Gdyni. Okres do 1950 r. wyróżniał się większą częstością występowania dni z opadem silnym i dni z opadem bardzo silnym w roku niż lata późniejsze. Wykazane różnice wartości progowych ekstremalnie wilgotnych warunków opadowych mogą świadczyć o zróżnicowanym charakterze zmian ilości opadów w Gdyni. Systematyczny wzrost ekstremalnej dobowej sumy opadów od 1923 r. wystąpił w dwóch miesiącach letnich i jesiennych, co może wynikać ze wzrostu intensywności incydentów opadowych. Zmniejszenie dobowych sum opadów w porównaniu z okresem do 1950 r. zaznaczyło się natomiast na przełomie zimy i wiosny. Różnice wartości progowych warunków ekstremalnie suchych są bardziej jednoznaczne niż w przypadku nadmiaru opadów. We wszystkich miesiącach zmniejszyły się lub nie uległy zauważalnej zmianie od 1923 r., ponadto maksymalna długość okresu bezopadowego w półroczu ciepłym zwiększyła się w porównaniu z okresem do 1950 r. Można zatem przypuszczać, że zagrożeniem związanym z opadami w Gdyni w ciągu całego roku może być ich niedobór. W półroczu ciepłym zagrożenie wiązać się może zarówno z wystąpieniem ekstremalnie wysokich opadów, jak i ich niedoboru. Występowanie wiatru o znacznej prędkości jest stałym elementem klimatu Gdyni. Przejawem wzrostu ryzyka zagrożeń mogą być wyznaczone dodatnie różnice maksymalnej prędkości wiatru o możliwości wystąpienia co najmniej raz na 50 lat.

L i t e r a t u r a

- Buchert L., Cebulak E., Drwal-Tylmann A., Wojtczak-Gaglik E., Kilar P., Limanówka D., Łapińska E., Mizera M., Ogórek S., Pyrc R., Winnicki W., Zawisławski T., 2013, Vademecum: niebezpieczne zjawiska meteorologiczne, geneza, skutki, częstość występowania, część pierwsza – wiosna, lato, IMGW-PIB, Warszawa, 69 s.
- Coles S., 2001, An introduction to statistical modeling of extreme values, Springer-Verlag, London, 209 s.
- Filipiak J., 2007, Rekonstrukcja warunków klimatycznych Gdańska w okresie pomiarów eksperymentalnych – fakty i niepewności, [w:] 200 lat regularnych pomiarów i obserwacji meteorologicznych w Gdańsku, M. Miętus, J. Filipiak, A. Wyszkowski, IMGW, Warszawa, 20-33
- Frich P., Alexander L., Della Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A.M.G., Peterson T., 2002, Observed coherent changes in climatic extremes during the second half of the twentieth century, *Climate Research*, 19, 193-212, DOI: 10.3354/cr019193
- Gorczyński W., 1939, Czas trwania usłonecznienia w Gdyni wraz z Gdańskiem oraz na Helu na tle innych stacji polskich i całego Bałtyku, *Sprawozdania z posiedzeń Towarzystwa Naukowego Warszawskiego*, 32 (1-3), 34-37
- Gumiński R., 1931, Zima roku 1928/29 w Polsce, *Przegląd Geograficzny*, 11, 119-127

- IPCC, 2014, Annex II: Glossary, [w:] Climate Change 2014: Synthesis Report, K.J. Mach, S. Planton, C. von Stechow (red.), Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, Geneva, Switzerland, 117-130
- Klein Tank A.M.G., Wijngaard J.B., Können G.P., Böhm R., Demarée G., Gocheva A., Mileta M., Pashiardis S., Hejkrlik L., Kern-Hansen C., Heino R., Bessemoulin P., Müller-Westermeier G., Tzanakou M., Szalai S., Pálsdóttir T., Fitzgerald D., Rubin S., Capaldo M., Maugeri M., Leitass A., Bukantis A., Aberfeld R., Van Engelen A.F.V., Forland E., Miętus M., Coelho F., Mares C., Razuvaev V., Nieplova E., Cegnar T., Antonio López J., Dahlström B., Moberg A., Kirchhofer W., Ceylan A., Pachaliuk O., Alexander L.V., Petrovic P., 2002, Daily data set of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment, International Journal of Climatology, 22, 1441-1453, DOI: 10.1002/joc.773
- Lechowicz-Kwiecień K., 1961, Ustłonecznienie Gdyni, Biuletyn PIHM, 9, 58-80
- Lewandowska A.U., Falkowska L.M., 2013, High concentration episodes of PM10 in the air over the urbanized coastal zone of the Baltic Sea (Gdynia-Poland), Atmospheric Research, 120-121, 55-67, DOI: 10.1016/j.atmosres.2012.08.002
- Michalska K., 2006, Warunki meteorologiczne w Gdańsku i Gdyni w latach 1940-1944, Wiadomości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 29 (1), 49-65
- Miętus M., 2005, Ekstremalne zjawiska klimatyczne z perspektywy IPCC, [w:] Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne, E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), PTGF, IMGW, Warszawa, 19-31
- Miętus M., Filipiak J., Owczarek M., 2004, Klimat wybrzeża południowego Bałtyku. Stan obecny i perspektywy zmian, [w:] Środowisko polskiej strefy południowego Bałtyku – stan obecny i przewidywane zmiany w przededniu integracji europejskiej, J. Cyberski (red.), GTN Gdańsk, 11-44
- Miętus M., Filipiak J., Owczarek M., Jakusik E., 2005, Zmienność warunków opadowych w rejonie polskiego wybrzeża Morza Bałtyckiego w świetle kwantylowej klasyfikacji opadowej, Materiały Badawcze IMGW. Seria: Meteorologia, 37, 59 s.
- Malinowska M., 2010, Opady o dużym natężeniu w Gdyni i ich uwarunkowania atmosferyczne (1981-2000), [w:] Woda w badaniach geograficznych, T. Ciupa, R. Suligowski (red.), Uniwersytet Jana Kochanowskiego w Kielcach, Kielce, 49-58
- Niedźwiedz T. (red.), 2003, Słownik meteorologiczny, IMGW, Warszawa, 495 s.
- Nurek T., Korzeniewski J., Trapp J., Wyszowski A., 1992, Bioklimat aglomeracji gdańskiej, Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Gdańskiego, 18, 21-43
- Owczarek M., 2000, Charakterystyka elementów klimatu Gdyni w latach 1951-1997, Wiadomości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 23 (1), 57-75
- Owczarek M., 2003, Odczuwalność ciepła w Gdyni w świetle wybranych wskaźników, Wiadomości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 26 (4), 37-58
- Owczarek M., 2005, Ekstremalne warunki termiczne na Wybrzeżu i Pomorzu według przedziałów kwantylowych średniej dobowej temperatury powietrza, [w:] Ekstre-

- malne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne, E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), IMGW, PTGeof., Warszawa, 70-80
- Owczarek M., 2007, Zmienność warunków biotermicznych w Gdyni (1951-2005), [w:] Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych, K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej UJ, Kraków, 297-305
- Owczarek M., Miętus M., 2001, Wybrane użyteczne wskaźniki klimatyczne dla Gdyni, Wiadomości Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 24 (1), 23-47
- Piotrowicz K., 2006, Kryteria wyznaczania ekstremalnych zim, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska SECTIO B, 61 (42), 362-369
- Szukalski J., 1965, Lokalne warunki klimatyczne strefy podmiejskiej Trójmiasta (Gdańsk-Sopot-Gdynia), Zeszyty Geograficzne WSP w Gdańsku, 7, 183-222
- Tomczak J., 1972, O wzroście stężenia zapylenia w Gdyni, Wiadomości Służby Hydrologicznej i Meteorologicznej, 20 (3-4), 77-84
- Trapp J., 1978, Wpływ warunków naturalnych i zabudowy na klimat Gdyni, Uniwersytet Gdański, Wydział Biologii i Nauk o Ziemi, Katedra Meteorologii i Klimatologii, maszynopis
- Trapp J., Korzeniewski J., Nurek T., Wyszowski A., 1987, Klimat Aglomeracji Gdańskiej, Zeszyty Naukowe Wydziału Biologii, Geografii i Oceanologii UG, 16, 5-34
- Ustrnul Z., Czekierda D., 2009, Atlas ekstremalnych zjawisk meteorologicznych oraz sytuacji synoptycznych w Polsce, IMGW, Warszawa, 182 s.
- Wapiński R., 1997, Gdynia lat II Rzeczypospolitej, dokonania i symbole, [w:] Gdynia, miasto z morza i marzeń, S. Kitowski, Wydawnictwo Studio Spartan, Gdynia, 8-9
- WMO, 2015, Technical regulations. Basic documents No. 2, Volume I – General meteorological standards and recommended practices, WMO-No. 49, Genewa, 36 s.

S t r e s z c z e n i e

W pracy analizowano warunki termiczne, opadowe oraz anemometryczne w Gdyni w latach 1923-1950, które można uznać za ekstremalne. Wyniki z lat 1923-1950 oceniono w odniesieniu do wielolecia referencyjnego 1971-2000 oraz całego okresu pomiarowego 1923-2014. Analizowano rozkłady empiryczne i teoretyczne wybranych elementów meteorologicznych. W przypadku temperatury powietrza wyznaczono wartości kwantyli 5, 10, 90 i 95% rozkładów empirycznych temperatury maksymalnej i minimalnej oraz częstość występowania dni upalnych, fal gorąca i dni bardzo mroźnych. Wyznaczono sumę opadów w ciągu roku podczas dni z opadem o ekstremalnej sumie dobowej, liczbę dni z opadem silnym i bardzo silnym, a także najdłuższe ciągi kolejnych dni z opadem oraz bez opadów. Wyznaczono wartości kwantyli 10 i 90% rozkładu miesięcznych sum opadów. Wyznaczono wartości maksymalnej prędkości wiatru o okresie powtarzalności 5, 10 i 50 lat z zastosowaniem rozkładów GEV (ang. *Generalized Extreme Value*).

Najbardziej znaczące różnice ekstremalnych warunków termicznych pomiędzy rozpatrywanymi wieloleciami stwierdzono w przypadku rocznego rozkładu temperatury minimalnej, który ulega systematycznemu przesunięciu w kierunku wyższych wartości. Wykazano również wzrost najniższych wartości temperatury maksymalnej oraz spadek liczby dni bardzo mroźnych. Różnice ekstremalnych warunków opadowych w poszczególnych wieloleciach mogą świadczyć o zwiększeniu intensywności opadów w niektórych miesiącach półroczia ciepłego oraz wzroście zagrożenia niedoborem opadów w ciągu całego roku. Dodatkowo różnice maksymalnej prędkości wiatru, o możliwości wystąpienia co najmniej raz na 50 lat, mogą wskazywać na wzrost ryzyka strat spowodowanych wystąpieniem silnego wiatru.

Słowa kluczowe: ekstrema klimatyczne, temperatura powietrza, opady atmosferyczne, prędkość wiatru, rozkład częstości, Gdynia.

S u m m a r y

The aim of the research was to analyze the thermal, precipitation and anemometric conditions in Gdynia in the years 1923-1950, which can be considered as climate extreme. The results of the years 1923-1950 were evaluated for the reference period 1971-2000 and the whole measuring period 1923-2014. The empirical and theoretical frequency distributions of selected meteorological elements were analyzed. Statistical characteristics of the extreme thermal conditions (the values of 5, 10, 90 and 95% quantile of the empirical distributions) as well as the frequency of sweltering days, hot waves and very ice days were determined. Heavy and very heavy precipitation days, the amount of precipitation during days with extreme daily precipitation amount and the longest periods of consecutive days with precipitation and with no precipitation were determined. The maximum wind speed values of 5, 10 and 50-year return period was estimated with the use of Generalized Extreme Values analysis (GEV). The most significant differences in the extreme thermal conditions between the considered periods were found in the annual minimum temperature frequency distribution, which has been shifted towards higher values. It also showed an increase in the lowest values of the maximum temperature and a decrease in the number of very cold days. Results related to extreme precipitation conditions may indicate the intensity of precipitation events in some months of the warm season and an increase the risk of meteorological drought over the whole year. The expected return level of the extreme wind speed for 50 year return period, determined in relation to the periods considered, indicates an increase in the risk of losses caused by strong wind.

Key words: climate extremes, air temperature, precipitation, wind speed, frequency of distribution, Gdynia.