

Urszula KOSSOWSKA-CEZAK

Zakład Klimatologii UW

Robert TWARDOSZ

Zakład Klimatologii UJ

NIEZWYKLE MROŻNE ZIMY I NIEZWYKLE GORĄCE LATA W EUROPIE (1951-2010)

EXCEPTIONALLY COLD WINTERS AND EXCEPTIONALLY HOT SUMMERS IN EUROPE (1951-2010)

Zainteresowanie skrajnymi warunkami pogodowymi zawsze towarzyszyło człowiekowi, ponieważ stanowiły one zagrożenie dla jego egzystencji. Dotyczy to również okresów z niezwykle niską albo wysoką temperaturą powietrza, zwłaszcza utrzymującą się przez dłuższy czas, a więc niezwykle mroźnych zim i wyjątkowo upalnych lat, kiedy to temperatura w przebiegu rocznym osiąga swoje rekordowe wartości. Występowanie takich skrajnych warunków termicznych nie tylko wyznacza zakres możliwej w danym klimacie najniższej i najwyższej temperatury, ale przede wszystkim w istotny sposób wpływa na człowieka – jego samopoczucie, zdrowie, a nawet umieralność, na jego działalność i gospodarkę, a także – a może przede wszystkim – na funkcjonowanie całego systemu przyrodniczego. Wzmianki o niezwykle zimach i latach już sprzed kilku wieków możemy znaleźć w kronikach historyków. Cennej wiedzy dotyczącej tego zagadnienia w Europie, a w szczególności na ziemiach polskich, dostarcza nam opracowanie R. G i r g u s i a i W. S t r u p c z e w s k i e g o (*Wyjątki...*, 1965).

Jak już wielokrotnie podkreślano, występowanie niezwykle obciążających warunków termicznych jest naturalną cechą klimatu szerokości umiarkowanych, w której jest położona większość obszaru Europy, kształtowanego przez silnie zmienną cyrkulację atmosferyczną, typową w tej strefie klimatycznej (np. Twardosz,

Kossowska-Cezak, 2015a, b). Ta duża zmienność ujawnia się głównie w porze zimowej, kiedy nad kontynentem dominuje cyrkulacja strefowa o składowej zachodniej lub wschodniej.

Celem opracowania jest poznanie częstości, czasu wystąpienia i zasięgu przestrzennego pór roku o skrajnych warunkach termicznych, tzn. najzimniejszych zim (rozumianych jako okres 3 miesięcy – od grudnia do lutego) i najgorętszych lat (od czerwca do sierpnia), na obszarze Europy kontynentalnej i Wysp Brytyjskich od połowy XX wieku do 2010 r. Opracowanie jest kontynuacją i pogłębieniem wcześniejszych opracowań autorów dotyczących anomalnych zim i lat (Twardosz, Kossowska-Cezak, 2015a, b).

Materiały i metody opracowania

Podstawę opracowania stanowią wartości średnie miesięczne temperatury powietrza z 60 stacji meteorologicznych w Europie z lat 1951-2010. Za pory roku uznano – jak wcześniej wspomniano – okresy 3-miesięczne: zima – od grudnia do lutego i lato – od czerwca do sierpnia. Za pory roku anomalne przyjęto te, w których temperatura różniła się od średniej 60-letniej na danej stacji przynajmniej o 2 odchylenia standardowe. Na tej podstawie wyróżniono zimy niezwykle mroźne ($NMZ - t \leq t_{sr} - 2\sigma$) i niezwykle gorące lata ($NGL - t \geq t_{sr} + 2\sigma$). Dla celów porównawczych wyróżniono też tą samą metodą zimy niezwykle łagodne ($NŁZ - t \geq t_{sr} + 2\sigma$) i lata niezwykle chłodne ($NCL - t \leq t_{sr} - 2\sigma$). Kryterium odchylenia standardowego przyjęto przez analogię do tego, jakim posłużono się we wcześniejszych badaniach autorów, a dotyczących anomalnych warunków termicznych w Europie (np. Twardosz, Kossowska-Cezak, 2013a,b, 2015a,b).

Dane do opracowania uzyskano ze strony internetowej *European Climate Assessment & Dataset* (ECA&D, www.eca.knmi.nl) (Klein Tank i in., 2002). Do badań wybrano stacje wyłącznie znajdujące się na kontynencie i na Wyspach Brytyjskich, od wybrzeży Morza Śródziemnego po północny kraniec Półwyspu Skandynawskiego i od wybrzeży Atlantyku do Uralu. Nie uwzględniono stacji górskich. Spośród 60 stacji 35 znajduje się na wysokości do 100 m n.p.m. (w tym Astrachań w depresji -23m), 17 stacji – od 101 do 200 m, 5 stacji – od 201 do 300 m, tzn. 57 stacji znajduje się na obszarach nizinnych. Na terenach wyżynnych znajdują się tylko 3 stacje: Madryt – 667 m n.p.m., Sofia – 595 m i Zurych – 569 m. Stacje ponumerowano od 1. do 60. z zachodu na wschód w 8 pasach 5-stopniowych szerokości geograficznej, z południa (poniżej 40°N) na północ (powyżej 70°N). Najwięcej stacji jest w pasie 40-45°N – 14 oraz w 3 pasach od 45 do 60°N – po 10 (tab. 1).

Tabela 1. Temperatura średnia wieloletnia w zimie i w lecie oraz liczba niezwykle mroźnych i łagodnych zim (NMZ i NŁZ) oraz niezwykle chłodnych i gorących lat (NCL i NGL) w Europie (1951-2010)

Table 1. Long-term average winter and summer temperatures and the numbers of exceptionally cold and mild winters (ECW and EMW) and exceptionally hot and cold summers (EHS and ECS) in Europe (1951-2010)

	Stacja / Station		Zima / Winter			Lato / Summer		
φ (°N)	Nr No	Nazwa Name	$t_{\text{śr.}}/t_{\text{av.}}$ (°C)	NMZ ECW	NŁZ EMW	$t_{\text{śr.}}/t_{\text{av.}}$ (°C)	NGL EHS	NCL ECS
<40	1	Lizbona	11,9	1	2	21,9	1	2
	2	Almeria	13,0	1	1	24,8	1	1
	3	Crotone	9,7	1	3	24,8	2	–
	4	Ateny	10,9	1	2	27,3	1	2
40–45	5	La Coruña	10,7	1	2	18,2	2	1
	6	Madryt	6,7	1	1	23,4	1	1
	7	Bordeaux	6,4	1	1	19,5	1	–
	8	Barcelona	9,5	1	1	22,4	2	–
	9	Marsylia	7,4	2	2	23,0	1	–
	10	Rzym	8,1	2	1	23,4	2	–
	11	Split	8,4	2	1	24,8	1	1
	12	Belgrad	2,1	4	1	21,7	3	–
	13	Sofia	0,0	2	1	19,6	2	1
	14	Konstanca	2,0	2	1	21,8	2	–
	15	Stambuł	6,9	1	1	23,1	2	–
	16	Symferopol	0,9	2	1	21,0	2	–
	17	Soczi	6,9	1	2	22,2	1	–
	18	Machaczkała	1,4	2	–	23,6	1	2
45–50	19	Brest	6,7	1	1	15,6	2	3
	20	Paryż	5,0	1	1	19,1	2	1
	21	Zurych	0,7	1	1	17,1	1	–
	22	Würzburg	0,8	1	1	17,9	1	1
	23	Wiedeń	1,0	2	1	19,8	2	–
	24	Debreczyn	-0,5	4	–	20,3	2	1
	25	Czerniowce	-2,7	2	1	18,8	2	1
	26	Zaporoże	-2,8	1	–	21,4	2	1
	27	Rostów n. Donem	-2,9	1	–	22,3	3	–
	28	Astrachań	-3,8	2	–	24,1	1	1

50-55	29	Valentia	7,2	2	–	14,6	2	1
	30	Londyn	4,8	1	1	16,4	2	–
	31	De Bilt	2,9	2	1	16,5	1	1
	32	Berlin	0,8	2	–	17,7	2	–
	33	Warszawa	-1,7	2	–	17,8	3	–
	34	Mińsk	-5,0	1	–	17,3	3	–
	35	Kijów	-3,5	2	–	19,3	1	–
	36	Kursk	-6,7	2	–	18,4	2	–
	37	Saratów	-8,3	3	–	21,0	2	–
	38	Orenburg	-11,9	2	3	20,9	2	1
55-60	39	Edynburg	3,9	2	2	14,1	-	1
	40	Oslo	-3,2	1	–	15,8	4	–
	41	Kopenhaga	1,3	1	–	17,0	1	2
	42	Sztokholm	-1,8	2	–	16,5	1	1
	43	Lipawa	-1,5	2	–	16,1	2	2
	44	St. Petersburg	-5,8	1	–	16,8	2	2
	45	Moskwa	-7,1	1	–	17,5	2	1
	46	Wołogda	-10,2	2	–	15,7	2	–
	47	Kazań	-10,8	3	–	18,3	2	–
	48	Jekaterynburg	-12,4	2	–	16,8	2	–
60-65	49	Bergen	2,2	4	–	14,2	3	–
	50	Trondheim	-2,1	1	–	13,5	2	–
	51	Vaasa	-6,1	1	–	14,7	2	1
	52	Kajaani	-10,2	2	–	14,2	1	1
	53	Archangielsk	-11,5	2	–	14,1	2	2
	54	Syktywkar	-13,4	3	–	15,2	1	2
	55	Iwdel	-17,1	2	–	15,3	1	1
65-70	56	Bodö	-1,4	2	–	12,0	1	1
	57	Sodankyla	-13,0	1	–	12,6	-	1
	58	Narjan Mar	-16,2	1	1	10,7	1	1
	59	Peczora	-17,3	2	1	13,3	-	–
>70	60	Vardö	-4,2	2	1	8,4	2	–
		Razem		103	40		100	42

Na podstawie przyjętej metody stwierdzono na każdej stacji przypadki wystąpienia niezwykle mroźnych zim (NMZ) i łagodnych zim (NŁZ) oraz niezwykle gorących lat (NGL) i chłodnych lat (NCL) (tab. 1), które następnie stały się podstawą do opracowania odpowiednich kalendarzy (tab. 2).

Tabela 2. Kalendarz anomalnych pod względem termicznym zim i lat w Europie (1951-2010); liczba stacji
 Table 2. Calendar of thermally anomalous summers and winters in Europe (1951-2010); number of stations

Rok Year	Zima / Winter		Lato / Summer		Rok Year	Zima / Winter		Lato / Summer	
	NMZ ECW	NŁZ EMW	NGL EHS	NCL ECS		NMZ ECW	NŁZ EMW	NGL EHS	NCL ECS
1951	–	–	–	–	1981	3	–	3	–
1952	–	–	–	–	1982	–	–	–	–
1953	2	–	–	–	1983	–	1	–	–
1954	16	–	–	1	1984	–	–	–	1
1955	–	4	3	–	1985	10	–	–	–
1956	10	–	–	6	1986	1	–	–	–
1957	–	1	–	–	1987	2	–	–	2
1958	–	–	–	–	1988	–	–	2	–
1959	–	–	1	–	1989	–	1	2	–
1960	–	–	–	–	1990	–	7	–	–
1961	–	–	–	–	1991	–	–	–	–
1962	–	–	–	6	1992	1	–	4	–
1963	24	–	–	–	1993	–	–	1	1
1964	3	–	–	–	1994	–	–	–	2
1965	1	–	–	–	1995	–	3	1	–
1966	7	3	–	–	1996	–	1	–	–
1967	–	–	–	–	1997	–	–	4	–
1968	–	–	–	–	1998	1	3	2	–
1969	8	–	–	3	1999	–	–	1	–
1970	4	–	–	–	2000	–	1	1	–
1971	–	–	–	–	2001	–	2	–	–
1972	1	–	9	3	2002	–	–	8	–
1973	–	–	–	–	2003	–	–	17	–
1974	–	–	1	–	2004	–	–	1	–
1975	–	–	–	1	2005	–	–	1	–
1976	–	–	2	7	2006	–	–	5	–
1977	–	–	–	4	2007	–	11	9	–
1978	–	–	–	5	2008	–	2	1	–
1979	6	–	–	–	2009	–	–	1	–
1980	–	–	–	–	2010	3	–	20	–
Razem liczba stacji (przypadków)						103	40	100	42
Razem liczba lat						18	13	24	13

Zima została przypisana do roku, na który przypada jej większa część, tzn. styczeń i luty.

Należy tu jednak zwrócić uwagę na umowność przyjętej terminologii. Ponieważ pory roku anomalne pod względem termicznym są wyróżnione na podstawie kryterium względnego, odniesionego do średniej temperatury powietrza w danym miejscu, jest oczywiste, że zimy nawet o znacznej anomalii ujemnej na południu Europy w rzeczywistości nie są mroźne, a lata o dużej anomalii dodatniej na północy nie są w potocznym znaczeniu gorące. Ponieważ jednak określenia „mroźna zima” i „upalne lato” dobrze opisują warunki na zdecydowanie przeważającej części Europy, zachowano je w odniesieniu do całej Europy, aby nie komplikować przyjętej terminologii przez wprowadzanie innych terminów na określenie anomalnych pod względem termicznym pór roku wyróżnionych na całym obszarze na podstawie tych samych kryteriów.

Częstość anomalnych pod względem termicznym zim i lat

Stwierdzono 103 przypadki NMZ, które wystąpiły w 18 latach 60-lecia; jedna NMZ wystąpiła zatem jednocześnie średnio na prawie 6 stacjach (5,7). NGL było prawie tyle samo przypadków – 100, ale występowały częściej i obejmowały średnio mniej stacji: pojawiły się w 24 latach 60-lecia i występowały jednocześnie średnio na 4 stacjach (4,2). Zimy i lata o cechach przeciwnych – NŁZ i NCL – występowały znacznie rzadziej – przypadków było odpowiednio 40 i 42, obydwie kategorie pojawiły się tylko w 13 latach 60-lecia, obejmowały zatem średnio tylko po 3 stacje (odpowiednio 3,1 i 3,2).

NMZ i NGL występowały na obszarze całej Europy, tylko na 3 stacjach w północnej Europie nie pojawiło się ani jedno NGL w ciągu 60 lat (tab. 1). NŁZ natomiast wystąpiły tylko na połowie uwzględnionych stacji (30), przeważnie w południowej i zachodniej Europie, podobnie NCL (na 32 stacjach) – głównie w północnej i wschodniej Europie.

Częstość anomalnych pod względem termicznym zim i lat zmieniała się w ciągu 60-lecia (tab. 3). NMZ było najwięcej (6 z 18) w 10-leciu 1960/61-1969/70; miały one również znaczny zasięg – średnio 8 stacji. Duży zasięg miały również NMZ we wcześniejszym 9-leciu – ponad 9 stacji. Połowa NMZ i 3/4 wszystkich przypadków wystąpiła zatem w pierwszych 20 latach rozpatrywanego 60-lecia. Częstość NMZ i ich średni zasięg bardzo zmniejszyły się w ostatnich 20 latach (3 lata, 5 przypadków). Znacznie rzadziej występujące NŁZ były zupełnie nieobecne w 10-leciu 1970/79-1978/80, częściej zaczęły się pojawiać w drugiej połowie 60-lecia (3-4 na 10 lat), a w XXI wieku zaczęły obejmować większe obszary niż wcześniej (średnio 5 stacji).

Częstość NGL w 60-leciu stopniowo wzrastała (tab. 3). W 10-leciu 1961-1970 nie było ich zupełnie, a w ciągu pierwszych 40 lat wystąpiła zaledwie 1/3 wszystkich NGL (8 z 24) i 1/4 wszystkich przypadków. W ostatnim 10-leciu XX wieku wzrosła częstość NGL (7), a w XXI wieku dalszemu wzrostowi częstości NGL

(9 z 24) towarzyszył ponadto gwałtowny wzrost ich średniego zasięgu (7 stacji). Pojawiające się prawie o połowę rzadziej NCL najczęstsze były w 10-leciu 1971-1980 (5 z 13), natomiast zupełnie ich nie było w ostatnim 10-leciu, a ściśle rzecz biorąc – od roku 1995.

Tabela 3. Liczba niezwykle mroźnych i łagodnych zim (NMZ, NŁZ) oraz niezwykle chłodnych i gorących lat (NCL, NGL) oraz liczba stacji, na których wystąpiły w Europie (1951-2010); A – liczba pór roku, B – liczba stacji

Table 3. Numbers of exceptionally cold and mild winters (ECW and EMW) and exceptionally hot and cold Summers (EHS and ECS) and number of stations with EHS and EHS in Europe (1951-2010); A – number of seasons, B – number of stations

Lata Years	Zima* – Winter*				Lato – Summer			
	NMZ – ECW		NŁZ – EMW		NGL – EHS		NCL – ECS	
	A	B	A	B	A	B	A	B
1951-1960	3	28	2	5	2	4	2	7
1961-1970	6	48	1	3	–	–	2	9
1971-1980	2	7	–	–	3	12	5	20
1981-1990	4	15	3	9	3	7	2	3
1991-2000	2	2	4	8	7	14	2	3
2001-2010	1	3	3	15	9	63	–	–
1951-2010	18	103	13	40	24	100	13	42

* Zima została przypisana do roku, na który przypada jej większa część, tzn. styczeń i luty. W związku z tym w latach 1951-1960 uwzględniono tylko 9 zim, tj. bez zimy 1951/52.

* Winter seasons were included in their end year (most of a winter season takes place in January and February). Therefore, only nine winters were included in the opening decade 1951-1960, i.e. the winter of 1951/52 was excluded.

Z punktu widzenia częstości skrajnych pod względem termicznym pór roku w Europie od połowy XX wieku najchłodniejszym okresem były zatem lata 1961-1970 – z największą częstością NMZ i całkowitym brakiem NGL, najcieplejszym zaś początek XXI wieku, z najmniejszą częstością NMZ i największą NGL, a ponadto ze względnie rozległymi NŁZ i zupełnym brakiem NCL.

Lokalizacja i charakterystyka NMZ i NGL obejmujących ponad 5% stacji

Ponad połowa NMZ i NGL oraz NŁZ i NCL stwierdzonych w latach 1951-2010 na obszarze Europy występowała na niewielkich obszarach (1-3 stacje, tab. 2). Te wszystkie anomalne pory roku o małym zasięgu nie będą uwzględnione w dalszej analizie.

Zimy

Spośród 18 NMZ, jakie nawiedziły różne obszary Europy w 60-leciu 1951-2010, więcej niż 5% stacji (tzn. 4 stacje lub więcej) objęło 8 NMZ (tab. 2), z których połowa przypadła na 10-lecie 1960/61-1969/70, a najpóźniejsza z nich wystąpiła w roku 1984/85. Lokalizację tych NMZ pokazano na mapach (rys. 1-3), a charakterystyki termiczne z wybranych stacji w tab. 4.

Tabela 4. Charakterystyki termiczne niezwykle mroźnych (NMZ) i łagodnych zim (NŁZ) w Europie; wybrane stacje (1951-2010)

Table 4. Thermal characteristic of the exceptionally cold (ECW) and mild winters (EMW) in Europe, selected stations (1951-2010)

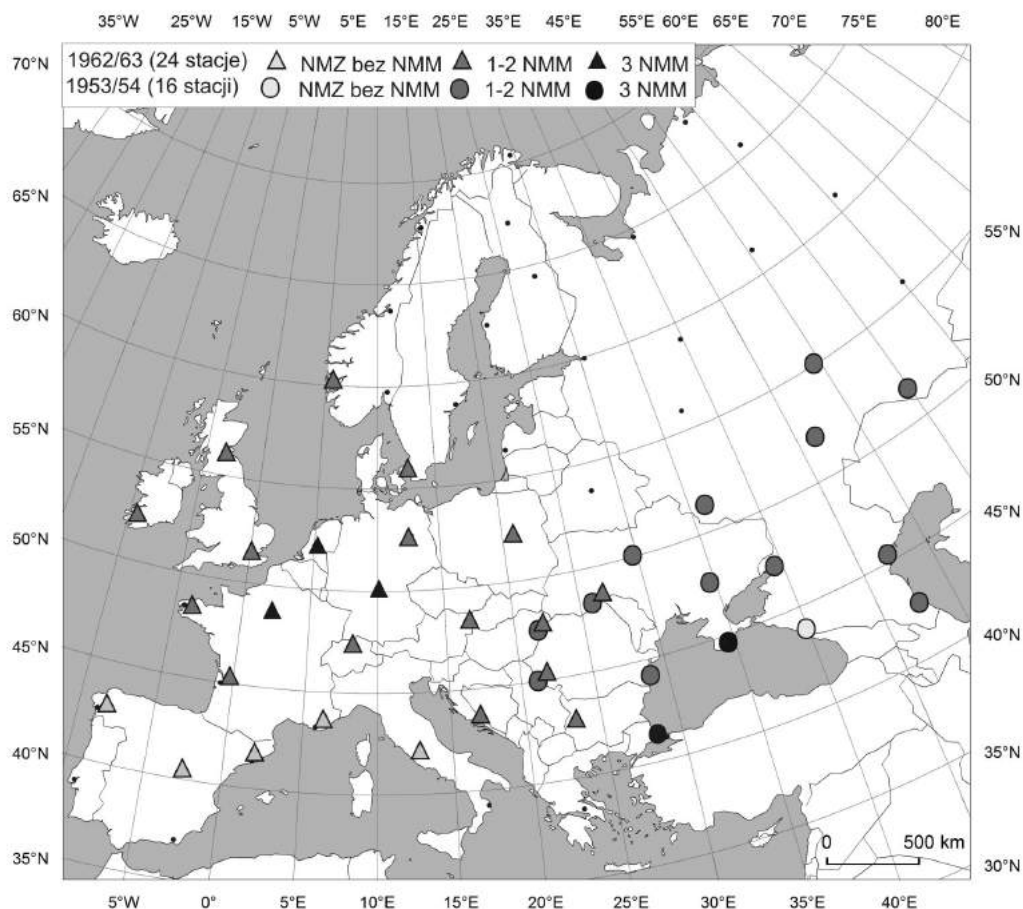
Zima Winter	Stacja Station		Temperatura Air temperature (°C)				Liczba dni z temperaturą No. of days with temperature			
	Nr No	Nazwa Name	$t_{\text{śr.}} / t_{\text{av.}}$	Δt	t_{max}	t_{min}	$t_{\text{min}} < 0^{\circ}\text{C}$	t_{max}		
								<0°C	<-10°C	<-20°C
NMZ/ECW										
1953/54	12	Belgrad	-3,1*	-5,2	0,1	-6,0	74	47	1	–
	27	Rostów	-11,5*	-8,6	-7,9	-14,9	86	77	36	1
	35	Kijów	-9,6*	-6,1	-6,5	-12,7	84	74	29	–
	38	Orenburg	-17,7	-5,8	-13,7	-21,9	90	85	65	14
	48	Kazań	-16,8	-6,0	-13,5	-20,6	90	83	63	21
1955/56	44	St Petersburg	-12,6*	-7,0	-8,8	.	.	77	34	11
	47	Kazań	-18,1*	-7,3	-14,2	-22,4	91	86	66	20
	55	Iwdel	-23,4	-6,3	-18,5	-28,8	91	91	72	41
	60	Vardö	-7,2*	-3,0	-4,7	-9,7	89	80	12	–
1962/63	6	Madryt	5,0*	-1,7	8,1	1,8	26	1	–	–
	10	Rzym	6,2	-1,9	10,1	1,8	36	–	–	–
	12	Belgrad	-2,5	-4,6	0,2	-5,3	72	43	3	–
	20	Paryż	-0,1*	-5,1	2,5	-2,7	57	24	–	–
	29	Valentia	4,6*	-2,6	7,1	2,1	30	–	–	–
	33	Warszawa	-8,4*	-6,7	-5,1	-12,0	86	73	15	–
	41	Kopenhaga	-3,2*	-4,5	-1,0	-5,3	82	60	–	–
	49	Bergen	-0,8	-3,0	1,4	-3,0	68	31	–	–

1965/66	40	Oslo	-8,5*	-5,3	-5,7	-11,2	88	78	14	–
	57	Sodankyla	-19,9*	-6,9	-15,3	-25,1	90	90	64	24
	60	Vardö	-7,2	-3,0	-4,7	-9,6	90	78	7	
1968/69	28	Astrachań	-9,1	-5,3	-4,4	-12,6	88	59	20	–
	48	Jekaterynburg	-20,4*	-8,0	-15,9	-24,2	90	88	61	31
	59	Peczora	-25,4*	-8,1	-21,5	-29,4	90	90	67	47
1978/79	31	De Bilt	-0,8	-3,7	1,6	-3,4	71	32	–	–
	53	Archangielsk	-18,0	-6,5	-13,5	-22,5	90	89	54	20
1984/85	12	Belgrad	-1,6	-3,7	1,3	-4,3	69	43	2	–
	35	Kijów	-9,0	-5,5	-5,6	-11,9	84	69	17	–
	53	Archangielsk	-19,5*	-8,0	-15,2	-23,6	90	87	59	29
NŁZ/EMW										
1989/90	1	Lizbona	13,3	1,4	16,1	10,6	–	–	–	–
	6	Madryt	8,9*	2,2	12,1	5,7	1	–	–	–
	25	Czerniowce	2,2*	4,9	5,7	-1,4	54	16	–	–
2006/07	12	Belgrad	6,4*	4,3	10,0	3,4	15	–	–	–
	20	Paryż	7,9*	2,9	10,1	5,5	5	–	–	–
	31	De Bilt	6,5*	3,6	9,2	3,9	15	–	–	–
	38	Orenburg	-5,9	6,0	-3,0	-9,2	87	50	10	–

* Najniższa/najwyższa wartość w 60-leciu / The lowest/highest in 60 years;

Wartość wytłuszczona oznacza, że temperatura średnia w tym miesiącu osiągnęła wartość $t \leq t_{sp} - 3\sigma$ / Value in bold means that the temperature meets the criterion $t \leq t_{av} - 3\sigma$.

Spośród NMZ największy zasięg miała **zima 1962/63**, która objęła 24 stacje na obszarze południowo-zachodniej Europy, od Madrytu i Rzymu na południu do Edynburga i Bergen na północy i od La Coruña i Valentii na zachodzie do Warszawy, Czerniowiec i Sofii na wschodzie (rys. 1). Na większej części obszaru była to najzimniejsza zima w 60-leciu, a na południu i zachodzie była to jedyna NMZ, chociaż w tym przypadku symbol M (mroźna) należy traktować jako umowny, gdyż mimo rekordowej anomalii ($\Delta t = -1,5$ - $-2,5^\circ\text{C}$) średnia temperatura tej zimy pozostała tu dodatnia (tab. 4). Na prawie całym obszarze, z wyjątkiem krańców zachodnich i południowych, występowały jednak dni mroźne, a w Warszawie było 15 dni bardzo mroźnych (tab. 4). Na południowo-zachodnich krańcach zasięgu tej



Rys. 1. Stacje z NMZ: 1962/63 (24 stacje) i 1953/54 (16 stacji)

Fig. 1. Stations with ECW: 1962/63 (24 stations) and 1953/54 (16 stations)

NMZ nie było ani jednego niezwykle mroźnego miesiąca (NMM), na pozostałym obszarze prawie wszędzie NMM był styczeń, a w części północno-zachodniej również grudzień i/lub luty. W Paryżu, De Bilt i Würzburgu wszystkie miesiące tej zimy były kategorii NMM, tutaj też oraz w Breście i Zurychu anomalia temperatury osiągnęła 3 odchylenia standardowe ($t \leq t_{sr} + 3\sigma$). Wielkość anomalii Δt wyniosła od ok. -2°C na południu do ok. -5°C w części środkowej zasięgu tej NMZ, a największa była na krańcu północno-wschodnim – w Warszawie – $-6,7^\circ\text{C}$ (najzimniejsza zima w 60-leciu). Te względnie nieduże anomalie temperatury w zachodniej Europie są wynikiem ocieplającego wpływu wód Oceanu Atlantyckiego (Hirsch, Sinha, 2007).

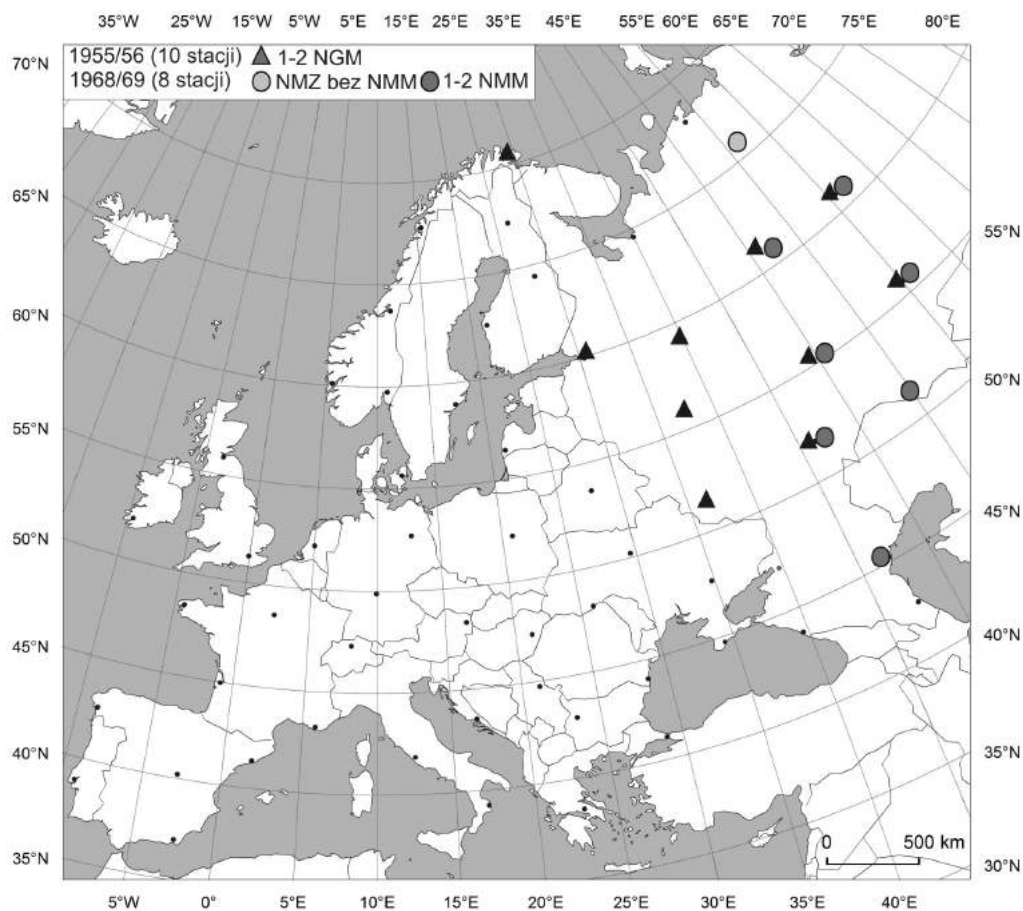
Drugą pod względem zasięgu była **NMZ 1953/54**, która objęła 16 stacji na obszarze południowo-wschodniej Europy, od Debreczyna i Belgradu, przez Ukrainę i wybrzeże Morza Czarnego, do Kazania i Orenburga (rys. 1). Obszar, na którym wystąpiła ta NMZ, prawdopodobnie był niewiele mniejszy niż ten z zimy 1962/63, a znacznie mniejsza liczba stacji z NMZ wynika z mniejszej gęstości sieci stacji niż w zachodniej Europie. Na większości stacji NMM był styczeń i/albo luty, a na krańcach południowych również grudzień. W Stambule i Symferopolu wszystkie miesiące tej zimy były kategorii NMM; tutaj, a także na 5 innych stacjach na północ od Morza Czarnego anomalia temperatury przekroczyła 3 odchylenia standardowe. Wielkość anomalii temperatury Δt na prawie wszystkich stacjach przekroczyła -4°C , na wschodzie sięgnęła -5 – -7°C , a w Rostowie nad Donem osiągnęła $-8,6^{\circ}\text{C}$. Była to największa zimowa ujemna anomalia temperatury w Europie w latach 1951-2010 i jeden z 5 przypadków anomalii większej od $-8,0^{\circ}\text{C}$. Na całym obszarze występowały dni z temperaturą maksymalną poniżej -10°C (bardzo mroźne), a na wschodzie – z temperaturą maksymalną poniżej -20°C (tab. 4).

Pozostałe NMZ na obszarze Europy w 60-leciu objęły już zdecydowanie mniejsze obszary. Były to NMZ 1955/56 – 10 stacji w północno-wschodniej Europie i 1968/69 – 9 stacji na wschodnich krańcach Europy (rys. 2); na 5 stacjach wystąpiły obydwie te NMZ. **NMZ 1955/56** objęła obszary od Kurska i Saratowa na południu do Vardö i Iwdelu na północy. NMM był grudzień i/albo luty. Anomalia temperatury Δt wszędzie, oprócz Vardö, przekroczyła -5°C , w tym na północy przekroczyła -7°C , a największą wartość osiągnęła w Wołogdzie – $-8,2^{\circ}\text{C}$. W St. Petersburgu, Moskwie, Wołogdzie i Kazaniu była to najzimniejsza zima w 60-leciu. Na wszystkich stacjach, z wyjątkiem leżącego na wybrzeżu Vardö, występowały dni z temperaturą poniżej -20°C w ciągu całej doby; było ich więcej niż przeciętnie od 10 w St. Petersburgu do 25 w Iwdelu (tab. 4).

NMZ 1968/69 objęła wschodnie krańce Europy, od Peczory po Astrachań (8 stacji) (rys. 3). NMM był styczeń, a w Iwdelu i Jekaterynburgu również grudzień. Tylko w Peczorze nie było NMM. Anomalia temperatury Δt wszędzie przekroczyła -5°C , a w Peczorze i Orenburgu osiągnęła odpowiednio $-8,1$ i $-8,2^{\circ}\text{C}$. Średnia temperatura tej NMZ w Peczorze $-25,4^{\circ}\text{C}$ była najniższą wartością w całym rozpatrywanym materiale. Tutaj też przez ponad połowę dni tej NMZ temperatura maksymalna utrzymywała się poniżej -20°C (średnio ok. 20 dni). Prawie wszędzie była to najzimniejsza zima w 60-leciu (tab. 4).

Bardzo duże anomalie temperatury podczas tych dwóch NMZ, jako wynik bardzo silnego i długotrwałego spadku temperatury, są charakterystyczne dla wschodniej części Europy, gdzie zimą dochodzi do rozbudowy układów wysokiego ciśnienia.

NMZ 1984/85 wystąpiła na 10 stacjach: od Sofii i Symferopola na południu, przez kijów, Mińsk i Wołogdę do Kajaani i Archangielska (rys. 3). W Belgradzie i Sofii nie było NMM, na pozostałych stacjach był nim luty. Na najbardziej północnych stacjach NMM był również styczeń i była to tutaj najsurowsza zima



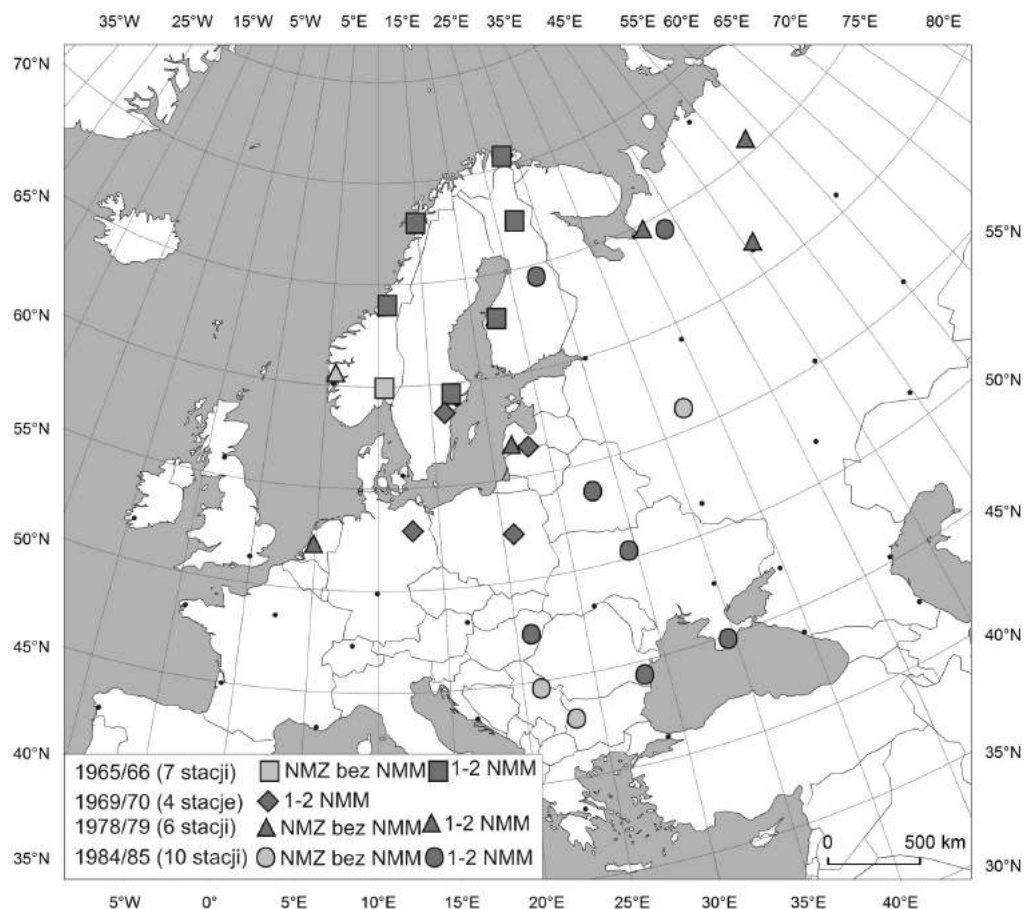
Rys. 2. Stacje z NMZ: 1955/56 (10 stacji) i 1968/69 (8 stacji)

Fig. 2. Stations with ECW: 1955/56 (10 stations) and 1968/69 (8 stations)

w 60-leciu, z anomalią temperatury w Kajaani $\Delta t = -7,1^{\circ}\text{C}$ i Archangielsku $-8,0^{\circ}\text{C}$. Na południu tej NMZ anomalia temperatury Δt wyniosła od $-2,6^{\circ}\text{C}$ w Sofii do $-5,5^{\circ}\text{C}$ w Kijowie i $-6,4^{\circ}\text{C}$ w Wołogdzie. Dni z całodobową temperaturą poniżej $-10,0^{\circ}\text{C}$ występowały na całym obszarze: na południu poniżej 20 (na zachodzie nawet poniżej 5 dni), a na północy do 60 dni, w tym ok. 30 dni z temperaturą maksymalną poniżej $-20,0^{\circ}\text{C}$ (tab. 4).

Jako kolejne pod względem zasięgu należy wymienić:

– **NMZ 1965/66** – 7 stacji na Półwyspie Skandynawskim (rys. 3); NMM był luty, oprócz stacji południowych; anomalia temperatury Δt od $-3,0^{\circ}\text{C}$ w Vardö do $-7,5^{\circ}\text{C}$ w Vaasa (tab. 4);

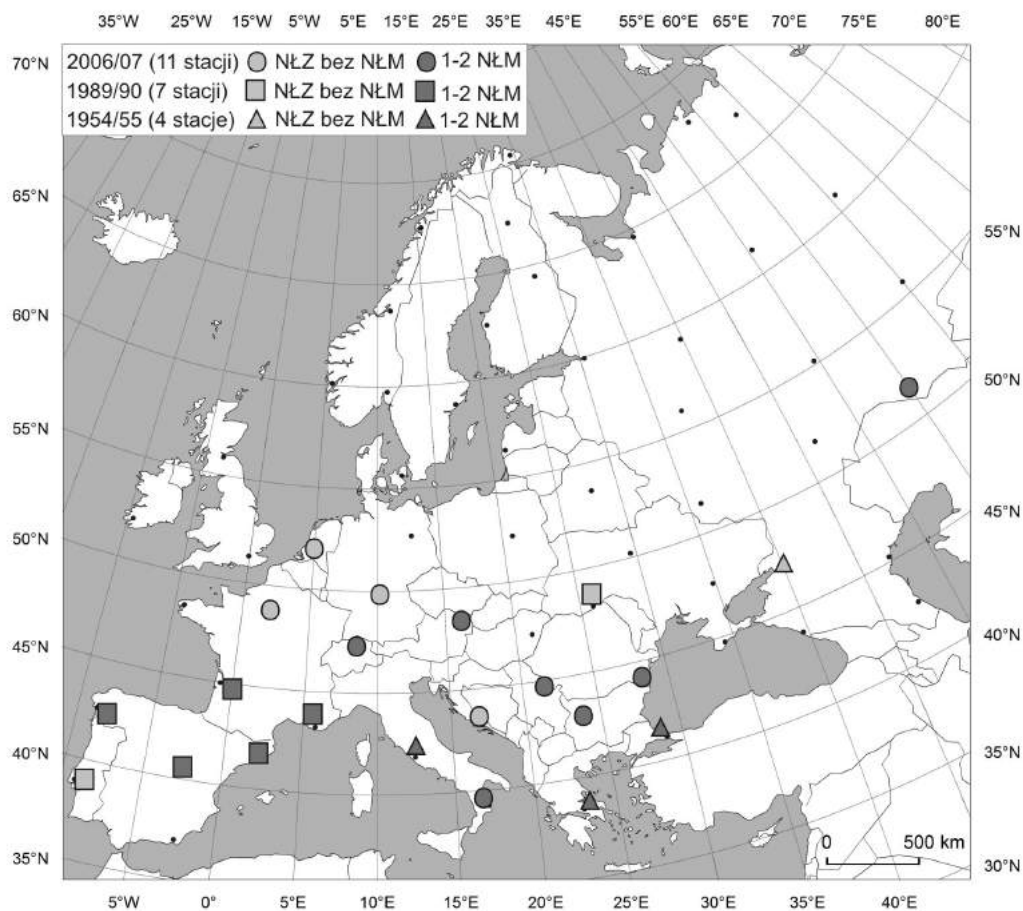


Rys. 3. Stacje z NMZ: 1965/66 (7 stacji), 1969/70 (4 stacje), 1978/79 (6 stacji) i 1984/85 (10 stacji)

Fig. 3. Stations with ECW: 1965/66 (7 stations), 1969/70 (4 stations), 1978/79 (6 stations) and 1984/85 (10 stations)

– **NMZ 1978/79** – 6 rozproszonych stacji: De Bilt, Bergen, Lipawa, Archangielsk, Syktywkar i Peczora (rys. 3); na wschodnich stacjach NMM był grudzień, anomalia temperatury Δt od $-3,0$ – $-4,0^{\circ}\text{C}$ na zachodzie do $-7,0^{\circ}\text{C}$ i większa na wschodzie. W Peczorze była to jedna z dwóch najsurowszych zim w 60-leciu, z temperaturą średnią $-25,4^{\circ}\text{C}$ (anomalia $-8,1^{\circ}\text{C}$);

– **NMZ 1969/70** wystąpiła na ograniczonym obszarze Europy Środkowej: w Sztokholmie, Lipawie, Berlinie i Warszawie (rys. 3); NMM był grudzień, a w Sztokholmie luty. Anomalia temperatury Δt od $-4,6^{\circ}\text{C}$ w Berlinie do $-5,6^{\circ}\text{C}$ w Lipawie. W stacjach nadbałtyckich najzimniejsza zima w 60-leciu.



Rys. 4. Stacje z NŁZ: 2006/07 (11 stacji), 1989/90 (7 stacji) i 1954/55 (4 stacje)

Fig. 4. Stations with EMW: 2006/07 (11 stations), 1989/90 (7 stations) and 1954/55 (4 stations)

Jak wcześniej wspomniano, NŁZ było znacznie mniej i żadna swoim zasięgiem nie dorównała najbardziej rozległym NMZ (tab. 2). Jak należało oczekiwać, wszystkie 3 NŁZ, które wystąpiły na co najmniej 4 stacjach, pojawiły się tylko w części południowo-zachodniej kontynentu. Największy zasięg miała **NŁZ 2006/07** – 11 stacji od Paryża i De Bilt na północy-zachodzie do Crotone, Sofii i Konstancy na południu-wschodzie oraz w odległym Orenburgu (rys. 4). Anomalia temperatury Δt wyniosła od 2,0°C w Crotone do 4,3°C w Wiedniu i Belgradzie; w Orenburgu 6,0°C (tab. 4). Na niektórych obszarach zachodniej Europy była to najcieplejsza zima od początku prowadzenia pomiarów temperatury (Hirschi, 2008). Jak wykazują badania, łagodne zimy w zachodniej i północnej Europie

zwykle są związane z dodatnią fazą Oscylacji Północnoatlantyckiej (NAO), będącą wynikiem zwiększonego gradientu ciśnienia między Wyżem Azorskim i Niżem Islandzkim. Nad obszarem całej Europy zwiększa się wówczas częstość typów cyrkulacji cyklonalnej z zachodu, maleje natomiast, a nawet niekiedy zanika występowanie typów cyrkulacji z północy i wschodu (Kossowska-Cezak, 1997; Jaagus, 2006; Isayev, Sherstyukov, 2008; Sidorenkov, Orlov, 2008; Anisimov i in., 2011).

NŁZ 1989/90 objęła 6 stacji na Półwyspie Pirenejskim i w południowej Francji oraz oddalone Czerniowce, a **NŁZ 1954/55** tylko 4 stacje na południowo-wschodnich krańcach Europy (rys. 4). Obydwie NŁZ były na tych obszarach najcieplejsze w 60-leciu. Anomalia temperatury nigdzie nie przekroczyła $-3,0^{\circ}\text{C}$.

Lata

Pośród stwierdzonych 24 NGL, jakie wystąpiły w Europie w latach 1951-2010 na przynajmniej 4 stacjach (tzn. powyżej 5% stacji), było zaledwie 8. Większość z nich (5) przypadła na pierwsze 10-lecie XXI wieku, w tym 2 NGL o największym zasięgu przestrzennym i o największej anomalii temperatury – NGL 2003 i 2010. W pierwszej połowie 60-lecia wystąpiło tylko jedno NGL o znacznym zasięgu (1972). Mapy ukazujące lokalizację tych NGL znajdują się na rys. 6-9, a charakterystyki termiczne z wybranych stacji w tab. 5.

Tabela 5. Charakterystyki termiczne niezwykle gorących (NGL) i chłodnych lat (NCL) w Europie (1951-2010)

Table 5. Thermal characteristic of the exceptionally hot (EHS) and cold summers (ECS) in Europe (1951-2010)

Rok Year	Stacja / Station		Temperatura / Air Temperature ($^{\circ}\text{C}$)				Liczba dni z temperaturą No. of days with temperature	
	Nr / No.	Nazwa / Name	$t_{\text{śr.}}/t_{\text{av.}}$	Δt	t_{max}	t_{min}	$t_{\text{max}} > 30^{\circ}\text{C}$	$t_{\text{min}} > 20^{\circ}\text{C}$
NGL / EHS								
1972	27	Rostów	25,2	+2,9	31,8	19,3	67	37
	36	Kursk	21,6	+3,2	27,2	16,2	21	6
	44	St. Petersburg	20,1*	+3,3	25,0	15,8	16	14
	45	Moskwa	20,7	+3,2	26,4	14,7	24	6
	53	Archangielsk	16,8*	+2,7	22,8	11,1	11	6
2002	42	Sztokholm	19,3*	+2,8	24,2	15,4	2	1

2002	49	Bergen	16,6	+2,4	20,6	13,6	–	1
	56	Bodö	14,7*	+2,7	18,1	11,6	–	–
2003	4	Ateny	29,0*	+1,7	33,1	22,9	86	83
	8	Barcelona	26,6*	+4,2	31,2	22,1	71	75
	10	Rzym	26,9*	+3,5	33,0	20,9	76	62
	20	Paryż	22,6*	+3,5	27,6	17,6	20	16
	21	Zurych	21,7*	+4,5	27,8	16,3	25	2
	32	Berlin	20,0*	+2,3	25,9	14,1	18	–
	49	Bergen	16,2	+2,0	20,4	13,0	2	–
2006	8	Barcelona	24,8	+2,4	28,5	21,0	32	65
	33	Warszawa	19,9	+2,1	25,6	14,1	22	2
	41	Kopenhaga	18,9*	+1,9	23,4	14,8	2	2
2007	15	Stambuł	25,8*	+2,7	30,7	21,6	53	66
	27	Rostów	25,4	+3,1	32,0	19,0	63	35
2010	15	Stambuł	25,4	+2,3	29,7	21,5	51	62
	18	Machaczkała	26,0*	+2,5	30,2	21,7	49	67
	27	Rostów	26,1*	+3,8	32,5	20,0	64	46
	28	Astrachań	27,5*	+3,4	34,9	20,4	84	55
	33	Warszawa	20,0*	+2,2	24,9	15,0	17	6
	36	Kursk	24,2*	+5,8	30,3	18,6	52	37
	44	St. Petersburg	19,8	+3,0	24,1	15,8	20	21
	45	Moskwa	22,2*	+4,7	27,8	16,4	44	25
NCL / ECS								
1956	20	Paryż	16,5*	-2,6	20,8	12,2	3	–
	22	Würzburg	15,7*	-2,2	20,4	11,5	–	–
1962	41	Kopenhaga	15,0	-2,0	18,6	11,2	–	–
	44	St. Petersburg	14,2*	-2,6	18,1	10,7	–	–
1976	4	Ateny	25,4*	-1,9	30,9	20,8	53	59
	44	St. Petersburg	14,3	-2,5	17,9	11,1	–	1
	45	Moskwa	14,8*	-2,7	19,4	10,6	–	–

1978	28	Astrachań	21,9*	-2,2	28,1	16,6	29	11
	53	Archangielsk	11,6	-2,5	16,8	7,4	1	–

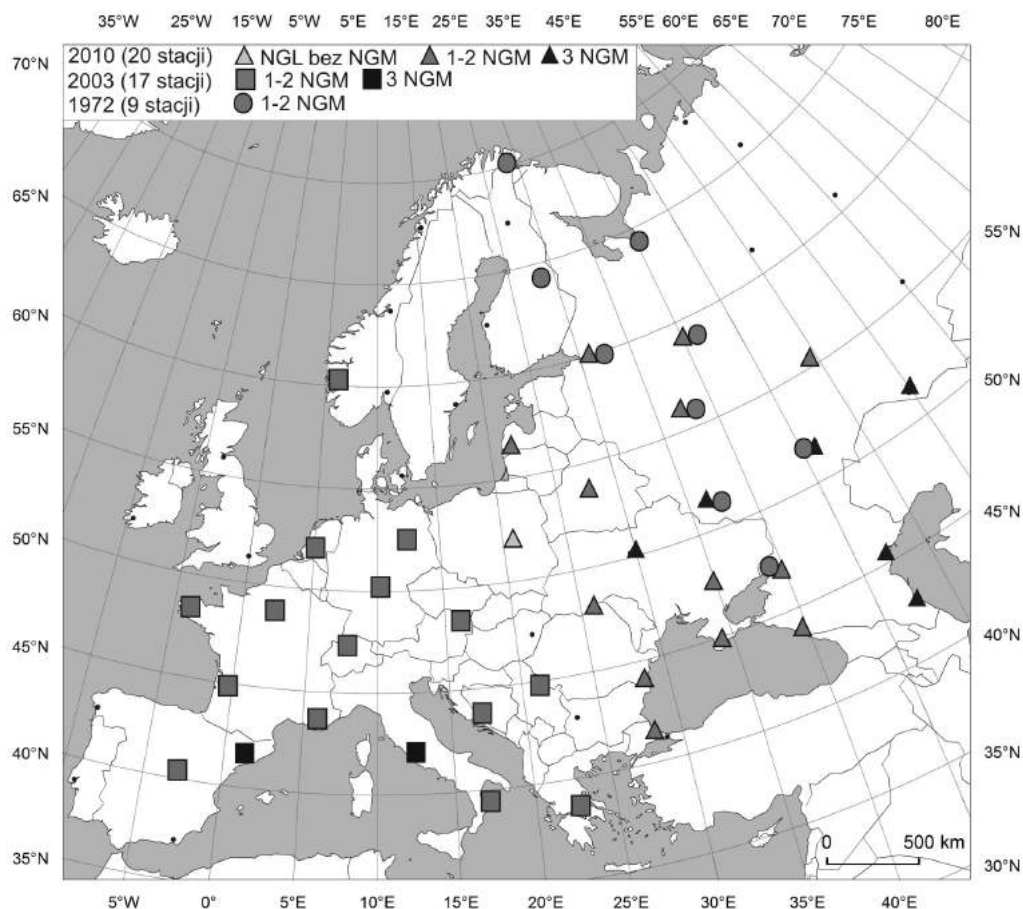
* Najniższa/najwyższa wartość w 60-leciu / The lowest/highest in 60 years; wartość wytłuszczona oznacza, że temperatura średnia w tym miesiącu osiągnęła wartość $t \geq t_{sr} + 3\sigma$ / a value in bold means that the temperature meets the criterion $t \geq t_{av} + 3\sigma$.

NGL, które objęło największe połacie Europy (20 stacji), wystąpiło w roku 2010. **NGL 2010** objęło wschodnią część kontynentu – od Warszawy i Lipawy na zachodzie do Orenburga na wschodzie i od wybrzeży Morza Czarnego i półnóża Kaukazu na południu do St. Petersburga i Wołogdy na północy (rys. 5). Na poszczególnych stacjach NGM były różne miesiące (najczęściej sierpień), a na 6 stacjach NGM były wszystkie 3 miesiące letnie. NGM nie było tylko w Warszawie, ale mimo to było to jedno z dwóch najgorętszych lat w 60-leciu ($t=20,0^{\circ}\text{C}$, $\Delta t=2,2^{\circ}\text{C}$). Na 7 stacjach spośród 20, w Rosji i na Ukrainie, średnia temperatura powietrza tego lata przekroczyła odpowiednią średnią wieloletnią o 3 odchylenia standardowe i więcej ($t \geq t_{sr} + 3\sigma$). Anomalia temperatury na krańcach zachodnich wyniosła ok. 2°C i zwiększała się ku centrum Rosji Europejskiej, osiągając w Kazaniu $5,0^{\circ}\text{C}$, Saratowie $5,3^{\circ}\text{C}$ i Kursku $5,8^{\circ}\text{C}$ (tab. 5). Anomalia $\Delta t = +5,8^{\circ}\text{C}$ była największa w całym rozpatrywanym materiale ($3,9\sigma$). Najwyższa średnia temperatura tego NGL wystąpiła w Astrachaniu – $27,5^{\circ}\text{C}$. NGL 2010 było zatem nie tylko najbardziej rozległe, ale też o największej dodatniej anomalii temperatury. Na większości stacji było to najgorętsze lato w 60-leciu. Wszędzie występowały dni z temperaturą maksymalną powyżej 30°C i minimalną powyżej 20°C .

Długotrwałe utrzymywanie się wysokiej temperatury powietrza wywołało bardzo niekorzystne warunki odczuwalne (silny stres gorąca) i skutki gospodarcze, m.in. stając się przyczyną rozległych pożarów, które z kolei spowodowały 2-3-krotny wzrost zanieczyszczenia powietrza w Moskwie (Zvyagintsev i in., 2011).

Wystąpienie tak niezwykle gorącego lata w roku 2010 było związane, podobnie jak w innych latach, z długotrwałym zaleganiem układów wysokiego ciśnienia (Bardin, 2007), adwekcją powietrza zwrotnikowego i silną insolacją (WMO, 2010). Rozbudowany wał wysokiego ciśnienia nad Rosją utworzył blokadową bardzo stabilną sytuację meteorologiczną, wymuszającą cyrkulacją powietrza z południa (Masters, 2010; Gruza, Ran'kova, 2011).

Na 5 spośród 20 stacji objętych przez NGL 2010 tej kategorii lato wystąpiło już wcześniej – w **roku 1972**; było ono wówczas na 9 stacjach – od Rostowa na południu do północnego krańca Półwyspu Skandynawskiego (rys. 5). Na prawie wszystkich stacjach NGM był sierpień, tylko Rostowie czerwiec, a w Kajaani lipiec. Anomalia temperatury od $2,4$ - $2,7^{\circ}\text{C}$ na północy do $3,3$ - $3,7^{\circ}\text{C}$ w części środkowej; największa w Saratowie. Wszędzie występowały dni z temperaturą maksymalną



Rys. 5. Stacje z NGL: 2010 (20 stacji), 2003 (17 stacji) i 1972 (9 stacji)

Fig. 5. Stations with EHS: 2010 (20 stations), 2003 (17 stations) and 1972 (9 stations)

powyżej 30°C i minimalną powyżej 20°C (tab. 5). Na 5 północnych stacjach, w tym w St. Petersburgu i Wołogdzie, NGL 1972 było gorętsze niż NGL 2010, a w Kajaani było jedynym NGL w 60-leciu.

Drugie pod względem zasięgu NGL w Europie wystąpiło w **roku 2003**. Objęło ono 17 stacji w zachodniej i południowej Europie (rys. 5). W Barcelonie, Marsylii, Rzymie i Splicie oraz w Würzburgu i Wiedniu odchylenie średniej temperatury powietrza od średniej wieloletniej przekroczyło 3 odchylenia standardowe ($t \geq t_{sr} + 3\sigma$), a w Zurychu nawet 4σ . Bezwzględna wielkość anomalii była jednak mniejsza niż podczas NGL 2010, co jest typowe dla obszaru zachodniej Europy, będącej w zasięgu klimatu morskiego: na wybrzeżu Atlantyku ok. 2°C, na zachodzie

Europy 2-3°C, na pozostałym obszarze powyżej 3°C, z rekordową anomalią $\Delta t=4,6^{\circ}\text{C}$ w Zurychu (tab. 5). NGM były przeważnie czerwiec i/albo sierpień, a w Barcelonie i Rzymie NGM były wszystkie 3 miesiące letnie. Najwyższa temperatura tego lata wystąpiła w Atenach: $t=29,0^{\circ}\text{C}$, $\Delta t=1,7^{\circ}\text{C}$. (Jeszcze wyższą wartość średniej temperatury stwierdzono tylko w Crotone w 1998 r., $t=29,8^{\circ}\text{C}$, wartość ta jednak budzi wątpliwości).

W tej części Europy było to najgorętsze lato w 60-leciu, a jak wykazały pomiary, na wielu stacjach najgorętsze od czasu ich rozpoczęcia (Luterbacher i in., 2004). W Europie Zachodniej wystąpiły wyjątkowe upały, które spowodowały niespotykany wzrost śmiertelności, a w Alpach gwałtowne topnienie lodowców. Ze względu na silne negatywne skutki w wielu dziedzinach życia stało się to NGL tematem licznych opracowań (Błażejczyk, Mc Gregor, 2007; Twardosz, 2009; Muthers i in., 2010; Barriopedro i in., 2011; Revich, Shaposhnikov, 2012).

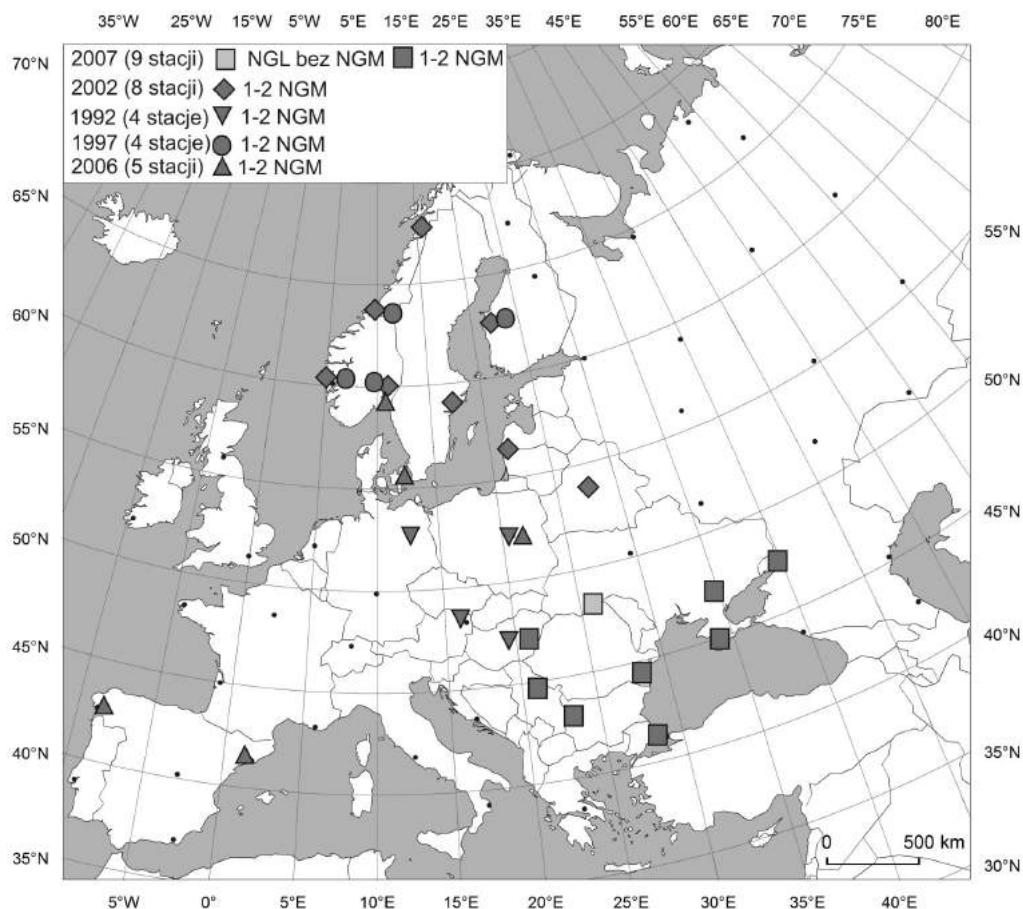
Przyczyną tego niezwykle gorąca była bardzo stabilna blokadowa sytuacja meteorologiczna nad Europą (Fink i in., 2004; Twardosz, 2009). Pogodę w Europie kształtował wtedy silny ośrodek wysokiego ciśnienia z centrum nad Skandynawią, sięgający klinem nad Europę Środkową, co wymuszało adwekcję z południa gorącego powietrza zwrotnikowego nad zachodnią Europę.

Pozostałe NGL miały znacznie mniejszy zasięg – 9 lub mniej stacji. Takie NGL wystąpiło w **roku 2007**. Objęło ono 9 stacji od Debreczyna i Belgradu na zachodzie do Rostowa na wschodzie i Sztambułu na południu (rys. 6). Na większości stacji NGM był czerwiec, poza tym lipiec lub sierpień. Anomalia temperatury Δt wyniosła od 2,2 do 3,2°C (największa w Symferopolu), nie wykazując regularności w rozkładzie przestrzennym. Na 6 zachodnich stacjach najgorętsze lub jedno z dwóch najgorętszych NGL w 60-leciu.

Niewiele mniejszy zasięg miało **NGL 2002**, które objęło 8 stacji na obszarze środkowo-północnej Europy: od Mińska przez wybrzeża Bałtyku i większą część Półwyspu Skandynawskiego po Bodö (rys. 6). Prawie wszędzie NGM był sierpień, tylko w Bodö czerwiec. Wielkość anomalii temperatury zróżnicowana w sposób dość nieregularny, Δt od 2,1 do 3,2°C (największa anomalia w Mińsku). W Sztokholmie i Bodö było to jedyne NGL w 60-leciu.

Poza tym wystąpiły:

NGL 1992 – objęło 4 stacje w środku Europy: Berlin, Warszawę, Wiedeń i Debreczyn (rys. 6). Wszędzie NGM był sierpień. Anomalia temperatury Δt wyniosła 2,2 -2,3°C. Na 3 stacjach jedno z dwóch najgorętszych lat w 60-leciu; tylko w Wiedniu gorętsze było lato 2003. Nie były to jednak największe dodatnie anomalie temperatury powietrza w lecie w XX wieku w Europie Środkowej. Jak wykazały badania Kossowskiej-Cezak (1993) oraz Filipiuka i Kaszewskiego (2000), największe anomalie wystąpiły w lecie 1939 r. Niezwykłe wysoka temperatura w północnej części środkowej Europy jest wynikiem adwekcji powietrza zwrotnikowego z południa. Czynnikiem wzmagającym wzrost temperatury jest występowanie

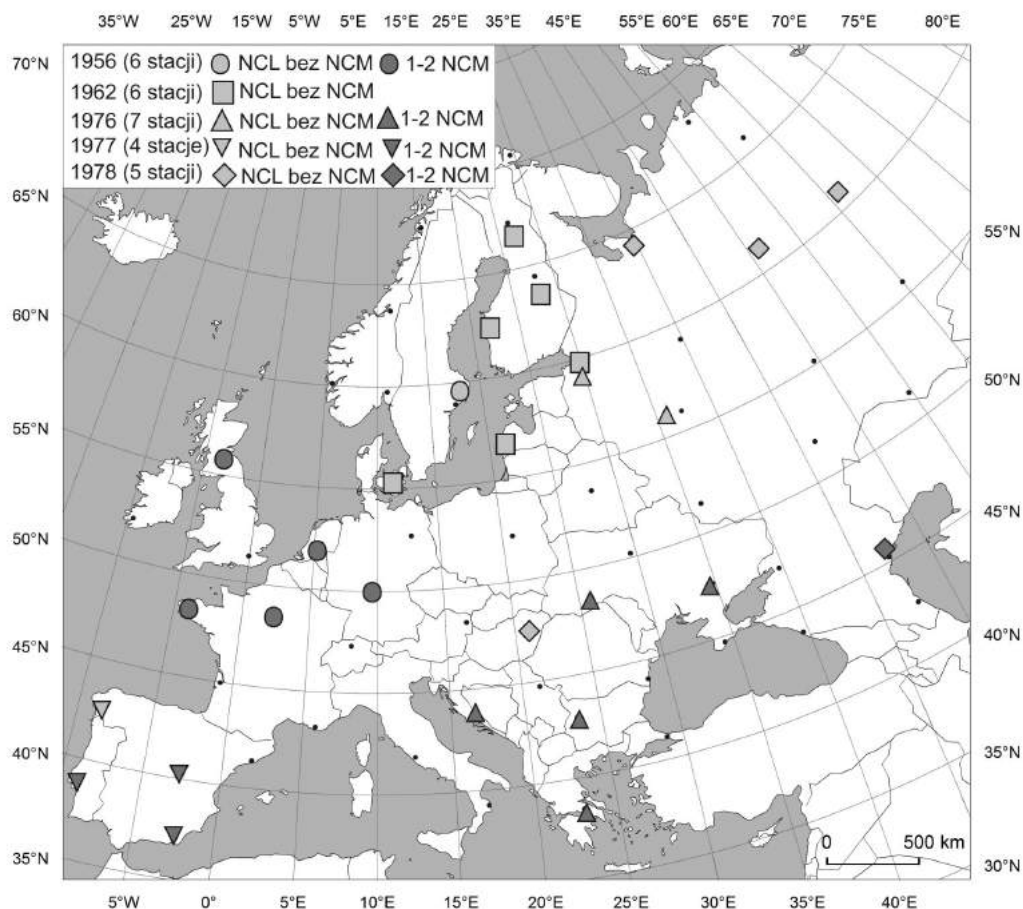


Rys. 6. Stacje z NGL: 2007 (9 stacji), 2002 (8 stacji), 1992 (4 stacje), 1997 (4 stacje) i 2006 (5 stacji)
 Fig. 6. Stations with EHS: 2007 (9 stations), 2002 (8 stations), 1992 (4 stations), 1997 (4 stations) and 2006 (5 stations)

efektu fenowego dzięki obecności bariery Sudetów i Karpat (Kuziemska, 1987; Kossowska-Cezak, 1993). Takie warunki meteorologiczne są związane z klinem Wyżu Azorskiego (Fink i in., 2004).

NGL 1997 – wystąpiło również na 4 stacjach, w środkowej Skandynawii: Oslo, Bergen, Trondheim i Vaasa (rys. 6). NGM był sierpień, na północy również lipiec. Na 3 stacjach najcieplejsze lato w 60-leciu, tylko w Trondheim cieplej było latem w 2002 r.

NGL 2006 wystąpiło na 5 stacjach w dwóch różnych częściach Europy: w północnej Hiszpanii (La Coruña i Barcelona) oraz w Oslo, Kopenhadze i Warszawie



Rys. 7. Stacje z NCL: 1956 (6 stacji), 1962 (6 stacji), 1976 (7 stacji), 1977 (4 stacje) i 1978 (5 stacji)
 Fig. 7. Stations with ECS: 1956 (6 stations), 1962 (6 stations), 1976 (7 stations), 1977 (4 stations) and 1978 (5 stations)

(rys. 6, tab. 5). W obydwu obszarach NGM był czerwiec i podobna była wielkość anomalii temperatury $\Delta t = 1,8-2,4^{\circ}\text{C}$.

Niezwykłe chłodne lata (NCL) występowały rzadziej niż niezwykle gorące (NGL) – przynajmniej 4 stacje objęło tylko 5 NCL (rys. 7), ale najbardziej rozległe z nich było jednocześnie tylko na 7 stacjach. Były to:

NCL 1956 objęło część północno-zachodniej Europy (5 stacji) oraz Sztokholm (rys. 7). NCM był wszędzie sierpień i na 3 stacjach czerwiec. Anomalia temperatury Δt wyniosła na krańcach zachodnich $-1,3$ - $-1,7^{\circ}\text{C}$, do $-2,6^{\circ}\text{C}$ na wschodzie. Jedyne NCL na tym obszarze (tab. 5).

NCL 1962 wystąpiło na wschodzie Skandynawii i wschodnim wybrzeżu Bałtyku (5 stacji) oraz w Kopenhadze (rys. 7). Było to NCL bez NCM; anomalia temperatury powietrza Δt od $-2,0^{\circ}\text{C}$ w Kopenhadze do $-2,8^{\circ}\text{C}$ w Sodankyla.

NCL 1976 wystąpiło na największym obszarze w ciągu 60 lat (7 stacji): od Aten na południu, przez Bałkany do południowej Ukrainy oraz w Moskwie i St. Petersburgu (rys. 7). NCM był sierpień, ale w Sofii również czerwiec, a w Zaporozu lipiec. Anomalia temperatury Δt od $-2,0$ do $-3,1^{\circ}\text{C}$ (największa w Zaporozu). Prawie wszędzie jedyne NCL w 60-leciu. W tym czasie w Breście i Paryżu było NGL.

NCL 1977 stwierdzono na 4 stacjach na Półwyspie Pirenejskim (rys. 7). Na poszczególnych stacjach NCM były różne miesiące, w tym w Almerii wszystkie od czerwca do sierpnia, a w Madrycie lipiec i sierpień. Na zachodzie anomalia temperatury $\Delta t = -1,6 - -1,9^{\circ}\text{C}$, ale w Madrycie aż $-3,5^{\circ}\text{C}$ (druga pod względem wartości ujemna Δt). Wszędzie najchłodniejsze lato w 60-leciu.

NCL 1978 było na 5 stacjach (rys. 7), ale w różnych obszarach: na północno-wschodzie (Archangielsk, Syktywkar, Iwdel, żaden miesiąc nie był NCM, Δt od $-2,5$ do $-3,0^{\circ}\text{C}$), w Astrachaniu (NCM czerwiec, $\Delta t = -2,5^{\circ}\text{C}$) i Debreczynie (bez NCM, $\Delta t = -2,1^{\circ}\text{C}$).

Podsumowanie i wnioski

Niezwykłe mroźne zimy (NMZ) i niezwykle gorące lata (NGL) w latach 1951-2010 na obszarze Europy kontynentalnej i Wysp Brytyjskich wystąpiły odpowiednio w 18 i 24 latach. Były one znacznie częstsze niż zimy i lata o cechach przeciwnych, zwłaszcza lata; zarówno NŁZ, jak i NCL było po 13 w ciągu 60 lat.

NMZ i NGL najczęściej obejmowały nieznaczne obszary (1-2 stacje spośród uwzględnionych 60), ale tak niewielkim zasięgiem charakteryzowały się znacznie częściej NGL (58% NGL) niż NMZ (39% NMZ). Tak więc chociaż NMZ było mniej niż NGL, to były one groźniejsze, gdyż obejmowały większe obszary: przynajmniej 6 stacji (tzn. 10% spośród uwzględnionych) objęło 7 NMZ (39% NMZ) i tylko 5 NGL (21% NGL). Znajduje to również potwierdzenie w zasięgu rekordowo rozległych anomalnych pór roku: NMZ 1962/63 objęła aż 24 stacje, a NGL 2010 20 stacji. Należy jednak pamiętać, że we wschodniej Europie sieć stacji jest rzadsza niż w zachodniej i wielkość obszaru, na którym działa określona liczba stacji, nie musi być wprost proporcjonalna do ich liczby.

Spośród wszystkich rozpatrywanych anomalnych pod względem termicznym zim i lat jako szczególne tak pod względem zasięgu, jak i wielkość anomalii należy wymienić NMZ 1962/63 i 1953/54 oraz NGL 2010 i 2003.

Częstość NMZ i NGL wyraźnie zmieniała się w latach 1951-2010. Najwięcej NMZ było w 10-leciu 1961-1970 (6), a najmniej w XXI wieku (tylko 1), NGL natomiast w 10-leciu 1961-1970 nie było w ogóle, a w XXI aż 9 w ciągu 10 lat.

W ciągu 60 lat na każdej stacji wystąpiła przynajmniej jedna NMZ i jedno NGL, natomiast NŁZ były częstsze w zachodniej i południowej Europie, a NCL w północnej i wschodniej Europie; pojawiły się one tylko na połowie uwzględnionych stacji.

Narastające z zachodu na wschód cechy kontynentalne klimatu wyrażają się nie tylko w coraz większej amplitudzie rocznej temperatury (np. na 52°N: Valentia – 8,2°C, Warszawa – 21,2°C, Orenburg – 35,3°C), ale także w większych skrajnych anomaljach podczas NMZ i NGL (odpowiednio: -2,6, -6,7 i -8,2°C oraz 2,0, 2,2 i 4,5°C).

Przyczyną zróżnicowania pod tym względem kontynentu europejskiego są występujące tu warunki cyrkulacyjne. Europa Zachodnia, znajdująca się pod przewagą cyrkulacji zachodniej i adwekcji morskich mas powietrznych, odznacza się cieplejszymi zimami i chłodniejszymi latami, a podczas anomalnych zim i lat anomalie temperatury są względnie nieduże. Nad wschodnią Europą natomiast przeważa powietrze pochodzenia kontynentalnego – zimą silnie wychłodzone, a latem bardzo ciepłe. Tutaj też częściej dochodzi do rozbudowy stacjonarnych wyżów, w których na skutek małego zachmurzenia zimą, podczas długiej nocy dochodzi do dużej utraty ciepła wskutek wypromieniowania, a latem podczas długiego dnia silna insolacja sprzyja wzrostowi temperatury. Pojawianie się szczególnego zakłócenia typowych układów cyrkulacyjnych w którejkolwiek części kontynentu skutkuje wystąpieniem anomalnych warunków termicznych.

Materiały wpłynęły do redakcji 6 IX 2015.

Literatura

- Anisimov O.A., Borzenkova I.I., Zhil'tsova E.L., Zakharova O.K., Kokorev V.A., Reneva S.A., Strelnchenko Yu.G., 2011, *Hydrometeorological Conditions of the Volga Region and Current Climate Changes*. Russian Meteorology and Hydrology, 36, 5, 307-314.
- Bardin M.Yu., 2007, *Anticyclonic quasi-stationary circulation and its effect on air temperature anomalies and extremes over western Russia*. Russian Meteorology and Hydrology, 32, 2, 75-84.
- Barriopedro D., Fischer E.M., Luterbacher J., Trigo R.M., García-Herrera R., 2011, *The Hot Summer of 2010: Redrawing the Temperature Record Map of Europe*. Science, 332(6026), 220-224.
- Błazejczyk K., McGregor G., 2007, *Warunki biotermiczne a umiERALNOŚĆ w wybranych aglomeracjach europejskich*. Prz Geogr., 3-4, 401-423.
- Filipiuk E., Kaszewski B.M., 2000, *Hot and cold summer in Central Europe (1871-1990)*. Prace Geogr., 108, 149-154.
- Fink A.H., Brücher T., Krüger A., Leckebusch G.C., Pinto J.G., Ulbrich U., 2004, *The 2003 European summer heatwaves and drought – synoptic diagnosis and impacts*. Weather, 59, 8, 209-216.
- Gruza G.V., Ran'kova E.Ya., 2011, *Estimation of probable contribution of global warming to the genesis of abnormally hot summers in the European part of Russia*. Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 47, 6, 661-664.
- Hirschi J.J.-M., 2008, *Unusual North Atlantic temperature dipole during the winter of 2006/2007*. Weather, 63, 4-11.

- Hirschi J.J.-M., Sinha B., 2007, *Negative NAO and cold Eurasian winters: How exceptional was the winter of 1962/1963?* Weather, 62, 43-48.
- Isayev A.A., Sherstyukov B. G., 2008, *Mean and Extreme Characteristics of Moscow Climate at the End of the 20th Century*. Russian Meteorology and Hydrology, 33, 3, 151-158
- Jaagus J., 2006, *Climatic changes in Estonia during the second half of the 20th century in relationship with changes in large-scale atmospheric circulation*. Theor and Appl. Climat., 83, 77-88.
- Klein Tank A.M.G., Wijngaard J.B., Können G.P., Böhm R., Demarée D., Gocheva A., Mileta M., Pashiardis S., Hejkrlik L., Kern-Hansen C., Heino R., Bessemoulin P., Müller-Westermeier G., Tzanakou M., Szalai S., Páldóttir T., Fitzgerald D., Rubin S., Capaldo M., Maugeri M., Leitass A., Bukantis A., Aberfeld R., van Engelen A.F.V., Forland E., Mielus M., Coelho F., Mares C., Razuvaev V., Niepova E., Cegnar T., Antonio López J., Dahlström B., Moberg A., Kirchhofer W., Ceylan A., Pachaliuk O., Alexander L.V., Petrovic P., 2002, *Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment*. Int. J. Climatol., 22, 441-453.
- Kossowska-Cezak U., 1993, *Lato roku 1992 w Polsce na tle sezonów letnich ostatnich 120 lat*. Prz. Geof., 38, 1, 67-74.
- Kossowska-Cezak U., 1997, *Miesięczne warunki termiczno-opadowe i ich zależność od cyrkulacji atmosferycznej*. Prace i Studia Geograficzne UW, 20, 125-144.
- Kuziemska D., 1987, *Zróżnicowanie temperatury powietrza na obszarze Polski a typy cyrkulacji atmosferycznej nad Europą Środkową*. Prz. Geof., 32, 3, 277-287.
- Luterbacher J., Dietrich D., Xoplaki E., Grosjean M., Wanner H., 2004, *European Seasonal and Annual Temperature Variability Trends, and Extremes Since 1500*. Science, 303, 1499-1503.
- Masters J., 2010, *Causes of the Russian heat wave and Pakistani floods*. <http://www.wunderground.com/blog/JeffMasters/comment.html?entrynum=1576>.
- Muthers S., Matzarakis A., Koch E., 2010, *Climate Change and Mortality in Vienna – A Human Biometeorological Analysis Based on Regional Climate Modeling*. Int. J. Environ. Res. Public Health, 7, 2965-2977.
- Revich B.A., Shaposhnikov D.A., 2012, *Climate change, heat waves, and cold spells as risk factors for increased mortality in some regions of Russia*. Studies on Russian Economic Development, 23, 2, 195-207.
- Saunders M.A., Lea A.S.R., 2006, *The 2005/06 UK and European winter: the UCL forecast and its assessment against observations*. Weather, 61, 347-352.
- Sidorenkov N.S., Orlov I.A., 2008, *Atmospheric Circulation Epochs and Climate Change*. Russian Meteorology and Hydrology, 33, 9, 553-559.
- Twardosz R., 2009, *Fale niezwykłych upałów w Europie na początku XXI wieku*. Prz. Geof., 54, 3-4, 193-204.
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., 2015a, *Exceptionally hot and cold summers in Europe (1951-2010)*. Acta Geophysica, 63, 1, 275-300.
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., 2015b, *Extremely cold summers months in Central and Eastern Europe, 1951-2010*. Natural Hazards, 75, 2013-2026.
- WMO, 2010, *Current extreme weather events*. http://www.wmo.int/pages/mediacentre/news/extreme-weathersequence_en.html.
- Wyjątki ze źródeł historycznych o nadzwyczajnych zjawiskach hydrologiczno-meteorologicznych na ziemiach polskich w wiekach od X do XVI, 1965, Girsuś R., Strupczewski W., PIHM, WKiŁ, Warszawa.
- Zvyagintsev A.M., Blum O.B., Glazkova A.A., Kotel'nikov S.N., Kuznetsova I.N., Lapchenko V.A., Lezina E.A., Miller E.A., Milyaev V.A., Popikov A.P., 2011, *Air pollution over European Russia and Ukraine under the hot summer conditions of 2010*, Izvestiya, Atmospheric and Oceanic Physics, 47, 6, 699-707.

Streszczenie

W pracy scharakteryzowano częstość, czas wystąpienia i zasięg przestrzenny okresów zimowych i letnich o skrajnych warunkach termicznych w Europie w 60-leciu 1951/2010. Na podstawie kryterium statystycznego plus/minus dwa odchylenia standardowe od średniej wieloletniej temperatury w zimie i lecie wyłoniono niezwykle mroźne zimy (NMZ) i niezwykle gorące lata (NGL) na 60 stacjach meteorologicznych. Dla celów porównawczych wyróżniono też tą samą metodą zimy niezwykle łagodne (NŁZ) i lata niezwykle chłodne (NCL).

Stwierdzono, że NMZ i NGL w 60-leciu w Europie wystąpiły odpowiednio w 18 i 24 latach. Były one znacznie częstsze niż zimy i lata o cechach przeciwnych. Chociaż NMZ było mniej niż NGL, to były one groźniejsze, gdyż obejmowały większe obszary. Do rekordowo rozległych anomalnych pór roku należały: NMZ 1962/63 i 1953/54 oraz NGL 2010 i 2003.

Wykazano, że najwięcej NMZ było w 10-leciu 1961-1970, a najmniej w XXI wieku, NGL natomiast w 10-leciu 1961-1970 nie było w ogóle, a w XXI najwięcej (9) w ciągu 10 lat.

Słowa kluczowe: anomalie termiczne, niezwykle zimne zimy, niezwykle ciepłe lata, Europa

Summary

The paper explores the frequency, timing and geographical coverage of exceptional winters and summers in Europe during the 60 years between 1951 and 2010. Exceptional seasons, namely exceptionally cold winters (ECWs) and exceptionally hot summers (EHSs), were identified at 60 weather stations using the criterion of a double standard deviation from the relevant long-term seasonal temperature. For comparative purposes the same method was used to identify exceptionally mild winters (EMWs) and exceptionally cool summers (ECSs).

ECWs were registered in 18 years, while EHSs in 24 years. Both kinds of exceptional seasons were much more frequent than their milder versions. The smaller number of ECWs in comparison to EHSs belied the true significance of the former, as the exceptional winters tended to cover larger areas, including particularly in 1962/63 and 1953/54. Large coverage of EHSs was recorded in 2010 and 2003.

The study found that the decade with the largest number of ECWs, 1961-1970, included not a single EHS, while the decade when EHSs peaked, the first decade of the 21st century, was also the time with the lowest number of ECWs.

Key words: anomalies of air temperature, exceptionally cold winters, exceptionally warm summers, Europe

Urszula Kossowska-Cezak

Zakład Klimatologii, Wydział Geografii i Studiów Regionalnych
Uniwersytet Warszawski

Robert Twardosz

r.twardosz@uw.edu.pl

Zakład Klimatologii, Instytut Geografii i Gospodarki Przestrzennej, Uniwersytet Jagielloński