

Urszula KOSSOWSKA-CEZAK

Zakład Klimatologii UW

Robert TWARDOSZ

Zakład Klimatologii UJ

ZALEŻNOŚĆ LICZBY NIEZWYKLE ZIMNYCH I NIEZWYKLE CIEPŁYCH MIESIĘCY W EUROPIE (1951-2010) OD LICZBY UWZGLĘDNIONYCH STACJI METEOROLOGICZNYCH

HOW THE SIZE OF THE WEATHER STATION SAMPLE INFLUENCES THE NUMBER OF EXCEPTIONALLY COLD AND EXCEPTIONALLY WARM MONTHS IDENTIFIED IN EUROPE (1951-2010)

Wyznaczanie zasięgu występowania groźnych zjawisk klimatycznych, do których należą m.in. anomalie termiczne, jest przedmiotem licznych badań. Największym problemem w tego typu opracowaniach jest dobór stacji meteorologicznych o w pełni wiarygodnych wieloletnich danych obserwacyjnych. Stacje te, w zależności od rozpatrywanego elementu klimatu, powinny być nie tylko odpowiednio zagęszczone, ale i w miarę równomiernie rozmieszczone. Długotrwałe występowanie skrajnie wysokiej lub niskiej temperatury powietrza zwykle zdarza się jednocześnie na więcej niż jednej stacji (np. Pfahl, Wernli, 2012), a czasami obejmuje pewne obszary (np. Kossowska-Cezak, Twardosz, 2015; Kossowska-Cezak i in., 2016; Twardosz, Kossowska-Cezak, 2015, 2016; Twardosz i in., 2016). Przeciwnie jest w przypadku tzw. nieciągłych elementów klimatu, np. opadów atmosferycznych, które są silnie zależne od warunków lokalnych (Vajda, Venaäläinen, 2003). Selekcja stacji do badań powinna zatem zmierzać do uzyskania ich odpowiedniej gęstości, aby były reprezentatywne dla wybranego obszaru badań. Zagadnieniem tym zajmowało się

wielu autorów (m.in. Jacobs, 1989; Milewska, Hogg, 2001; Hargrove, Hoffman, 2003; Vajda, Venaäläinen, 2003; Janis i in., 2004; Vose i Menne, 2004; Pfahl, Wernli, 2012; Orłowsky, Seneviratne, 2014). Z wieloma podobnymi problemami spotykamy się także przy stosowaniu danych gridowych, czyli danych odnoszących się do ustalonych punktów węzłowych siatki geograficznej (Hofstra i in., 2010).

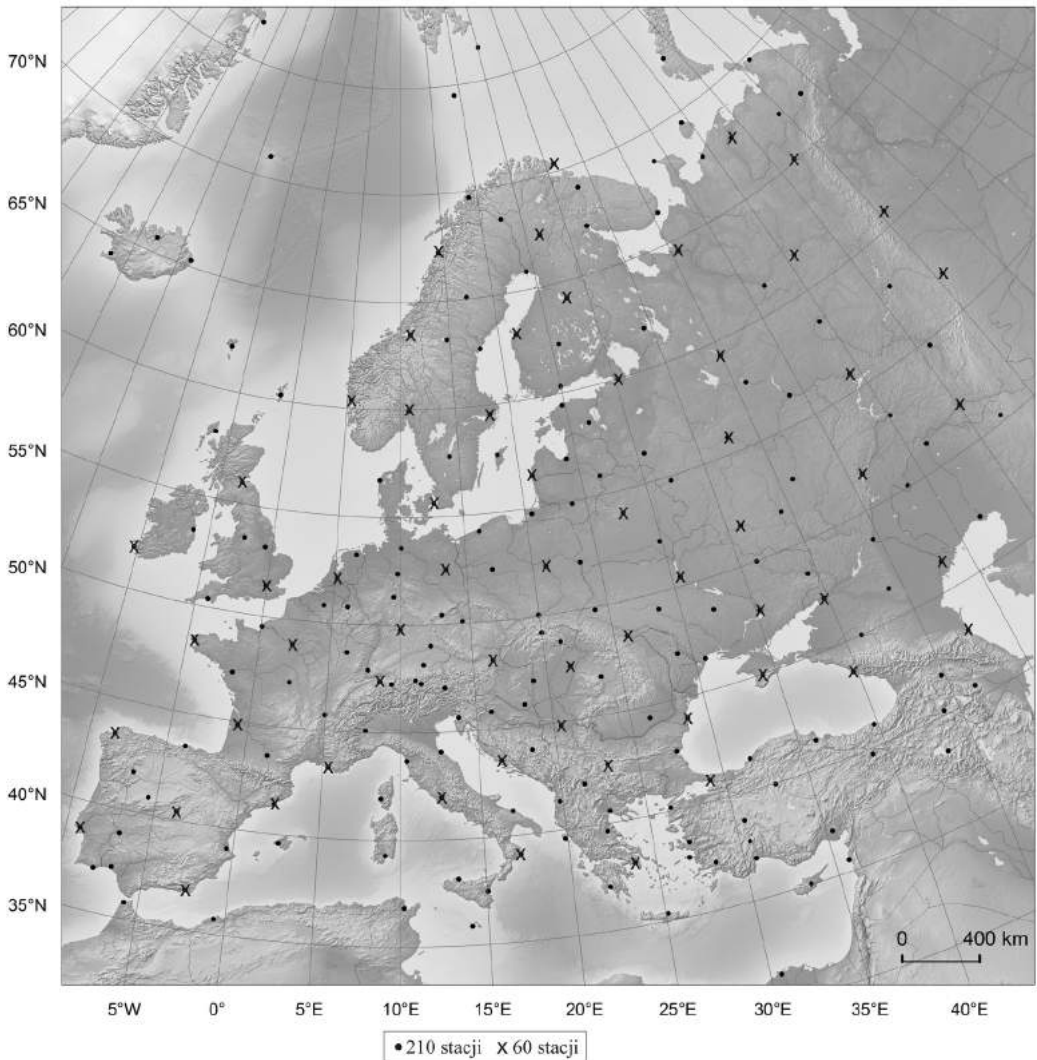
Europa jest kontynentem o gęstej sieci stacji meteorologicznych (Klein Tank i in., 2002), we wschodniej części kontynentu sieć stacji jest jednak wyraźnie rzadsza niż w zachodniej. Dostęp do danych z niektórych stacji jest utrudniony albo poważną przeszkodą są braki w seriach obserwacyjnych. W związku z tym selekcja stacji meteorologicznych z obszaru Europy nie jest łatwa i wymaga dobrego rozeznania w różnych bazach danych.

Cel i hipoteza badawcza

Problem badawczy podjęty w tym opracowaniu powstał w związku z opracowywaną przez autorów monografią niezwykle zimnych (NZ) i niezwykle ciepłych (NC) miesięcy w Europie, opartą na danych z 210 stacji meteorologicznych z lat 1951-2010. Wcześniej jednak zostały opublikowane artykuły dotyczące tego zagadnienia w skrajnych porach roku (np. Kossowska-Cezak, Twardosz, 2015; Kossowska-Cezak i in., 2016; Twardosz, Kossowska-Cezak, 2015, 2016; Twardosz i in., 2016), w których wykorzystano dane z 60 stacji (wybranych spośród tych 210). Siłą rzeczy nasuwa się zatem pytanie, jak dalece mogą się różnić uzyskane wyniki tak co do liczby rozpoznanych miesięcy (NZ i NC), jak i obszarów, na których te miesiące wystąpiły. Podjęte zagadnienie wpływu zagęszczenia przyjętych do badań stacji meteorologicznych na uzyskany wynik zmierza zatem do oceny ich reprezentatywności.

Za miesiące niezwykle zimne (NZm) i niezwykle ciepłe (NCm) zostały przyjęte te, w których średnia temperatura powietrza różni się od średniej wieloletniej temperatury na danej stacji w tym miesiącu przynajmniej o 2 odchylenia standardowe: $NZm - t \leq t_{sr} - 2\sigma$; $NCm - t \geq t_{sr} + 2\sigma$. Zagadnienie rozpatrzone na przykładzie NZ i NC miesięcy zimowych (XII-II) i letnich (VI-VIII).

Wybrane do badań 210 stacji znajduje się na rozległym obszarze od wysp arktycznych po północne wybrzeża Afryki i Azję Mniejszą i od atlantyckich wybrzeży Europy po Ural (rys. 1). W większości stacje te leżą na nizinach, ale jest też wśród nich 10 stacji położonych powyżej 1000 m n.p.m. Wśród tych 210 stacji 172 są zlokalizowane na kontynencie europejskim i na Wyspach Brytyjskich i spośród nich wybrano 60, z pominięciem stacji górskich. Zestawione charakterystyki liczbowe w obu wariantach „210” i „60” odnoszą się zatem do obszarów o nieco różnej powierzchni, co w pewien sposób może wpłynąć na końcowy wynik badań. Pomysł tego opracowania zrodził się na marginesie opublikowanych opracowań



Rys. 1. Lokalizacja stacji meteorologicznych wykorzystanych w opracowaniu

Fig. 1. Location of weather stations included in the study

merytorycznych i końcowego opracowania monograficznego autorów i może służyć dla celów czysto metodycznych.

Różnica gęstości stacji w obydwu ujęciach (dalej określanych jako warianty „210” i „60”), a także obszaru, na jakich znajdują się stacje w każdym z wariantów, każe oczekiwać, że w wariantcie „210” ujawni się większa liczba miesięcy NZ i NC niż w wariantcie „60”, a także w tym pierwszym pozwoli dokładniej określić zasięg anomalii temperatury powietrza .

Liczba miesięcy NZ i NC w wariancie „210” i „60” stacji

Liczbę miesięcy NZ i NC zimowych i letnich, jakie wystąpiły w Europie w ciągu 60 lat (1951-2010) według obydwu wariantów podano w tabeli 1A. Zgodnie z oczekiwaniem w każdym przypadku jest ich więcej w wariancie „210” niż „60”. Jeżeli liczbę takich miesięcy w wariancie „210” przyjąć za 100%, to w wariancie „60” miesięcy zimowych NZ było 66% i NC 45%, a miesiące letnich NC 71% i NZ 54%. Zaznaczyła się zatem prawidłowość, że im częściej występuje miesiąc danej kategorii (NC miesiące letnie, NZ miesiące zimowe), tym mniejsza jest różnica między jego częstością obliczoną na podstawie 210 i 60 stacji. W przypadku najczęstszych NC miesięcy letnich było to odpowiednio 114 i 81 (-29% miesięcy), a w przypadku najrzadziej pojawiających się NC miesięcy zimowych 74 i 33 (-55% miesięcy).

Przegląd szczegółowych kalendarzy miesięcy NZ i NC potwierdza hipotezę, że wiele miesięcy z wariantu „210” wystąpiło poza obszarem, z którego wybrano 60 stacji, a szczególnie w obszarze śródziemnomorskim i w Turcji. Jednocześnie znacznie gęstsza sieć stacji na kontynencie pozwoliła ujawnić wiele miesięcy NZ i NC na pojedynczych stacjach, które nie zostały uwzględnione w wariancie „60”.

Poszczególne miesiące NZ i NC występowały na bardzo zróżnicowanej liczbie stacji – od jednej do kilkudziesięciu. Na uwagę zasługują głównie te, które objęły obszary z przynajmniej kilkoma stacjami. Dlatego też obliczono, ile było miesięcy NZ i NC na obszarach, na których znajdowało się co najmniej 5% stacji (tzn. w wariancie „210” co najmniej 11 stacji, w wariancie „60” 3 stacje) i co najmniej 10% stacji (odpowiednio 21 i 6 stacji). Wyniki tych obliczeń podano w tabeli 1B.

Jak można było się spodziewać, liczby miesięcy NZ i NC obejmujących obszary, na których jest co najmniej 5% przyjętych w opracowaniu stacji, są kilkakrotnie mniejsze od ogólnej liczby odpowiednich miesięcy; w jeszcze większym stopniu to dotyczy miesięcy NZ i NC na obszarach, gdzie jest co najmniej 10% stacji. Wyraźnie się to zaznacza w obu wariantach – „210” i „60”, ale ulega odwróceniu stosunek liczby tych miesięcy w obu wariantach. Okazuje się, że w wariancie „60” takich miesięcy jest więcej niż w wariancie „210”.

Największa różnica zaznaczyła się w liczbie NC miesięcy letnich, których na 5% stacji lub więcej w wariancie „210” (co najmniej 11 stacji) było 30, a w wariancie „60” (co najmniej 3 stacje) aż 43. Wśród tych miesięcy jednak zgodnie w obu wariantach było 29: 13 miesięcy w wariancie „60” objęło 3 stacje lub więcej, ale nie objęło 11 stacji w wariancie „210”, a jeden miesiąc NC w wariancie

„210” objął 11 stacji, ale tylko jedną w wariantcie „60” (Astrachañ, czerwiec 2006). W tabeli 1 podano liczbę miesięcy NZ i NC, które zgodnie znalazły się w obu wariantach.

Tabela 1. Liczba miesięcy NZ i NC wszystkich stwierdzonych na podstawie 210 i 60 stacji (A) oraz tych, które wystąpiły na ≥ 5 i $\geq 10\%$ tych stacji (B) (Europa, 1951-2010)

Table 1. Number of ECMs and EWMs identified in both the 210 and 60 station variant (A), as well as those that occurred at ≥ 5 or $\geq 10\%$ of these stations (B) (Europe, 1951-2010)

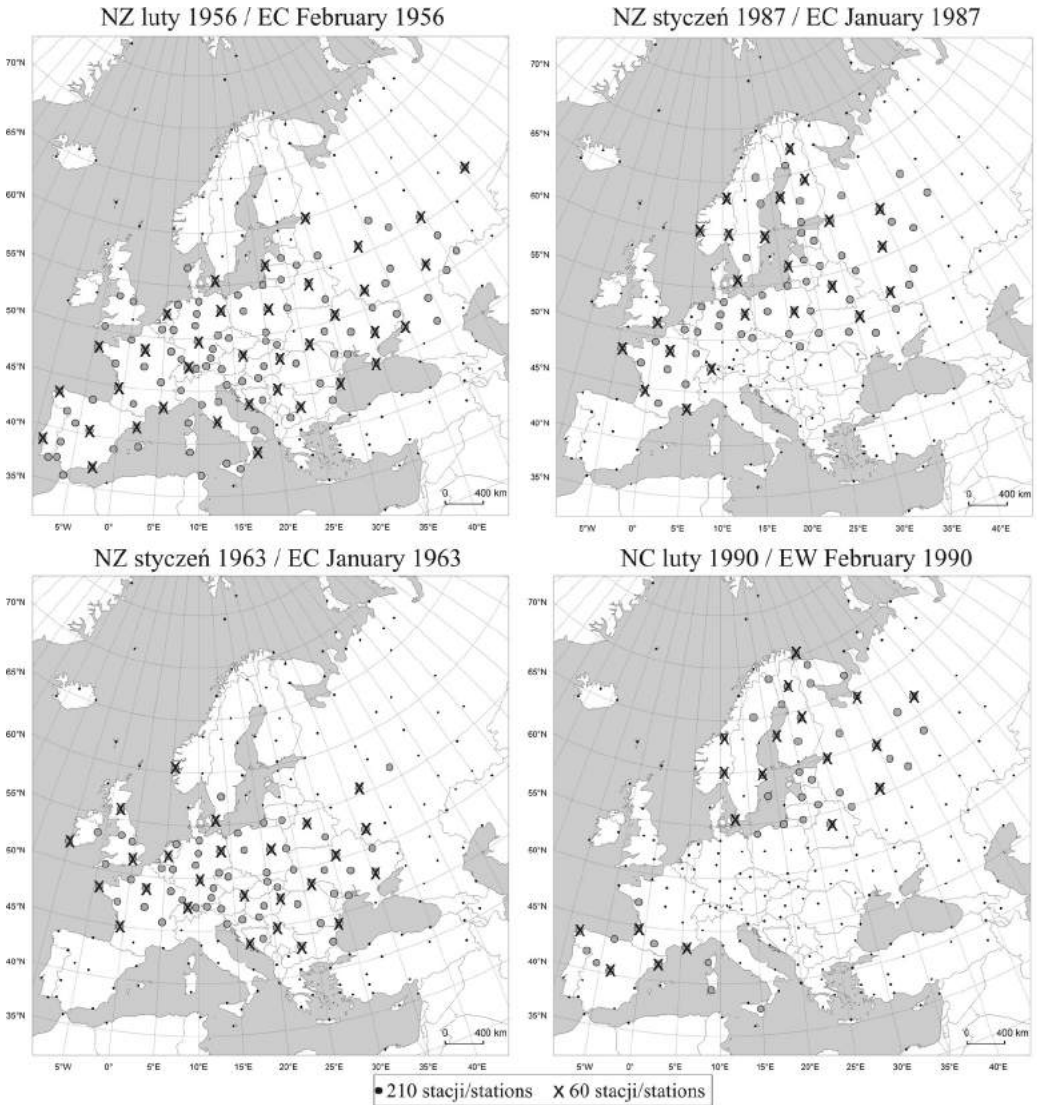
	Stacje meteorologiczne Meteorological stations	Wariant Variant	Miesiące zimowe Winter months		Miesiące letnie Summer months		
			NZ / EC	NC / EH	NC / EH	NZ / EC	
A	Wszystkie All	„210”	102	74	114	93	
		„60”	67	33	81	50	
B	$\geq 5\%$	≥ 11	„210”	30	10	30	12
		≥ 3	„60”	35	11	43	18
		Te same Same	„210”=„60”	28	8	29	11
	$\geq 10\%$	≥ 21	„210”	21	5	18	2
		≥ 6	„60”	22	5	21	4
		Te same Same	„210”=„60”	21	4	18	2

Miesiące anomalnych pod względem termicznym, które wystąpiły na przynajmniej 10% stacji, tzn. w wariantcie „210” stacji 21, a „60” stacji 6, w tym drugim wariantcie również było więcej, zwłaszcza miesiące NC, ale różnica była niewielka i wszystkie miesiące stwierdzone w wariantcie „60” były także w wariantcie „210”.

Zasięg występowania anomalii w miesiącach NZ i NC w wariantcie „210” i „60” stacji

Do analizy porównawczej obszarów występowania NZ i NC miesięcy zimowych i letnich w obu wariantach wybrano te miesiące anomalne pod względem termicznym, które miały duży zasięg przestrzenny (rys. 2-4) oraz te, które cechowały się dużą różnicą w liczbie stacji, na których wystąpiły w obu ujęciach (rys. 5).

NZ miesiąc zimowy o największym zasięgu przestrzennym anomalii – **luty 1956**: wariant „210” – 117 stacji, „60” – 36 stacji, co stanowi odpowiednio 56 i 60% liczby stacji, obejmujących ponad połowę obszaru Europy – bez krańców



Rys. 2. Stacje, na których wystąpiły niezwykle zimne (NZ) miesiące zimowe: luty 1956, styczeń 1963 i 1987 oraz niezwykle ciepły miesiąc (NC) zimowy luty 1990

Fig. 2. Stations with exceptionally cold winter months: February 1956, January 1963 and 1987, and exceptionally warm: February 1990

północno-zachodnich, Skandynawii i północnej Rosji oraz podnóża Kaukazu i Grecji (rys. 2). Wykorzystanie gęstszej sieci stacji pozwoliło dokładniej określić zasięg anomalii podczas tego NZ miesiąca na północy-zachodzie (Wielka Brytania, Jutlandia), na południu (wyspy zachodniej części Morza Śródziemnego) i południo-

-wschodzie (niziny południowej Rosji Europejskiej i zachodniego Kazachstanu). Na większej części obszaru jednak zasięg w obu wariantach był taki sam.

Drugi pod względem zasięgu anomalii NZ miesiąc zimowy – **styczeń 1963**: wariant „210” – 74 stacje, „60” – 25 stacji (35 i 42% liczby stacji). Miesiąc tej kategorii objął środkowy pas Europy – od Wielkiej Brytanii i Francji po zachodnie krańce Rosji Europejskiej i Ukrainę (rys. 2). Zasięg w wersji „210” i „60” jest praktycznie taki sam, chociaż wykorzystanie zagęszczonej sieci stacji pozwoliło stwierdzić, że ta anomalia objęła również południowe wybrzeża Bałtyku, a także całą Ukrainę, Rumunię oraz zachodnie wybrzeża Morza Czarnego.

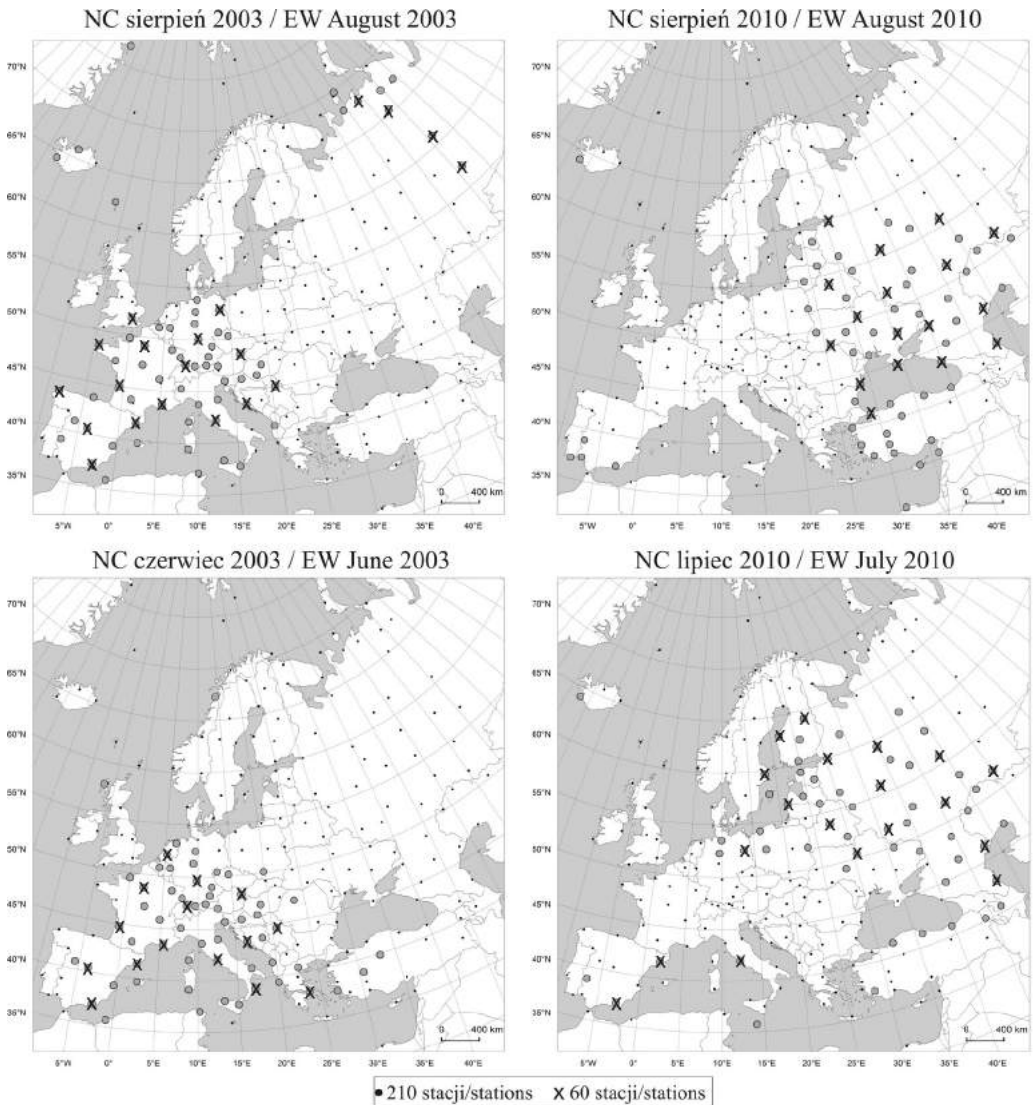
Trzeci pod względem zasięgu anomalii NZ miesiąc zimowy – **styczeń 1987**: wariant „210” – 69 stacji, „60” – 23 stacje (odpowiednio 33 i 38% liczby stacji). Obszar, na którym wystąpiła ta anomalia, rozciągał się od Francji, przez obszary na północ od Alp i Karpat do środkowej Rosji Europejskiej (bez krańców północnych) oraz w Skandynawii. Zasięg anomalii temperatury w obu wariantach praktycznie taki sam (rys. 2). Na podstawie wersji „210” dokładniej określono jej zasięg na południo-wschodzie (Czechy, Słowacja, południowa Polska, Ukraina i środkowa część Rosji Europejskiej).

NC miesiąc zimowy o największym zasięgu anomalii – **luty 1990**: wariant „210” – 50 stacji, „60” – 19 stacji (odpowiednio 24 i 32% stacji). Ta anomalia miała dwa zasięgi: większy – Skandynawia i kraje nadbałtyckie oraz północno-zachodnia Rosja (37/14), mniejszy – północna część Półwyspu Pirenejskiego, południowa Francja, Sardynia, Korsyka, Sycylia (13/5) (rys. 2). Uwzględnienie gęstszej sieci pomiarowej dokładniej wykazało zasięg południowo-zachodni anomalii, obszar nadbałtycki i środkową Rosję.

NC miesiąc letni o największym zasięgu **sierpień 2003**: wariant „210” – 68 stacji, „60” – 20 stacji, tzn. odpowiednio 32 i 33% liczby stacji. To NC miesiąc o dwóch zasięgach anomalii – większy to zachodnia Europa, od Islandii i wysp na Atlantyku po wyspy zachodniej części Morza Śródziemnego i wybrzeża Afryki (60/15), mniejszy – północno-wschodnie krańce Europy (8/3) (rys. 3). Zasięg anomalii w obydwu ujęciach jest podobny, różnice wynikają z tego, że wariant „210” obejmuje większy obszar, co szczególnie dotyczy zachodniej części basenu Morza Śródziemnego.

Drugi pod względem zasięgu NC miesiąc letni – **sierpień 2010**: „210” – 64 stacje, „60” – 17 stacji (odpowiednio 30 i 28% stacji). Objął on południowo-wschodnią Europę i Azję Mniejszą oraz wschodnie wybrzeża Morza Śródziemnego (rys. 3). Wykorzystanie gęstszej sieci stacji pozwoliło dokładniej określić zachodnią granicę tej anomalii termicznej w środkowej Europie, a także zasięg południowy, wychodzący poza Europę. Ponadto okazało się, że sierpień 2010 był miesiącem NC także na południu Półwyspu Pirenejskiego (4 stacje).

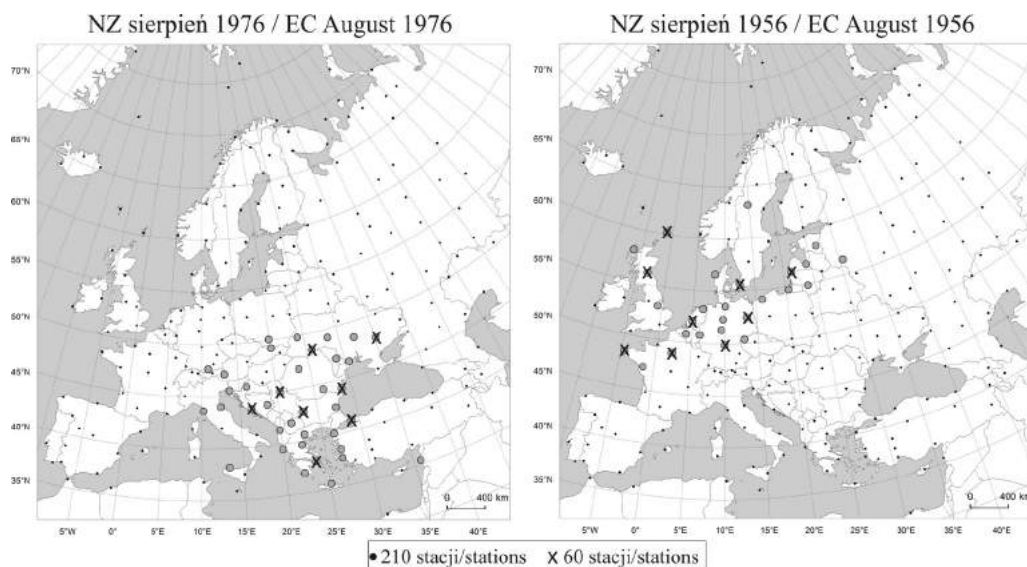
W wersji „60” NC miesiącem letnim o największym zasięgu anomalii był **lipiec 2010**, jeden z dwóch NC miesięcy niezwykle gorącego lata 2010 we wschodniej Europie (ale bez części północnej). Uwzględnienie większej liczby stacji pozwoliło



Rys. 3. Stacje, na których wystąpiły niezwykle ciepłe (NC) miesiące letnie: sierpień i czerwiec 2003 oraz sierpień i lipiec 2010

Fig. 3. Stations with exceptionally warm summer months: August and June 2003 and August and July 2010

przesunąć na zachód zachodnią granicę zasięgu tej anomalii i połączyć obszar między odosobnionymi stacjami (Berlin – Mińsk), ale także przesunęło na południe południową granicę jej zasięgu aż do południowych wybrzeży Morza Czarnego i Kaukazu (rys. 3). Jednocześnie potwierdziło, że lipiec 2010 był miesiącem NC na pojedynczych stacjach na południowo-zachodnich krańcach Europy.



Rys. 4. Stacje, na których wystąpiły niezwykle zimne (NZ) miesiące letnie: sierpień 1976 i 1956

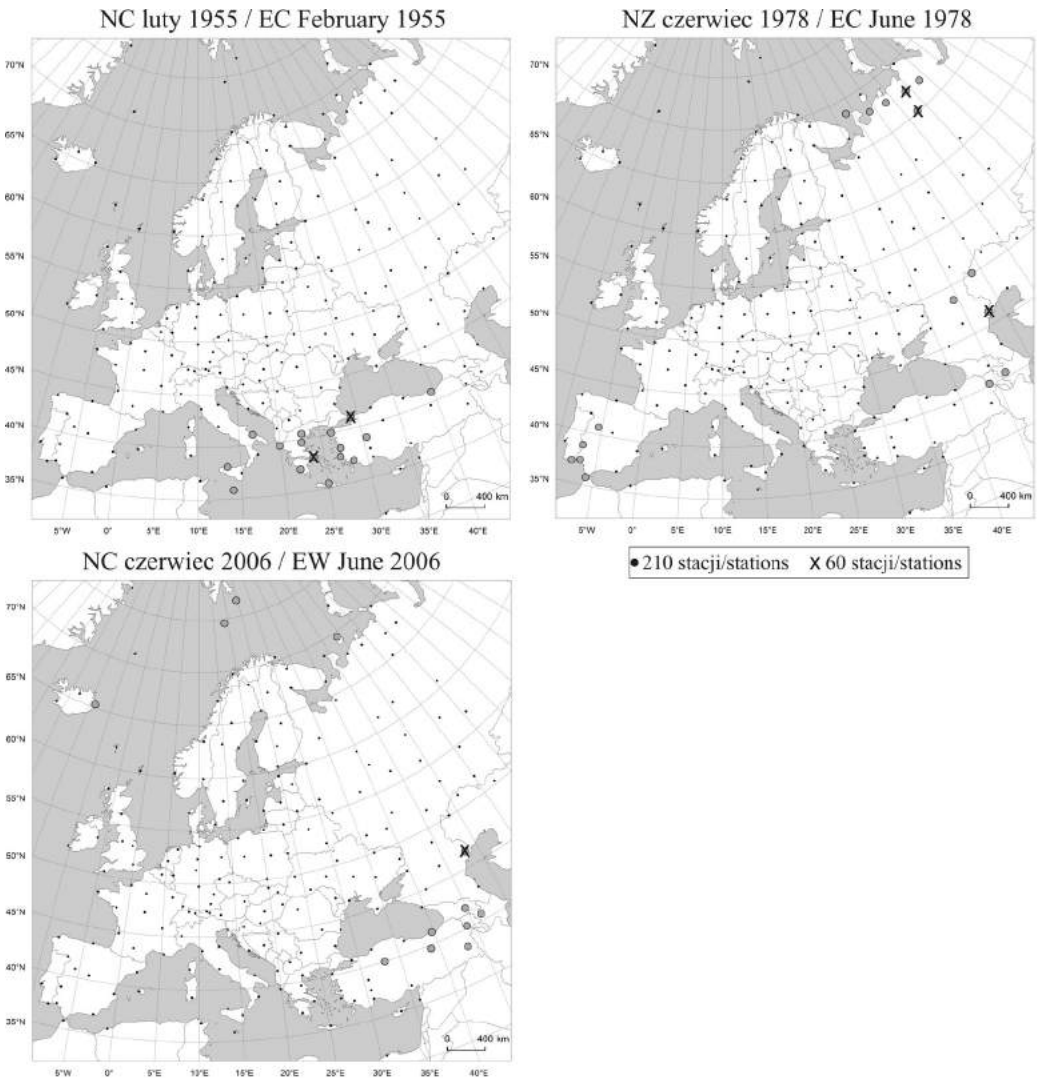
Fig. 4. Stations with exceptionally cold summer months: August 1976 and 1956

Równie dużym zasięgiem co lipiec 2010 wyróżniał się **NC czerwiec 2003**, jeden z trzech NC miesięcy upalnego lata 2003 w zachodniej Europie (rys. 3). Na podstawie wersji „210” stwierdzono, że tą anomalia termiczną był objęty również obszar całej zachodniej części Morza Śródziemnego, a także dokładniej określono jej zasięg północno-wschodni.

NZ miesiąc letni o największym zasięgu anomalii termicznej – **sierpień 1976**: wariant „210” – 39 stacji, „60” – 8 stacji (odpowiednio 19 i 13% stacji). Gęstsza sieć pomiarowa pozwoliła stwierdzić bardziej zwarty obszar jej występowania i nieco większy, zwłaszcza na południu i zachodzie (rys. 4). Zwraca uwagę duża dysproporcja między liczbą stacji, na których wystąpiła ta anomalia w obu wariantach – zwykle w wersji „210” ok. 3 razy więcej niż w „60”, tutaj prawie 5 razy więcej (stacje poza Europą i 2 stacje wysokogórskie).

NZ miesiąc letni drugi pod względem zasięgu anomalii w wersji „210” i pierwszy w „60” – **sierpień 1956**: wariant „210” – 27 stacji, „60” – 9 stacji (odpowiednio 13 i 15%). Anomalia wystąpiła w północno-zachodniej Europie (praktycznie bez Półwyspu Skandynawskiego), w otoczeniu Morza Północnego i południowego Bałtyku (rys. 4). Gęstsza sieć pomiarowa wypełniła luki między stacjami w wersji „60” i ujawniła stacje z NZ sierpnem na wybrzeżu Bałtyku i na Litwie, Łotwie, Estonii i zachodniej Rosji.

Na uwagę zasługują także trzy miesiące anomalne pod względem termicznym, chociaż o małym zasięgu przestrzennym – **NC luty 1955**, **NZ czerwiec 1978** i **NC czerwiec 2006** (rys. 5). Na ich podstawie można wyjaśnić dużą różnicę



Rys. 5. Stacje, na których wystąpił niezwykle ciepły (NC) luty 1955 i niezwykle ciepły (NC) czerwiec 2006 oraz niezwykle zimny (NZ) czerwiec 1978

Fig. 5. Stations with exceptionally warm (EW) February 1955 and exceptionally warm (EW) June 2006 and exceptionally cold (EC) June 1978

między liczbą stacji w obu wariantach: **NC** miesiąc zimowy **luty 1955** – wariant „210” – 16 stacji i „60” – 2 stacje; 9 stacji spośród 16 znajduje się poza obszarem uwzględnionym w wersji „60”, zatem faktyczna różnica liczby stacji w Europie wynosi tylko 5. Uwzględnienie tych stacji wykazuje, że NC luty 1955 objął cały południowy kraniec Półwyspu Bałkańskiego. **NZ** czerwiec 1978 – „210” 17 stacji,

„60” – 3 stacje; w tym przypadku różnica wynikała z gęstości sieci pomiarowej. Rzadka sieć stacji w wersji „60” uniemożliwiła stwierdzenie NZ czerwca na Półwyspie Pirenejskim oraz na południowo-wschodnim krańcu Europy. **NC czerwiec 2006:** „210” – 11 stacji, „60” – 1 stacja; 6 spośród 11 stacji znajduje się poza obszarem w wersji „60”.

Podsumowanie

W pracy podjęto problem różnej gęstości stacji meteorologicznych wykorzystanych do charakterystyki niezwykle zimnych (NZ) i niezwykle ciepłych (NC) miesięcy zimowych i letnich w Europie w 60-leciu 1951-2010. Podstawę analizy stanowiła liczba wyłonionych miesięcy NZ i NC, jak i obszary, na których te anomalne miesiące wystąpiły w dwóch wariantach – 210 i 60 stacji meteorologicznych, wybranych spośród tych 210 („210” i „60”).

Przeprowadzone badania porównawcze prowadzą do kilku wniosków praktycznych. Przede wszystkim zwiększenie liczby stacji (w tym opracowaniu ponad 3-krotnie), pozwoliło na wykrycie wyraźnie większej liczby miesięcy NZ i NC w ciągu 60-lecia. Niestety, nie jest możliwe – przynajmniej na obecnym etapie badań – określenie, o ile ta liczba zwiększyła się, ponieważ obydwa ujęcia – 60 i 210 stacji – dotyczyły obszaru innej wielkości, aczkolwiek jego zasadnicza część jest ta sama: kontynent europejski i Wyspy Brytyjskie. Z metodycznego punktu widzenia próba takiego porównania byłaby niepoprawna, lecz przedstawione opracowanie nie zostało podjęte dla celów czysto metodycznych, ale powstało na marginesie konkretnych opracowań merytorycznych. Ma ono na celu uzyskanie odpowiedzi, czy już opublikowane wyniki badań na temat NZ i NC miesięcy zimowych i letnich w Europie, oparte na danych z 60 stacji, zostaną zweryfikowane po opublikowaniu pełnej monografii opartej na danych z 210 stacji.

Pytanie o rzeczywistą liczbę NZ i NC miesięcy zimowych i letnich, jakie wystąpiły w latach 1951-2010 w Europie, pozostaje zatem bez konkretnej odpowiedzi. Zagęszczenie sieci pomiarowej na pewno umożliwiło rozpoznanie większej liczby takich miesięcy, zwłaszcza występujących na pojedynczych stacjach. Można nawet zaryzykować twierdzenie, że zagęszczenie stacji o kolejne 20-30 (jeżeli znalazłyby się takie z pełnymi seriami temperatury w 60-leciu) sprawiłoby wykrycie kolejnych miesięcy NZ i/lub NC, które przy ograniczonej liczbie do 60 stacji pojawiły się tylko na 1-2 stacjach. Objęcie większego obszaru badań w wariacie „210” natomiast ujawniło więcej miesięcy NZ i NC, które wystąpiły tylko na obszarze wykraczającym poza ten uwzględniony w wariacie „60” (dotyczy to zwłaszcza basenu Morza Śródziemnego).

Ponieważ jednak głównym przedmiotem zainteresowania są miesiące NZ i NC o większym zasięgu terytorialnym anomalii, tzn. obejmujące większą liczbę stacji,

które występują głównie na kontynencie, przedstawiona próba potwierdza tezę, że wyniki uzyskane na podstawie mniejszej sieci pomiarowej nie różnią się zasadniczo od tych opartych na ich gęstszej sieci. Te drugie stanowią tylko ich uszczegółowienie. Wybrane stacje w wariancie „60” można uznać za reprezentatywne do badań anomalnych pod względem termicznym miesięcy.

Materiały wpłynęły do redakcji 27 VIII 2016.

Literatura

- Hargrove W.W., Hoffman F.M., 2003, *New Analysis Reveals Representativeness of the American Flux Network*. EOS Trans. AGU 84 (48), 529-544.
- Hofstra N., New M., McSweeney C., 2010, *The influence of interpolation and station network density on the distributions and trends of climate variables in gridded daily data*. Climate Dynamics, 35 (5), 841-858.
- Jacobs J., 1989, *Spatial representativeness of climatic data from Baffin Island, NWT, with implications for muskoxen and caribou distribution*. Arctic, 42, 50-56.
- Janis M.J., Hubbard K.G., Redmond K.T., 2004, *Station density strategy for monitoring long-term climatic change in the contiguous United States*. J. Climate, 17, 151-162.
- Milewska E., Hogg W.D., 2001, *Spatial representativeness of a long-term climate network in Canada*. Atmos.-Ocean, 39, 145-161.
- 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., Pálsdóttir T., Fitzgerald D., Rubin S., Capaldo M., Maugeri M., Leitass A., Bukantis A., Aberfeld R., van Engelen A.F.V., Forland E., Miletus M., Coelho F., Mares C., Razuvaev V., Niepłowa 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, 1441-1453.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2015, *Niezwykłe mroźne zimy i niezwykle gorące lata w Europie (1951-2010)*. Prz. Geof., 60, 3-4, 161-182.
- Kossowska-Cezak U., Pelech S., Twardosz R., 2016, *Niezwykłe zimne miesiące w Europie (1951-2010)*. Prz. Geof., 61, 1-2, 45-72.
- Orlowsky B., Seneviratne S.I., 2014, *On the spatial representativeness of temporal dynamics at European weather stations*. Int. J. Climatol., 34, 3154-3160.
- Pfahl S., Wernli H., 2012, *Spatial coherency of extreme weather events in Germany and Switzerland*. Int. J. Climatol., 32, 12, 1863-1874.
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., 2015, *Exceptionally hot and cold summers in Europe (1951-2010)*. Acta Geophysica, 63, 1, 275-300.
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., 2016, *Exceptionally cold and mild winters in Europe (1951-2010)*. Theor. and App. Climat., 125, 399- 411.
- Twardosz R., Kossowska-Cezak U., Pelech S., 2016, *Extremely cold winter months in Europe (1951-2010)*. Acta Geophysica (przyjęty do druku).
- Vajda A., Venaäläinen A., 2003, *The influence of natural conditions on the spatial variation of climate in Lapland, Northern Finland*. Int. J. Climatol., 23, 1011-1022.
- Vose R. S., Menne M.J., 2004, *A Method to Determine Station Density Requirements for Climate Observing Networks*. Journal of Climate, 17, 2961-2971.

Streszczenie

W artykule przedstawiono dyskusję wyników badań uzyskanych na podstawie różnego zagęszczenia stacji meteorologicznych wykorzystanych do charakterystyki niezwykle zimnych (NZ) i niezwykle ciepłych (NC) miesięcy zimowych i letnich w Europie w 60-leciu 1951-2010. Podstawę analizy porównawczej stanowiła liczba miesięcy NZ i NC, jak i obszary, na których poszczególne anomalne miesiące wystąpiły wyłonionych na podstawie 210 i 60 stacji, wybranych spośród tych 210, tzn. w wariacie „210” i „60”. Kryterium wyłonienia miesięcy NZ i NC miesięcy była wartość średniej temperatury powietrza różniąca się od średniej wieloletniej na danej stacji przynajmniej o 2 odchylenia standardowe.

Uzyskane wyniki pokazały, że zagęszczenie sieci stacji (wariant „210”) umożliwiło, zgodnie z przyjętą hipotezą badawczą, rozpoznanie większej liczby miesięcy anomalnych pod względem termicznym, zwłaszcza występujących na pojedynczych stacjach. Badania zasięgu terytorialnego występowania anomalii podczas miesięcy NZ i NC pokazały, że wyniki dotyczące miesięcy, które wystąpiły na przynajmniej 5% stacji w obydwu wariantach nie różnią się zasadniczo od tych opartych na gęstszej sieci stacji. Te drugie stanowią ich uszczegółowienie.

Słowa kluczowe: miesiące niezwykle zimne, miesiące niezwykle ciepłe, liczba stacji meteorologicznych, Europa

Summary

This research topic arose following a long line of papers published by the authors on exceptionally cold and warm months (ECMs, EWMs) or seasons. The seasonal approach was covered earlier (e.g. Kossowska-Cezak, Twardosz, 2015; Kossowska-Cezak et al., 2016; Twardosz, Kossowska-Cezak, 2015, 2016; Twardosz et al., 2016) and included records from 60 stations selected out of a pool of 210 stations. This was followed by publication of a volume, which focused on months and took data from all of these 210 stations over the period 1951-2010 (Fig. 1). The different sample size has had the authors ask the question how it might have influenced the number of ECMs and EWMs and the areas affected with these phenomena. The months were defined to fall into the exceptional category if their average air temperature differed from the long-term average at a given station by two standard deviations or more.

The comparative analysis covered the number of ECMs and EWMs identified in Europe during the 60-year study period (Tab. 1), the areas of occurrence of some of these months that were identified using weather station networks of different densities (Fig. 2-4), and those ECMs and EWMs that differed in the number of stations included in the two approaches by a large margin (Fig. 5).

The results showed that by increasing the station network density (210) the number of anomalous months identified became higher, especially at single stations. In contrast, the sample size did not have much of an impact on the territorial reach of each ECM or EWM and the denser station network only increased the detail of each coverage.

Key words: exceptionally cold months, exceptionally warm months, number of meteorological stations, 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
i Gospodarki Przestrzennej
Uniwersytet Jagielloński