
Zakład Meteorologii i Klimatologii, Wydział Nauk o Ziemi i Gospodarki Przestrzennej,
Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie,
20-718 Lublin, al. Kraśnicka 2D; k.bartoszek@umcs.pl

KRZYSZTOF BARTOSZEK

Relacje między cyrkulacją atmosferyczną a sezonową temperaturą powietrza na obszarze Lubelszczyzny

Relationship between atmospheric circulation and seasonal air temperature
in the Lublin region

Słowa kluczowe: cyrkulacja atmosferyczna, temperatura powietrza, typy cyrkulacji, anomalie ciśnienia atmosferycznego, Lubelszczyzna

Keywords: atmospheric circulation, air temperature, circulation types, anomalies of sea level pressure, Lublin region

WPROWADZENIE

Do głównych czynników kształtujących klimat Europy, obok przestrzennej zmienności dopływu promieniowania słonecznego, zalicza się cyrkulację atmosferyczną, która w znacznym stopniu przyczynia się do występowania dużej zmienności typów pogody (Post i in. 2002). Istotną rolę odgrywają fizyczno-geograficzne uwarunkowania tego kontynentu, które umożliwiają ścieranie się ze sobą mas powietrza o zróżnicowanych cechach termiczno-wilgotnościowych (Romer 1949). Należy przy tym zaznaczyć, że cyrkulacja atmosferyczna nad Europą ulega zauważalnym zmianom w różnych skalach czasowych, co potwierdzają wyniki badań wielu autorów (np. Slonosky i in., 2000; Kyselý, Huth 2006; Ustrnul 2007; Bartoszek 2017a).

Pojęcie Lubelszczyzna dotyczy historyczno-geograficznego regionu międzyrzecza Wisły i Bugu, zawartego w obszarze Małopolski. Region ten znajduje się w strefie klimatu umiarkowanego, przejściowego między klimatem oceanicznym a kontynentalnym, którego charakterystyczną cechą jest duża zmienność typów pogody zarówno w kolejnych dniach, jak i w ciągu doby (Kaszewski 2008). Decyduje o tym m.in. charakter cyrkulacji atmosferycznej, której istotny wpływ na

przebieg różnych elementów meteorologicznych w rejonie Lublina został wykazany w licznych opracowaniach (m.in. Filipiuk, Siwek 1995; Kaszewski, Siwek 2005; Siwek 2010; Nowosad i in. 2010, 2013; Nowosad 2012; Bartoszek 2014; Bartoszek, Skiba 2016).

Celem niniejszej pracy jest charakterystyka relacji między cyrkulacją atmosferyczną a średnimi sezonowymi (wiosna, lato, jesień, zima) wartościami temperatury powietrza na obszarze Lubelszczyzny. W badaniach uwzględniono kierunek adwekcji powietrza oraz typy cyrkulacji wyznaczone dla obszaru Europy Środkowo-Wschodniej. Zostały określone związki między występowaniem ekstremalnie ciepłych i chłodnych pór roku na Lubelszczyźnie z anomaliami ciśnienia atmosferycznego w regionie atlantycko-europejskim.

MATERIAŁ I METODY

W opracowaniu wykorzystano uśrednione z 5 stacji meteorologicznych sezonowe wartości temperatury powietrza z okresu 1951–2010. Sezony odpowiadały klimatologicznym porom roku: wiosna (marzec–maj), lato (czerwiec–sierpień), jesień (wrzesień–listopad) i zima (grudzień–luty). Stacje były zlokalizowane na obszarze Lubelszczyzny lub w jej sąsiedztwie, tj. w Lublinie (51°14'N, 22°38'E, 216 n.p.m.), Włodawie (51°33'N, 23°32'E, 163 n.p.m.), Terespolu (52°04'N, 23°37'E, 133 n.p.m.), Siedlcach (52°11'N, 22°16'E, 146 n.p.m.) i Sandomierzu (50°42'N, 21°43'E, 217 n.p.m.). W przypadku Lublina wartości pochodziły z Obserwatorium Meteorologicznego Uniwersytetu Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie. W pozostałych wypadkach dane pozyskano ze stacji pomiarowych IMGW-PIB. Uwagę zwraca brak istotnych różnic w wysokościach bezwzględnych, na których położone są omawiane stacje pomiarowe.

Uwarunkowania cyrkulacyjne temperatury powietrza określono na podstawie autorskiej klasyfikacji typów cyrkulacji dla obszaru Europy Środkowo-Wschodniej z okresu 1951–2010 (Bartoszek 2015). Kierunek cyrkulacji oraz jej charakter (cyklonalny, antycyklonalny lub nieokreślony) został w tej klasyfikacji ustalony na podstawie obliczeń z zastosowaniem formuł zaproponowanych przez Jenkinsona i Collisona (1977). Średnie dobowe wartości ciśnienia atmosferycznego, które odniesiono do 32 punktów gridowych rozmieszczonych na obszarze Europy Środkowej, pozyskano z bazy danych The Twentieth Century Reanalysis (Compo i in. 2011). W zaproponowanej klasyfikacji wyróżniono po 8 typów kierunkowych cyklonalnych, pośrednich i antycyklonalnych oraz po jednym typie bezadwekcyjnym cyklonalnym, antycyklonalnym i nieokreślonym. Szczegółowy opis omówionej klasyfikacji typów cyrkulacji znajduje się w opracowaniu Bartoszka (2017b). W celu uogólnienia wyników sytuacje synoptyczne zostały odpowiednio zgrupowane według kierunku i charakteru cyrkulacji (tab. 1). Do oceny

Tab. 1. Zgrupowane typy cyrkulacji zastosowane w opracowaniu
 Tab. 1. Grouped circulation types applied in the study

Typy cyrkulacji <i>Circulation types</i>	Opis <i>Description</i>
Nc+NEc, Ec+SEc, Sc+SWc, Wc+NWc	Typy kierunkowe cyklonalne <i>Directional cyclonic types</i>
No+NEo, Eo+SEo, So+SWo, Wo+NWo	Typy kierunkowe pośrednie <i>Directional transitional types</i>
Na+NEa, Ea+SEa, Sa+SWa, Wa+NWa	Typy kierunkowe antycyklonalne <i>Directional anticyclonic types</i>
C	Typ bezadwekcyjny cyklonalny <i>Cyclonic non-directional type</i>
A	Typ bezadwekcyjny antycyklonalny <i>Anticyclonic non-directional type</i>
x	Typ bezadwekcyjny nieokreślony <i>Undefined non-directional type</i>

współmienności między cyrkulacją atmosferyczną a temperaturą powietrza zastosowano korelację liniową Pearsona oraz analizę regresji krokowej wstecznej. Polega ona na skonstruowaniu modelu ze wszystkimi zmiennymi objaśniającymi, z którego następnie stopniowo usuwa się zmienne tak, aby otrzymać model z najwyższą wartością współczynnika determinacji przy zachowaniu istotności parametrów (Jennrich, Sampson 1968).

W pracy przedstawiono także uśrednione mapy rozkładu ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza nad Europą, które ukazywały występowanie wybranych typów cyrkulacji. Ponadto wykreślono mapy anomalii ciśnienia, tj. różnic między średnim ciśnieniem podczas ekstremalnie ciepłych i chłodnych pór roku na Lubelszczyźnie a średnim ciśnieniem z okresu 1951–2010 w poszczególnych porach roku. Do konstrukcji tych map wykorzystano dane pochodzące z The Twentieth Century Reanalysis (Compo i in. 2011). Natomiast do wyznaczenia ekstremalnie ciepłych i chłodnych pór roku na Lubelszczyźnie zastosowano klasyfikację kwantylową opracowaną przez Miętusa i in. (2002), przy czym progi klas termicznych wyznaczono dla okresu 1951–2010.

WYNIKI BADAŃ

W analizowanym okresie najwyższą przeciętną roczną częstością występowania charakteryzowały się typy cyrkulacji warunkujące napływ powietrza z zachodu i północo-zachodu podczas cyrkulacji cyklonalnej i pośredniej (typy

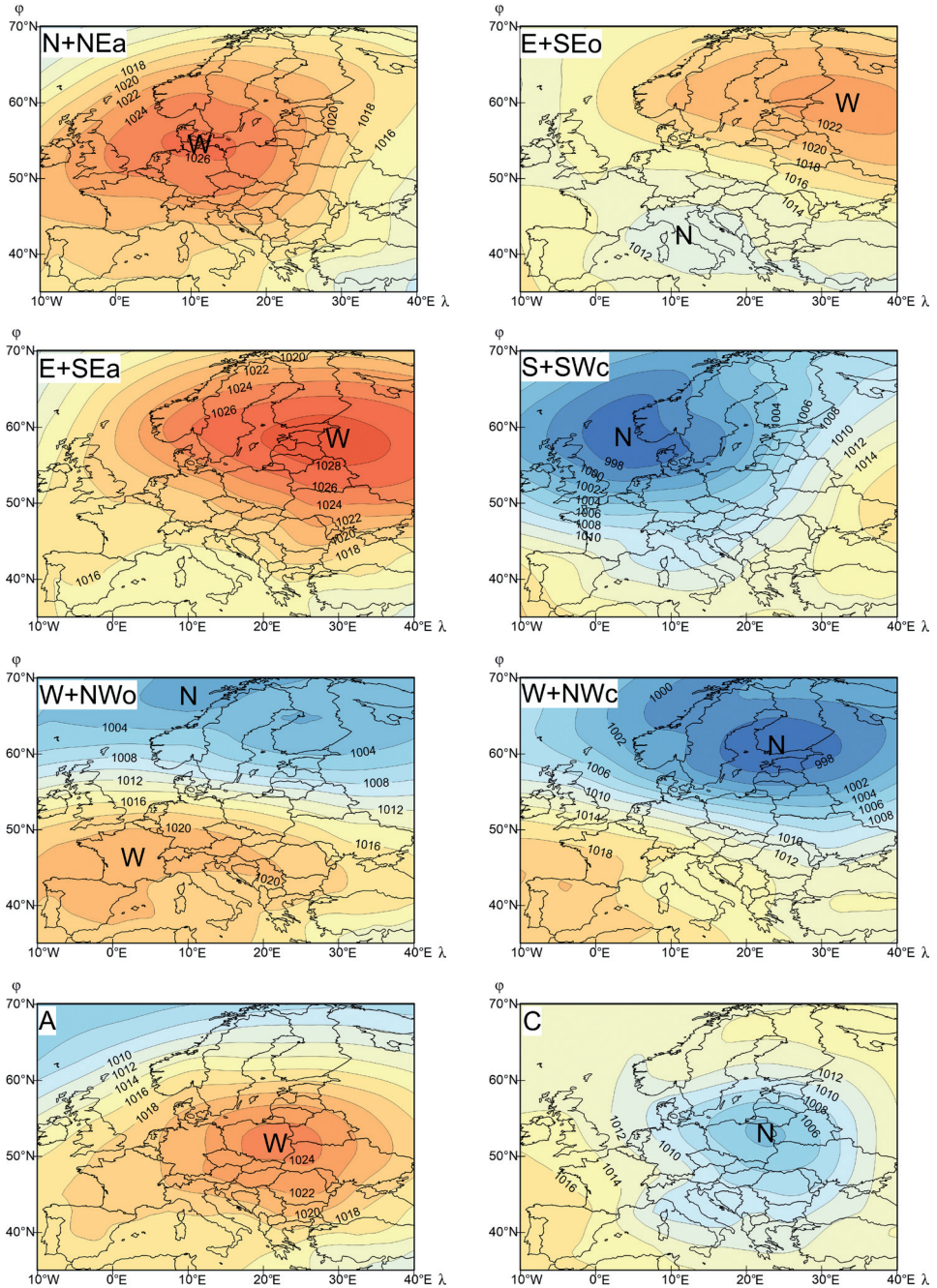
Wc+NWc i Wo+NWo; tab. 2, ryc. 1). Były one, wraz z typem Wa+NWa, notowane w zimie średnio podczas około 33% wszystkich dni. Jesienią oraz latem ich udział też był znaczący (odpowiednio 30% i 25% przypadków), natomiast najrzadziej pojawiały się wiosną (< 20% dni). W sezonie wiosennym przeważała adwekcja powietrza z sektora wschodniego podczas cyrkulacji antycyklonalnej i pośredniej (typy Ea+SEa i Ea+SEo; ryc. 1). Natomiast maksimum częstości występowania typów cyrkulacji o składowej południowej zaznaczyło się jesienią, minimum zaś w okresie letnim (tab. 2).

Dość dużym udziałem odznaczał się typ bezadwekcyjny antycyklonalny (A), któremu odpowiadało występowanie wyżu, klina lub wału wysokiego ciśnienia nad Europą Środkowo-Wschodnią (ryc. 1). Największą częstość występowania tego typu notowano w lecie i jesienią, natomiast najmniejszą w miesiącach wiosennych (tab. 2). Z kolei w przypadku typu bezadwekcyjnego cyklonalnego (C), tj. podczas występowania niżu, zatoki lub bruzdy niskiego ciśnienia nad badanym obszarem (ryc. 1), maksimum częstości przypadło na miesiące wiosenne, minimum zaś na lato i jesień.

Najrzadziej notowano typy cyrkulacji, przy których występował spływ powietrza z kierunku północnego i północno-wschodniego (maksimum liczby dni w lecie, a minimum w zimie i jesienią).

W okresie od grudnia do lutego na warunki termiczne obszaru Lubelszczyzny wyraźny wpływ wywiera kierunek cyrkulacji atmosferycznej (tab. 3). Znak korelacji wskazuje na występowanie zimą wyższych średnich wartości temperatury powietrza podczas zwiększonej częstości napływu powietrza z sektora zachodniego (znad Oceanu Atlantyckiego), natomiast niższych podczas wzmoczonej adwekcji ze wschodu (z wnętrza kontynentu eurazjatyckiego). Istotne oddziaływanie cyrkulacji strefowej na temperaturę powietrza w Polsce w okresie zimowym wykazali wcześniej m.in. Niedźwiedz (1995), Kożuchowski, Żmudzka (2002), Filipiuk (2006) oraz Ustrnul, Czekerda (2007). Odmienne relacje między warunkami termicznymi a kierunkiem napływu powietrza stwierdzono w okresie letnim (czerwiec–sierpień). Wówczas to chłodniejsze sezony letnie występują przy zwiększonej częstości napływu powietrza z zachodu i północnego zachodu, a cieplejsze przy nasilonej cyrkulacji wschodniej i południowo-wschodniej (tab. 3). Niższe wartości współczynników korelacji odnosiły się do miesięcy wiosennych i jesiennych, gdy różnica między temperaturą powierzchni Oceanu Atlantyckiego a kontynentu europejskiego jest mniejsza niż w zimie i latem. Warto przy tym zaznaczyć, że wiosną wzmoczona cyrkulacja wschodnia przyczynia się do spadku temperatury powietrza, jesienią zaś do jej wzrostu (tab. 3).

Dokładniejsze wyniki uzyskano, badając relacje między temperaturą powietrza a liczbą dni z poszczególnymi typami cyrkulacji. Wówczas uwzględniany jest nie tylko kierunek napływu powietrza, ale i charakter cyrkulacji (cyklonalny, pośredni lub antycyklonalny). W okresie zimowym (grudzień–luty) najsilniej-



Ryc. 1. Średnie pole ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza (hPa) nad Europą podczas występowania wybranych typów cyrkulacji w okresie 1951–2010
 Fig. 1. Mean sea level pressure in hPa over Europe during selected circulation types (1951–2010)

Tab. 2. Częstość (%) występowania typów cyrkulacji nad obszarem Europy Środkowo-Wschodniej w okresie 1951–2010

Tab. 2. The frequency (%) of circulation types over East Central Europe from 1951 to 2010

Typy cyrkulacji <i>Circulation types</i>		Zima <i>Winter</i>	Wiosna <i>Spring</i>	Lato <i>Summer</i>	Jesień <i>Autumn</i>	Rok <i>Year</i>
Typy kierunkowe cyklonalne <i>Directional cyclonic types</i>	N+NEc	2,4	3,3	5,8	2,6	3,5
	E+SEc	2,9	6,3	4,3	3,0	4,1
	S+SWc	10,3	9,1	6,6	11,3	9,4
	W+NWc	11,9	7,7	10,2	11,2	10,2
Typy kierunkowe pośrednie <i>Directional transitional types</i>	N+NEo	4,5	5,9	7,4	3,8	5,4
	E+SEo	5,6	9,2	5,7	5,4	6,5
	S+SWo	8,4	8,5	6,1	10,2	8,3
	W+NWo	12,6	7,1	10,5	11,8	10,4
Typy kierunkowe antycyklonalne <i>Directional anticyclonic types</i>	N+NEa	4,0	6,1	8,4	4,4	5,7
	E+SEa	6,6	12,0	7,6	6,8	8,2
	S+SWa	6,1	5,1	3,6	6,6	5,3
	W+NWa	10,1	4,2	5,7	7,5	6,8
Typy bezadwekcyjne <i>Non-directional types</i>	A	8,3	6,9	9,6	9,4	8,5
	C	5,7	6,6	4,5	4,7	5,4
	x	0,7	2,0	4,1	1,3	2,0
	SUMA <i>SUM</i>	100	100	100	100	100

sze dodatnie związki korelacyjne dotyczyły sytuacji z adwekcją powietrza z zachodu i północo-zachodu podczas cyrkulacji pośredniej (typ Wo+NWo; tab. 4), tj. gdy centrum wyżu znajduje się nad południowo-zachodnią Europą, a układ niżowy występuje nad Morzem Norweskim (ryc. 1). Z kolei silną korelację ujemną stwierdzono w przypadku typów z napływem powietrza ze wschodu i południo-wschodu podczas cyrkulacji pośredniej i antycyklonalnej (tab. 4; Eo+SEo i Eo+SEa), tj. gdy nad północno-wschodnią Europą zalega układ wysokiego ciśnienia (ryc. 1). Typy bezadwekcyjne A i C wykazywały istotnie statystyczne związki z temperaturą powietrza tylko w okresie zimowym (w obu wypadkach była to korelacja ujemna).

Rola cyrkulacji atmosferycznej w kształtowaniu warunków termicznych Lubelszczyzny była wyraźnie mniejsza w miesiącach wiosennych (marzec–maj), gdyż istotną statystycznie (dodatnią) korelację stwierdzono w przypadku tylko jednego typu cyrkulacji (tab. 4). Związana jest z nim adwekcja powietrza

Tab. 3. Współczynniki korelacji liniowej między kierunkiem cyrkulacji a średnią temperaturą powietrza w poszczególnych porach roku na obszarze Lubelszczyzny

Tab. 3. Linear correlation coefficients between air flow direction and mean air temperature in particular seasons in the Lublin region

Pory roku <i>Seasons</i>	Kierunek adwekcji powietrza <i>Air flow direction</i>							
	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW
Zima <i>Winter</i>	0,07	<u>-0,37</u>	<u>-0,67</u>	<u>-0,54</u>	-0,26	<u>0,51</u>	<u>0,64</u>	<u>0,51</u>
Wiosna <i>Spring</i>	0,05	-0,09	-0,26	-0,06	0,16	0,14	0,09	0,11
Lato <i>Summer</i>	-0,21	0,21	<u>0,52</u>	<u>0,41</u>	0,24	-0,08	<u>-0,53</u>	<u>-0,51</u>
Jesień <i>Autumn</i>	-0,16	0,17	<u>0,35</u>	0,11	0,11	0,00	-0,05	-0,30

Objaśnienia: Wartości podkreślone i pogrubione – korelacja istotna statystycznie na poziomie $p<0,01$; wartości pogrubione – korelacja istotna statystycznie na poziomie $p<0,05$

Explanations: Underlined and bold values – significant correlation at the $p<0.01$ level; bold values – significant correlation at the $p<0.05$ level

z południa i południo-zachodu podczas cyrkulacji cyklonalnej (typ Sc+SWc), gdy centrum niżu znajduje się między Wielką Brytanią a Półwyspem Skandynawskim (ryc. 1).

W okresie letnim (czerwiec–sierpień), odwrotnie niż zimą, wyższe średnie temperatury powietrza notowano podczas większej częstości występowania typów cyrkulacji o składowej wschodniej, natomiast niższe w przypadku wzmożonej cyrkulacji zachodniej (tab. 4).

W miesiącach jesiennych (wrzesień–listopad) dodatnią korelacją z temperaturą powietrza odznaczała się liczba dni z typami warunkującymi napływ powietrza z południa i południo-zachodu (typy So+SWo i Sc+SWc), ujemną zaś liczba dni z północną i północno-wschodnią cyrkulacją antycyklonalną (typ Na+NEa; ryc. 1 i tab. 4).

Cyrkulacja atmosferyczna, wyrażona przez liczbę dni z poszczególnymi typami cyrkulacji, wyjaśniała 69% wariacji temperatury powietrza w zimie, 19% wiosną, 32% latem oraz 23% jesienią.

Na Lubelszczyźnie ekstremalnie ciepłe sezony zimowe (1988/89, 1989/90 i 2006/07) występowały, jeżeli obszar z dużymi ujemnymi anomaliami ciśnienia (- 8 hPa) znajdował się w rejonie północno-wschodniej części Atlantyku, a z dodatnimi (+ 4 hPa) w południowej części kontynentu europejskiego (ryc. 2a). Układ izobar był wówczas zbliżony do równoleżnikowego, co wraz z dużymi poziomy-

Tab. 4. Współczynniki korelacji liniowej między liczbą dni z typami cyrkulacji a temperaturą powietrza na obszarze Lubelszczyzny w poszczególnych porach roku

Tab. 4. Linear correlation coefficients between the number of days with circulation types and mean air temperature in particular seasons in the Lublin region

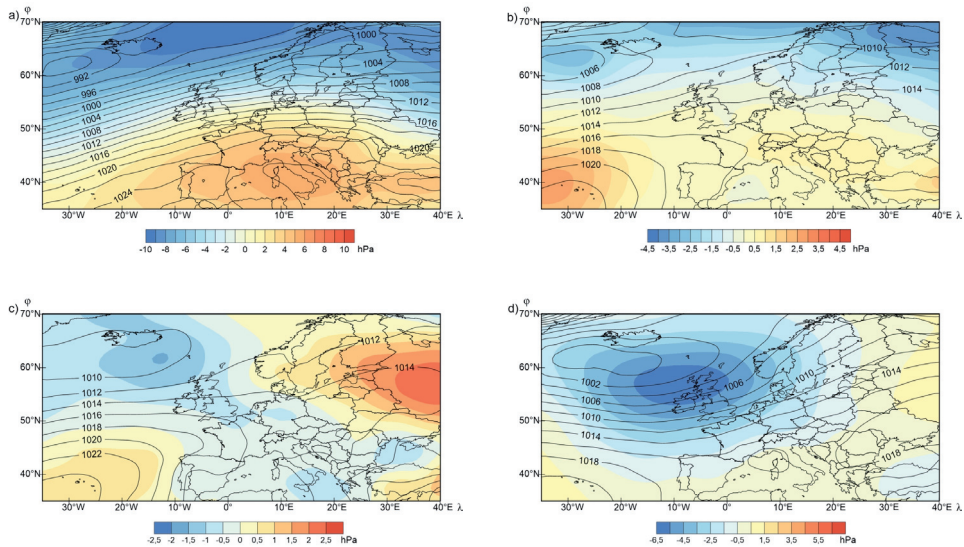
Typy cyrkulacji <i>Circulation types</i>		Zima <i>Winter</i>	Wiosna <i>Spring</i>	Lato <i>Summer</i>	Jesień <i>Autumn</i>
Typy kierunkowe cyklonalne <i>Directional cyclonic types</i>	N+NEc	-0,27	-0,10	-0,03	-0,17
	E+SSEc	-0,31	-0,03	0,42	0,03
	S+SWc	0,18	0,34	0,03	0,36
	W+NWc	0,44	0,19	-0,33	-0,15
Typy kierunkowe pośrednie <i>Directional transitional types</i>	N+NEo	-0,12	0,11	0,12	-0,17
	E+SSEo	-0,64	-0,21	0,47	0,05
	S+SWo	0,18	0,11	0,23	0,41
	W+NWo	0,63	0,02	-0,58	0,00
Typy kierunkowe antycyklonalne <i>Directional anticyclonic types</i>	N+NEa	0,05	-0,11	-0,03	-0,50
	E+SSEa	-0,58	-0,10	0,35	-0,14
	S+SWa	-0,06	-0,17	-0,14	0,14
	W+NWa	0,45	0,04	-0,42	-0,16
Typy bezadwekcyjne <i>Non-directional types</i>	A	-0,43	-0,05	0,06	0,12
	C	-0,41	0,00	-0,14	-0,10
	x	-0,01	-0,05	0,23	-0,07

Objaśnienia: Wartości podkreślone i pogrubione – korelacja istotna statystycznie na poziomie $p < 0,01$; wartości pogrubione – korelacja istotna statystycznie na poziomie $p < 0,05$

Explanations: Underline and bold values – significant correlation at the $p < 0.01$ level; bold – significant correlation at the $p < 0.05$ level

mi gradientami ciśnienia przyczyniało się do intensywnego napływu nad Europę Środkową relatywnie ciepłych w sezonie zimowym mas powietrza polarnego morskiego. W omawianych trzech sezonach zimowych łączny udział liczby dni z typami cyrkulacji o składowej zachodniej i północno-zachodniej wynosił 52,6%, natomiast z sytuacjami ze spływem powietrza ze wschodu i południo-wschodu jedynie 7,8%.

Podczas najcieplejszych okresów wiosennych (2000, 2002 i 2007 rok) wartości anomalii ciśnienia w regionie atlantycko-europejskim były wyraźnie niższe (ryc. 2b). O niewielkim wpływie czynnika cyrkulacyjnego na wystąpienie wyjątkowo ciepłych miesięcy wiosennych na Lubelszczyźnie świadczyło słabo zróżnicowane pole ciśnienia nad Europą, czemu odpowiadała także zbliżona do przeciętnej częstość występowania typów cyrkulacji.



Ryc. 2. Średnie pole ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza (hPa) oraz anomalie ciśnienia w regionie atlantycko-europejskim podczas występowania ekstremalnie ciepłej zimy (a), wiosny (b), lata (c) i jesieni (d) na obszarze Lubelszczyzny

Fig. 2. Mean and anomalies of sea level pressure (hPa) in the Atlantic European region during extreme warm winters (a), springs (b), summers (c) and autumns in the Lublin region

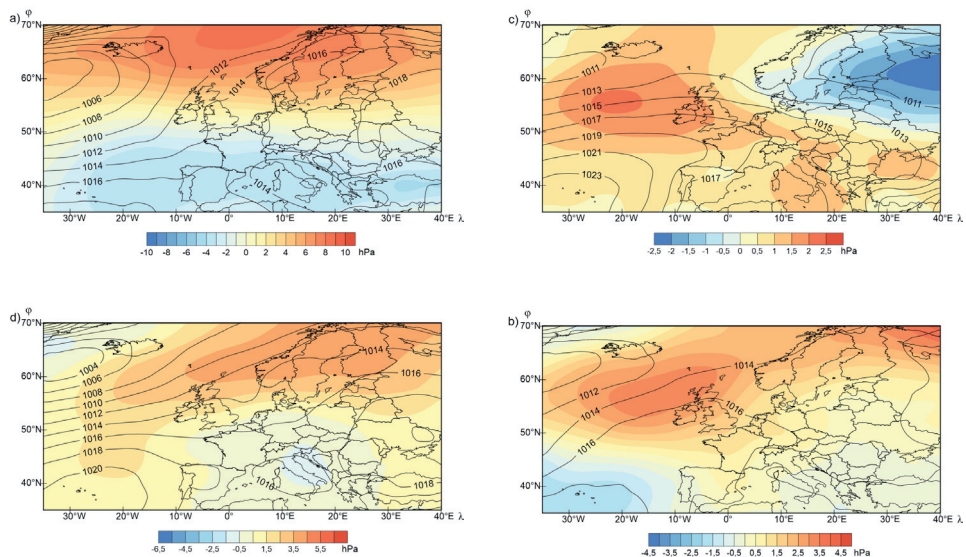
Ekstremalnie ciepłe sezony letnie na Lubelszczyźnie (1992, 2002 i 2010 rok) charakteryzowały się występowaniem nad Europą Wschodnią dodatnich wartości anomalii ciśnienia (+ 2hPa; ryc. 2c). Odpowiadało to załęganiu w tej części kontynentu układu wysokiego ciśnienia, który przyczyniał się do napływu nad Europę Środkowo-Wschodnią bardzo ciepłych mas powietrza kontynentalnego z kierunku południowo-wschodniego. Dlatego też w tej części kontynentu notowano wówczas także wysokie wartości temperatury powietrza na wielu innych stacjach meteorologicznych (Kossowska-Cezak, Twardosz 2012). Łączny udział liczby dni z typami cyrkulacji o składowej wschodniej i południowo-wschodniej wyniósł wówczas 29,7%, natomiast zachodniej i północno-zachodniej 16,7% (przeciętnie w wieloleciu udział ten wyniósł odpowiednio 17,6% i 26,3%).

Najcieplejsze okresy jesienne (1963, 1967, 2000 i 2006 rok) notowano, gdy nad Wyspami Brytyjskimi zaznaczał się obszar ze znacznymi ujemnymi anomaliimi ciśnienia (- 6 hPa; ryc. 2d), a nad południowo-wschodnią Europą występowała cyrkulacja antycyklonalna (obszar z zamkniętą izobarą 1018 hPa). Tego rodzaju pole ciśnienia sprzyjało napływowi nad Lubelszczyznę ciepłych mas powietrza z południo-zachodu i południa. Udział dni z typami cyrkulacji o składowej południowej i południowo-zachodniej wyniósł 39,6%, przy jedynie 4,7% z sytuacjami o składowej północnej i północno-wschodniej.

Podczas najchłodniejszych zim na Lubelszczyźnie (1962/63, 1969/70 i 1984/85) nad północną Europą i północno-wschodnim Atlantykiem występowały znaczne dodatnie anomalie ciśnienia atmosferycznego (+ 9 hPa), gdy jednocześnie nad południową częścią kontynentu notowano odchylenia ujemne (- 3 hPa; ryc. 3a). Cyrkulacja antycyklonalna (obszar z zamkniętą izobarą 1018 hPa) nad Europą Wschodnią sprzyjała wówczas zwiększonej częstości dni z typami cyrkulacji o składowej wschodniej i południowo-wschodniej oraz z typem bezadwekcyjnym antycyklonalnym (typ A). Łączny udział tych dni wynosił odpowiednio 28,5 i 13,0% (przeciętna częstość w wieloleciu to 15,0 i 8,3%). Natomiast typy cyrkulacji o składowej zachodniej i północno-zachodniej notowane były wówczas dwukrotnie rzadziej (15,6% dni wobec średnio 34,5% w okresie 1951–2010).

Najniższe średnie wartości temperatury powietrza w okresie marzec–maj zanotowano w latach 1955, 1980 i 1987, kiedy to nad większą częścią kontynentu europejskiego występowały nieznaczne dodatnie odchylenia ciśnienia atmosferycznego (ryc. 3b). Jednakże analogicznie jak podczas najcieplejszych sezonów wiosennych nie stwierdzono wzrostu lub spadku liczebności poszczególnych typów cyrkulacji.

Ekstremalnie chłodnym okresem letnim (1962, 1978, 1984 rok) towarzyszyły dodatnie anomalie ciśnienia w rejonie na zachód od Wielkiej Brytanii (+2,5 hPa)



Ryc. 3. Średnie pole ciśnienia atmosferycznego na poziomie morza (hPa) oraz anomalie ciśnienia w regionie atlantycko-europejskim podczas występowania ekstremalnie chłodnej zimy (a), wiosny (b), lata (c) i jesieni (d) na obszarze Lubelszczyzny

Fig. 3. Mean and anomalies of sea level pressure (hPa) in the Atlantic European region during extreme cold winters (a), springs (b), summers (c) and autumns in the Lublin region

oraz ujemne w północno-wschodniej Europie (- 2 hPa; ryc. 3c). Przyczyniło się to wówczas do wyraźnej przewagi typów cyrkulacji o składowej zachodniej i północno-zachodniej (47,1% dni) nad typami ze wpływem powietrza ze wschodu i południo-wschodu (jedynie 6,2%).

Podczas wyjątkowo chłodnych okresów jesiennych (1956, 1993 i 1998 rok) dodatnimi anomaliami ciśnienia atmosferycznego (+ 4 hPa) wyróżniał się obszar Europy Północnej (ryc. 3d). Nie stwierdzono wówczas istotnych odchyłeń liczby dni z poszczególnymi typami cyrkulacji.

PODSUMOWANIE

Najbardziej istotny wpływ cyrkulacji powietrza na średnie sezonowe wartości temperatury powietrza na Lubelszczyźnie dotyczył okresów zimowych (od grudnia do lutego), natomiast w najmniejszym stopniu zaznaczał się on wiosną (marzec–maj). Należy podkreślić, że zdecydowanie większe znaczenie od antycyklonalnego, cyklonalnego lub pośredniego charakteru cyrkulacji miał kierunek napływu powietrza.

Zarówno w zimie, jak i latem, istotną rolę w kształtowaniu warunków termicznych odgrywał strefowy przepływ powietrza. Większa niż przeciętnie częstość dni z cyrkulacją zachodnią oznaczała w zimie wyższe, a wzmocniona cyrkulacja wschodnia niższe średnie sezonowe wartości temperatury powietrza (w okresie letnim występowała relacja odwrotna). Jesienią większe oddziaływanie na temperaturę powietrza wykazywała cyrkulacja południkowa.

Analiza zmienności przestrzennej anomalii ciśnienia atmosferycznego w regionie atlantycko-europejskim oraz częstości występowania typów cyrkulacji nad Europą Środkowo-Wschodnią umożliwiła kompleksowe poznanie uwarunkowań cyrkulacyjnych ekstremalnie ciepłych i chłodnych pór roku na badanym obszarze. Istotny związek anomalii ciśnienia ze znacznymi dodatnimi lub ujemnymi odchyleniami temperatury powietrza od normy stwierdzono głównie w przypadku sezonów zimowych i letnich.

Oceniając siłę zależności między cyrkulacją atmosferyczną a średnimi sezonowymi wartościami temperatury powietrza, otrzymano wyższe współczynniki determinacji, w porównaniu do tych, które dla Lublina uzyskał Filipiak (2006). W badaniach tego autora zmienną niezależną były wartości wskaźników cyrkulacji (strefowej, południkowej i cykloniczności), które stanowią w pewnym stopniu uogólnienie warunków cyrkulacyjnych. Dlatego też można stwierdzić, że kształtowanie warunków termicznych lepiej opisuje liczba dni z typami cyrkulacji, które odnoszą się bezpośrednio do obszaru badań.

LITERATURA

- Bartoszek K., 2014: *Występowanie susz atmosferycznych w okolicy Lublina i ich uwarunkowania cyrkulacyjne*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sec. E, 69, 4, 49–61.
- Bartoszek K., 2015: *Kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej dla obszaru Lubelszczyzny*, Zbiór komputerowy. Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie, Zakład Meteorologii i Klimatologii, Lublin. <http://serwisy.umcs.lublin.pl/k.bartoszek/wyniki.html> (dostęp: 10.01.2017).
- Bartoszek K., 2017a: *Zmienność wskaźników cyrkulacji atmosferycznej nad obszarem Lubelszczyzny i związek temperatury powietrza i opadów atmosferycznych z tymi wskaźnikami*, Prace Geograficzne, 150, 61–78.
- Bartoszek K., 2017b: *The main characteristics of atmospheric circulation over East-Central Europe from 1871 to 2010*, Meteorology and Atmospheric Physics, 129, 2, 113–129, DOI: 10.1007/s00703-016-0455-z.
- Bartoszek K., Skiba D., 2016: *Circulation types classification for hourly precipitation events in Lublin (East Poland)*, Open Geosciences, 8, 1, 214–230, DOI: 10.1515/geo-2016-0019.
- Compo G. P., Whitaker J. S., Sardeshmukh P. D., Matsui N., Allan R. J., Yin X., Gleason B. E., Vose R. S., Rutledge G., Bessemoulin P., Brönnimann S., Brunet M., Crouthamel R. I., Grant A. N., Groisman P. Y., Jones P. D., Kruk M., Kruger A. C., Marshall G. J., Maugeri M., Mok H. Y., Nordli Ø., Ross T. F., Trigo R. M., Wang X. L., Woodruff S. D., Worley S. J., 2011: *The Twentieth Century Reanalysis Project*, Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 137, 1–28, DOI: 10.1002/qj.776.
- Filipiuk E., 2006: *Związki temperatury sezonowej i rocznej w Polsce z cyrkulacją atmosferyczną*, Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska, sec. B, 61, 164–174.
- Filipiuk E., Siwek K., 1995: *Wpływ cyrkulacji na opady atmosferyczne na przykładzie obszaru Lubelszczyzny*, [w:] J. Kołodziej, R. Turski (red.), *Gleby i klimat Lubelszczyzny*, LTN, Lublin, 125–130.
- Jenkinson A.F., Collinson F.P., 1977: *An initial climatology of gales over the North Sea*, Synoptic climatology branch memorandum, 62, Meteorological Office, Bracknell.
- Jennrich R.I., Sampson P.F., 1968: *Applications on stepwise regression to nonlinear estimation*. Technometrix, 10, 63–72.
- Kaszewski B. M., 2008: *Warunki klimatyczne Lubelszczyzny*, Wyd. UMCS, Lublin, 60.
- Kaszewski B. M., Siwek K., 2005: *Dobowe sumy opadu atmosferycznego > 50 mm w dorzeczu Wieprza i uwarunkowania cyrkulacyjne (1951–2000)*, [w:] E. Bogdanowicz, U. Kossowska-Cezak, J. Szkutnicki (red.), *Ekstremalne zjawiska hydrologiczne i meteorologiczne*, Polskie Towarzystwo Geofizyczne i Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Warszawa, 122–130.
- Kossowska-Cezak U., Twardosz R., 2012: *Niezwykłe gorące miesiące i sezony letnie w Europie Środkowej i Wschodniej (1951–2010)*. Cz. I. *Niezwykłe gorące miesiące letnie*. Cz. II. *Niezwykłe gorące sezony letnie*, Przegląd Geofizyczny, 57, 3–4, 299–342.
- Kożuchowski K., Żmudźka E., 2002: *Cyrkulacja atmosferyczna i jej wpływ na zmienność temperatury powietrza w Polsce*, Przegląd Geograficzny, 74, 591–604.
- Kyselý J., Huth R., 2006: *Changes in atmospheric circulation over Europe detected by objective and subjective methods*, Theoretical and Applied Climatology, 85, 1–2, 19–36, doi:10.1007/s00704-005-0164-x
- Miętus M., Owczarek M., Filipiak J., 2002: *Warunki termiczne na obszarze Wybrzeża i Pomorza w świetle wybranych klasyfikacji*, Materiały Badawcze IMGW, Seria Meteorologia, 36, 56.
- Niedźwiedz T., 1995: *Wieloletnia zmienność wskaźników cyrkulacji atmosfery nad Polską południową*, [w:] *Współczesne badania klimatologiczne*, Conf. Papers, 23, IG i PZ PAN, Warszawa, 7–18.

- Nowosad M., 2012: *Zmiany grubości pokrywy śnieżnej w Lublinie i ich uwarunkowania cyrkulacyjne*, Prace Wydziału Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego, 74, 157–166.
- Nowosad M., Dobek M., Siwek K., 2010: *Warunki termiczne w Lublinie w 2009 roku a wskaźnik cyrkulacji strefowej według formuły Lityńskiego* [w:] E. Bednorz (red.), *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Warunki termiczne i opadowe*, seria: Studia i Prace z Geografii i Geologii, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 79–93.
- Nowosad M., Rodzik B., Wereski S., Dobek M., 2013: *The UTCI Index in Lesko and Lublin and its Circulation Determinants*, *Geographia Polonica*, 86, 1, 29–36.
- Post P., Truija V., Tuulik J., 2002: *Circulation weather types and their influence on temperature and precipitation in Estonia*, *Boreal Environment Research*, 7, 281–289.
- Romer E., 1949: *Regiony klimatyczne Polski*, Prace Wrocławskiego Towarzystwa Naukowego, seria B, 16.
- Siwek K., 2010: *Występowanie na Lubelszczyźnie dobowych sum opadu atmosferycznego 100 mm i ich uwarunkowania cyrkulacyjne*, *Annales Universitatis Mariae Curie-Skłodowska*, sec. B, 65, 2, 117–125.
- Slonosky V. C., Jones P. D., Davies T. D., 2000: *Variability of the surface atmospheric circulation over Europe, 1774–1995*, *International Journal of Climatology*, 20, 15, 1875–1897.
- Ustrnul Z., 2007: *Zmienność wskaźnika cyrkulacji zachodniej nad Europą w XX wieku*, [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, IGIiP UJ, Kraków, 55–63.
- Ustrnul Z., Czekierda D., 2007: *Wpływ wskaźnika Oscylacji Północnoatlantyckiej na średnią temperaturę powietrza w różnych skalach przestrzennych*, [w:] K. Piotrowicz, R. Twardosz (red.), *Wahania klimatu w różnych skalach przestrzennych i czasowych*, IGIiP UJ, Kraków, 75–84.

SUMMARY

The paper assesses the relationship between atmospheric circulation and seasonal air temperature in the Lublin region from 1951 to 2010. It also specifies the relations between the occurrence of extremely warm and cool seasons, and anomalies of sea level pressure (SLP) in the Atlantic European region. For this purpose, the classification of circulation types over East-Central Europe as well as mean seasonal air temperature values from 5 meteorological stations located in the area of research or in the vicinity were used. The strongest influence of atmospheric circulation on thermal conditions in the Lublin region was noticed in the winter season, and the weakest in the spring months. The zonal circulation played an important role for seasonal air temperature both in winter and in summer, whereas meridional air flow in autumn. Compared to air flow direction, the character of atmospheric circulation, expressed by anticyclonic, cyclonic and transitional circulation, had a significantly weak influence on the seasonal air temperature. Moreover, strong relationship between anomalies of sea level pressure in the Atlantic European region and strong positive or negative deviations of seasonal air temperature in the Lublin region were found primarily during winter and summer seasons.

