
ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE-SKŁODOWSKA
LUBLIN – POLONIA

VOL. LXIX(4)

SECTIO E

2014

Katedra Technologii Produkcji Roślinnej i Towaroznawstwa
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Akademicka 15, 20-950 Lublin
e-mail: krzysztof.bartoszek@up.lublin.pl

KRZYSZTOF BARTOSZEK

**Występowanie susz atmosferycznych w okolicy Lublina
i ich uwarunkowania cyrkulacyjne**

Occurrence of atmospheric droughts in the Lublin area and atmospheric
circulation conditions

Streszczenie. W pracy dokonano oceny zmienności występowania susz atmosferycznych w okolicy Lublina w odniesieniu do charakteru cyrkulacji atmosferycznej nad obszarem Polski Wschodniej w okresie 1951–2010. Częstość występowania susz atmosferycznych określono na podstawie ciągów bezopadowych trwających >8 oraz >17 dni oraz wartości wskaźnika *SPI*. W rejonie Lublina największy deficyt opadów zaznaczył się w latach 80. XX w., natomiast w ciągu roku susze atmosferyczne najczęściej pojawiały się w marcu i październiku, a najrzadziej w lipcu. Analiza tendencji zmian wskaźnika *SPI* nie wykazała istotnych statystycznie trendów miesięcznych i rocznych jego wartości. Wśród typów cyrkulacji największym prawdopodobieństwem ich wystąpienia w okresach bezopadowych wyróżniały się typy antycyklonalne A, Na, NEa, Ea i SEa, a najmniejszym typy cyklonalne C, Wc i NWc. Ponadto stwierdzono, że największy wpływ cyrkulacji atmosferycznej na zmienność wskaźnika *SPI* był jesienią, a najmniejszy latem.

Słowa kluczowe: susza, wskaźnik *SPI*, cyrkulacja atmosferyczna, typy cyrkulacji, Lublin

WSTĘP

Susze atmosferyczne zalicza się do naturalnych zjawisk, które związane są z procesem obiegu wody w przyrodzie [Forziero i in. 2014]. Mogą występować we wszystkich strefach klimatycznych, będąc odzwierciedleniem fluktuacji opadów na danym obszarze. Wielkość ich niekorzystnego wpływu na środowisko jest trudna do określenia, gdyż zależy to w istotnym stopniu także od wartości innych elementów meteorologicznych, tj. temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz prędkości wiatru. Długie okresy bezopadowe przyczyniają się do wyczerpania zapasów wody łatwo dostępnej w glebie, powodując wędnięcie lub słaby rozwój roślin uprawnych, a w następstwie spadek plonu

[Bąk i Łabędzki 2008]. Zwiększoną podatnością na suszę odznaczają się obszary, na których istotnie wzrosła intensywność użytkowania wód powierzchniowych i podziemnych oraz te, na których prowadzona jest nieracjonalna gospodarka wodna [Wada i in. 2013]. Scenariusze zmian klimatu wskazują, że z powodu prognozowanego wzrostu temperatury powietrza i parowania potencjalnego niekorzystne skutki omawianego zjawiska mogą być w niedalekiej przyszłości zdecydowanie większe [Bradford 1999, Nikulin 2011].

W ostatnich latach w rodzimej literaturze klimatologicznej pojawiła się znaczna liczba opracowań dotyczących częstości występowania susz atmosferycznych w różnych rejonach Polski [Kasperska-Wołowicz i in. 2003, Łabędzki i Bąk 2004, Kalbarczyk i Kalbarczyk 2005, Łabędzki 2007, Hutorowicz i in. 2008, Bąk i in. 2012, Wibig 2012, Ziernicka-Wojtaszek 2012a]. Znacznie rzadziej analizowane były uwarunkowania cyrkulacyjne tego zjawiska, tj. relacje między pojawianiem się okresów z niedoborem opadów atmosferycznych a kierunkiem adwekcji powietrza [Piotrowski 2010, Bąk i Maszewski 2012, Ziernicka-Wojtaszek 2012b]. Celem niniejszej pracy jest ocena wieloletniej zmienności występowania susz atmosferycznych w okolicy Lublina w odniesieniu do charakteru cyrkulacji atmosferycznej nad obszarem Polski Wschodniej.

MATERIAŁ I METODY

Materiał źródłowy stanowiły dobowe sumy opadów atmosferycznych z okresu 1951–2013, które rejestrowano w Obserwatorium Agrometeorologicznym w Lublinie (dzielnica Felin, 51°14'N, 22°38'E, 215 m n.p.m.). Częstość występowania susz atmosferycznych w okresie od marca do października określono na podstawie ciągów bezopadowych trwających >8 oraz >17 dni, które wyznaczono zgodnie z metodą zaproponowaną przez Schmucka [1962]. Pojawianie się susz atmosferycznych analizowano także za pomocą wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI*. Wskaźnik ten został opracowany do ilościowej oceny niedoboru opadu w różnej skali czasowej [McKee i in. 1993]. Wartości *SPI* są standaryzowanymi odchyleniami opadu od jego mediany w wieloleciu:

$$SPI = \frac{f(P) - \mu}{\delta}$$

gdzie:

SPI – wskaźnik standaryzowanego opadu;

$f(P) = P^{1/3}$ – przekształcona (znormalizowana) suma opadów, mm;

μ – średnia wartość znormalizowanego ciągu opadów, mm;

δ – średnie odchylenie standardowe znormalizowanego ciągu sum opadów, mm.

Wskaźnik *SPI* obliczono dla wszystkich miesięcy, kalendarzowych pór roku i lat w okresie 1951–2013. Za Bąkiem i in. [2012] ustalono, że susza atmosferyczna występowała w okresie, kiedy wskaźnik *SPI* przyjmował w kolejnych miesiącach wartości ujemne, przy jednoczesnym założeniu, że początkiem suszy był miesiąc, w którym $SPI \leq -1,0$, a jej koniec stanowił ostatni miesiąc z wartością ujemną tego wskaźnika. Na

tej podstawie obliczono podstawowe charakterystyki suszy atmosferycznej, tj. liczbę miesięcy z tym zjawiskiem, średnią wielkość suszy¹ oraz przeciętny czas jej trwania w poszczególnych dziesięcioleciach.

Uwarunkowania cyrkulacyjne susz atmosferycznych w rejonie Lublina przedstawiono przy zastosowaniu klasyfikacji typów cyrkulacji dla obszaru Lubelszczyzny [Bartoszek 2012]. Przyjęte jest w niej m.in. założenie Lityńskiego [1969] o podziale typów cyrkulacji na trzy klasy, które odpowiadają cyrkulacji cyklonalnej, pośredniej i antycyklonalnej. Natomiast kierunek cyrkulacji oraz występowanie antycyklonalnych i cyklonalnych sytuacji bezadwekcyjnych określony został na podstawie obiektywnej metody Jenkinsona i Collisona [1977]. W ten sposób otrzymano 27 typów cyrkulacji, tj. po 8 typów kierunkowych cyklonalnych, pośrednich i antycyklonalnych oraz po jednym typie bezadwekcyjnym (cyklonalnym, antycyklonalnym i nieokreślonym).

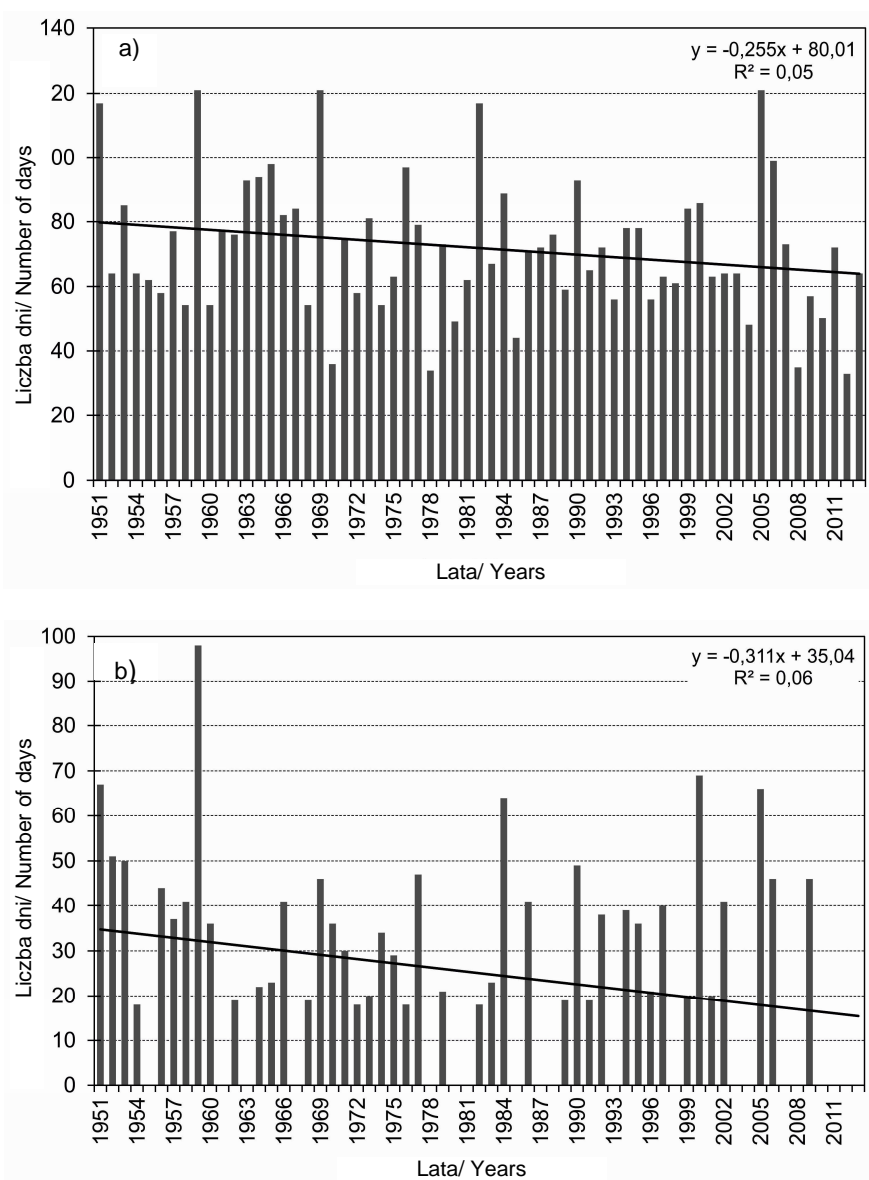
W przypadku analizy okresów bezopadowych wykorzystano katalog typów cyrkulacji utworzony na podstawie średnich dobowych wartości ciśnienia atmosferycznego [Bartoszek 2012]. Natomiast do oceny współzmienności sezonowych wartości wskaźnika *SPI* z typami cyrkulacji wykorzystano katalogi nawiązujące do czterech głównych terminów obserwacji (00, 06, 12 i 18 UTC). Aby typy były przyporządkowane wszystkim godzinom, każdy przypadek z głównych terminów obserwacji odnoszono do dwóch godzin poprzedzających i trzech godzin następujących po danym terminie. W ten sposób możliwe było dokładniejsze określenie wpływu poszczególnych sytuacji synoptycznych na występowanie niedoborów opadów atmosferycznych w kalendarzowych porach roku.

Do określenia istotności statystycznej trendów zastosowano nieparametryczny test Mann-Kendalla, a wielkość zmian w czasie wskaźnika *SPI* określono metodą Sena [Sen 1968, Kendall 1975]. Natomiast do oceny współzmienności sezonowych wartości wskaźnika *SPI* z liczbą godzin z typami cyrkulacji w kalendarzowych porach roku została wykorzystana analiza korelacji kanonicznej [Hotelling 1936].

WYNIKI I DYSKUSJA

W latach 1951–2013 od marca do października notowano w Felinie przeciętnie 4 okresy bezopadowe trwające od 9 do 17 dni oraz jeden >17 dni. Okresy ponad 17-dniowe nie pojawiały się w każdym analizowanym roku, a ich maksimum przypadło na 1959 r. (3 przypadki). W tym roku odnotowano także najdłuższy okres bezopadowy, który trwał nieprzerwanie przez 49 dni (3.09–21.10). Średnia liczba dni występująca w okresach bezopadowych trwających >8 dni wynosiła dla roku 72 – maksimum wystąpiło w 1959, 1969 i 2005 r. (121 dni), a minimum w 2012 r. (33 dni) (rys. 1a). Największą wartością współczynnika zmienności tego rodzaju dni wyraźnie odznaczał się lipiec (128,5%), a najmniejszą kwiecień (73,5%). W przypadku liczby dni zaliczanych do okresów bezopadowych trwających powyżej 17 dni stwierdzono istotny statystycznie (na poziomie $\alpha = 0,05$) trend malejący (spadek wyniósł 3 dni na 10 lat) (rys. 1b).

¹ Wielkość suszy w danym roku definiowana była jako suma wartości wskaźnika *SPI* w okresie trwania omawianego zjawiska.

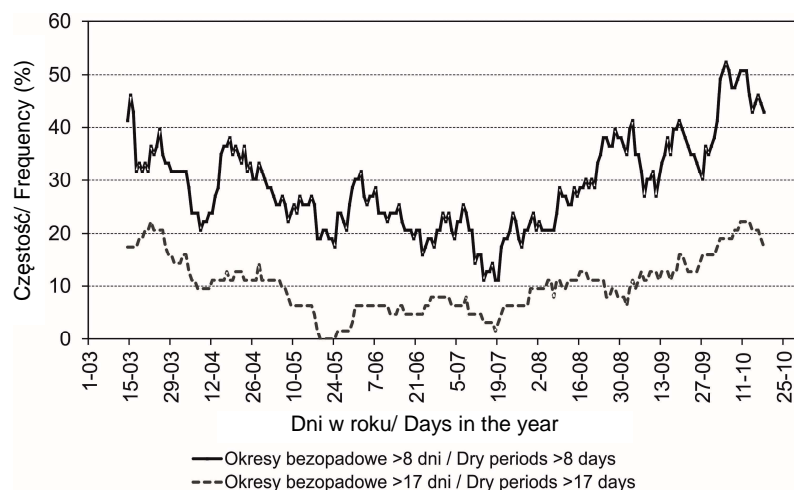


Rys. 1. Wieloletni przebieg liczby dni w okresach bezopadowych trwających >8 (a) oraz >17 dni (b) notowanych od marca do października

Fig. 1. The long-term course of the number of days in dry periods that lasted >8 (a) and >17 days (b) from March to October

W poszczególnych dniach roku najmniejszą częstość występowania okresów bezopadowych trwających >8 dni notowano w drugiej dekadzie lipca (około 10%), największą zaś w połowie października (około 50%) (rys. 2). Podobny przebieg dotyczył często-

ści pojawiania się dni w co najmniej 18-dniowych okresach bezopadowych. W tym przypadku zaznaczyły się dwa wyraźne minima, tj. w drugiej i trzeciej dekadzie maja oraz w drugiej dekadzie lipca (< 5%), a także dwa maksima – w marcu i październiku (około 15–20%).

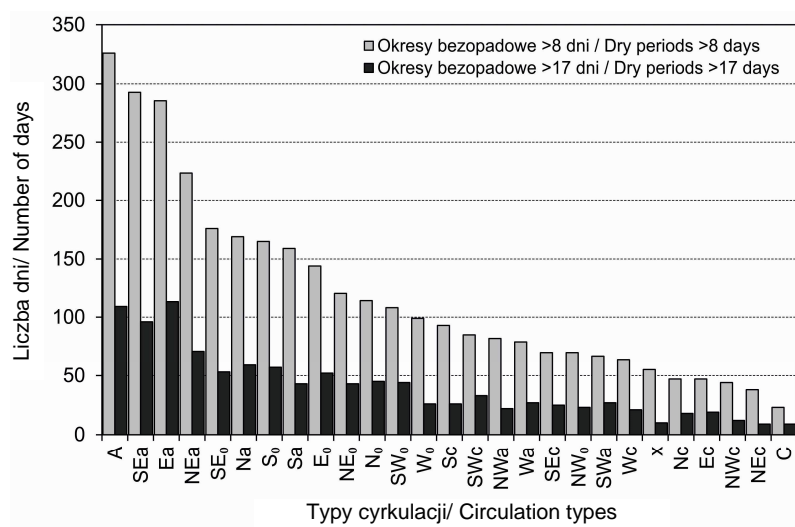


Rys. 2. Częstość (%) występowania dni w okresach bezopadowych trwających >8 i >17 dni notowanych od marca do października

Fig. 2. The frequency (%) of days in dry periods that lasted >8 and >17 days from March to October

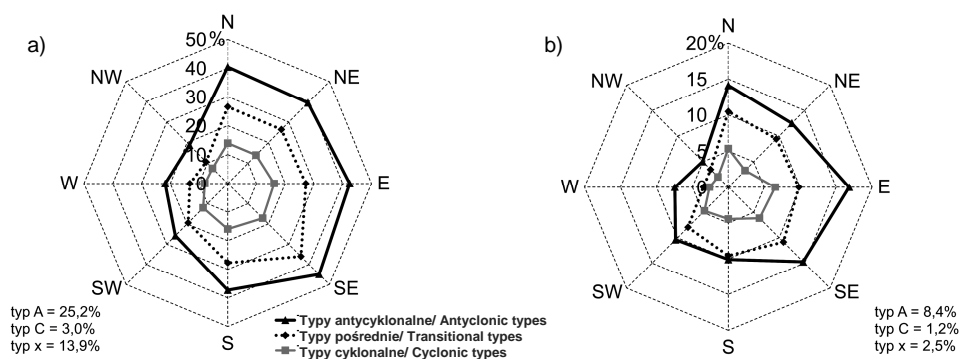
Zarówno w krótszych, jak i dłuższych okresach bezopadowych najczęściej występowały dni z typem bezadwekcyjnym antycyklonalnym A oraz z typami kierunkowymi antycyklonalnymi warunkującymi napływ powietrza z sektora wschodniego (NEa, Ea i SEa; rys. 3). Analogiczne typy miały największy udział także w generowaniu susz rolniczych na obszarze województwa podkarpackiego [Ziernicka-Wojtaszek 2012b]. O wiele rzadziej w tego rodzaju okresach bezopadowych pojawiały się typy kierunkowe cyklonalne oraz typ bezadwekcyjny cyklonalny C.

W nawiązaniu do każdego typu cyrkulacji obliczono tzw. prawdopodobieństwo warunkowe, tj. procentowy stosunek liczby dni z określonym typem cyrkulacji w okresach bezopadowych do ogólnej liczby przypadków jego występowania od marca do października. Na tej podstawie stwierdzono, że dla okresów bezopadowych trwających >8 dni największymi wartościami prawdopodobieństwa warunkowego odznaczał się typ cyrkulacji SEa (44,9%), Ea (42,4%), Na (40,4%) i NEa (39,4%), a najmniejszymi typ C (3,0%), NWc (7,5%), Wc (8,0%) i NWo (10,6%) (rys. 4a). Natomiast w odniesieniu do dłuższych okresów bezopadowych (>17 dni) największe wartości prawdopodobieństwa dotyczyły typu Ea (16,8%), SEa (14,7%), Na (14,1%) i NEa (12,5%), z kolei najmniejszymi wyróżniał się typ C (1,2%), NWc (2,0%), x (2,5%) oraz Wc (2,6%) (rys. 4b).



Rys. 3. Liczba dni z typami cyrkulacji w okresach bezopadowych trwających >8 i >17 dni w latach 1951–2010

Fig. 3. The number of day with circulation types in dry periods that lasted >8 and >17 days in the period 1951–2010

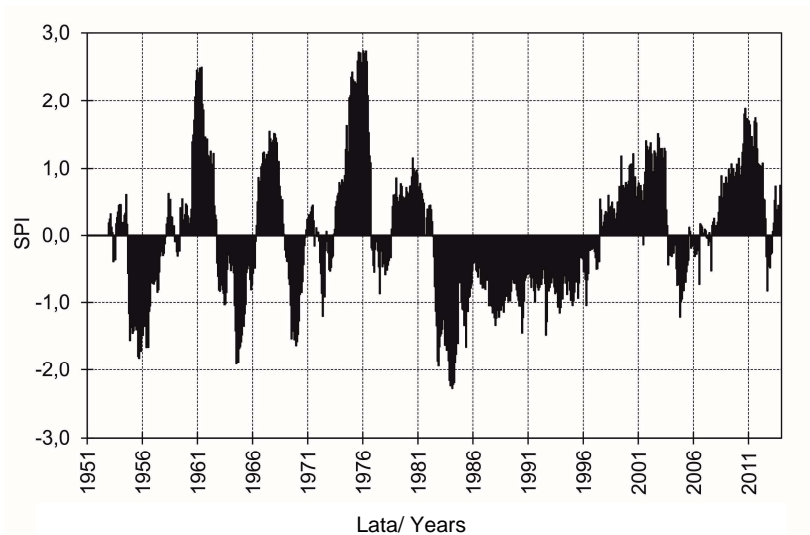


Rys. 4. Prawdopodobieństwo warunkowe (%) pojawienia się dni w okresach bezopadowych, które trwały >8 (a) i >17 dni (b), w odniesieniu do poszczególnych typów cyrkulacji

Fig. 4. Conditional probability (%) of the occurrence of days in dry periods that lasted >8 (a) and >17 days (b) in particular circulation types

Przeprowadzenie dokładniejszej analizy susz atmosferycznych w rejonie Lublina, m.in. w odniesieniu do ich intensywności i długości trwania w ciągu całego roku, było możliwe przy wykorzystaniu wartości wskaźnika *SPI*. Na podstawie przebiegu jego skumulowanych wartości dla okresu 24 miesięcy wykazano, że najbardziej suchy okres wystąpił na przełomie lat 1983 i 1984, a deficyt opadów i jego następstwa (susze hydro-

logiczne) pojawiały się od 1982 r. aż do połowy lat 90. XX w. (rys. 5). Silne susze w pierwszej połowie lat 80. XX w. były rejestrowane także w innych rejonach kraju [Kalbarczyk 2005, Hutorowicz i in. 2008, Wibig 2012]. Okresy ze skumulowanymi wartościami wskaźnika $SPI < -1$ notowano w Lublinie także w latach 1955–1956, 1964–1965, 1969–1970, 1972 i 2004–2005.



Rys. 5. Wieloletni przebieg wartości wskaźnika SPI w skali 24-miesięcznej w latach 1951–2013
Fig. 5. The long-term course of SPI index on a time scale of 24 months from 1951 to 2013

W badanym wielolecu stwierdzono 90 okresów suszy atmosferycznej, które łącznie trwały przez około 23% miesięcy badanego wielolecia. Największym udziałem charakteryzowały się susze jednomiesięczne (47,8%), oraz dwu- (26,7%) i trzymiesięczne (17,8%). Przeciętny czas trwania suszy atmosferycznej wynosił 1,8 miesiąca – nieco dłuższe susze notowano w latach 1951–1960 i 1991–2000, a krótsze w latach 70. XX w. i w pierwszej dekadzie XXI w. (tab. 1). Najdłuższa susza trwała 9 miesięcy (marzec–listopad 1982 r.) i zarazem odznaczała się największą wielkością ($SPI = -10,1$) oraz maksymalną liczbą miesięcy, gdy $SPI \leq -1$ (6 miesięcy). W ujęciu dekadowym najbardziej intensywne susze oraz największa liczba ich przypadków wystąpiła w latach 1981–1990 (tab. 1).

Do najbardziej suchych zaliczał się rok 1982 ($SPI = -2,3$), 1971 ($SPI = -1,8$), 1961 ($SPI = -1,7$) i 1993 ($SPI = -1,5$). Najczęściej susze atmosferyczne notowano w marcu, niewiele rzadziej w kwietniu i październiku, najrzadziej zaś w lipcu (tab. 2). Jednakże w tym ostatnim miesiącu zaobserwowano największą liczbę przypadków z bardzo dużym deficytem opadów, tj. gdy $SPI \leq -1,5$. Najniższe miesięczne wartości wskaźnika SPI wystąpiły w lutym 1976 r. ($SPI = -4,4$) i listopadzie 2011 r. ($SPI = -4,0$). Analiza wieloletnich tendencji wskaźnika SPI nie wykazała istotnych statystycznie (na poziomie $\alpha = 0,05$) trendów miesięcznych i rocznych jego wartości (tab. 2).

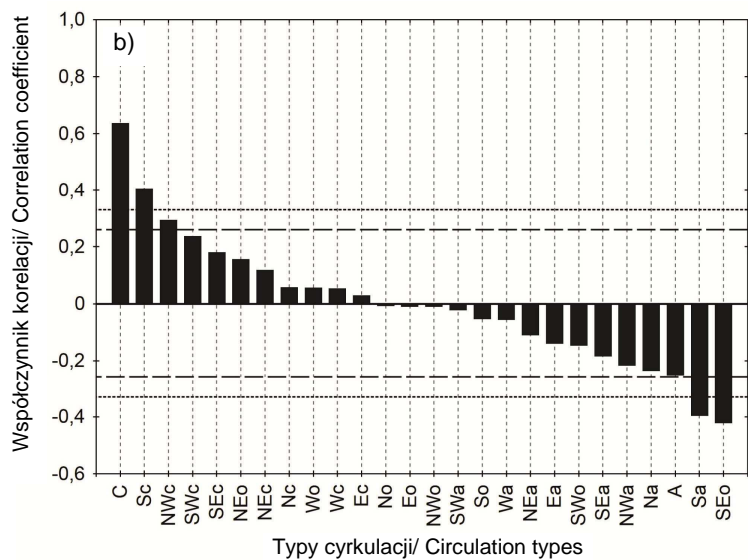
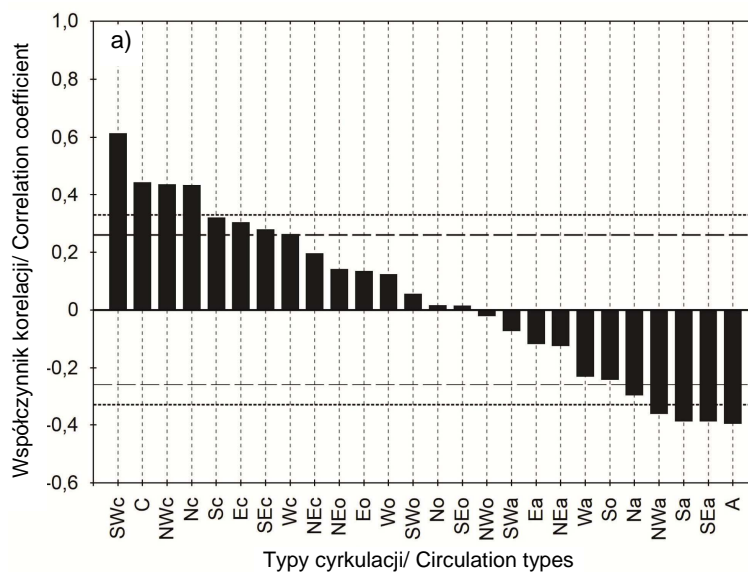
Tabela 1. Charakterystyka występowania susz atmosferycznych w dekadach według wskaźnika *SPI*
 Table 1. The characteristic of atmospheric drought occurrences in decades according to *SPI* index

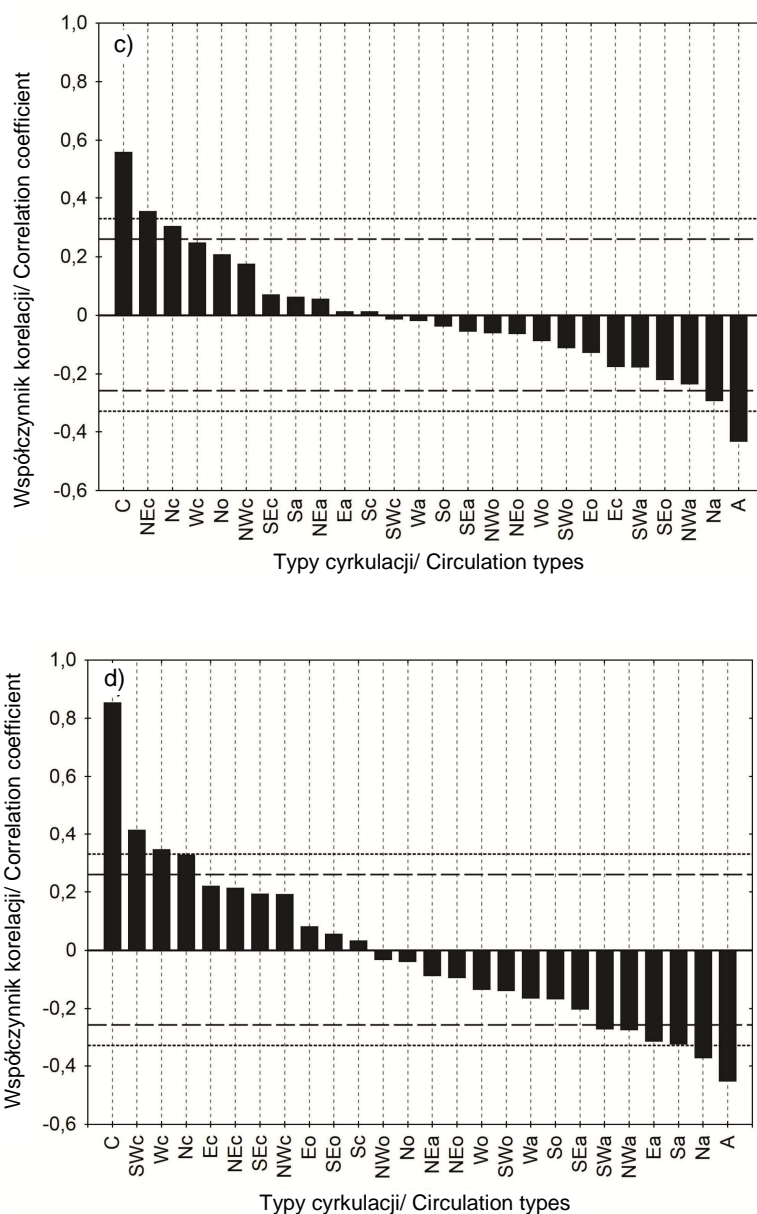
Wyszczególnienie Specification	Dekady/ Decades						Wartości ekstremalne Extreme values
	1951–1960	1961–1970	1971–1980	1981–1990	1991–2000	2001–2010	
Liczba przypadków susz The number of droughts	11	13	15	17	14	16	–
Liczba miesięcy, gdy $SPI \leq -1,0$ The number of months where $SPI \leq -1.0$	15	17	15	22	18	16	6 (1982)
Maksymalna wielkość suszy Maximum severity of drought	-5,9 (VIII–X 1951)	-4,1 (XII 1963–I 1964)	-6,7 (II–VIII 1976)	-10,1 (III–XI 1982)	-5,5 (XII 1996–III 1997)	-3,1 (IV 2009)	-10,1 (III–XI 1982)
Średni czas trwania suszy (w miesiącach) The average duration of drought (in months)	2,1	1,9	1,6	1,7	2,2	1,6	9 (III–XI 1982)

Tabela 2. Charakterystyka występowania susz atmosferycznych w miesiącach według wskaźnika *SPI*
 Table 2. The characteristic of atmospheric drought occurrences in months according to *SPI* index

Wyszczególnienie Specification	Miesiące/ Months												Rok Year
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Liczba miesięcy z suszą The number of months with drought	15	14	19	17	16	14	10	13	15	17	12	13	175
Liczba miesięcy, gdy $SPI \leq -1,5$ The number of months where $SPI \leq -1.5$	3	3	5	3	5	3	6	5	4	3	4	3	47
Minimalna wartość <i>SPI</i> (rok) Minimum value of <i>SPI</i> (year)	-3,0 (1997)	-4,4 (1976)	-2,1 (1974)	-3,1 (2009)	-2,4 (1990)	-2,4 (1963)	-2,8 (2006)	-2,5 (1984)	-2,3 (1959)	-2,9 (1951)	-4,0 (2011)	-3,1 (1972)	-2,3 (1982)
Trend wskaźnika <i>SPI</i> /10 lat Trend of <i>SPI</i> index/ 10 years	0,13	0,02	0,12	-0,02	0,00	-0,02	0,10	-0,06	0,10	-0,01	-0,10	-0,03	0,10

Zastosowanie analizy korelacji kanonicznej wykazało, że cyrkulacja atmosferyczna wyjaśniała 63% wariacji wartości wskaźnika *SPI* w zimie, 51% wiosną, 43% latem oraz 74% jesienią. We wszystkich porach roku istotną statystycznie dodatnią korelacją odznaczały się tylko typy cyklonalne, a ujemną niemal wyłącznie typy antycyklonalne (rys. 6 a–d). Najsilniejsza współzmienność ze wskaźnikiem *SPI* ujawniła się w przypadku dwóch typów bezadwekcyjnych, tj. antycyklonalnego A i cyklonalnego C. Wśród typów kierunkowych dużymi ujemnymi wartościami współczynników korelacji wyróżnił się przede wszystkim typ Sa (zimą, wiosną i jesienią), Na (zimą, latem i jesienią) i NWa (zimą i jesienią), a dodatnimi typ SWc (zimą i jesienią), Sc (zimą i wiosną) i Nc (zimą i latem).





Rys. 6. Współczynniki korelacji kanonicznej między liczbą godzin z typami cyrkulacji a wskaźnikiem *SPI* w zimie (a), wiosną (b), latem (c) i jesienią (d). Pozioma linia kropkowana oznacza korelację istotną na poziomie 0,01; linia przerywana na poziomie 0,05
 Fig. 6. Coefficients of canonical correlation between the number of hours with circulation types and *SPI* index in winter (a), spring (b), summer (c) and autumn (d). Horizontal dotted lines indicate correlations significant at a p-value of 0.01; horizontal dashed lines at a p-value of 0.05

Dodatnim wartościom wskaźnika *SPI* (a więc dużym sumom opadów) w lecie odpowiadał istotnie większy udział typów cyklonalnych o składowej północnej (Nc i NEc). Również w Polsce Południowej pojawianie się w okresie od czerwca do sierpnia północnej i północno-wschodniej cyrkulacji cyklonalnej przyczyniało się do występowania opadów o dużej wydajności [Ustrnul i Czekerda 2001, Twardosz i in. 2010, Niedźwiedz i in. 2014].

WNIOSKI

1. W rejonie Lublina największy deficyt opadów zaznaczył się w latach 80. XX w. Nie stwierdzono natomiast nasilenia się susz atmosferycznych w ostatnim okresie. Dekada 2001–2010 wyróżniała się na tle całego badanego wielolecia krótszym czasem trwania susz i przeciętną liczbą miesięcy z małymi sumami opadów.

2. Wśród typów cyrkulacji największym prawdopodobieństwem wystąpienia w okresach bezopadowych (od marca do października) charakteryzowały się antycyklonalne typy kierunkowe Na, NEa, Ea i SEa. Ponadto w tych okresach notowano dużą liczbę dni z typem bezadwekcyjnym antycyklonalnym A, któremu odpowiadało występowanie w rejonie Polski Wschodniej wyżu, klina lub wału wysokiego ciśnienia. Najmniejszym prawdopodobieństwem odznaczały się typy Wc i NWc oraz bezadwekcyjny typ cyklonalny C, który odzwierciedla występowanie niżu, zatoki lub bruzdy niskiego ciśnienia.

3. Największy wpływ cyrkulacji atmosferycznej na zmienność wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI* (a więc i na zmienność sum opadów atmosferycznych) najsilniej zaznaczał się jesienią, a w najmniejszym stopniu w okresie letnim. W zimie wskaźnik *SPI* cechował się istotną statystycznie współzależnością z typami cyrkulacji, które warunkowały napływ powietrza z dwóch przeciwnych kierunków, tj. północnego i południowego. Znak korelacji nie zależał jednak od kierunku adwekcji powietrza, a od cyklonalnego (korelacja dodatnia) lub antycyklonalnego (korelacja ujemna) charakteru cyrkulacji.

4. W pracy została wykazana przydatność katalogów typów cyrkulacji nawiązujących do występowania określonych sytuacji synoptycznych o godz. 00, 06, 12 i 18 UTC. Następnie po przyporządkowaniu każdej godzinie danego typu cyrkulacji możliwe było otrzymanie dokładniejszych informacji odnośnie do wpływu cyrkulacji atmosferycznej na występowanie w okolicy Lublina niedoborów opadów atmosferycznych w kalendarzowych porach roku.

PIŚMIENNICTWO

- Bartoszek K., 2012. Kalendarz typów cyrkulacji atmosferycznej dla obszaru Lubelszczyzny. Zbiór komputerowy. UP w Lublinie, Pracownia Agrometeorologii, Lublin, <http://www.krzysztof.bartoszek.up.lublin.pl/wyniki.html>
- Bąk B., Kejna M., Uscka-Kowalkowska J., 2012. Susze meteorologiczne w rejonie stacji ZMŚP w Koniczynie (Pojezierze Chełmińskie) w latach 1951–2010. Woda Środ. Obsz. Wiej. 12(2), 19–28.

- Bąk B., Łabędzki L., 2008. Zależność między suszą meteorologiczną a rolniczą w uprawie buraka cukrowego w okresie wiosennym na glebach o różnej retencji użytecznej. *Acta Agrophys.* 11(2), 335–344.
- Bąk B., Maszewski R., 2012. Typy cyrkulacji atmosfery w regionie bydgosko-toruńskim podczas długotrwałej suszy meteorologicznej w latach 1989–1998. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 12(4), 17–29.
- Bradford R.B., 1999. Drought events in Europe. Institute of Hydrology, DG Joint Research Centre, European Commission, Ispra, Italy.
- Forzieri G., Feyen L., Rojas R., Flörke M., Wimmer F., Bianchi A., 2014. Ensemble projections of future streamflow droughts in Europe. *Hydrol. Earth Syst. Sci.* 18, 85–108.
- Hotelling H., 1936. Relations between two sets of variates. *Biometrika* 28(3–4), 321–377.
- Hutorowicz H., Grabowski J., Olba-Zięty E., 2008. Częstotliwość występowania okresów posusznych i suchych w dwóch mezoregionach Pojezierza Mazurskiego. *Acta Agrophys.* 12(3), 663–673.
- Jenkinson A.F., Collinson F.P., 1977. An initial climatology of gales over the North Sea. Synoptic climatology branch memorandum 62. Bracknell Meteorological Office.
- Kalbarczyk E., Kalbarczyk R., 2005. Identyfikacja okresów suszy atmosferycznej w okolicy Szczecina w latach 1963–2002. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 5, 171–183.
- Kasperska-Wołowicz W., Łabędzki L., Bąk B., 2003. Okresy posuszne w rejonie Bydgoszczy. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 3(9), 39–56.
- Kendall M.G., 1975. Rank correlation measures. Charles Griffin, London.
- Lityński J., 1969. Liczbowa klasyfikacja typów cyrkulacji i typów pogody dla Polski. *Pr. PIHM* 97, 3–15.
- Łabędzki L., 2007. Estimation of local drought frequency in central Poland using the standardized precipitation index SPI. *Irrig. Drain.* 56(1), 67–77.
- Łabędzki L., Bąk B., 2004. Zróżnicowanie wskaźnika suszy atmosferycznej SPI w sezonie wegetacyjnym w Polsce. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 4(2a), 111–122.
- McKee T.B., Doesken N.J., Kliest J., 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. In: *Proceedings of the 8th Conference of Applied Climatology*, Anaheim, American Meteorological Society, 179–184.
- Niedźwiedz T., Łupikasza E., Pińskwar I., Kundzewicz Z., Stoffel M., Małarzewski Ł., 2014. Variability of high rainfalls and related synoptic situations causing heavy floods at the northern foothills of the Tatra Mountains. *Theor. Appl. Climatol.* DOI: 10.1007/s00704-014-1108-0.
- Nikulin G., Kjellström E., Hansson U., Strandberg G., Ullerstig A., 2011. Evaluation and future projections of temperature, precipitation and wind extremes over Europe in an ensemble of regional climate simulations. *Tellus, Ser. A* 63, 41–55.
- Piotrowski P., 2010. Uwarunkowania cyrkulacyjne susz wiosennych w Polsce. W: E. Bednorz (red.), *Klimat Polski na tle klimatu Europy. Warunki termiczne i opadowe. Seria: Studia i Prace z Geografii i Geologii* 15. Bogucki Wyd. Nauk., Poznań, 147–158.
- Schmuck A., 1962. Posuchy i wysokie opady atmosferyczne w województwie wrocławskim w latach 1950–1959. *Czas. Geogr.* 33(4), 411–440.
- Sen P.K., 1968. Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau. *J. Am. Statist. Assoc.* 63, 1379–1389.
- Twardosz R., Niedźwiedz T., Łupikasza E., 2010. The influence of atmospheric circulation on the type of precipitation (Kraków, southern Poland). *Theor. Appl. Climatol.* 104, 233–250.
- Ustrnul Z., Czekierda D., 2001. Circulation background of the atmospheric precipitation in Central Europe (based on the Polish example). *Meteorol. Z.* 10, 103–111.

- Wada Y., van Beek L.P.H., Wanders N., Bierkens M.F.P., 2013. Human water consumption intensifies hydrological drought worldwide. *Environ. Res. Lett.* 8, 1–14.
- Wibig J., 2012. Warunki wilgotnościowe w Polsce w świetle wskaźnika standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 12(2), 329–340.
- Ziarnicka-Wojtaszek A., 2012a. Porównanie wybranych wskaźników oceny suszy atmosferycznej na obszarze województwa podkarpackiego (1901–2000). *Woda Środ. Obsz. Wiej.* 12(2), 365–376.
- Ziarnicka-Wojtaszek A., 2012b. Cyrkulacyjne uwarunkowania susz rolniczych w województwie podkarpackim. *Infr. Ekol. Teren. Wiej.* 2, 153–162.

Summary. The paper presents an assessment of the temporal variability of atmospheric droughts in the Lublin region in relation to the atmospheric circulation over East Poland from 1951 to 2010. The frequency of atmospheric droughts was determined by sequences of dry periods that lasted >8 and >17 days and on the basis of the *SPI* index. The largest precipitation deficit was noticed in the 1980s, while atmospheric droughts occurred most often in March and October, and least often in July. Moreover, annual and monthly *SPI* values showed no statistically significant trends. Anticyclonic types of atmospheric circulation, in particular A, Na, NEa, Ea and SEa, were the most frequent during the dry periods. On the other hand, the least frequent were cyclonic types: C, Wc and NWc. In addition, it was found that atmospheric circulation exerts the largest influence on the variability of *SPI* index in autumn, and the slightest in summer.

Key words: drought, *SPI* index, atmospheric circulation, circulation types, Lublin