

Wpłynęło 28.10.2011 r.  
Zrecenzowano 27.03.2012 r.  
Zaakceptowano 17.05.2012 r.

A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

# WARUNKI WILGOTNOŚCIOWE W POLSCE W ŚWIETLE WSKAŹNIKA STANDARYZOWANEGO KLIMATYCZNEGO BILANSU WODNEGO

Joanna WIBIG<sup>ABCDEF</sup>

Uniwersytet Łódzki, Katedra Meteorologii i Klimatologii

## Streszczenie

Do oceny zmienności warunków wilgotnościowych w Polsce wykorzystano wskaźnik standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego (Standardized Precipitation Evaporation Index, *SPEI*), który jest standaryzowaną różnicą opadu atmosferycznego i parowania potencjalnego. Standaryzację wykonano z założeniem, że rozkład wartości klimatycznego bilansu wodnego jest log-logistyczny. Wyznaczono wartości wskaźnika dla 18 stacji synoptycznych w Polsce i 5 skal czasowych, trwających od 1 do 24 miesięcy. *SPEI-1* i *SPEI-3* nadają się do analizy susz atmosferycznych i rozwoju susz glebowych. Mają wyraźny cykl roczny z minimum latem (sucho) i maksimum zimą. W ostatnich latach obserwuje się nieznaczny wzrost intensywności letniego deficytu wody, jednak trend nie jest statystycznie istotny. *SPEI-12* i *SPEI-24* dobrze opisują pojawianie się susz hydrologicznych. Najmniejsze wartości wskaźnika występowały w okresie 1981–1994, po czym nieco wzrosły. Zatem, choć wszystkie współczynniki trendu są ujemne, nie obserwuje się istotnego statystycznie zwiększania niedoboru opadów.

**Słowa kluczowe:** opady, parowanie, Polska, susza, wskaźnik *SPEI*

## WSTĘP

Susza atmosferyczna, zwana czasem meteorologiczną, jest okresem, w którym opady atmosferyczne są znacząco niższe od normy dla danego obszaru. Susza atmosferyczna może trwać od kilku tygodni do nawet kilku lat. Jeśli pojawia się w cieplej porze roku, często towarzyszy jej wysoka temperatura powietrza. Susze atmosferyczne występują zwykle w okresie zalegania wyżu atmosferycznego, gdy wysoka temperatura powoduje spadek wilgotności względnej powietrza [DAI 2011;

**Adres do korespondencji:** prof. dr hab. J. Wibig, Uniwersytet Łódzki, Katedra Meteorologii i Klimatologii, ul. Narutowicza 88, 90-139 Łódź; tel. +48 42 665-59-57, e-mail: jwibig@geo.uni.lodz.pl

FARAT i in. 1995]. Długotrwała susza atmosferyczna może przekształcić się w suszę glebową (czasem zwaną suszą rolniczą). Pojawia się, gdy brak opadów i wysoka temperatura przyczyniają się do wysuszenia gleby. Susza rolnicza ogranicza w poważnym stopniu wzrost roślin, przez co prowadzi do znacznego spadku plonów. Rozwój suszy glebowej wymaga dłuższego okresu zmniejszonych opadów. Skala czasowa, w jakiej może dojść do suszy glebowej, to 1–3 miesiące [ŁABĘDZKI 2007; VICENTE-SERRANO i in. 2010]. Dłużej trwający okres niskich opadów powoduje zmniejszenie poziomu wody w rzekach i jeziorach, oraz obniżenie zwierciadła wód powierzchniowych i/lub gruntowych. Takie zjawisko nazywa się suszą hydrologiczną i może utrzymywać się przez kilka miesięcy lub lat.

Współczesne ocieplenie klimatu, wyrażające się w Polsce wzrostem temperatury w drugiej połowie XX w. o blisko 1°C, zwiększa zagrożenie występowania deficytu wody. Skutkiem ocieplenia jest wzrost parowania potencjalnego, co w warunkach prawie niezmiennych sum opadów atmosferycznych powoduje spadek klimatycznego bilansu wodnego, wyrażonego jako różnica między sumą opadu, a parowaniem potencjalnym. Na klimatyczny bilans wodny wpływają zarówno zmiany opadu, jak i temperatury powietrza.

Celem opracowania jest analiza zmienności i zmian warunków wilgotnościowych w Polsce w świetle wskaźnika standaryzowanego klimatycznego bilansu wodnego *SPEI* (Standardized Precipitation Evaporation Index). Wskaźnik ten, tak jak popularny *SPI* (standaryzowany wskaźnik opadu), może być wyznaczany dla różnych skal czasowych, co pozwala ocenić osobno zmienność występowania susz atmosferycznych, glebowych i hydrologicznych. Podobny wskaźnik, zwany standaryzowanym klimatycznym bilansem wodnym *KBW<sub>s</sub>*, wprowadzili w Polsce ŁABĘDZKI i BAŁ (2004). Podstawową różnicą między *SPEI* a *KBW<sub>s</sub>* jest to, że pierwszy z nich wykorzystuje parowanie potencjalne, liczone metodą Thornthwaite'a, a drugi ewapotranspirację wskaźnikową, liczoną metodą Penmana-Monteitha.

## DANE I METODY BADAŃ

Wskaźnik *SPEI* łączy wpływ opadów atmosferycznych i parowania na bilans wodny. Zakres wartości przyjmowanych przez wskaźnik *SPEI* podzielono na dziewięć kategorii. Cztery reprezentują warunki wilgotniejsze od normy, cztery warunki bardziej suche (tab. 1). W pierwszym etapie wyznaczane są miesięczne wartości klimatycznego bilansu wodnego  $P - PET$ , w którym  $P$  jest sumą opadu, a parowanie  $PET$  obliczane za pomocą wzoru THORNTHWAITA' A [1948]. Wykorzystuje on jedynie miesięczną sumę opadu i średnią miesięczną temperaturę powietrza. Możliwość zastosowania tego wzoru w warunkach Polski była badana przez WOJCIECHOWSKIEGO [1968] oraz SZEJBE [2012]. Obaj autorzy wskazali, że wzór Thornthwaite'a przeszacowuje nieco wartość ewapotranspiracji w stosunku do tej otrzymanej z wzoru Penmana, jednak duże wartości współczynnika korela-

**Tabela 1.** Klasyfikacja warunków wilgotnościowych w zależności od wartości wskaźnika *SPEI***Table 1.** Classification of *SPEI* values and the dryness and wetness categories

Zakres wartości wskaźnika Range of index	Kategoria warunków wilgotności Category of dryness / wetness
$SPEI > 2,5$	ekstremalnie wilgotno extremely wet
$2,5 \geq SPEI > 2,0$	bardzo wilgotno very wet
$2,0 \geq SPEI > 1,5$	wilgotno wet
$1,5 \geq SPEI > 1,0$	lekko wilgotno slightly wet
$1,0 \geq SPEI \geq -1,0$	normalnie normal conditions
$-1,0 > SPEI \geq -1,5$	lekko sucho slightly dry
$-1,5 > SPEI \geq -2,0$	sucho dry
$-2,0 > SPEI \geq -2,5$	bardzo sucho very dry
$-2,5 > SPEI$	ekstremalnie sucho extremely dry

Źródło opracowanie własne na podstawie: VICENTE-SERRANO [2010].

Source: own elaboration based on VICENTE-SERRANO [2010].

cji (znacznie przewyższające 0,9) pozwalają na zastosowanie wzoru Thornthwaite'a do badania zmienności czasowej ewapotranspiracji. Następnie obliczano skumulowany wskaźnik *SPEI* w okresach: 1, 3, 6, 12 i 24 miesiące. Wartości te dostarczają informacji o możliwości pojawienia się suszy meteorologicznej (okres 1 miesiąca), glebowej (3 miesiące) i hydrologicznej (6 i więcej miesięcy). Porównywanie warunków na poszczególnych stacjach w kontekście wartości średniej wieloletniej, jest możliwe dzięki standaryzacji danych. Rozkład bilansu nie jest rozkładem normalnym. VICENTE-SERRANO i in. [2010] polecają stosowanie rozkładu log-logistycznego [ROWIŃSKI i in. 2002]. Funkcja gęstości tego rozkładu wyraża się wzorem:

$$f(x) = \frac{\beta}{\alpha} \left( \frac{x-\gamma}{\alpha} \right)^{\beta-1} \left[ 1 + \left( \frac{x-\gamma}{\alpha} \right)^{\beta} \right]^{-2}, \quad \gamma \leq x < \infty \quad (1)$$

gdzie:

- $\alpha$  – parametr skali,
- $\beta$  – parametr kształtu,
- $\gamma$  – parametr położenia.

Parametry tego rozkładu są szacowane metodą *L*-momentów ważonych prawdopodobieństwem [MITOSEK 2003; VICENTE-SERRANO i in. 2010] z następujących wzorów:

$$\beta = \frac{2w_1 - w_0}{6w_1 - w_0 - 6w_2} \quad (2)$$

$$\alpha = \frac{(w_0 - 2w_1)\beta}{\Gamma(1 + 1/\beta)\Gamma(1 - 1/\beta)} \quad (3)$$

$$\gamma = w_0 - \alpha \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right) \Gamma\left(1 - \frac{1}{\beta}\right) \quad (4)$$

$\Gamma(\beta)$  jest funkcją gamma dla wartości  $\beta$ . Momenty ważone prawdopodobieństwem  $w_s$  rzędu  $s$  określone są wzorem:

$$w_s = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (1 - F_i)^s D_i \quad (5)$$

a  $F_i$  jest oszacowaniem dystrybuanty empirycznej  $i$ -tego elementu  $D_i = P_i - PET_i$  w  $N$ -elementowym szeregu uporządkowanym niemalejąco:

$$F_i = \frac{i - 0,35}{N}. \quad (6)$$

Porównanie empirycznej i teoretycznej, wynikającej z rozkładu log-logistycznego, dystrybuanty rozkładu bilansu w czasie 1, 3, 6, 12 i 24 pokazują, że rozkład ten dość dobrze aproksymuje wartości empiryczne (rys. 1). Test  $\chi^2$  potwierdza zgodność rozkładów na poziomie ufności 90% dla wszystkich stacji i okresów.

Standaryzowane wartości  $D_i$  obliczono zgodnie z zaleceniami VICENTE-SERRANO i in. [2010], stosując aproksymację ABRAMOWITZA i STEGUNA [1965]:

$$SPEI = W - \frac{C_0 + C_1W + C_2W^2}{1 + d_1W + d_2W^2 + d_3W^3} \quad (7)$$

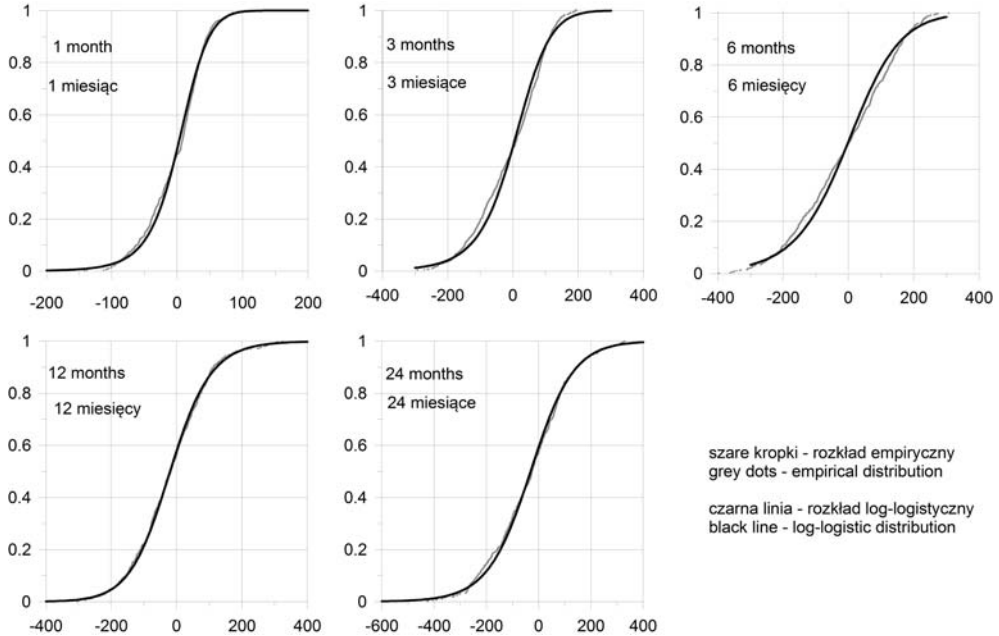
gdzie:

$$W = \sqrt{-2\ln(p)} \quad \text{dla } p \leq 0,5 \quad (8)$$

$p$  jest prawdopodobieństwem przewyższenia wartości  $D_i$ , czyli  $p = 1 - F(x)$ .

$$F(x) = \left[ 1 + \left( \frac{\alpha}{x - \gamma} \right)^\beta \right]^{-1} \quad (9)$$

jest dystrybuantą rozkładu log-logistycznego. W miejsce  $x$  podstawiane są kolejne wartości skumulowanych wartości bilansu  $D_j$ . Jeśli natomiast  $p > 0,5$ , zastępuje się



Rys. 1. Wartości dystrybuanty rozkładu log-logistycznego w funkcji dystrybuanty rozkładu empirycznego wartości P-PET skumulowanych w skalach czasowych 1, 3, 6, 12 i 24 miesięcy dla Chojnic; źródło: opracowanie własne

Fig. 1. Theoretical values of log-logistic distribution (black lines) versus empirical values of P-PET accumulated in time scales of 1, 3, 6, 12 and 24 months for Chojnice; source: own studies

$p$  przez  $1 - p$  i znak otrzymanej wartości wskaźnika *SPEI* zmienia się na przeciwny. Stałe wynoszą odpowiednio:  $C_0 = 2,515517$ ,  $C_1 = 0,802853$ ,  $C_2 = 0,010328$  oraz  $d_1 = 1,432788$ ,  $d_2 = 0,189269$  i  $d_3 = 0,001308$ .

Do obliczenia wskaźnika *SPEI* wykorzystano wartości średniej miesięcznej temperatury i miesięcznej sumy opadu z 18 stacji synoptycznych w Polsce (rys. 2.) z okresu 1951–2006. Dane uzyskano dzięki uprzejmości IMGW.

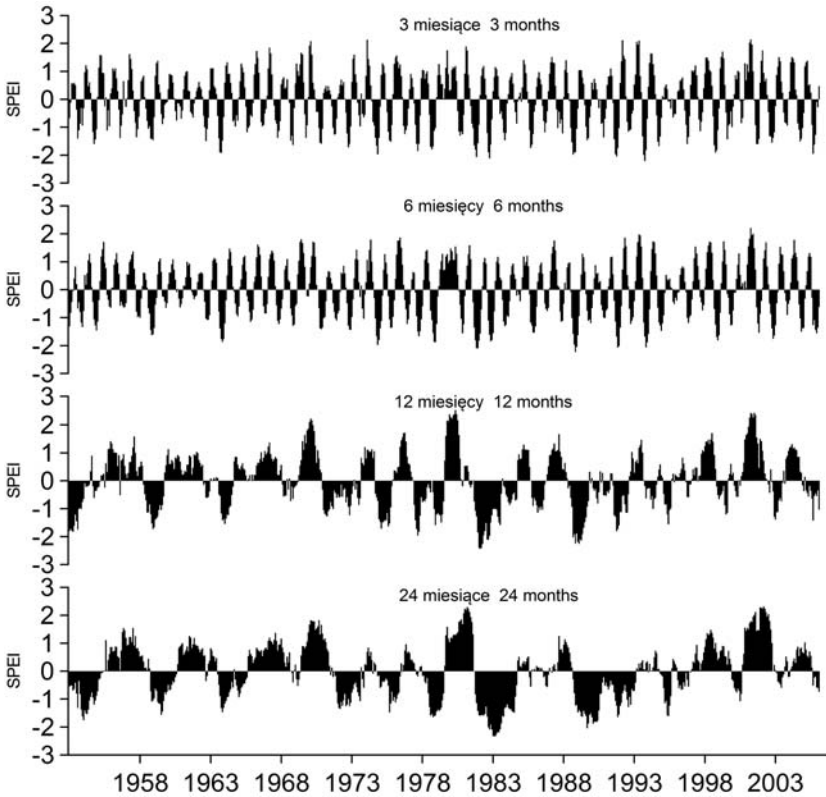
## WYNIKI I DISKUSJA

Wskaźnik *SPEI* w krótkiej skali czasu, 3–6 miesięcy, cechuje się wyraźnym cyklem rocznym z minimum w cieplej porze roku i maksimum zimą (rys. 3). Minimum oznacza, że opady atmosferyczne są mniejsze od parowania potencjalnego. Taki cykl roczny świadczy o tym, że zapasy wilgoci w glebie ulegają wyczerpaniu w cieplej porze roku, a odbudowują się w chłodnej. Cykl podobny do tego na rysunku 3 cechuje wszystkie stacje położone w nizinnej części Polski. W obszarze podgórskim roczny cykl nie jest już tak wyraźny, natomiast częściej pojawiają się bardzo duże i bardzo małe wartości wskaźnika *SPEI* (rys. 4). Duże ujemne war-



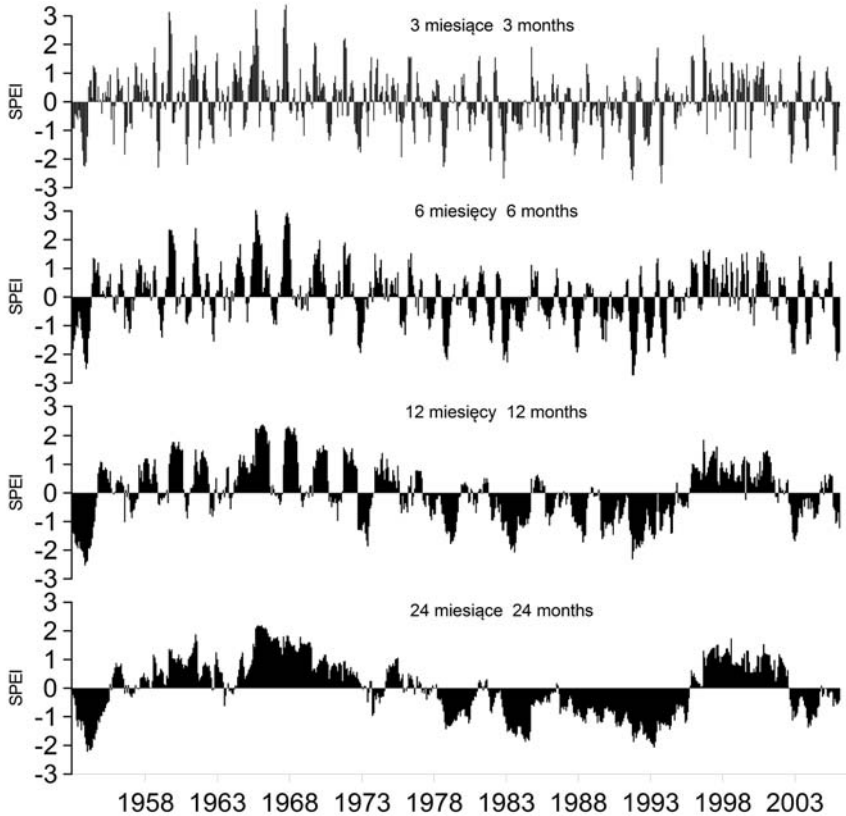
Rys. 2. Lokalizacja analizowanych stacji; źródło: opracowanie własne

Fig. 2. Location of analysed stations; source: own studies



Rys. 3. Przebieg wskaźnika *SPEI* w badanym okresie w różnych skalach czasu: 3, 6, 12 i 24 miesięcy dla Chojnic; źródło: opracowanie własne

Fig. 3. The long-term course of *SPEI* index in different time scales: 3, 6, 12 and 24 months, for Chojnice; source: own studies



Rys. 4. Przebieg wskaźnika *SPEI* w badanym okresie w różnych skalach czasu: 3, 6, 12 i 24 miesięcy dla Bielska; źródło: opracowanie własne

Fig. 4. The long-term course of *SPEI* index in different time scales: 3, 6, 12 and 24 months, for Bielsko; source: own studies

tości wskaźnika świadczą o suszy atmosferycznej, tym silniejszej im mniejsza wartość wskaźnika.

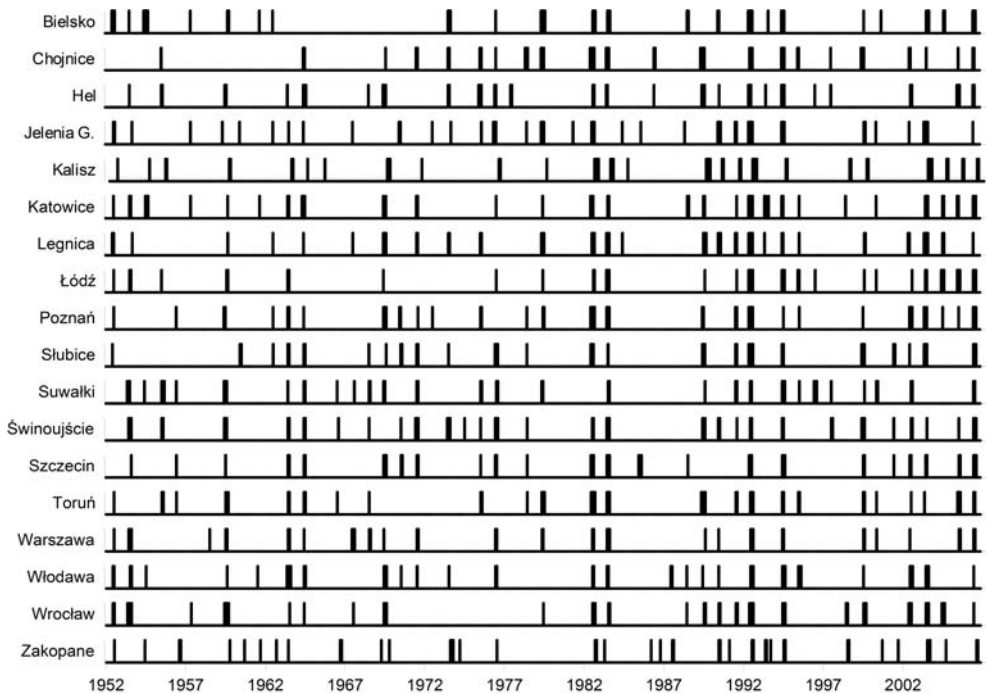
W dłuższej skali czasu, 12–24 miesięcy, okresy, w których wartości wskaźnika są dodatnie, czyli klimatyczny bilans wodny w tej skali jest większy od przeciętnego w danym miejscu, przeplatają się z takimi, w których dominują ujemne wartości wskaźnika *SPEI*, a klimatyczny bilans wodny jest niższy od typowego w tej skali czasu. Wartości dużo poniżej zera świadczą o panującej suszy hydrologicznej.

ŁABĘDZKI [2007] analizując przebieg wskaźnika *SPI* dla Bydgoszczy pokazał, że skala 1–3 miesięcy lepiej oddaje rozwój suszy glebowej niż dłuższe. VICENTE-SERRANO i in. [2011] stwierdzają, że rozwój suszy hydrologicznej można wiązać z małymi wartościami wskaźnika w skali 12–24 miesięcy.

By zaprezentować, jak często pojawiają się warunki bardzo i ekstremalnie suche na obszarze Polski wybrano dwie skale czasowe: 3-miesięczną, do prezentacji

susz atmosferycznych i glebowych oraz 12-miesięczną, do prezentacji such hydrologicznych. Na rysunku 5. pokazano okresy, w których *SPEI*-3 mieści się w przedziale bardzo i ekstremalnie sucho. Dominują lata, w których *SPEI*-3 należy do kategorii bardzo lub ekstremalnie sucho jednocześnie na większości stacji, w co najmniej jednym letnim miesiącu (1952, 1953, 1955, 1959, 1963, 1964, 1969, 1971, 1973, 1975, 1979, 1982, 1983, 1989, 1991, 1992, 1994, 1999, 2002, 2003, 2005, 2006) lub na żadnej. Najczęściej jest to sierpień (ponieważ jest to 3-miesięczny wskaźnik, w rzeczywistości oznacza to więc suchsze niż zazwyczaj warunki w okresie od czerwca do sierpnia), czasem dwa lub nawet trzy kolejne miesiące. Lata z wyjątkowo niskim *SPEI*, to często również lata szczególnie gorące, kiedy niskim opadom towarzyszy wyższe niż zwykle parowanie potencjalne.

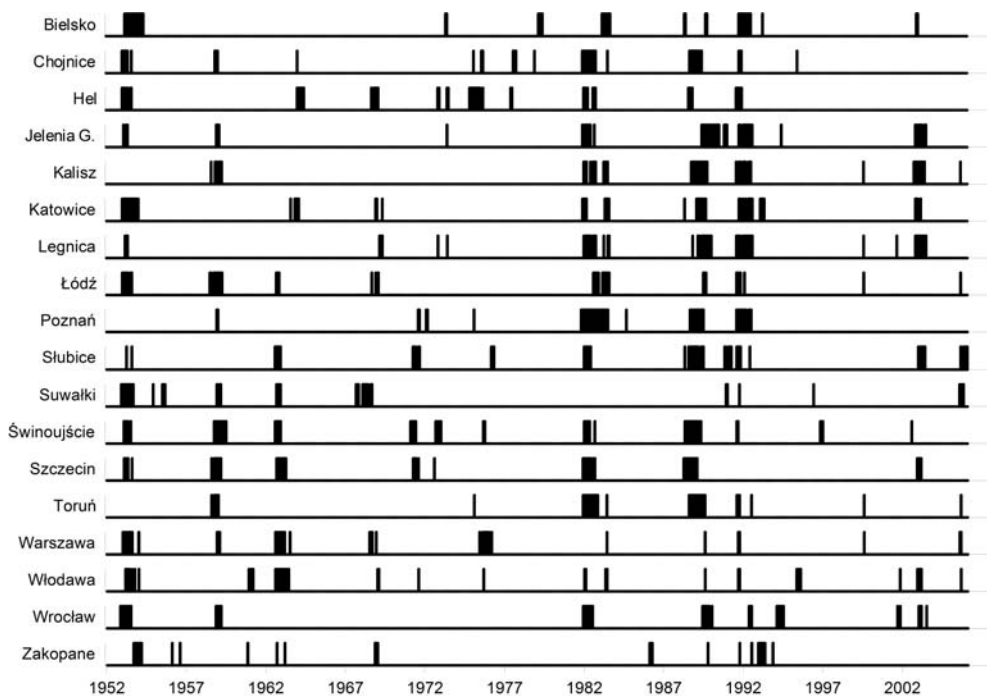
Występowanie warunków bardzo i ekstremalnie suchych w skali 12-miesięcznej przedstawia rysunek 6. Pojawiają się one dużo mniej regularnie, ale również często na co najmniej połowie stacji. Najsuchsze okresy przypadają na przełom lat 1953/1954, drugą połowę lat 1959 i 1963, okres od końca 1982 do połowy 1984 r., lata 1989–1990, okres od połowy 1992 do połowy 1993 r. oraz przełom 2003/2004. Często są to jednocześnie lata szczególnie ciepłe. W odróżnieniu od *SPEI*-3,



Rys. 5. Okresy bardzo suche i ekstremalnie suche w analizowanych stacjach według 3-miesięcznego wskaźnika *SPEI*; źródło: opracowanie własne

Fig. 5. Very dry and extremely dry periods at analysed stations according to the 3-month *SPEI* index; source: own studies





Rys. 6. Okresy bardzo suche i ekstremalnie suche w analizowanych stacjach według 12-miesięcznego indeksu *SPEI*; źródło: opracowanie własne

Fig. 6. Very dry and extremely dry periods at analysed stations according to the 12-month *SPEI* index; source: own studies

12-letni wskaźnik *SPEI-12* osiąga wartości ekstremalnie małe we wszystkich porach roku, ponieważ wskaźnik prezentuje różnicę między opadem a parowaniem w okresie całego roku kończącego się w danym miesiącu (np. wartość dla kwietnia 2001, opisuje warunki panujące od maja 2000 do kwietnia 2001 r.).

Przebieg *SPEI-3* na analizowanych stacjach (rys. 5) sugeruje, że występowanie krótkich (3-miesięcznych) okresów bardzo i ekstremalnie suchych zwiększa się nieznacznie po 1988 r. (wskazuje na to nieco większa gęstość linii). Jednocześnie wykres *SPEI-12* dowodzi, że najwięcej długich okresów suchych wystąpiło w latach 1981–1994 (rys. 6). Taka sytuacja sugeruje brak długoterminowego trendu, czyli brak zagrożenia narastającym deficytem wody. W okresie wegetacyjnym mogą częściej pojawiać się krótkie, 1–3 miesięczne, okresy bardzo suche, ale w dłuższym okresie zapasy wody są odtwarzane. Brak statystycznie istotnych trendów potwierdza również standardowa ocena trendu liniowego za pomocą współczynnika nachylenia linii regresji i testu Studenta. Prawie wszystkie współczynniki trendu są ujemne, co wskazuje na tendencję do zwiększonej suchości, jednak również prawie wszystkie są statystycznie nieistotne (tab. 2).

**Tabela 2.** Współczynniki trendu liniowego wskaźnika *SPEI* skumulowanego w okresach 1, 3, 6, 12 i 24 miesięcy**Table 2.** Linear trend coefficients of *SPEI* index accumulated in the periods of 1, 3, 6, 12 and 24 months

Stacja Station	Współczynnik nachylenia trendu liniowego, mm·rok <sup>-1</sup> Linear trend coefficients, mm·year <sup>-1</sup>				
	1 miesiąc 1 month	3 miesiące 3 months	6 miesięcy 6 months	12 miesięcy 12 months	24 miesiące 24 months
Bielsko	-0,015	-0,045	-0,081	-0,125	-0,310
Chojnice	-0,001	-0,003	-0,003	0,007	0,035
Hel	-0,003	-0,009	-0,015	-0,017	-0,008
Jelenia Góra	-0,006	-0,020	-0,040	-0,082	-0,188
Kalisz	-0,011	-0,034	-0,067	-0,126	-0,241
Katowice	-0,003	-0,008	-0,012	-0,014	-0,028
Legnica	-0,017	-0,050	-0,099	-0,204	-0,424
Łódź	-0,002	-0,007	-0,009	-0,003	0,015
Poznań	-0,006	-0,017	-0,032	-0,055	-0,110
Słubice	-0,005	-0,015	-0,025	-0,038	-0,064
Suwałki	-0,003	-0,010	-0,020	-0,030	-0,040
Świnoujście	-0,006	-0,017	-0,031	-0,052	-0,079
Szczecin	-0,002	-0,007	-0,012	-0,017	-0,024
Toruń	-0,003	-0,008	-0,014	-0,022	-0,023
Warszawa	-0,002	-0,005	-0,007	-0,004	0,018
Włodawa	-0,013	-0,040	-0,079	-0,161	-0,312
Wrocław	-0,011	-0,034	-0,067	-0,138	-0,304
Zakopane	-0,006	-0,015	-0,022	-0,033	-0,033

Źródło: opracowanie własne. Source: own studies.

## PODSUMOWANIE

Wskaźnik *SPEI* dość dobrze opisuje warunki wilgotnościowe w Polsce. Okresy suche i wilgotne w znacznym stopniu pokrywają się ze wskazanymi innymi metodami, np. na podstawie analizy odchyłeń sum opadu od średniej [MAGER i in. 2000], wskaźnika *SPI* w różnych skalach czasu [ŁABĘDZKI 2007], czy niżówek w rzekach [TOMASZEWSKI 2007]. Jego zaletą jest silna reakcja na dodatni trend temperatury obserwowany obecnie w Europie i w Polsce [VICENTE-SERRANO i in. 2011]. Analiza trendu liniowego pokazała, że zmiany zachodzą bardzo powoli (współczynniki trendu są niewielkie), ale to, że poza kilkoma wyjątkami wszystkie współczynniki są ujemne świadczy o niewielkiej przewadze parowania nad opadami. Wzrost suchości jest na razie statystycznie nieistotny, ale intensyfikacja ocieplenia może tę sytuację zmienić. Na razie widoczna jest tendencja do nasilenia susz w okresie letnim, wegetacyjnym, stwarzająca zagrożenie dla rolnictwa, szcze-

gólnie w tych rejonach, w których woda była czynnikiem ograniczającym wielkość plonów.

*SPEI-12* i *SPEI-24* dobrze opisują pojawianie się susz hydrologicznych. W odróżnieniu od *SPEI-3* 12-letni wskaźnik *SPEI-12* nie ma wyraźnego cyklu rocznego. Ponieważ wskaźnik prezentuje różnicę między opadem a parowaniem w okresie całego roku, kończącego się w danym miesiącu, może osiągać wartości ekstremalnie małe we wszystkich porach roku. Najsuchsze okresy przypadają na przełom lat 1953/1954, drugą połowę lat 1959 i 1963, okres od końca 1982 do połowy 1984 r., lata 1989–1990, okres od połowy 1992 do połowy 1993 oraz przełom 2003/2004. Często są to jednocześnie lata szczególnie ciepłe. Wszystkie współczynniki trendu są ujemne, jednak zmniejszanie się zapasów wody nie jest na razie statystycznie istotne.

Artykuł powstał w ramach prac finansowanych z grantu MNiSW Nr 0533/B/P01/2009/36 „Projekcje zmian klimatu w Polsce na lata 2021–2050 na podstawie Regionalnych Modeli Klimatu”. Dane uzyskano z IMGW.

## LITERATURA

- ABRAMOWITZ M., STEGUN I.A. 1965. Handbook of mathematical functions, with formulas, graphs, and mathematical tables. Dover Publication, Washington D.C. ISBN 0-486-61272-4 ss. 1046.
- DAI A. 2011. Drought under global warming: a review. Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change. Vol. 2 s. 45–65.
- FARAT R., KĘPIŃSKA-KASPRZAK M., KOWALCZAK P., MAGER P. 1995. Susze na obszarze Polski w latach 1951–1990. Materiały Badawcze IMGW. Seria: Gospodarka Wodna i Ochrona Wód. Vol. 16 s. 59–72.
- ŁABĘDZKI L. 2007. Estimation of local drought frequency in Central Poland using the standardized precipitation index SPI. Irrigation and Drainage Vol. 56 s. 67–77.
- ŁABĘDZKI L., BĄK B., 2004. Standaryzowany klimatyczny bilans wodny jako wskaźnik suszy. Acta Agrophysica. Vol. 3. Nr 1 s. 117–124.
- MAGER P., KUŹNICKA M., KĘPIŃSKA-KASPRZAK M., FARAT R. 2000. Changes in the frequency and occurrence of droughts in Poland (1891–1995). Geographia Polonica. Vol. 73. Nr 2 s. 41–47.
- MITOSEK H. T. 2003. Problemy hydrologii stochastycznej. Procesy stochastyczne, pola losowe i momenty liniowe. Kielce. Wydaw. AŚK. ISBN 83-7133-205-X ss. 183.
- SZEJBA D. 2012. Evapotranspiration of grasslands and pastures in North-Eastern Part of Poland. W: Evapotranspiration – remote sensing and modeling. Pr. zbior. Red. A. Irmak. InTech. s. 179–196.
- ROWIŃSKI P.M., STRUPCZEWSKI W.G., SINGH V.P. 2002. Remarks on the applicability of the log-Gumbel and log-logistic probability distributions. Hydrological Sciences Journal. Vol. 47 s. 107–122.
- THORNTHWAITE C.W. 1948. An approach towards rational classification of climate. Geographical Review. Vol. 38 s. 55–94.
- TOMASZEWSKI E. 2007. Hydrological droughts in central Poland – temporal and spatial patterns. Geographia Polonica. Vol. 80. Nr 2 s. 117–123.

- VICENTE-SERRANO S. M., BEGUERIA S., LOPEZ-MORENO J.I. 2010. A multiscalar drought index sensitive to global warming: the standardized precipitation evaporation index. *Journal of Climate*. Vol. 23 s. 1696–1718.
- WOJCIECHOWSKI K. 1968. Zagadnienie metody bilansu wodnego Thornthwaite'a i Mathera w zastosowaniu do Polski. *Prace Geograficzne*. Nr 68. Warszawa. IGiPZ PAN. ISSN 0373-6547 ss. 79.

Joanna WIBIG

## MOISTURE CONDITIONS IN POLAND IN VIEW OF THE *SPEI* INDEX

**Key words:** *drought, evaporation, Poland, precipitation, SPEI index*

### S u m m a r y

The standardized precipitation evaporation index *SPEI* was used to assess water availability in Poland. The standardization was made with the assumption that the climatic water balance fulfills the condition of log-logistic distribution. Index values were obtained for 18 synoptic stations in Poland and in 5 time scales lasting from 1 to 24 months. *SPEI*-1 and *SPEI*-3 well described the development of atmospheric and agricultural droughts. They had clear annual cycle with minimum in summer (dry) and maximum in winter. During the last years a slight intensification of summer water deficit was observed, the linear trend, however, was not statistically significant. *SPEI*-12 and *SPEI*-24 well described the occurrence of hydrological droughts. The lowest values of these indices occurred in the period 1981–1994 and then slightly increased. Despite the fact that all trend coefficients were negative, they all were close to zero and statistically insignificant. So, the increase of water deficit has not been observed so far.