

# PORÓWNANIE I KLASYFIKACJA WARUNKÓW OPADOWYCH NA PODSTAWIE WSKAŹNIKA STANDARYZOWANEGO OPADU I WSKAŹNIKA WZGLĘDNEGO OPADU

**Edward GAŚIOREK, Elżbieta MUSIAŁ**

Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Katedra Matematyki

*Słowa kluczowe: miesięczne sumy opadów, wskaźnik standaryzowanego opadu, wskaźnik względnego opadu*

## Streszczenie

Jedną z najbardziej znanych metod oceny warunków opadowych jest metoda oparta na wielkości opadów, określająca stosunek sumy opadu w danym okresie do średniej sumy wieloletniej przyjętej za normę. Ta metoda była podstawą opracowania przez KACZOROWSKĄ [1962] kryteriów dla lat i pół roku, według których można zidentyfikować badane okresy od skrajnie suchych do bardzo wilgotnych, wykorzystując wskaźnik względnego opadu *RPI*.

Metoda identyfikacji miesięcznych sum opadów pod kątem ich nadmiaru lub niedoboru za pomocą wskaźnika względnego opadu jest opisywana w wielu pracach [KOSIBA 1948; PRZEDPEŁSKA 1971; RADOMSKI 1977; TOMASZEWSKA 1994]. Celem pracy jest porównanie klasyfikacji opartej na dotychczas powszechnie stosowanym wskaźniku względnego opadu dla okresów miesięcznych z klasyfikacją opartą na coraz częściej stosowanym wskaźniku standaryzowanego opadu *SPI*.

Badania przeprowadzono na podstawie danych pomiarowych pochodzących ze stacji Bydgoszcz-IMUZ w wieloletniu 1945–2003.

## WSTĘP

W pracy „Opady w Polsce w przekroju wieloletnim” KACZOROWSKA [1962] poddała badaniom wielolecie 1900–1959, obejmujące wyniki pomiarów opadów z 27 stacji, pochodzących z różnych rejonów Polski i na podstawie bardzo szczegółowych badań zdefiniowała klasyfikację warunków wilgotnościowych dla pór roku i roku, przyjmując następujące kryteria:

- za rok (lub porę roku) przeciętny uważa się taki, w którym odchylenie od przeciętnej sumy wieloletniej nie przekracza 10%, zatem suma opadów mieści się w granicach 90–110% opadu normalnego;
- suchy, gdy niedobór opadu wynosi 11–25% średniej sumy wieloletniej, czyli suma opadu stanowi 75–89% normy;
- bardzo suchy, gdy niedobór opadu wynosi 26–50% średniej sumy wieloletniej, czyli suma opadu stanowi 50–74% normy;
- skrajnie suchy, gdy niedobór opadu przekracza 50% średniej sumy wieloletniej, czyli suma opadu jest poniżej 50% normy;
- wilgotny, gdy nadmiar opadu wynosi 11–25% średniej sumy wieloletniej, czyli suma opadu stanowi 111–125% normy;
- bardzo wilgotny, gdy nadmiar opadu wynosi 26–50% średniej sumy wieloletniej, czyli suma opadu stanowi 126–150% normy;
- skrajnie wilgotny, gdy nadmiar opadu przekracza 50% średniej sumy wieloletniej, czyli suma opadu przewyższa 150% normy.

W cytowanej pracy KACZOROWSKA [1962] nie definiuje klasyfikacji warunków opadowych dla miesięcznych sum opadów, natomiast powołuje się na pracę KOSIBY [1948], w której autor podaje „na przykładzie Wrocławia (1861–1940), który dobrze reprezentuje cały Niż Śląski ... za kryterium przyjąłem dla uproszczenia opad poniżej 25% i powyżej 200% średniej sumy wieloletniej jako miesiące bardzo suche i bardzo wilgotne”. Klasyfikację warunków opadowych dla okresów miesięcznych omawia też RADOMSKI [1977] i TOMASZEWSKA [1994]. RADOMSKI [1977] stwierdza: „W przypadku okresów miesięcznych przyjmuje się: miesiąc przeciętny – opad 75 do 125% normy, suchy – opad 50 do 74% normy, bardzo suchy – opad 25 do 45% normy, skrajnie suchy – opad poniżej 25% normy”. Autor, przedstawiając tę klasyfikację, nie podaje cytowań. W swojej pracy TOMASZEWSKA [1994] podkreśla, że „przy charakterystyce suszy w miesiącach należy, zdaniem wielu autorów [PRZEDPEŁSKA 1971], przyjąć kryteria łagodniejsze” – proponuje zatem następujące kryteria oceny suszy w miesiącach: jeżeli suma opadów w % normy jest mniejsza niż 75, to miesiąc uważa się za normalny, jeżeli mieści się w przedziale 50–75, to miesiąc uważa się za suchy, jeżeli w przedziale 25–49, to miesiąc jest bardzo suchy, a poniżej 25% normy miesiąc jest skrajnie suchy”. Porównaniem wskaźnika standaryzowanego opadu i wskaźnika względnego opadu zajmował się BĄK i ŁABĘDZKI [2002]. Na podstawie ciągów opadowych okresu wegetacji z lat 1954–1998 z 6 stacji pomiarowych na terenie Wielkopolski i Ku-

jaw, obliczono wskaźniki względnego i standaryzowanego opadu. W pracy przeanalizowano przebieg wartości obu wskaźników i wzajemne związki statystyczne oraz na podstawie tych wskaźników zbadano przyczyny istotnej różnicy występowania miesięcy suchych.

Celem prezentowanej pracy jest porównanie klasyfikacji opartej na dotychczas powszechnie stosowanym wskaźniku względnego opadu dla okresów miesięcznych *RPI* z klasyfikacją opartą na coraz częściej stosowanym wskaźniku standaryzowanego opadu *SPI*.

## METODY BADAŃ

Wskaźniki *RPI* i *SPI* obliczono dla okresów miesięcznych wielolecia 1945–2003, na podstawie danych pochodzących ze stacji Bydgoszcz-IMUZ.

Wskaźnik względnego opadu *RPI* definiuje się jako stosunek sumy opadu w danym okresie do średniej sumy wieloletniej, przyjętej za normę:

$$RPI = \frac{P}{\bar{P}} \cdot 100\% \quad (1)$$

gdzie:

$\bar{P}$  – średnia wartość opadu w badanym wieloleciu;

$P$  – suma opadu w badanym okresie.

Wskaźnik ten nie umożliwia porównywania niedoborów i nadmiarów opadów w różnych warunkach klimatycznych, ponieważ odnosi opad do wartości średniej.

Klasyfikację dla okresów miesięcznych na podstawie wskaźnika względnego opadu *RPI*, cytowaną w pracy TOMASZEWSKIEJ [1994], przedstawiono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Klasyfikacja warunków opadowych na podstawie wskaźnika względnego opadu *RPI*

**Table 1.** Classification of precipitation conditions according to the relative precipitation index *RPI*

Rodzaj okresu	Type of period	<i>RPI</i> w miesiącu, %	<i>RPI</i> in month, %
Skrajnie suchy	Extremely dry	<25	
Bardzo suchy	Very dry	[25; 50]	
Suchy	Dry	[50; 75]	
Normalny	Normal	[75; 125]	
Wilgotny	Wet	(125; 150]	
Bardzo wilgotny	Very wet	(150; 200]	
Skrajnie wilgotny	Extremely wet	>200	

Źródło: TOMASZEWSKA [1994]. Source: TOMASZEWSKA [1994].

Innym wskaźnikiem, za pomocą którego można identyfikować warunki wilgotnościowe, jest wskaźnik standaryzowanego opadu *SPI* [MCKEE i in. 1993; 1995]. Cytowana w tej pracy klasyfikacja wg *SPI* została zaproponowana dla warunków polskich przez ŁABĘDZKIEGO [2006]. Wskaźnik ten może być używany do oceny warunków opadowych w różnych warunkach klimatycznych i dla dowolnej skali czasowej. Do jego wyznaczenia wykorzystuje się empiryczne rozkłady częstości miesięcznych sum opadów.

Empiryczne rozkłady częstości miesięcznych sum opadów kształtem najczęściej przypominają rozkład Gamma [KACZMAREK 1970]. Do wieloletnich homogenicznych ciągów miesięcznych sum opadów zastosowano różne transformacje ( $\sqrt[3]{P}$ ;  $\sqrt[3]{P+10}$ ;  $\ln P$ ), które dają dobre dopasowanie transformowanych danych do rozkładu normalnego.

Etapy, poprzedzające wyznaczenie wskaźnika *SPI*, są następujące:

- normalizacja okresowych sum opadów, za pomocą wybranych transformacji;
- weryfikacja hipotezy o zgodności rozkładu transformowanej zmiennej z rozkładem normalnym, za pomocą testu Shapiro-Wilka;
- standaryzacja transformowanych danych i wyznaczenie wartości *SPI*;

$$SPI = \frac{Y - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \quad (2)$$

gdzie:

- $Y$  – zmienna losowa, której wartościami są miesięczne sumy opadów powstałe w wyniku transformacji przekształcającej rozkład gamma w rozkład normalny;
- $\hat{\mu}$  – estymator parametru  $\mu$  (średnia wartość znormalizowanego ciągu sum opadów);
- $\hat{\sigma}$  – estymator parametru  $\sigma$  (odchylenie standardowe znormalizowanego ciągu sum opadów).

System klasyfikacji warunków opadowych za pomocą *SPI* dla warunków polskich, zaproponowany przez ŁABĘDZKIEGO [2006] oraz wartości prawdopodobieństw występowania różnych rodzajów okresów zawarto w tabeli 2.

Porównanie obu wskaźników przeprowadzono w następujący sposób: każdej wartości progowej klasyfikacji opartej na *RPI* wyznaczono odpowiadającą jej wartość progową w klasyfikacji opartej na wskaźniku *SPI*.

Korzystając bezpośrednio z równania (1) otrzymuje się:

$$a \leq \frac{P}{\bar{P}} < b \quad (3)$$

**Tabela 2.** Klasyfikacja warunków opadowych wg wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI* i odpowiadające im prawdopodobieństwa

**Table 2.** Classification of precipitation conditions according to the standardized precipitation index *SPI* and corresponding probabilities

<i>SPI</i>	Okres Period	Prawdopodobieństwo Probability
$\leq -2,0$	ekstremalnie suchy extremely dry	0,02
$[-2,00; -1,50)$	bardzo suchy very dry	0,04
$[-1,50; -0,50)$	suchy dry	0,25
$[-0,5; 0,5)$	normalny normal	0,38
$[0,5; 1,5)$	wilgotny wet	0,25
$[1,5; 2)$	bardzo wilgotny very wet	0,04
$\geq 2$	ekstremalnie wilgotny extremely wet	0,02

Źródło: ŁABĘDZKI [2006]. Source: ŁABĘDZKI [2006].

gdzie:

- $a, b$  – wartości progowe klasyfikacji opartej na współczynniku *RPI*;
- $P$  – zmienna losowa, której wartościami są miesięczne sumy opadów w każdym miesiącu w roku;
- $\bar{P}$  – średnia miesięczna suma opadów z wielolecia dla każdego miesiąca oddzielnie.

Przekształcając tę nierówność otrzymuje się:

$$a\bar{P} \leq P < b\bar{P} \quad (4)$$

Ponieważ empiryczny rozkład prawdopodobieństwa zmiennej losowej  $P$ , jest na ogół zgodny z rozkładem gamma, najczęściej stosowaną transformacją, przekształcającą ten rozkład w rozkład normalny, jest transformacja  $\sqrt[3]{P}$ . Po zastosowaniu tej transformacji nierówność (4) przyjmie postać:

$$\sqrt[3]{a\bar{P}} \leq \sqrt[3]{P} < \sqrt[3]{b\bar{P}} \quad (5)$$

Zmienna losowa, której wartościami są miesięczne sumy opadów  $P$  po transformacji podlega rozkładowi normalnemu, tzn.  $\sqrt[3]{P} \sim N(\hat{\mu}; \hat{\sigma})$ .

Zmienną losową  $\sqrt[3]{P}$  standaryzuje się i otrzymuje się nierówność:

$$\frac{\sqrt[3]{a\bar{P}} - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \leq \frac{\sqrt[3]{P} - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} < \frac{\sqrt[3]{b\bar{P}} - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \quad (6)$$

Korzystając z definicji *SPI* (równanie 2) nierówność (6) przyjmie postać:

$$\frac{\sqrt[3]{a\bar{P}} - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \leq SPI < \frac{\sqrt[3]{b\bar{P}} - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \quad (7)$$

W ten sposób otrzymuje się odpowiednie wartości progowe klasyfikacji opartej na współczynniku  $SPI$ .

Gdy transformacją przekształcającą rozkład prawdopodobieństwa zmiennej losowej  $P$  w rozkład normalny jest  $\sqrt[3]{P+10}$ , wartości  $SPI$  wyznacza się z następującej nierówności:

$$\frac{\sqrt[3]{a\bar{P}+10} - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \leq SPI < \frac{\sqrt[3]{b\bar{P}+10} - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \quad (8)$$

Natomiast za pomocą transformacji  $\ln P$  nierównością, za pomocą której wyznaczono  $SPI$ , jest:

$$\frac{\ln a\bar{P} - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \leq SPI < \frac{\ln b\bar{P} - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \quad (9)$$

Przedstawiona metoda umożliwia, na podstawie znanej klasyfikacji warunków opadowych, wyznaczenie za pomocą  $RPI$  odpowiadającej jej klasyfikacji za pomocą wartości  $SPI$  dla każdego miesiąca w roku oddzielnie.

W celu wyznaczenia wartości  $RPI$  dla wartości progowych  $SPI$  założono, że rozkład prawdopodobieństwa zmiennej losowej  $P$  jest rozkładem gamma, a zastosowaną transformacją, przekształcającą ten rozkład w rozkład normalny, jest transformacja  $\sqrt[3]{P}$ .

Dla przedziału  $SPI$ :

$$\alpha < SPI \leq \beta \quad (10)$$

gdzie  $\alpha$ ,  $\beta$  są wartościami progowymi klasyfikacji opartej na współczynniku  $SPI$ , wprowadzając definicję  $SPI$  otrzymuje się:

$$\alpha < \frac{\sqrt[3]{P} - \hat{\mu}}{\hat{\sigma}} \leq \beta \quad (11)$$

Przekształcając nierówność (11) otrzymuje się:

$$\alpha\hat{\sigma} + \hat{\mu} < \sqrt[3]{P} \leq \beta\hat{\sigma} + \hat{\mu} \quad (12)$$

Z dalszych przekształceń nierówności (12) otrzymuje się następującą nierówność:

$$\frac{(\alpha\hat{\sigma} + \hat{\mu})^3}{\bar{P}} < \frac{P}{\bar{P}} \leq \frac{(\beta\hat{\sigma} + \hat{\mu})^3}{\bar{P}} \quad (13)$$

czyli

$$\frac{(\alpha\hat{\sigma} + \hat{\mu})^3}{\bar{P}} < RPI \leq \frac{(\beta\hat{\sigma} + \hat{\mu})^3}{\bar{P}} \quad (14)$$

Jeśli transformacja przekształcająca rozkład prawdopodobieństwa zmiennej losowej  $P$  w rozkład normalny ma postać  $\sqrt[3]{P+10}$  i zakładając, że  $\sqrt[3]{P+10} \sim N(\hat{\mu}; \hat{\sigma})$  wartości  $RPI$  wyznacza się z następującej nierówności:

$$\frac{(\alpha\hat{\sigma} + \hat{\mu})^3 - 10}{\bar{P}} < RPI \leq \frac{(\beta\hat{\sigma} + \hat{\mu})^3 - 10}{\bar{P}} \quad (15)$$

Natomiast, jeśli stosowana jest transformacja  $\ln P$  i zakładając, że  $\ln P \sim N(\hat{\mu}; \hat{\sigma})$  wskaźnik względnego opadu  $RPI$  wyznacza się za pomocą nierówności:

$$\frac{e^{\alpha\hat{\sigma} + \hat{\mu}}}{\bar{P}} < RPI \leq \frac{e^{\beta\hat{\sigma} + \hat{\mu}}}{\bar{P}} \quad (16)$$

## WYNIKI BADAŃ

Pierwszy etap badań obejmował weryfikację hipotezy o zgodności miesięcznych sum opadów z rozkładem gamma. Następnie do miesięcznych sum opadów w poszczególnych miesiącach w roku zastosowano wszystkie proponowane wcześniej transformacje, zmieniające empiryczny rozkład częstości w rozkład normalny.

W celu sprawdzenia, czy dane pomiarowe  $x_1, x_2, \dots, x_n$  pochodzą z rozkładu normalnego, zastosowano test Shapiro-Wilka, oparty na statystykach pozycyjnych. Statystyka testowa ma następującą postać:

$$W = \frac{\left[ \sum_{i=1}^{\lfloor n/2 \rfloor} a_{n,i} (x_{(n-i+1)} - x_{(i)}) \right]^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (17)$$

gdzie:

- $x_{(i)}$  –  $i$ -ta wartość w uporządkowanym ciągu pomiarów  $x_{(1)}, x_{(2)}, \dots, x_{(i)}, \dots, x_{(n)}$ ,
- $a_{n,i}$  – stabilizowane współczynniki,
- $[x]$  – część całkowita liczby  $x$ .

Po obliczeniu wartości statystyki  $W$  dla przyjętego poziomu istotności  $\alpha$  hipotezę o zgodności z rozkładem normalnym odrzucamy, jeśli  $p$ -value, odpowiadające statystyce  $W$  jest mniejsze od  $\alpha$ . W przeciwnym wypadku hipotezę przyjmujemy.

Najlepszą transformacją była ta, która dała najlepszą zgodność z rozkładem normalnym.

Wybrane najlepsze transformacje miesięcznych sum opadów oraz wyniki weryfikacji hipotezy o zgodności z rozkładem normalnym dla wybranej najlepszej transformacji przedstawiono w tabeli 3.

Biorąc pod uwagę wyniki zawarte w tabeli 3, należy zwrócić uwagę na fakt, że najlepszej transformacji zmieniającej rozkład gamma miesięcznych sum opadów w rozkład normalny towarzyszy najniższy współczynnik skośności.

Następnie wyznaczono wartości  $SPI$ , oddzielnie dla każdego miesiąca w roku dla zadanych wartości progowych  $RPI$  (tab. 1), korzystając z nierówności (7), (8) i (9). Wyniki znajdują się w tabeli 4.

Wartości wskaźnika  $SPI$ , wyznaczone dla poszczególnych miesięcy dla danych wartości progowych klasyfikacji opartej na wskaźniku  $RPI$ , różnią się od wartości progowych klasyfikacji na podstawie  $SPI$ . Wskaźnik  $SPI$  został wyznaczony z założeniem, że zmienne losowe, którymi są sumy opadów dla dowolnego kroku czasowego, w tym także dla miesięcznych sum opadów, podlegają po transformacji rozkładowi normalnemu. Nawet jeżeli nie ma podstaw do odrzucenia hipotezy o zgodności rozkładu empirycznego z rozkładem normalnym, to rozkład empiryczny nigdy nie będzie idealnie symetryczny. Klasyfikacja oparta na wskaźniku  $RPI$  nie jest równoważna klasyfikacji opartej na  $SPI$ , co pokazują wyniki przedstawione w tabeli 4.

Następnie korzystając z klasyfikacji opartej na wskaźniku  $SPI$  wyznaczono wartości  $RPI$  dla wartości progowych  $SPI$ .

Wyznaczone wartości  $RPI$  na podstawie jednej z nierówności (14), (15) lub (16), w zależności od wybranej najlepiej dopasowującej transformacji dla kolejnych miesięcy w roku, zawarto w tabeli 5.

Wyniki przedstawione w tabeli 5 wskazują na to, że korzystając z klasyfikacji opartej na wskaźniku  $SPI$ , można dla badanego regionu zaproponować klasyfikację dla miesięcznych sum opadów za pomocą wskaźnika względnego opadów  $RPI$ . Klasyfikację z użyciem  $RPI$  dla badanego regionu Bydgoszczy zawarto w tabeli 6.



**Tabela 3.** Wybrane transformacje dopasowujące rozkłady miesięcznych sum opadowych w wieloleciu 1945–2003 w Bydgoszczy do rozkładu normalnego**Table 3.** Selected transformations fitting distributions of monthly precipitation sums in the years 1945–2003 (Bydgoszcz) to the normal distribution

Miesiąc Month	Transformacja Transformation	<i>p</i> -value test Shapiro- Wilka	Skośność przed transformacją Skewness before transformation	Skośność po transformacji Skewness after transformation		
				$Y = \sqrt[3]{P}$	$Y = \sqrt[3]{P+10}$	$\ln P$
Styczeń January	$Y = \sqrt[3]{P+10}$	0,46	0,37	-0,39	<b>-0,10</b>	-0,93
Luty February	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,90	0,92	<b>-0,02</b>	0,29	-0,54
Marzec March	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,34	0,70	<b>0,03</b>	0,26	-0,39
Kwiecień April	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,40	1,30	<b>0,22</b>	0,51	-0,33
Maj May	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,40	0,66	<b>-0,08</b>	0,11	-0,56
Czerwiec June	$\ln P$	0,19	3,80	1,40	1,64	<b>0,58</b>
Lipiec July	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,48	0,92	<b>0,001</b>	0,15	-0,55
Sierpień August	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,17	1,85	<b>-0,05</b>	0,27	-0,95
Wrzesień September	$Y = \sqrt[3]{P+10}$	0,44	0,60	-0,32	<b>-0,02</b>	-1,04
Październik October	$Y = \sqrt[3]{P}$	0,91	1,69	<b>-0,16</b>	0,41	-1,57
Listopad November	$Y = \sqrt[3]{P+10}$	0,71	0,59	-0,22	<b>0,02</b>	-0,74
Grudzień December	$Y = \sqrt[3]{P+10}$	0,78	0,67	-0,51	<b>-0,13</b>	-1,24

Objaśnienia:  $P$  – miesięczne sumy opadowe w wieloleciu 1945–2003,  $p$ -value – najniższy poziom istotności  $\alpha$ , przy którym hipoteza zerowa mogłaby być odrzucona po uzyskanej wartości statystyki testowej Shapiro-Wilka.

Źródło: wyniki własne.

Explanations:  $P$  – monthly sums of precipitation in the years 1945–2003,  $p$ -value – the lowest level of significance  $\alpha$  at which null hypothesis could be rejected acc. to Shapiro-Wilk statistics.

Source: own study

**Tabela 4.** *SPI* dla miesięcznych sum opadowych w poszczególnych miesiącach w wieloletniu 1945–2003 w Bydgoszczy, odpowiadające danym wartościom *RPI*

Okres Period	<i>RPI</i> w miesiącu <i>RPI</i> in month %	<i>SPI</i>	<i>SPI</i>				
			styczeń January	luty February	marzec March	kwiecień April	maj May
Skrajnie suchy Extremely dry	<25	≤-2,0	≤-1,7	≤-1,60	≤-1,9	≤-1,8	≤-1,6
Bardzo suchy Very dry	[25; 50)	(-2,0; -1,5]	(-1,7; -1,0]	(-1,60; -0,8]	(-1,9; -1,0]	(-1,8; -0,9]	(-1,6; -0,8]
Suchy Dry	[50; 75)	(-1,5; -0,5)	(-1,0; -0,4]	(-0,8; -0,3]	(-1,0; -0,3]	(-0,9; -0,3]	(-0,9; -0,3]
Normalny Normal	[75; 125]	[-0,5; 0,5]	(-0,4; 0,6)	(-0,3; 0,6)	(-0,3; 0,6)	(-0,3; 0,6)	(-0,3; 0,6)
Wilgotny Wet	(125; 150]	(0,5; <1,5]	[0,6; 1,0)	[0,6; 0,9)	[0,6; 1,0)	[0,6; 1,0)	[0,6; 0,9)
Bardzo wilgotny Very wet	(150; 200]	[1,5; 2)	[1,0; 1,7)	[0,9; 1,5)	[1,0; 1,6)	[1,0; 1,6)	[0,9; 1,5)
Skrajnie wilgotny Extremely wet	>200	≥2	≥1,7	≥1,5	≥1,6	≥1,6	≥1,5

Źródło: wyniki własne.

**Tabela 5.** *RPI* dla miesięcznych sum opadowych w poszczególnych miesiącach w wieloletniu 1945–2003 w Bydgoszczy, odpowiadające danym wartościom *SPI*

Okres Period	<i>RPI</i> w miesiącu <i>RPI</i> in month %	<i>SPI</i>	<i>RPI</i>				
			styczeń January	luty February	marzec March	kwiecień April	maj May
Skrajnie suchy Extremely dry	<25	≤-2,0	<17	<16	<22	<27	<17
Bardzo suchy Very dry	[25; 50)	(-2,0; -1,5]	[17; 32)	[16; 27)	[22; 34)	[27; 38)	[17; 28)
Suchy Dry	[50; 75)	(-1,5; -0,5)	[32; 70)	[27; 62)	[34; 67)	[38; 71)	[28; 63)
Normalny Normal	[75; 125]	[-0,5; 0,5]	[70; 121]	[62; 120]	[67; 118]	[71; 117]	[63; 120]
Wilgotny Wet	(125; 150]	(0,5; <1,5]	(120; 186]	(120; 205]	(118; 190]	(117; 180]	(120; 203]
Bardzo wilgotny Very wet	(150; 200]	[1,5; 2)	(186; 224]	(205; 260]	(190; 235]	(180; 219]	(203; 257]
Skrajnie wilgotny Extremely wet	>200	≥2	>230	>260	>240	>219	>257

Źródło: wyniki własne.

**Table 4.** *SPI* for monthly precipitation sums in months in the years 1945–2003 in Bydgoszcz corresponding to given values of *RPI*

<i>SPI</i>						
czerwiec June	lipiec July	sierpień August	wrzesień September	październik October	listopad November	grudzień December
≤-2,2	≤-1,5	≤-1,9	≤-1,5	≤-1,1	≤-1,9	≤-1,6
(-2,3; -0,9]	(-1,5; -0,8]	(-1,9; -1,0]	(-1,5; -0,8]	(-1,1; -0,5]	(-1,9; -1,1]	(-1,6; -0,9]
(-0,9; -0,2]	(-0,8; -0,2]	(-1,0; -0,3]	(-0,8; -0,3]	(-0,5; -0,1]	(-1,1; -0,4]	(-0,9; -0,3]
(-0,2; 0,7)	(-0,2; 0,6)	(-0,3; 0,6)	(-0,3; 0,6)	(-0,1; 0,6)	(-0,4; 0,6)	(-0,3; 0,6)
[0,7; 1,0)	[0,6; 0,9)	[0,6; 1,0)	[0,6; 0,9)	[0,6; 0,8)	[0,6; 1,0)	[0,6; 0,9)
[1,0; 1,6)	[0,9; 1,4)	[1,0; 1,6)	[0,9; 1,5)	[0,8; 1,2)	[1,0; 1,8)	[0,9; 1,6)
≥1,6	≥1,4	≥1,6	≥1,5	≥1,2	≥1,8	≥1,6

Source: own study.

**Table 5.** *RPI* for monthly precipitation sums in months in the years 1945–2003 in Bydgoszcz corresponding to given values of *SPI*

<i>RPI</i>						
czerwiec June	lipiec July	sierpień August	wrzesień September	październik October	listopad November	grudzień December
<27	<15	<23	<12	<6	<21	<14
[27; 36)	[15; 26)	[23; 34)	[12; 26)	[6; 15)	[21; 36)	[14; 28)
[36; 63)	[26; 61)	[34; 68)	[26; 65)	[15; 50)	[36; 72)	[28; 67)
[63; 111]	[61; 120]	[68; 119]	[65; 122]	[50; 120]	[72; 120]	[67; 121]
(111; 194]	(120; 208]	(119; 189]	(122; 198]	(120; 236]	(120; 181]	(121; 193]
(194; 257]	(208; 265]	(189; 234]	(198; 245]	(236; 315]	(181; 218]	(193; 236]
>257	>265	>234	>245	>315	>218	>236

Source: own study.

**Tabela 6.** Klasyfikacja warunków opadowych na podstawie wskaźnika względnego opadu *RPI* dla regionu Bydgoszczy

**Table 6.** Classification of the precipitation conditions based on the relative precipitation index *RPI* for the region of Bydgoszcz

Rodzaj okresu Type of period	<i>RPI</i> w miesiącu, % <i>RPI</i> in month, %
Skrajnie suchy Extremely dry	<15
Bardzo suchy Very dry	[15; 35]
Suchy Dry	[35; 70]
Normalny Normal	[70; 120]
Wilgotny Wet	(120; 200]
Bardzo wilgotny Very wet	(200; 250]
Skrajnie wilgotny Extremely wet	>250

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

## WNIOSKI

1. Dla badanego regionu Bydgoszczy klasyfikacja oparta na wskaźniku względnego opadu *RPI* nie jest równoważna klasyfikacji opartej na wskaźniku standaryzowanego opadu *SPI*.

2. Sformułowanie kryterium identyfikującego warunki opadowe dla miesięcznych sum opadów za pomocą wskaźnika względnego opadów *RPI*, z wykorzystaniem klasyfikacji opartej na wskaźniku *SPI*, wymaga przeprowadzenia badań w zróżnicowanych klimatycznie regionach Polski.

## LITERATURA

- BAK B., ŁABĘDZKI L. 2002. Assessing drought severity with the relative precipitation index (*RPI*) and the standardized precipitation index (*SPI*). *Journal of Water and Land Develop.* No. 6 s. 89–105.
- KACZOROWSKA Z. 1962. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. *Przegląd Geograficzny IG PAN.* Nr 33. ss. 112.
- KOSIBA A. 1948. *Klimat ziem Śląskich. Zagadnienia Gospodarcze Śląska, Seria II.* Wydaw. Inst. Śląs. ss. 127.
- KACZMAREK Z. 1970. *Metody statystyczne w hydrologii i meteorologii.* Warszawa. WKiŁ s. 312.
- ŁABĘDZKI L. 2006. Susze rolnicze. Zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. *Woda Środowisko Obszary Wiejskie. Rozprawy naukowe i monografie.* Nr 17 ss. 107.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J. 1993. The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceeding 8<sup>th</sup> Conference Applied Climatology, 17–22 January 1993, Anaheim ss.* 179–184.
- MCKEE T.B., DOESKEN N.J., KLEIST J. 1995. Drought monitoring with multiple time scales. *Preprints 9<sup>th</sup> Conference Applied Climatology, 15–20 January 1995 Texas, ss.* 233–236.
- PRZEDPELSKA W. 1971. Zagadnienie susz atmosferycznych w Polsce i metody ich określania. *Prace PIHM.* Z. 103 ss. 3–27.

- TOMASZEWSKA T. 1994. Susze atmosferyczne na przestrzeni ostatniego czterdziestolecia. Mater. Konf. XXV Zjazd Agrometeorologów. Olsztyn–Mierki, 27–29.09.1994. Olsztyn. Wydaw. ART s. 169–178.
- RADOMSKI Cz. 1977. Agrometeorologia. Warszawa. Wydaw. PWN ss. 544.

*Edward GAŚIOREK, Elżbieta MUSIAŁ*

**COMPARISON AND CLASSIFICATION OF PRECIPITATION CONDITIONS BASED ON STANDARDIZED SPI AND RELATIVE RPI PRECIPITATION INDICES**

*Key words: monthly precipitation sums, relative precipitation index, standardized precipitation index*

**S u m m a r y**

One of the best known methods for evaluating precipitation conditions is that assessing the precipitation as a ratio between the precipitation value in a given time period and the mean long term precipitation sum considered normal. This method was used by Kaczorowska in annual and seasonal criteria, according to which the given time periods can be classified from extremely dry to extremely wet with the use of relative precipitation index *RPI*.

Identification of monthly precipitation sums, in view of their excess or deficit, by *RPI* was described in many publications [KOSIBA 1948; PRZEDPEŁSKA 1971; RADOMSKI 1977; TOMASZEWSKA 1994]. The aim of our study was to compare the *RPI*-based, commonly used classification for monthly precipitation sums, with a new, more and more often applied, classification based on standardized precipitation index *SPI*. The investigation was performed on the data collected throughout the 1945–2003 period in Bydgoszcz Observatory.

Praca wpłynęła do Redakcji 17.05.2011 r.