INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr II/1/2015, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 171–182
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

DOI: http://dx.medra.org/10.14597/infraeco.2015.2.1.014

WERYFIKACJA 10- i 20-DNIOWEJ PROGNOZY WSKAŹNIKA STANDARYZOWANEGO OPADU *SPI*

Bogdan Bąk, Leszek Łabędzki
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy

VERIFICATION OF 10- AND 20-DAY FORECASTS OF THE STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX SPI

Streszczenie

W pracy przedstawiono weryfikację prognoz warunków opadowych opracowywanych w systemie monitoringu niedoboru i nadmiaru wody prowadzonego przez Instytut Technologiczno-Przyrodniczy. Analizy prowadzono dla siedmiu stacji meteorologicznych leżących na obszarze Kujaw, południowo-wschodniej części Pomorza i zachodniej Wielkopolski w miesiącach okresu wegetacyjnego (kwiecień-wrzesień) w latach 2013-2014. Rzeczywisty deficyt i nadmiar opadów oraz ich 10- i 20-dniowe prognozy były określane na podstawie wartości wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI* w kolejnych dekadach dla okresów trzy-dekadowych. Niezbędne do wyznaczenia prognozowanych wartości *SPI* prognozy sum opadów były dostarczane przez serwis pogodowy MeteoGroup Polska. Jako kryteria weryfikacji prognoz przyjęto następujące warunki: różnica między wartościami *SPI* rzeczywistymi i prognozowanymi nie może być większa od 0,5 oraz występuje zgodność rzeczywistych i prognozowanych klas intensywności deficytu i nadmiaru opadów. Sprawdzalność obliczono jako względną częstotliwość prognoz spełniających te kryteria.

Średnia sprawdzalność prognoz 10-dniowych na badanym obszarze była duża i wynosiła średnio 80% dla obydwu kryteriów i wszystkich stacji. Dla prognoz 20-dniowych średnia sprawdzalność wynosiła 52%.

Słowa kluczowe: niedobór opadów, nadmiar opadów, wskaźnik standaryzowanego opadu *SPI,* prognoza, weryfikacja.

Summary

In the paper the verification of precipitation condition forecasts are presented. The forecasts have been developed in the monitoring system of water deficiency and excess conducted by the Institute of Technology and Life Sciences. Analyses were performed for seven meteorological stations within Kujawy Region, south-eastern part of Pomerania and western Wielkopolska in the months of the growing season (April-September) in 2013-2014. Actual precipitation deficit and surplus and their 10-day and 20-day forecasts were determined every 10/11 days for the period of 30/31 days using the standardized precipitation index SPI. Two verification criteria were adopted: the difference between actual and predicted SPI cannot be greater than 0.5 and the agreement of the precipitation category classes. The verifiability is determined as the relative frequency of the forecasts meeting these criteria. It was found that the average verifiability of 10-day forecasts in the study area was high and equal to 80% for the assumed criteria. In the case of 20-day forecasts average verifiability was respectively 52%.

***Key words**: precipitation deficit, precipitation excess, standardized precipitation index SPI, forecast, verification.*

WSTĘP

Podstawową funkcją prognoz jest ich funkcja preparacyjna, według której prognozowanie jest działaniem przygotowującym inne działania. O takim pojmowaniu procesu prognozowania pisał Kotarbiński (1961): „ …tylko trafne odgadnięcie tego, co napotkamy w przyszłości, pozwala na dobre zaplanowanie przyszłej działalności, a co za tym idzie – przyjęcie właściwej decyzji". Współczesna gospodarka wykorzystująca naturalne i jednocześnie silnie uzależnione od warunków pogodowych zasoby wodne kraju, potrzebuje sprawdzonych długoterminowych prognoz nadmiarów i niedoborów opadów. W rolnictwie znajomość aktualnych opadów i ich prognoz na następne kilkadziesiąt dni umożliwia przewidywanie zmian uwilgotnienia gleb, co pozwala rolnikom na podejmowanie odpowiednich kroków zaradczych ograniczających ujemne skutki niekorzystnych zjawisk pogodowych.

Warunki naturalne i klimatyczne w Polsce generalnie sprzyjają produkcji rolnej, jednak częsta zmiana warunków meteorologicznych w okresie wegetacyjnym, zwłaszcza opadów, skutkuje dla produkcji roślinnej okresami nadmiernego uwilgotnienia gleby oraz znacznie częściej niedoborem opadów. Statystyki pokazują, że przeciętne straty w plonach spowodowane suszą wynoszą od 10% do 40%, a w ekstremalnie suchych latach (np. w 1992 i 2000 roku) susza

meteorologiczna obejmowała ponad 40% terytorium Polski (Łabędzki 2006). W województwie kujawsko-pomorskim straty spowodowane klęskami żywiołowymi w latach 1999-2011 wyniosły w sumie około 3,4 mld złotych (Bąk, Łabędzki 2014). Badania przeprowadzone przez Bąka i Łabędzkiego (2013) w rejonie bydgosko-toruńskim oraz Bojara i in. (2014) na obszarze województw kujawsko-pomorskiego i lubelskiego wykazały zróżnicowanie niedoboru opadów w produkcji rolniczej i plonowania niektórych roślin, np. pszenicy, z powodu lokalnych czynników klimatycznych wpływających na zróżnicowanie warunków opadowych.

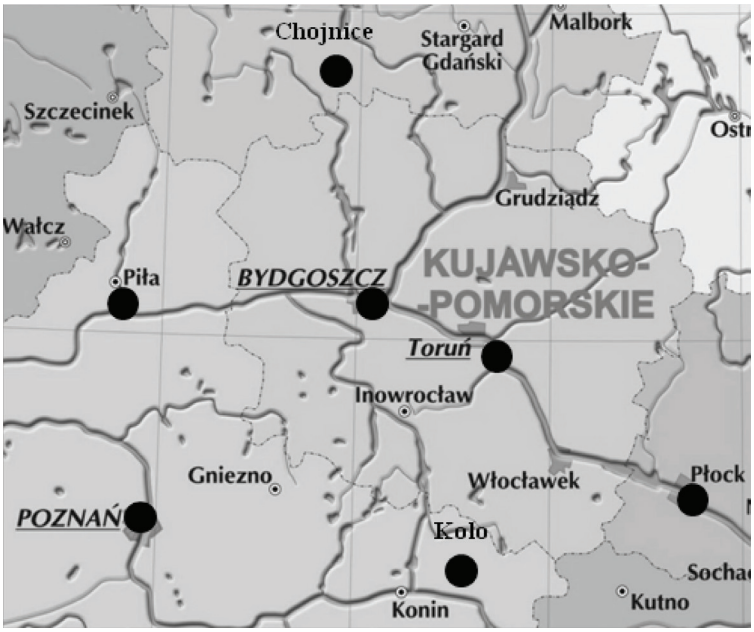
Prognozowanie opadów należy do najtrudniejszych prognoz elementów meteorologicznych. Decyduje o tym złożona mikrofizyka procesów zachodzących w samych chmurach, wpływ warunków zewnętrznych i uwarunkowań geograficznych, a także trudne do sparametryzowania procesy chmurotwórcze. Od kilkudziesięcioleci stosuje się coraz doskonalsze modele prognostyczne, a prognozowanie opadów stało się jednym z najważniejszych elementów prognozowania warunków meteorologicznych w różnych skalach czasowych (Lavers i in. 2009; MeteoGroup 2013; NOAA 2013; Suranjana i in. 2010). Wyniki prognozowania są dostępne na licznych portalach internetowych, przy czym większość z nich prezentuje własne interpretacje graficzne autorskich prognoz publikowanych przez specjalistyczne instytuty badawcze, takie jak European Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF 2013) lub National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA 2013) oraz przez tematyczne portale pogodowe, np. AgroPogoda (2013), WetterOnline (2013). Dla planowania gospodarowaniem wody w rolnictwie większą wartość mają średnio- i długoterminowe prognozy opadów, niż codzienne prognozy dobowych sum opadów. Wynika to z faktu, że zmiany wilgotności gleby pod wpływem opadów i innych czynników meteorologicznych przebiegają z pewną bezwładnością.

Istotnym zagadnieniem w procesie prognozowania jest ocena wiarygodności prognoz. Wynikiem weryfikacji prognoz jest odpowiedź na pytanie: czy rozbieżność między odpowiedzią modelu a odpowiedzią systemu rzeczywistego jest istotna wg przyjętych kryteriów (Ozga-Zielińska, Nawalany 1979). W krajowej i światowej literaturze można znaleźć wiele metod oceny weryfikacji modeli prognostycznych np. Łabędzki i Bąk (2011), Melonek (2011), Ozga-Zielińska i Nawalany (1979), Treder i in. (2011), w tym także rekomendowanych do praktyki przez Światową Organizację Meteorologiczną (WMO 2008). Interesującym kompendium wiedzy w zakresie prognozowania jest praca zbiorowa pt. „Forecast Verification. A Practitioner's Guide in Atmospheric Science" (Forecast … 2012). We wspomnianej książce Livezey (2012) omawia stosowane w prognozach deterministycznych oceny zgodności kategorii prognozowanych zjawisk ze stanem faktycznym według przyjętej do weryfikacji wielostopniowej klasyfikacji.

Łabędzki i Bąk (2011) przeprowadzili weryfikację 10-dniowych prognoz opadów i przebiegu suszy meteorologicznej w latach 2009 i 2010 dla stacji Bydgoszcz-ITP. Autorzy sprawdzali wiarygodność prognoz opadów portalu pogodowego WetterOnline i prognoz warunków opadowych w kolejnych dekadach okresu wegetacyjnego (kwiecień-wrzesień) w oparciu o przyjęte własne kryteria weryfikacji.

Aktualnie, od kwietnia 2013 r. prowadzony jest w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym ogólnopolski monitoring niedoboru i nadmiaru wody (Łabędzki, Bąk 2013). Bieżące oceny warunków opadowych oraz poprzedzające je 20- i 10-dniowe prognozy bazują na rzeczywistych i prognozowanych wartościach wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI*. Oceny te są przedstawione na mapach rozkładu deficytu i nadmiaru opadów w Polsce w czasie rzeczywistym i w okresach prognozowanych. Są one dostępne na stronach internetowych Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego: http://agrometeo.itp.edu.pl lub www.itp.edu.pl, zakładka: Monitoring Agrometeo.

Celem pracy jest ocena sprawdzalności średnio- oraz długoterminowych (10- i 20- dniowych) prognoz warunków opadowych na obszarze Kujaw, południowo-wschodniej części Pomorza i zachodniej Wielkopolski, sporządzanych na potrzeby tego monitoringu.



Rysunek 1. Mapa rozmieszczenia stacji monitoringu opadów;
● - stacja meteorologiczna

Figure 1. Location of monitoring measurement stations; ● - meteorological station

METODY I MATERIAŁ BADAWCZY

Rzeczywiste i prognozowane warunki opadowe określano na podstawie wartości wskaźnika standaryzowanego opadu *SPI* i przyjętej za Vermesem (1998) klasyfikacji okresów deficytu i nadmiaru opadów (tab. 1). Rzeczywiste i prognozowane wartości *SPI* obliczano w miesiącach kwiecień-wrzesień w latach 2013-2014 dla stacji meteorologicznych IMGW: Chojnice, Koło, Piła, Płock, Poznań, Toruń i Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Bydgoszczy (rys. 1).

Wartości *SPI* dla każdego z punktów pomiarowych obliczano w kolejnych dekadach dla sum opadów w okresach 30/31-dniowych przesuwanych o 10/11 dni. Prognozy *SPI* były tworzone dla 10- i 20-dniowych prognoz opadów na podstawie 14-dniowych prognoz opadów pozyskiwanych z serwisu internetowego AgroPogoda przygotowywanego przez MeteoGroup Polska (Agropogoda 2013-2014). Serwis ten stosuje własny system prognozowania Multi-Model MOS (Model Output Statistics), u podstaw którego leżą obliczenia meteorologicznych modeli numerycznych z najbardziej uznanych centrów prognozowania meteorologicznego. Otrzymane z MeteoGroup 14-dniowe prognozy opadów były wydłużane do 20 dni w oparciu o działający w ITP Bydgoszcz algorytm długoterminowej prognozy opadów.

Tabela 1. Klasyfikacja okresów deficytu i nadmiaru opadów według Vermesa (1998)
Table 1. Classification of periods of precipitation deficit and surplus acc. to Vermes (1998)

Klasyfikacja okresów Period category	*SPI*
Ekstremalnie suchy Extremely dry	$\leq -2{,}0$
Bardzo suchy Very dry	$-2{,}0 < SPI \leq -1{,}5$
Umiarkowanie suchy Moderately dry	$-1{,}5 < SPI \leq -1{,}0$
Przeciętny Normal	$-1{,}0 < SPI \leq 1{,}0$
Umiarkowanie wilgotny Moderately wet	$1{,}0 < SPI \leq 1{,}5$
Bardzo wilgotny Very wet	$1{,}5 < SPI \leq 2{,}0$
Ekstremalnie wilgotny Extremely wet	$\geq 2{,}0$

źródło: opracowanie własne według Vermesa (1998); source: elaboration according to Vermes (1998)

Jako kryteria sprawdzalności prognoz przyjęto następujące warunki:

- zgodność rzeczywistej i prognozowanej klasy intensywności deficytów i nadmiarów opadów;
- $\left| SPI - SPI_{prog} \right| \leq 0{,}5$.

Sprawdzalność obliczono jako stosunek liczby okresów, w których spełnione zostały powyższe kryteria do liczby wszystkich okresów i wyrażono w procentach.

Rzeczywiste wartości wskaźnika *SPI* obliczano na koniec kolejnych dekad w okresach: 21.05.2013-1.09.2013 i 21.04.2014-21.09.2014, a prognozowane wartości wskaźnika *SPI* z wyprzedzeniem 20 i 10 dni. Do obliczeń wartości wskaźników *SPI* w 2013 r. wykorzystano serie pomiarowe sum opadów dekadowych z wielolecia 1961-2013, a w 2014 r. z wielolecia 1961-2014.

WYNIKI

Na analizowanym obszarze średnia sprawdzalność prognoz 10-dniowych w latach 2013-2014 wynosiła 81% dla kryterium zgodności klasy i 79% dla kryterium $\left| SPI - SPI_{prog} \right| \leq 0{,}5$ (tab. 2). W przypadku prognoz 20-dniowych stwierdzono mniejszą sprawdzalność, która wynosiła odpowiednio 60% i 44%. Sprawdzalność prognoz w poszczególnych okresach według przyjętych kryteriów przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Weryfikacja prognoz (%) w latach 2013-2014
Table 2. Verification of forecasts (%) in 2013-2014

Okres Period	Kryterium zgodności klasy Criterion of class compatibility		Kryterium $\lvert SPI - SPI_{prog} \rvert \leq 0{,}5$ Criterion $\lvert SPI - SPI_{prog} \rvert \leq 0{,}5$	
	prognoza 10-dniowa 10-day forecast	prognoza 20-dniowa 20-day forecast	prognoza 10-dniowa 10-day forecast	prognoza 20-dniowa 20-day forecast
2013				
21.05-20.06.	86	-	100	-
01.06-30.06.	57	86	57	29
11.06-10.07.	100	100	100	43
21.06-20.07.	86	86	71	57
01.07-31.07.	57	43	43	29
11.07-10.08.	100	43	100	43
21.07-20.08.	57	71	29	14
01.08-31.08.	100	29	100	0
11.08-10.09.	100	71	86	71

Okres Period	Kryterium zgodności klasy Criterion of class compatibility		Kryterium $\lvert SPI - SPI_{prog} \rvert \leq 0,5$ Criterion $\lvert SPI - SPI_{prog} \rvert \leq 0,5$	
	prognoza 10-dniowa 10-day forecast	prognoza 20-dniowa 20-day forecast	prognoza 10-dniowa 10-day forecast	prognoza 20-dniowa 20-day forecast
2013				
21.08-20.09.	100	0	86	0
01.09-30.09.	57	29	86	57
2014				
11.04-10.05.	86	-	71	-
21.04-20.05.	86	57	86	0
01.05-31.05.	57	57	29	43
11.05-10.06.	71	86	100	57
21.05-20.06.	100	43	86	57
01.06-30.06.	71	86	100	86
11.06-10.07.	71	57	86	71
21.06-20.07.	71	71	86	71
01.07-31.07.	86	86	71	86
11.07-10.08.	86	14	71	0
21.07-20.08.	71	86	57	43
01.08-31.08.	86	57	86	71
11.08-10.09.	100	71	86	57
21.08-20.09.	86	43	100	29
01.09-30.09.	71	71	71	43
Minimum	57	0	29	0
Maximum	100	100	100	86
Średnia Average	81	60	79	44

źródło: opracowanie własne; source: own studies

W kilku okresach stwierdzono 100% sprawdzalność prognoz 10-dniowych na wszystkich stacjach monitoringu opadów dla obu przyjętych warunków, natomiast w kilku okresach prognozy 20-dniowe nie spełniały któregoś z kryteriów sprawdzalności.

Najczęściej prognozy 10-dniowe sprawdzały się jednocześnie na 80% i więcej stacji pomiarowych dla obu kryteriów. Dłuższe prognozy najczęściej sprawdzały się na połowie lub mniej wszystkich stacji (tab. 3).

Największą sprawdzalność warunków rzeczywistych z prognozą 10-dniową kryterium zgodności klasy stwierdzono w Chojnicach i Pile (92%), a naj-

mniejszą w Kole i Toruniu (69%). Dla kryterium $|SPI - SPI_{prog}| \leq 0,5$ największy procent sprawdzonych prognoz zanotowano w Chojnicach i Poznaniu (85%), a najmniejszy w Kole i Pile (69%).

Prognozy 20-dniowe najczęściej sprawdzały się w Bydgoszczy (75%) dla pierwszego z kryteriów i w Chojnicach (58%) dla drugiego z kryteriów. Najmniejszą zgodność rzeczywistych i prognozowanych warunków opadowych stwierdzono w Kole, gdzie sprawdzalność wynosiła 29% i 33% odpowiednio dla pierwszego i drugiego kryterium (tab. 4).

W tabeli 5 pokazano przykład prognozowanych wartości wskaźnika SPI_{prog} dla okresu 11.05.2014-10.06.2014 oraz rzeczywiste wartości *SPI* w tym okresie.

Tabela 3. Liczba sprawdzonych prognoz w latach 2013-2014
Table 3. Number of verified forecasts in 2013-2014

Procent stacji monitoringu opadów Percentage of monitoring measurement stations	Kryterium zgodności klasy Criterion of class compatibility		Kryterium $\lvert SPI - SPI_{prog}\rvert \leq 0,5$ Criterion $\lvert SPI - SPI_{prog}\rvert \leq 0,5$	
	prognoza 10-dniowa 10-day forecast	prognoza 20-dniowa 20-day forecast	prognoza 10-dniowa 10-day forecast	prognoza 20-dniowa 20-day forecast
<50	0	8	3	13
60	5	4	2	5
70	0	0	0	0
80	6	5	5	4
> 80	15	7	16	2
suma total	26	24	26	24

źródło: opracowanie własne; source: own studies

Uzyskane wyniki wykazały dużą sprawdzalność 10-dniowych prognoz wskaźnika *SPI* dla obu przyjętych kryteriów. Podobną sprawdzalność prognoz (80-100%) uzyskali Łabędzki i Bąk (2011) dla Bydgoszczy w latach 2009-2010. Autorzy analizowali przydatność wskaźnika *SPI* do prognozowania suszy meteorologicznej i rolniczej w systemie monitorowania suszy na Kujawach i w dolinie Noteci w oparciu o prognozy opadów portalu meteorologicznego stronach WetterOnline.

W obecnych badaniach stwierdzono mniejszą sprawdzalność 20-dniowych prognoz niż 10-dniowych. Może to wynikać z wielu czynników, które mają wpływ na końcowy efekt prognozy opadów. Do najważniejszych można zaliczyć złożoność procesu powstawania opadów, dłuższy okres prognozowania, błędy w przewidywaniu zmian sytuacji meteorologicznej oraz nie

do końca rozpoznany wpływ lokalnych warunków klimatycznych na powstawanie i zanik opadów.

Tabela 4. Sprawdzalność prognoz (%) na poszczególnych stacjach
Table 4. Verifiability of forecasts (%) at the individual stations

Kryterium zgodności klasy Criterion of class compatibility				Kryterium $\lvert SPI - SPI_{prog} \rvert \leq 0,5$ Criterion $\lvert SPI - SPI_{prog} \rvert \leq 0,5$			
prognoza10-dniowa 10-day forecast		prognoza 20-dniowa 20-day forecast		prognoza 10-dniowa 10-day forecast		prognoza 20-dniowa 20-day forecast	
Chojnice	92	Bydgoszcz	75	Chojnice	85	Chojnice	58
Piła	92	Płock	67	Poznań	85	Toruń	54
Płock	85	Toruń	67	Toruń	85	Bydgoszcz	46
Bydgoszcz	81	Chojnice	63	Płock	81	Poznań	42
Poznań	77	Piła	63	Bydgoszcz	77	Piła	38
Koło	69	Poznań	58	Koło	69	Płock	38
Toruń	69	Koło	29	Piła	69	Koło	33

źródło: opracowanie własne; source: own studies

Tabela 5. Prognozowane i rzeczywiste wartości *SPI* w okresie 11.05.2014-10.06.2014
Table 5. Predicted and actual values of *SPI* in the period 11.05.2014-10.06.2014

Miejscowość Location	Prognoza 20-dniowa 20-day forecast	Prognoza 10-dniowa 10-day forecast	Rzeczywista wartość Actual value
Bydgoszcz	-0,24	1,00	0,92
Chojnice	-0,40	-0,59	-0,31
Koło	-0,47	1,58	1,60
Piła	0,15	-0,43	-0,29
Płock	-0,64	-0,64	-0,88
Poznań	0,42	0,89	1,29
Toruń	0,05	-0,04	0,00

źródło: wyniki własne; source: own research

WNIOSKI

1. Przeprowadzona analiza wykazała dużą sprawdzalność (80%) 10-dniowych prognoz wskaźnika *SPI*. Przewidywania zmian warunków opadowych w najbliższych 10 dniach można uznać jako

wiarygodne i można je rekomendować np. w planowaniu gospodarowaniem wody w rolnictwie i w prowadzeniu nawodnień.

2. Prognozy 20-dniowe mają mniejszą sprawdzalność, a niekiedy bywają rozbieżne z rzeczywistym stanem opadów na danym obszarze. Korzystając z nich należy zachować dużą ostrożność i nie traktować ich jako ostateczne.
3. Największą sprawdzalność prognoz wartości wskaźnika *SPI*, a stąd najlepsze oceny warunków opadowych, uzyskano dla obu przyjętych kryteriów w północnej części badanego obszaru (Chojnice), a najgorsze na południu (Koło).

Wymieniony w artykule system monitoringu jest elementem działania 1.2 pt. „Monitoring, prognoza przebiegu i skutków oraz ocena ryzyka wystąpienia deficytu i nadmiaru wody na obszarach wiejskich", realizowanego przez Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w ramach Programu Wieloletniego na lata 2011-2015 pt. "Standaryzacja i monitoring przedsięwzięć środowiskowych, techniki rolniczej i rozwiązań infrastrukturalnych na rzecz bezpieczeństwa i zrównoważonego rozwoju rolnictwa i obszarów wiejskich", finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi.

LITERATURA

AgroPogoda (*Serwis MeteoGroup dla rolnictwa*). http://www.agropogoda.meteogroup.pl (dostęp 01.03.2013)

Bąk, B., Łabędzki, L. (2013). *Przestrzenne zróżnicowanie suszy meteorologicznej i rolniczej w rejonie bydgosko-toruńskim*. Acta Sci. Pol., Formatio Circumiectus, 12/2, 3-12.

Bąk, B., Łabędzki L. (2014). *Prediction of precipitation deficit and excess in Bydgoszcz Region in view of predicted climate change.* Journal of Water and Land Development, 23, 11-19.

Bojar, W., Knopik, L., Żarski J., Sławiński, C., Baranowski, P., Żarski, W. (2014) *Impact of extreme climate changes on the predicted crops*. Acta Agrophysica, 21/4, 415-431.

ECMF (*European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*). http://www.ecmwf.int/ (dostęp 01.04.2013)

Forecast Verification (2012): *A Practitioner's Guide in Atmospheric Science*. Edited by I.T. Jolliffe and D.B. Stephenson. John Willey & Sons, Ltd., 274.

Kotarbiński, T. (1961). *Walory dobrego planu*. Nauka Polska, 1.

Lavers, D., Luo, L., Wood, E. F. (2009). *A multiple model assessment of seasonal climate forecast skill for applications*. Geophysical research letters, 36,, L23711, DOI:10.1029/2009GL041365

Livezey, R. E. (2012). *Deterministic forecasts of multi-category events.* In: Forecast Verification: A Practitioner's Guide in Atmospheric Science. Edited by Jolliffe I.T. and Stephenson D. B. John Willey & Sons, Ltd., 61-75.

Łabędzki, L. (2006). *Susze rolnicze - zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy Naukowe i Monografie, 17, 107 pp.

Łabędzki, L., Bąk, B. (2011). *Prognozowanie suszy meteorologicznej i rolniczej w systemie monitorowania suszy na Kujawach i w dolinie górnej Noteci*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 5, 19-28.

Łabędzki, L., Bąk, B. (2013). *Monitoring i prognozowanie przebiegu i skutków deficytu wody na obszarach wiejskich*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 2, 65-76.

Melonek, M. (2011). *Porównanie wyników weryfikacji modeli numerycznych prognoz pogody działających operacyjnie w ICM*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 6, 2-42.

MeteoGroup. *Multi-model approach.*
http://www.meteogroup.com/pl/gb/research/multi-model-approach.html (dostęp 20.04.2013)

NOAA (*NOOA's National Weather Service*). Current MOS Forecast Products.
http://www.nws.noaa.gov/mdl/synop/products.php (dostęp 15.03.2013)

Ozga-Zielińska, M., Nawalany, M. (1979). *Zagadnienia identyfikacji i weryfikacji integralnego modelu zlewni*. W: Modelowanie matematyczne zlewni hydrologicznej. Biblioteczka Wiadomości IMUZ, 61, 43-54.

Saha, S., Moorthi, S., Pan, H., Wu, X.; Wang, J., Nadiga, S., Tripp, P., Kistler, R., Woollen, J., Behringer, D., Liu, H., Stokes, D., Grumbine, R., George, G., Wang, J., Hou, Y., Chuang, H., Juang, H., Sela J., Iredell, M., Treadon, R, Kleist, D., van Delst, P., Keyser, D., Derber, J., Ek, M., Meng, J., Wei, H., Yang, R., Lord, S., van Dool, H., Kumar, A., Wang, W., Long, C., Chelliah, M., Xue, Y., Huang, B., Schemm, J.K., Ebisuzaki, W., Lin, R., Xie, P., Chen, M., Zhou, S., Higgins, W., Zou, C., Liu, Q., Chen, Y., Han, Y., Cucurull, L., Reynolds, R.W., Rutledge, G., Goldberg, M. (2010). *The NCEP Climate Forecast System Reanalysis.* Bull. Amer. Meteor. Soc., 91, DOI: 10.1175/2010BAMS3001.1

Treder, W., Wójcik, K., Tryngiel-Gać, A., Klamkowski, K. (2011). *Ocena jakości prognozowania pogody*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich, 6, 43-58.

Vermes, L. (1998). *How to work out a drought mitigation strategy. An ICID Guide. Guidelines for Water Management*. Bonn. DVWK, 309, 29 ss.

WetterOnline. 2013. http://www.wetteronline.de/ (dostęp 01.03.2013)

WMO (*World Meteorological Organization*). (2008). *Recommendations for the Verification and Intercomparison of QPFs and PQPFs from Operational NWP Models*. Atmospheric Research and Environment Branch, 7-23.

Dr inż. Bogdan Bąk
Prof. dr hab. inż. Leszek Łabędzki
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach
Kujawsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy
ul. Glinki 60, 85-174 Bydgoszcz
tel. 52 3750107
e-mail: b.bak@itp.edu.pl
e-mail: l.labedzki@itp.edu.pl

Wpłynęło: 8.01.2015
Akceptacja do druku: 17.04.2015