INFRASTRUKTURA I EKOLOGIA TERENÓW WIEJSKICH
INFRASTRUCTURE AND ECOLOGY OF RURAL AREAS

Nr 6/2011, POLSKA AKADEMIA NAUK, Oddział w Krakowie, s. 43–58
Komisja Technicznej Infrastruktury Wsi

Waldemar Treder, Katarzyna Wójcik, Anna Tryngiel-Gać, Krzysztof Klamkowski, Lech Michalczuk

OCENA JAKOŚCI PROGNOZOWANIA POGODY

EVALUATION OF QUALITY OF WEATHER FORECASTING

Streszczenie

Postęp w technikach pomiarowych, obliczeniowych i informatycznych wpłynął na znaczny wzrost jakość a przez to przydatność prognoz pogody. Dziedziną gospodarki która jest szczególnie zależna od przebiegu pogody jest rolnictwo. Dlatego też często prognozy agrometeorologiczne są elementem składowym całego systemu wspomagania decyzji związanych z agrotechniką i ochroną roślin. Podstawowym warunkiem jaki tu musi być spełniony jest wysoka sprawdzalność prognozowania pogody. Celem podjętych analiz była ocena jakości prognozowania pogody wyznaczanej za pomocą mezoskalowych modeli numerycznych. Oceną trafności prognoz (temperatury maksymalnej, minimalnej i średniej oraz wysokości opadów) w odniesieniu do parametrów mierzonych za pomocą automatycznych stacji meteorologicznych przeprowadzono dla Skierniewic (51,º57' N, 20º08' E), Białej Rządowej (51º 15' N, 18º 27' E) i Białous (53º 24' N, 23º 13' E). Dla wszystkich trzech miejscowości oceniana była jakość prognozowania za pomocą modeli numerycznych UM i COAMPS. Prognozy za pomocą tych modeli prowadzone były w Interdyscyplinarnym Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego (ICM) Uniwersytetu Warszawskiego. Dodatkowo dla Skierniewic oceniane były jeszcze prognozy opracowywane przez firmę Meteoblue ze Szwajcarii, która korzysta z modeli NOAA/NCEP GFS. Przedstawiona ocena prognozowania przebiegu temperatury oraz występowania opadów wykazała dużą zmienność przestrzenną i czasową odchyleń wartości prognozowanych od mierzonych. Na podstawie oceny prowadzonej w sezonie wegetacyjnym 2010 roku najbardziej wiarygodne prognozy uzyskano za pomocą modelu UM.

Słowa kluczowe: ocena prognozy pogody, UM, COAMPS

Summary

Progress which can be observed in measuring instruments, calculation techniques, and it in general has considerably influenced the accuracy of measurements and as such has proved to be useful in weather forecasting. Agriculture seems to be the most dependent on weather conditions, therefore agrometeorological forecasting plays an important role in the whole system of decision making related to agriculture and plant protection. A high level of verifiability of weather forecasting is the basic and required condition. The aim of the presented analyses was estimation of the quality of forecasting worked out with mesoscale numerical models. The accuracy of the forecasts (maximum, minimum and mean temperature, rainfall) was compared with the data obtained by automatic meteorological stations for Skierniewice (51º 57' N, 20º08' E), Biała Rządowa (51º 15' N, 18º 27' E) and Białousy (53º 24' N, 23º 13' E). The quality of forecasting was evaluated for the three stations using numerical models: UM and COAMPS. The forecasts were worked out at ICM of Warsaw University. Additionally, another forecast for Skierniewice prepared by Meteoblue from Switzerland, where NOAA/NCEP GFA model was used. The presented evaluation of the forecast of temperature and rainfall showed a significant space and time diversity between the forecasted and measured values. On the basis of the evaluation carried out in the vegetative season of 2010, the most credible forecasts were obtained using UM model.

Key words: *weather forecast evaluation, UM, COAMPS*

WPROWADZENIE

Prognozowanie pogody polega na przewidywaniu stanu atmosfery w przyszłości. Postęp w technikach pomiarowych, obliczeniowych i informatycznych wpłynął znacznie na jakość a przez to przydatność prognoz pogody. Dzięki telekomunikacji i internetowi prognozy pogody stały się obecnie powszechnie dostępne. Ze względu na zakres wykorzystania prognozy pogody można podzielić na ogólne lub specjalistyczne. Prognozy specjalistyczne opracowywane są dla wielu dziedzin gospodarki, transportu a także turystyki [Saetra, Bidlot 2002; Taylor, Buizza 2003; Górski 2004; Pietrek i in. 2008; Li i in. 2011]. Dziedziną gospodarki, która jest szczególnie zależna od przebiegu pogody, jest rolnictwo [Petr 1991]. Tutaj od przebiegu pogody zależy wielkość i jakość plonu, a także możliwości zastosowania odpowiedniej agrotechniki i ochrony roślin. Dlatego też często agrometeorologiczne prognozy są elementem składowym całego systemu wspomagania decyzji [Ogallo i in. 2000]. Przykładem takiego serwisu jest Wielkopolski Internetowy Serwis Informacji Agrometeorologicznej – WISIA [Leśny i in. 2007]. Celem tego serwisu jest doradzanie rolnikom na podstawie numerycznych prognoz pogody opracowywanych przez Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego (ICM). W serwisie poza prognozami pogody rolnicy znajdują także informacje o prognozowanych terminach pojawienia się wybranych szkodników

roślin, możliwości wystąpienia zarazy ziemniaka oraz klimatycznym bilansie wodnym. Prognozowanie pogody pod kątem bilansu wodnego i potrzeb wodnych roślin może być bardzo przydatne w gospodarstwach rolniczych a szczególnie w intensywnym ogrodnictwie. W warunkach klimatycznych Polski wielkość i jakość plonu roślin uprawnych zależy szczególnie od ilości i przebiegu opadów atmosferycznych [Rzekanowski 2009; Żarski 2009]. Niestety przebieg pogody w ostatnich latach jak też i przewidywane zmiany klimatyczne wykazują okresowe dotkliwe niedobory opadów, które będą miały istotny wpływ na ograniczenie plonowania roślin [Łabędzki 2009]. Aby zapewnić wysokie i regularne plony konieczne jest i prawdopodobnie będzie w przyszłości stosowanie nawadniania. Niestety zasoby wody przydatnej do nawadniania są w Polsce ograniczone [Trybała 1996]. Dlatego konieczne jest oszczędne nimi gospodarowanie. Zwiększenie efektywności wykorzystania wody do nawadniania wymaga wprowadzenia do praktyki precyzyjnych metod wyznaczania potrzeb wodnych roślin na podstawie danych meteorologicznych. Obecnie na całym świecie jako główne kryterium prognozowania nawodnień przyjmowane są dane meteorologiczne, na podstawie których obliczana jest ewapotranspiracja [Doorenbos, Pruitt 1977], [Xing i in. 2008]. W praktyce do szacowania ETo stosowane są rozbudowane i uproszczone modele kalkulacyjne. Modele rozbudowane wymagają wprowadzenia danych o promieniowaniu słonecznym, temperaturze powietrza, prędkości wiatru oraz wilgotności powietrza. Do szacowania ewapotranspiracji za pomocą prostych modeli wystarczy np. tylko przebieg temperatury powietrza [Treder
i in. 2010]. Szacować ewapotranspirację za okres miniony możemy na podstawie danych mierzonych np. w stacjach meteorologicznych. Istnieje także możliwość prognozowania potrzeb wodnych roślin i przyszłego bilansu wodnego na podstawie prognozy pogody. Wcześniejsza informacja o przewidywanych potrzebach wodnych roślin oraz wysokości opadów pozwoli znacznie lepiej zarządzać nawadnianiem. Podstawowym warunkiem, jaki tu musi być spełniony, jest wysoka sprawdzalność prognozowania przebiegu temperatury oraz występowania opadów. Precyzyjne prognozowanie temperatury minimalnej może być bardzo przydatne przy podejmowaniu decyzji o rozpoczęciu aktywnej ochrony roślin przed skutkami wiosennych przymrozków.

Celem analiz przedstawionej w pracy była ocena jakości prognozowania pogody wyznaczanej za pomocą mezoskalowych modeli numerycznych.

MATERIAŁ I METODY

Ocenę jakości prognoz - temperatury maksymalnej, minimalnej i średniej oraz wysokości opadów w odniesieniu do parametrów mierzonych za pomocą automatycznych stacji meteorologicznych iMetos (Pessl, Austria) przeprowadzono dla Skierniewic (51º 95472’ N, 20º 15833’ E), Białej Rządowej (51º 15’ N,

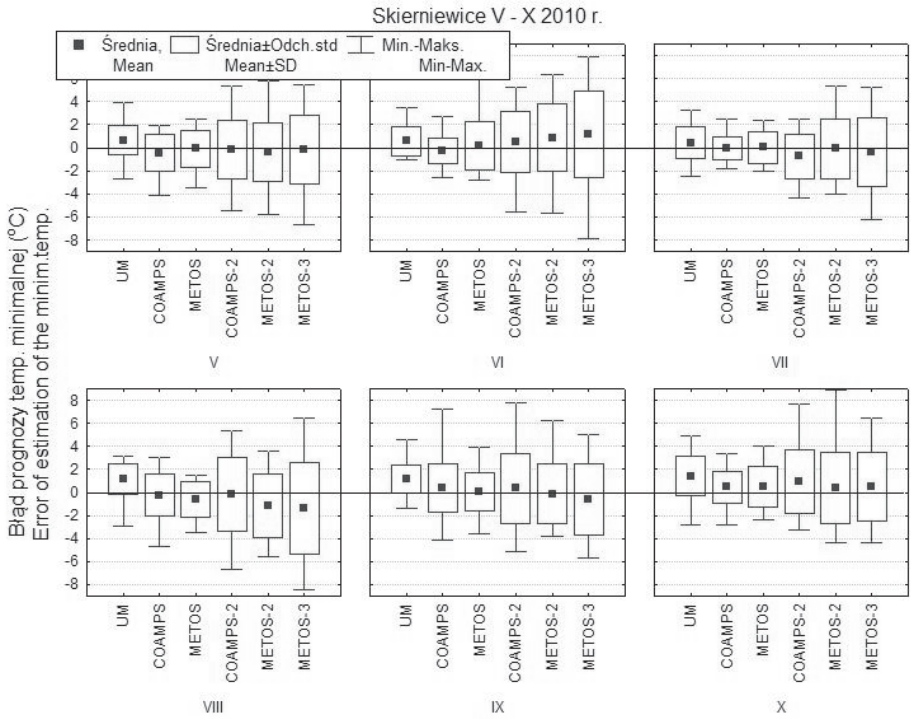
18º 27' E) i Białous (53º 24' N, 23º 13' E). Dla wszystkich trzech miejscowości oceniana była jakość prognozowania za pomocą modeli numerycznych UM i COAMPS. Modele te operacyjnie działają w Interdyscyplinarnym Centrum Modelowania matematycznego i komputerowego (ICM) Uniwersytetu Warszawskiego. Prognozy dla wymienionych wyżej miejscowości prezentowane są w ramach projektu PROZA (Program Operacyjny Innowacyjna Gospodarka) w Internecie na stronie http://new.meteo.pl/proza/. Dla Skierniewic oceniano ponadto jakość prognozy pogody oferowanej przez firmę Pessl producenta stacji meteorologicznych. Prognozy przedstawiane są jako dodatkowa funkcja na indywidualnej stronie internetowej obsługującej stację meteorologiczną. Prognozy dla stacji meteorologicznych opracowywane są przez firmę Meteoblue ze Szwajcarii, która korzysta m.in. z modeli NOAA/NCEP GFS. Prognozy te są automatycznie korygowane przez rzeczywiste pomiary prowadzone przez stacje meteorologiczne iMetos. W dalszej części pracy prognozy te oznaczono jako METOS.

Jakość prognozowania temperatury oceniano za pomocą średniego miesięcznego błędu prognoz oraz wartości maksymalnej i minimalnej dla tego okresu. W przypadku opadów określano bezwzględny oraz względny (%) błąd szacowania miesięcznej sumy opadów oraz wskaźnik sprawdzalności przewidywania wystąpienia opadów lub ich braku (trafień). Dla temperatury przedstawiono ocenę prognoz prowadzonych na 1 dzień przed (wszystkie modele), 2 dni przed (COAMPS i METOS) oraz 3 dni przed (METOS). Ocenę prognozowania opadów przeprowadzono dla prognoz prowadzonych na 1 dzień przed (wszystkie modele) i 2 dni przed (COAMPS i METOS). Na wykresach i w tabelach prognozy prowadzone z wyprzedzeniem 1 dniowym oznaczano nazwą modelu obliczeniowego, a w przypadku prognoz z dwu lub trzy dniowym wyprzedzeniem do nazwy modelu dodawano cyfrę oznaczającą z ilu dniowym wyprzedzeniem wyznaczona była prognoza.

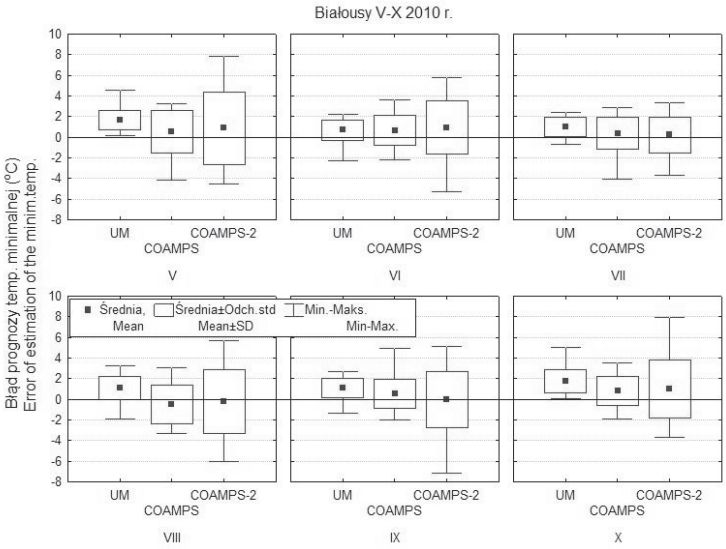
WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Analiza danych prognozowanych w odniesieniu do mierzonych wykazuje ogólną tendencję ocenianych prognoz do zawyżania szacowanej minimalnej temperatury dnia. Dotyczy to szczególnie modelu UM ocenianego w odniesieniu do wszystkich trzech stacji pomiarowych i analizowanych miesięcy (Rys. 1-3). Wydaje się jednak, że wyniki otrzymane według tego modelu są stabilniejsze w porównaniu do innych modeli, gdyż dla większości ocenianych miesięcy charakteryzują się mniejszym rozrzutem pomiędzy minimalnym i maksymalnym błędem i niższym odchyleniem standardowym dla ocenianych błędów. Prognozowanie temperatury minimalnej i maksymalnej mogą być przydatne do szacowania ewapotranspiracji wskaźnikowej i prognozowaniu występowania zagrożenia przymrozkowego, które występuje w kwietniu i maju. Analiza wyników

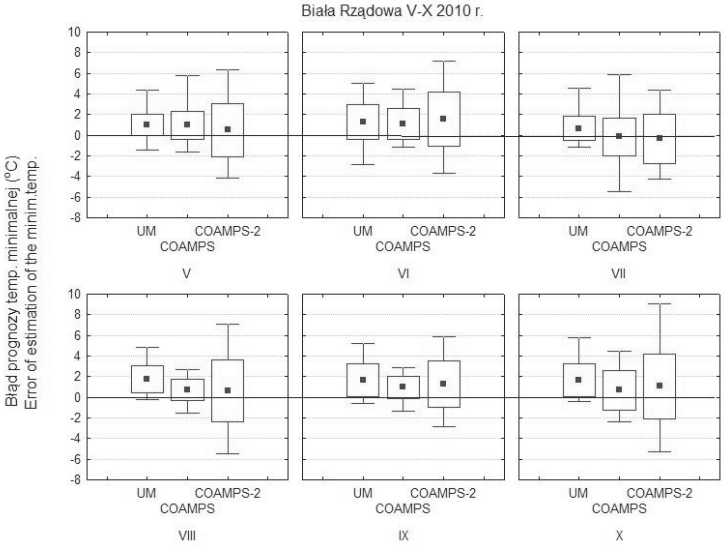
dla maja wskazuje, stosunkowo duży rozrzut odchyleń prognoz w odniesieniu do zmierzonych wartości temperatury minimalnej, co ogranicza przydatność takiej prognozy do podejmowania decyzji o podjęciu aktywnej ochrony roślin przed przymrozkami wiosennymi. Średnio dla wszystkich miesięcy i stacji błąd szacowania temperatury minimalnej z wyprzedzeniem 1 dniowym wg modelu UM wynosił 1,15°C a modelu COAMPS 0,37 °C. Dla prognozy wg modelu COAMPS prowadzonej z wyprzedzeniem 2 dniowym średni błąd szacowania dziennej temperatury minimalnej wynosił 0,44°C. Stosunkowo niskim średnim błędem bezwzględnym szacowania minimalnej temperatury dnia charakteryzowały się prognozy dla stacji iMetos (0,014 °C dla prognozy 1 dniowej, -0,098°C dla prognozy 2 dniowej i -0,17°C dla prognozy 3 dniowej). Prognozy prowadzone z wyprzedzeniem 2 i 3 dniowym charakteryzowały się znacznie większym rozrzutem pomiędzy błędem minimalnym i maksymalnym oraz wyższymi wartościami odchyleń standardowym dla ocenianych błędów.



Rysunek 1. Średni dla poszczególnych miesięcy bezwzględny błąd prognozowania minimalnej temperatury dnia. Skierniewice V–X 2010 r.
Figure 1. Mean absolute error of forecasting of minimal day temperature for consecutive months. Skierniewice V–X 2010

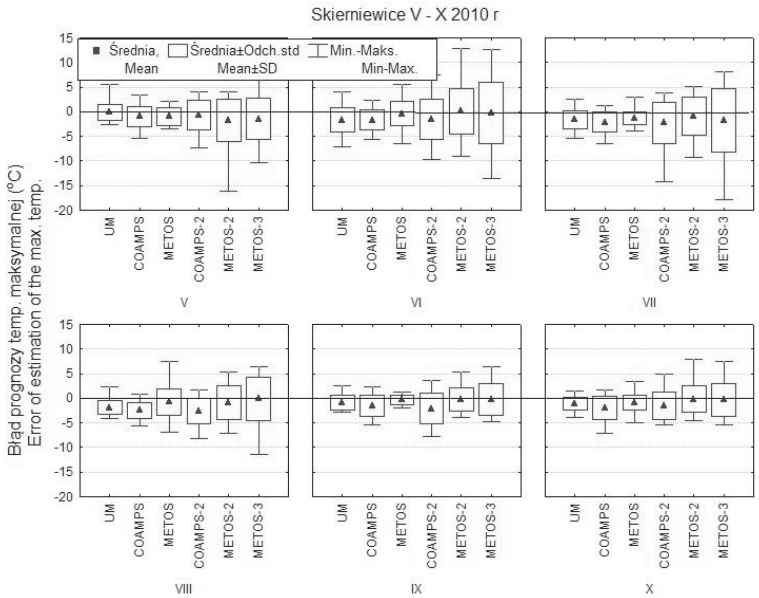


Rysunek 2. Średni dla poszczególnych miesięcy bezwzględny błąd prognozowania minimalnej temperatury dnia. Białousy V–X 2010 r.
Figure 2. Mean absolute error of forecasting of minimal day temperature for consecutive months. Białousy V–X 2010



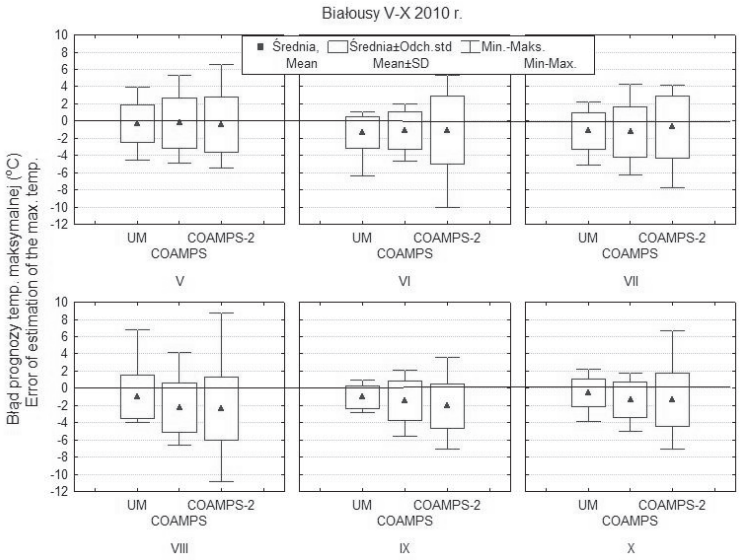
Rysunek 3. Średni dla poszczególnych miesięcy bezwzględny błąd prognozowania minimalnej temperatury dnia. Biała Rządowa V–X 2010 r.
Figure 3. Mean absolute error of forecasting of minimal day temperature for consecutive months. Biała Rządowa V–X 2010

W przypadku prognozowania maksymalnej temperatury dnia można stwierdzić, że wszystkie oceniane modele mają tendencje do nieznacznego niedoszacowania prognoz (Rys. 4-6). Średnio dla wszystkich miesięcy i stacji błąd szacowania temperatury maksymalnej z wyprzedzeniem 1 dniowym wg modelu UM wynosił -0,87°C a modelu COAMPS – 1,44 °C. Dla prognozy wg modelu COAMPS prowadzonej z wyprzedzeniem 2 dniowym średni błąd szacowania dziennej temperatury maksymalnej wynosił -1,49°C. Prognozy prowadzone z wyprzedzeniem 2 i 3 dniowym charakteryzowały się znacznie większym rozrzutem pomiędzy błędem minimalnym i maksymalnym oraz wyższymi wartościami odchyleń standardowym dla ocenianych błędów. Analiza danych wykazała stosunkowo wysoki poziom sprawdzalności dla analizowanych modeli prognozowania średniej temperatury dnia (Rys. 7-9). Średnio dla wszystkich miesięcy i stacji błąd szacowania (z wyprzedzeniem 1 dniowym) średniej temperatury dnia wg. modelu UM wynosił zaledwie 0,3°C a modelu COAMPS 0,27 °C. Dla prognozy wg. modelu COAMPS prowadzonej z wyprzedzeniem 2 dniowym średni błąd szacowania średniej dziennej temperatury wynosił -0,24°C. Stosunkowo niskim średnim błędem bezwzględnym charakteryzowały się prognozy prowadzone dla stacji meteorologicznej iMetos w Skierniewicach. Wydłużenie prognozowanego okresu wyraźnie zwiększa rozrzut i odchylenie standardowe bezwzględnych błędów prognoz.

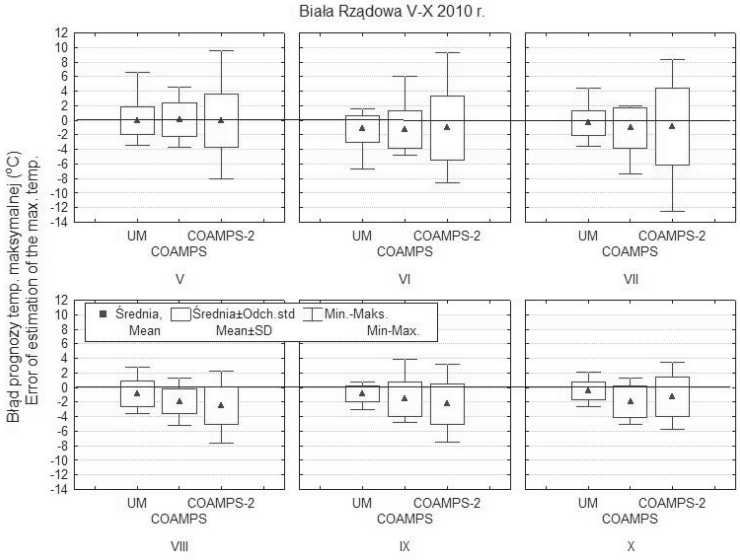


Rysunek 4. Średni dla poszczególnych miesięcy bezwzględny błąd prognozowania maksymalnej temperatury dnia. Skierniewice V–X 2010 r.

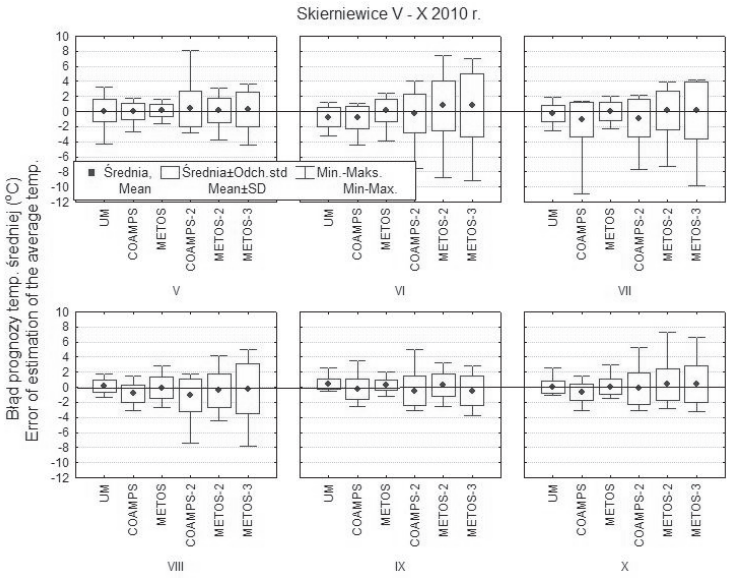
Figure 4. Mean absolute error of forecasting of maximal day temperature for consecutive months. Skierniewice V–X 2010



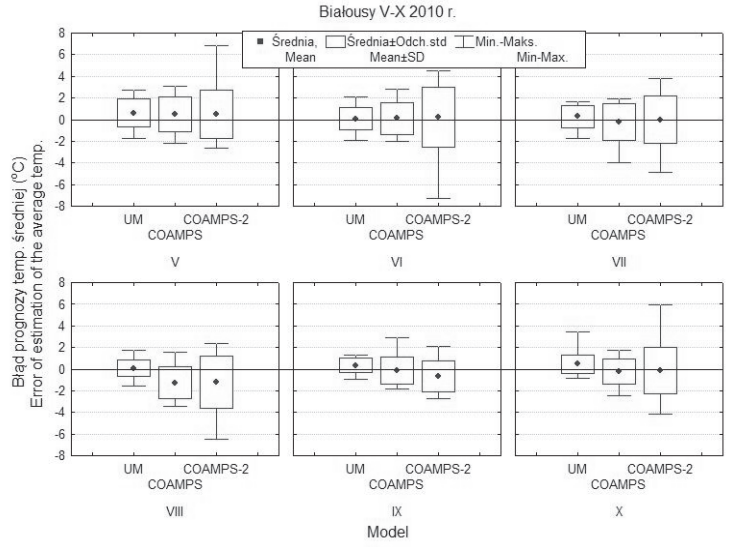
Rysunek 5. Średni dla poszczególnych miesięcy bezwzględny błąd prognozowania maksymalnej temperatury dnia. Białousy V–X 2010 r.
Figure 5. Mean absolute error of forecasting of maximal day temperature for consecutive months. Białousy V–X 2010



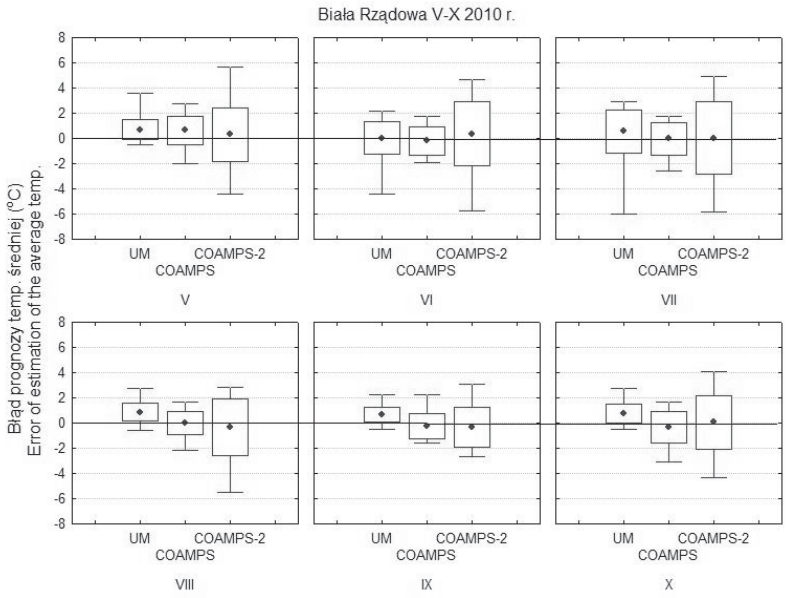
Rysunek 6. Średni dla poszczególnych miesięcy bezwzględny błąd prognozowania maksymalnej temperatury dnia. Biała Rządowa V–X 2010 r.
Figure 6. Mean absolute error of forecasting of maximal day temperature for consecutive months. Biała Rządowa V–X 2010



Rysunek 7. Średni dla poszczególnych miesięcy bezwzględny błąd prognozowania średniej temperatury dnia. Skierniewice V–X 2010 r.
Figure 7. Mean absolute error of forecasting of average day temperature for consecutive months. Skierniewice V–X 2010



Rysunek 8. Średni dla poszczególnych miesięcy bezwzględny błąd prognozowania średniej temperatury dnia. Białousy V–X 2010 r.
Figure 8. Mean absolute error of forecasting of average day temperature for consecutive months. Białousy V–X 2010



Rysunek 9. Średni dla poszczególnych miesięcy bezwzględny błąd prognozowania średniej temperatury dnia. Biała Rządowa V–X 2010 r.
Figure 9. Mean absolute error of forecasting of average day temperature for consecutive months. Biała Rządowa V–X 2010

Poza temperaturą oceniano także jakość prognozowania wysokości opadów oraz sprawdzalność przewidywania wystąpienia opadów. Tabele 1–3 zawierają zsumowane dla poszczególnych miesięcy opady dzienne oraz ich prognozy. W przypadku Skierniewic stwierdzamy stosunkowo niski błąd prognozy dla sumy opadów za okres od maja do października 2010 roku obliczanej za pomocą modeli UM. Prognozy dziennych sum opadów sumarycznie dla całego okresu badań nie doszacowały według tego modelu zaledwie -25,98 mm opadów (błąd względny 6,53%), (tabela 1). Błąd bezwzględny dla jedno dniowej prognozy modelu COAMPS wyniósł -74,82 mm (18,8%) a prognozy dwu dniowej -111,82 mm (28,10%). Znacznie większym odchyleniem charakteryzowały się prognozy przygotowywane dla stacji meteorologicznej iMetos. Błąd względny dla sumy opadów za okres V-X 2010 r. wynosił tu dla prognozy 1 dniowej 56,76% (-225,9 mm) a dla dwu dniowej 57,66% (-229,5 mm). Znacznie więcej niż w Skierniewicach występowało opadów w Białousach i Białej Rządowej – większe są tu także ich niedoszacowania. W przypadku prognozy jednodniowej (dla sumy opadów) błąd względny dla modelu UM wynosił 35,91% i 33,25% odpowiednio dla miejscowości Białousy i Biała Rządowa (tabele 2 i 3). Odchylenia względne wg modelu COAMPS wynosiły dla tych miejscowości odpo-

wiednio 35,77% i 46,82%. W przypadku prognozy dwudniowej wg modelu COAMPS było to 61,2% dla Białous i 30,14% dla Białej Rządowej. Tak jak w przypadku sumy opadów tak i dla prognozowania dni deszczowych i bezdeszczowych obserwowano stosunkowo duże zróżnicowanie przestrzenne i czasowe. Najwyższy wskaźnik trafień dla dni deszczowych za cały okres oceny miały prognozy opracowane za pomocą modelu UM: odpowiednio dla Skierniewic 84,6%, dla Białous – 77,8% i dla Białej Rządowej 77,3% (tabele 4 – 6). Stosunkowo niski poziom tego wskaźnika (dla Skierniewic) miały jednodniowe prognozy dla stacji iMetos (59,5%) oraz dwudniowe prognozy wg modelu COAMPS (45,6%) i stacji iMetos (40,5%). W przypadku prognozowania dni bez deszczu nieznacznie wyższy wskaźnik trafień od prognoz wg modelu UM miały prognozy wg modelu COAMPS. W Skierniewicach najwyższy średni dla całego sezonu wskaźnik trafień oceny wystąpienia dni bez opadów (89,2%) miały prognozy opracowywane dla stacji iMetos.

Tabela 1. Ocena prognozowania ilości opadu deszczu. Skierniewice V-X 2010
Table 1. Evaluation of rainfall forecast. Skierniewice V-X 2010

Miesiąc	Parametr	Stacja meteo	Prognoza wg. modeli				
			UM	COAMPS	METOS	COAMPS-2	METOS-2
V	Opady [mm]	133,4	116,36	71,51	21,40	39,70	6,60
	Błąd bezwzg. [mm]		-17,04	-61,89	-112,00	-93,70	-126,80
	Błąd względny [%]		12,77	46,39	83,96	70,24	95,05
VI	Opady [mm]	38,8	34,05	41,25	15,60	21,58	12,10
	Błąd bezwzg.[mm]		-4,75	2,45	-23,20	-17,22	-26,70
	Błąd względny [%]		12,24	6,31	59,79	44,38	68,81
VII	opady[mm]	60,2	93,34	57,53	28,00	64,13	60,30
	Błąd bezwzg.[mm]		33,14	-2,67	-32,20	3,93	0,10
	Błąd względny [%]		55,05	4,44	53,49	6,53	0,17
VIII	Opady [mm]	79,6	68,12	105,37	54,60	89,51	54,70
	Błąd bezwzg.[mm]		-11,48	25,77	-25,00	9,91	-24,90
	Błąd względny [%]		14,42	32,37	31,41	12,45	31,28
IX	opady[mm]	82,0	54,10	37,91	51,30	44,24	33,90
	Błąd bezwzg.[mm]		-27,90	-44,09	-30,70	-37,76	-48,10
	Błąd względny [%]		34,02	53,77	37,44	46,05	58,66
X	opady[mm]	4,0	6,05	9,61	1,20	27,02	0,90
	Błąd bezwzg.[mm]		2,05	5,61	-2,80	23,02	-3,10
	Błąd względny [%]		51,25	140,25	70,00	575,50	77,50
Suma V-X	opady[mm]	398,0	372,02	323,18	172,10	286,18	168,50
	Błąd bezwzg.[mm]		-25,98	-74,82	-225,90	-111,82	-229,50
	Błąd względny [%]		6,53	18,80	56,76	28,10	57,66

Tabela 2. Ocena prognozowania ilości opadu deszczu. Białousy V–X 2010 r.
Table 2. Evaluation of rainfall forecast. Białousy V-X 2010

Miesiąc	Parametr	Stacja meteo	Prognoza wg. modeli		
			UM	COAMPS	COAMPS-2
V	Opady [mm]	138,8	73,27	75,72	32,74
	Błąd bezwzg. [mm]		-65,53	-63,08	-106,06
	Błąd względny [%]		47,21	45,45	76,41
VI	Opady [mm]	125,8	26,76	46,9	33,4
	Błąd bezwzg. [mm]		-99,04	-78,9	-92,4
	Błąd względny [%]		78,73	62,72	73,45
VII	Opady [mm]	86,8	65,23	65,86	49,34
	Błąd bezwzg. [mm]		-21,57	-20,94	-37,46
	Błąd względny [%]		24,85	24,12	43,16
VIII	Opady [mm]	93,0	84,43	87,43	41,4
	Błąd bezwzg. [mm]		-8,57	-5,57	-51,6
	Błąd względny [%]		9,22	5,99	55,48
IX	Opady [mm]	129,0	115,11	94,57	49,52
	Błąd bezwzg. [mm]		13,89	34,43	79,48
	Błąd względny [%]		10,77	26,69	61,61
X	Opady [mm]	38,8	27,58	22,76	29,17
	Błąd bezwzg. [mm]		-11,22	-16,04	-9,63
	Błąd względny [%]		28,92	41,34	24,82
Suma V-X	Opady [mm]	612,2	392,38	393,24	235,57
	Błąd bezwzg. [mm]		-219,82	-218,96	-376,63
	Błąd względny [%]		35,91	35,77	61,52

Tabela 3. Ocena prognozowania ilości opadu deszczu. Biała Rządowa V – X 2010 r.
Table 3. Evaluation of rainfall forecast. Biała Rządowa V-X 2010

Miesiąc	Parametr	Stacja meteo	Prognoza wg. modeli		
			UM	COAMPS	COAMPS-2
V	Opady [mm]	177,4	86,24	99,04	101,56
	Błąd bezwzg. [mm]		- 91,16	- 78,36	- 75,84
	Błąd względny [%]		51,39	44,17	42,75
VI	Opady [mm]	42,2	23,47	22,55	37,16
	Błąd bezwzg. [mm]		- 18,73	- 19,65	- 5,04
	Błąd względny [%]wy		44,38	46,56	11,94
VII	Opady [mm]	99,8	70,3	30,23	70,73
	Błąd bezwzg. [mm]		- 29,5	- 69,57	- 29,07
	Błąd względny [%]		29,56	69,71	29,13

Miesiąc	Parametr	Stacja meteo	Prognoza wg. modeli		
			UM	COAMPS	COAMPS-2
VIII	Opady [mm]	70,6	79,58	51,5	47,15
	Błąd bezwzg. [mm]		+8,98	- 19,1	- 23,45
	Błąd względny [%]				
IX	Opady [mm]	91	60,23	43,3	72,37
	Błąd bezwzg. [mm]		- 30,77	- 47,7	- 18,63
	Błąd względny [%]		33,81	52,42	20,47
X	Opady [mm]	9,0	7,24	13,97	13,36
	Błąd bezwzg. [mm]		- 1,76	+ 4,97	+ 4,36
	Błąd względny [%]		19,56	55,22	48,44
Suma V-X	Opady [mm]	490,0	327,06	260,59	342,33
	Błąd bezwzg. [mm]		- 162,94	-229,41	147,67
	Błąd względny [%]		33,25	46,82	30,14

Tabela 4. Wskaźniki poprawności prognozy wystąpienia deszczu lub jego braku (%). Skierniewice V-X 2010 r.

Table 4. Weather forecast accuracy factors for the rainfall or its absence (%) Skierniewice V-X 2010

Miesiąc	Parametr	UM	COAMPS	METOS	COAMPS-2	METOS-2
V	`+d *	94,4	52,6	21,1	31,6	10,5
	`+s	50,0	42,9	71,4	42,9	71,4
VI	`+d	50,0	62,5	75,0	12,5	12,5
	`+s	57,1	85,7	85,7	64,3	64,3
VII	`+d	100,0	66,7	88,9	44,4	66,7
	`+s	55,6	44,4	66,7	61,1	66,7
VIII	`+d	93,3	73,3	86,7	53,3	60,0
	`+s	54,5	45,5	90,9	72,7	54,5
IX	`+d	78,9	73,7	73,7	68,4	57,9
	`+s	42,9	50,0	54,5	33,3	46,7
X	`+d	75,0	25,0	12,5	37,5	25,0
	`+s	78,9	84,2	94,7	89,5	100,0
V - X	`+d	84,6	62,0	59,5	45,6	40,5
	`+s	59,7	64,5	82,9	67,1	76,3

* + d wskaźnik poprawnej prognozy wystąpienia w danym dniu deszczu, +s wskaźnik poprawnej prognozy braku opadów dla danego dnia.

* + d weather forecast accuracy factor for the rainfall observed on the given day, + s weather forecast accuracy factor for the absence of rainfall on the given day

Tabela 5. Wskaźniki poprawności prognozy wystąpienia deszczu lub jego braku (%). Białousy V-X 2010 r.
Table 5. Weather forecast accuracy factors for the rainfall or its absence (%) Białousy V-X 2010

Miesiąc	Parametr	UM	COAMPS	COAMPS-2
V	`+d	80,0	90,0	65,0
	`+s	33,3	50,0	66,7
VI	`+d	90,9	90,9	36,4
	`+s	72,7	63,6	54,5
VII	`+d	70,0	70,0	50,0
	`+s	64,7	82,4	64,7
VIII	`+d	88,2	88,2	58,8
	`+s	55,6	66,7	44,4
IX	`+d	81,8	77,3	54,5
	`+s	42,9	44,4	16,7
X	`+d	52,9	41,2	35,3
	`+s	80,0	100	90,0
V - X	`+d	77,3	76,3	51,5
	`+s	64,9	77,2	63,2

Tabela 6. Wskaźniki poprawności prognozy wystąpienia deszczu lub jego braku (%). Biała Rządowa V-X 2010 r.
Table 6. Weather forecast accuracy factors for the rainfall or its absence (%) Biała Rządowa V-X 2010

Miesiąc	Parametr	UM	COAMPS	COAMPS-2
V	`+d	73,9	65,2	56,5
	`+s	66,7	33,3	33,3
VI	`+d	87,5	50,0	12,5
	`+s	78,6	57,1	71,4
VII	`+d	83,3	58,3	33,3
	`+s	53,3	66,7	80,0
VIII	`+d	94,4	77,8	55,6
	`+s	37,5	62,5	75,0
IX	`+d	79,0	52,6	52,6
	`+s	50,0	35,7	40,00
X	`+d	40,0	40,0	30,0
	`+s	82,4	82,4	82,4
V - X	`+d	77,8	60,0	45,6
	`+s	65,6	67,2	76,6

PODSUMOWANIE

Przedstawiona ocena prognozowania przebiegu temperatury oraz występowania opadów wykazała dużą zmienność przestrzenną i czasową odchyleń wartości prognozowanych od mierzonych. Aby prognoza była przydatna do podejmowania decyzji agrotechnicznych musi być odpowiednio wiarygodna. Dotyczy to szczególnie prognozowania temperatury minimalnej. Zjawiskiem które powoduje bardzo wysokie straty w produkcji sadowniczej są przymrozki wiosenne. Kwiaty i zawiązki owoców są wyjątkowo wrażliwe na obniżenie się temperatury poniżej 0°C. Wielkość strat zależy od fazy kwitnienia, cech odmianowych, kondycji roślin oraz temperatury. Nawet niewielkie różnice temperatury mogą powodować bardzo duże różnice w ilości uszkodzonych kwiatów. Średnie odchylenia prognozowanej dziennej temperatury minimalnej były stosunkowo niewielkie w maju (okres występowania przymrozków). To jednak duży rozrzut tych odchyleń powoduje, że prognozowanie przymrozków jest tu obarczone dużym ryzykiem ich niedoszacowania lub wywołania fałszywych alarmów.

Dokładność prognozowania temperatury minimalnej, maksymalnej i średniej wydaje się być wystarczająca do użycia tych danych do dalszego prognozowania ewapotranspiracji za pomocą uproszczonych modeli obliczeniowych. Wyczerpywanie się zasobów zmagazynowanej w glebie wody jest procesem stosunkowo powolnym. Zazwyczaj trwa kilka do kilkunastu dni, dlatego w przypadku szacowania ewapotranspiracji ważne jest jak najmniejsze średnie dla okresu kilku lub nawet kilkunastodniowego odchylenie prognoz dziennych.

Prognozy występowania opadów były dostatecznie precyzyjne do planowania lub zaniechania prac polowych. Jednak ze względu na okresowe występowanie lokalnych intensywnych opadów burzowych ocena sumy opadów wydaje się mało wiarygodna do prowadzenia prognozowanego klimatycznego bilansu wodnego.

Na podstawie wstępnej oceny prowadzonej w sezonie wegetacyjnym 2010 roku najbardziej wiarygodne prognozy uzyskano za pomocą modelu UM.

Badania opisane były prowadzone w ramach projektu PROZA finansowanego z funduszy strukturalnych Unii Europejskiej, grant numer UDA-POIG.01.03.01-00-140/08-00. Część prognozowanych danych otrzymano od dr Bogumiła Jakubiaka z ICM (Interdyscyplinarne Centrum Modelowania Matematycznego i Komputerowego Uniwersytetu Warszawskiego).

BIBLIOGRAFIA

Doorenbos J., Pruitt W.O. *Guidelines for predicting crop water requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper 24, 1977.

Górski T. *Stan obecny i perspektywy agrometeorologii*. Acta Agrophysica 3(2), 2004, s. 257-262

Hodur R.M. *The Naval Research Laboratory`s Coupled Ocean/Atmosphere Mesoscale Prediction System (COAMPS)*. Mon. Wea. Rev. 135, 1997, s. 1414-1430.

Leśny J., Juszczak R., Ratajkiewicz H. *Możliwości wspomagania podejmowania decyzji w rolnictwie z wykorzystaniem Wielkopolskiego Internetowego Serwisu Informacji Agrometeorologicznej*. Przegląd Naukowy Inżynieria i Kształtowanie Środowiska 37, 2007, 39-47.

Łabędzki. L. *Przewidywane zmiany klimatyczne a rozwój nawodnień w Polsce*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich 3, 2009, s. 7-18.

Li G., Shi J., Zhou J. *Bayesian adaptive combination of short-term wind speed forecasts from neural network model*. Renewable Energy 36, 2011, s. 352-359.

Ogallo L. A., Boulahya M. S., Keane T. *Applications of seasonal to interannual climate prediction in agricultural planning and operations*. Agric. Forest Meteorol. 103, 2000, s. 159-166

Petr J. *Weather and yield*. Elsevier, Amsterdam, 1991., s. 288.

Pietrek S., Jasiński J., Kroszycki K. *Badanie pola wiatru dla obszarów morskich na podstawie danych teledekcyjnych i modeli numerycznych*. Zeszyty Naukowe AM w Szczecinie 13(85), 2008, s. 59-64.

Rzekanowski Cz. *Kształtowanie się potrzeb nawodnieniowych roślin sadowniczych w Polsce*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 3, 2009, s.19-27.

Saetra O., Bidlot J. *Assessment of the ECMWF ensemble prediction system for waves and marine winds*. ECMWFT Tech.Memo. 2002, s. 388.

Taylor J., Buizza R. *Using weather ensemble predictions in electricity demand forecasting*. International Journal of forecasting 2003, 19, s. 57-70.

Treder W., Wójcik K., Żarski J., *Wstępna ocena możliwości szacowania potrzeb wodnych roślin na podstawie prostych pomiarów meteorologicznych*. Zeszyty Naukowe ISK 18, 2010, s. 143-154.

Trybała M. *Gospodarka wodna w rolnictwie*. PWRiL, Warszawa, 1996.

Żarski J. *Efekty nawadniania roślin zbożowych w Polsce*. Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich. 3, 2009, s. 29-42.

Xing Z., Chow L., Meng F.R., Res H.W., Stevens L., Monteith L. *Validating evapotranspiration equations using Bowen Ratio in New Brunswick, Maritime, Canada*. Sensors 8, 2008, s. 412-428.

Prof. dr hab. Waldemar Treder
Mgr Katarzyna Wójcik
Mgr Anna Tryngiel-Gać
Dr Krzysztof Klamkowski
Samodzielna Pracownia Nawadniania i Upraw Roślin pod Osłonami
Instytut Ogrodnictwa
ul. Konstytucji 3 Maja 1/3
96-100 Skierniewice
telefon 46 8345246
e-mail: Waldemar.Treder@insad.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Leszek Łabędzki*