

ZASTOSOWANIE PRZESTRZENNEGO GENERATORA DANYCH METEOROLOGICZNYCH DO SZACOWANIA ZASOBÓW WODY W GLEBIE LEKKIEJ W LATACH SUCHYCH I MOKRYCH

Sławomir IWAŃSKI

Akademia Rolnicza we Wrocławiu, Katedra Matematyki

Słowa kluczowe: lata suche i mokre, modelowanie matematyczne, przestrzenny generator danych meteorologicznych, zasoby wody w glebie

Streszczenie

W pracy podjęto próbę estymacji zasobów wody w glebie lekkiej w latach suchych i mokrych w początkowym okresie wegetacji roślin. Zastosowanie przestrzennego generatora danych meteorologicznych, wraz z liniowymi modelami regresyjnymi szacującymi zasoby wody w glebie, umożliwiło oszacowanie zawartości wody w glebie dla trzech wybranych stacji z regionu południowo-zachodniej Polski: Wrocław–Strachowice, Leszno–Strzyżewice i Zielona Góra.

WSTĘP

Jednym z najważniejszych czynników wpływających na wielkość produkcji rolnej są zasoby wody w glebach. Dane o wiosennych zapasach w wody w glebie dostarczają informacji o początkowych warunkach wegetacji roślin, bardzo istotnych dla dalszego ich rozwoju [KOŹMIŃSKI, MICHALSKA, CZARNECKA, 1993; ŻYROMSKI, 2001]. Na zapasy te wpływa ewapotranspiracja, często wykorzystywana do sporządzania prognoz agrometeorologicznych [KOŹMIŃSKI, 1994], w badaniach nad gospodarką wodną roślin [INGRAS, 1995] oraz do rejonizacji rolniczo-klimatycznej.

Adres do korespondencji: dr inż. S. Iwański, Akademia Rolnicza, Katedra Matematyki, ul. Grunwaldzka 53, 50–357 Wrocław; tel.: +48 (71) 320-56-15, e-mail: slawek@aqua.ar.wroc.pl

Istotny wpływ na zasoby wody w glebie mają skrajne warunki klimatyczne. Bez zaplanowania racjonalnego wykorzystywania wody, jej nadmiary występujące w latach mokrych lub niedobory w latach suchych, mogą być bardzo dotkliwe w skutkach [KOŹMIŃSKI, MICHALSKA, CZARNECKA, 1993]. Badania wskazują, że w wyniku zmian klimatycznych można spodziewać się zwiększenia częstości występowania dni z większymi opadami [BOOIJ, 2002; HUNTINGFORD i in., 2003; KHARIN, ZWIERS, 2000; MAY, VOSS, ROECKNER, 2002; ZWIERS, KHARIN, 1998].

Znajomość zasobów wody w glebie w latach suchych i mokrych jest przydatna w planowaniu gospodarki wodnej na terenie zlewni, jednak szacowanie ich ilościowych zmian w latach skrajnych klimatycznie jest trudne, m.in. dlatego że sam pomiar tego czynnika agrometeorologicznego jest pracochłonny, a liczba punktów pomiarowych w zlewni z reguły stosunkowo mała. Problem ten można rozwiązać, stosując odpowiednie modele matematyczne. Przeprowadzono wiele prac nad modelami umożliwiającymi oszacowanie zasobów wody w glebie na podstawie czynników meteorologicznych [PASELA, 1971; ROZBICKI, 1997; ŻYROMSKI, 2001]. Wartości np. temperatury maksymalnej, minimalnej, opadu atmosferycznego i usłonecznienia są obserwowane w znacznie większej liczbie stacji, a dane cechujące lata suche i mokre można otrzymać, wykorzystując generator danych meteorologicznych z odpowiednio zadanym kryterium selekcji symulowanych danych.

Celem pracy jest ocena możliwości wykorzystania przestrzennego generatora dobowych danych meteorologicznych w połączeniu z liniowymi modelami regresyjnymi do zawartości wody w glebie lekkiej wiosną w latach suchych i mokrych, które zdefiniowano według kryterium zaproponowanego przez KACZOROWSKĄ [1962].

METODY BADAŃ

Badania przeprowadzono na terenie trzech stacji meteorologicznych: Wrocław–Strachowice, Leszno–Strzyżewice oraz Zielona Góra (tab. 1). Analizie poddano zapas wody w glebie w latach suchych i mokrych, oszacowany dla wszystkich stacji. Uwzględniono termin szacowania (11 IV i 11 V), głębokość profilu (40

Tabela 1. Charakterystyka położenia wybranych stacji meteorologicznych [ROJEK, ŻYROMSKI, 2000]

Table 1. Location of selected sites [ROJEK, ŻYROMSKI, 2000]

Stacja Site	Położenie Location	Wysokość, m n.p.m. Altitude, m a.s.l.	Teren Terrain
Wrocław–Strachowice	51°06' N, 16°53' E	120	równinny plain
Leszno–Strzyżewice	51°50' N, 16°32' E	91	równinny plain
Zielona Góra	51°56' N, 15°30' E	180	zbcze niewielkiej wyżyny slope of a small upland

i 80 cm) i rodzaj powierzchni (porośnięta trawą o wysokości ok. 15 cm, nieporośnięta – czarny ugór).

Symulacja danych przebiegała w dwóch etapach – w pierwszym uzyskano dane meteorologiczne cechujące lata suche i mokre, w drugim oszacowano zasoby wody w glebie na terenie wszystkich rozpatrywanych stacji. Ponieważ badania obejmowały więcej niż jedną stację, w celu zachowania zależności między stacjami wykorzystano przestrzenny generator dobowych danych meteorologicznych [IWAŃSKI, KUCHAR, 2003].

Generator jest rozszerzeniem jednopunktowego modelu RICHARDSONA [1981] i składa się z bloków wodnego i energetyczno-cieplnego. W bloku wodnym stan danego dnia (opad/brak opadu) definiuje się za pomocą dwustanowych łańcuchów Markowa pierwszego rzędu. Dla każdej stacji $k = 1, 2, 3$ i każdego miesiąca $m = 1, 2, \dots, 12$ estymuje się prawdopodobieństwa. Wielkość opadu generuje się na podstawie wielowymiarowego rozkładu gamma ($\Gamma_m(\alpha_1, \beta_1), \dots, \Gamma_m(\alpha_k, \beta_k)$).

W bloku energetyczno-cieplnym usłonecznienie generuje się w analogiczny sposób, jak opad (dzień z usłonecznieniem/bez usłonecznienia), a jego wartość określa na podstawie wielowymiarowego rozkładu Weibulla ($W_m(\alpha_1, \beta_1), \dots, W_m(\alpha_k, \beta_k)$). Wartości temperatury maksymalnej i minimalnej oraz promieniowania słonecznego definiuje się za pomocą szeregu czasowego AR(1) [SHUMWAY, 1988]:

$$X_t = \Phi_m X_{t-1} + \varepsilon_t$$

gdzie:

- X_t – wektor kolumnowy z poszczególnymi zmiennymi po standaryzacji;
- ε_t – wektor kolumnowy reszt o wartości oczekiwanej równej zero i macierzy kowariancji $\Sigma_m = E(\varepsilon_t \varepsilon_t')$;
- Φ_m – macierz parametrów.

W bloku energetyczno-cieplnym nie uwzględniono podziału na dni z opadem i bez opadu z uwagi na zachowanie korelacji między stacjami.

Estymację parametrów przeprowadzono na podstawie danych z lat 1981–1990, które obejmowały dobowe obserwacje opadu atmosferycznego, temperatury maksymalnej i minimalnej oraz usłonecznienia. Dane pochodzą z Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej we Wrocławiu. Wartości promieniowania słonecznego zostały oszacowane na podstawie wartości usłonecznienia według wzoru Blacka [BAC, ROJEK, 1999].

Dla wszystkich zmiennych i dla każdej stacji wygenerowano serie danych meteorologicznych cechujących lata suche, mokre i normalne, każda o długości 200 lat. Przyjęto, że rok suchy/mokry/normalny to taki, którego wszystkie miesiące są suche/mokre/normalne. KACZOROWSKA [1962] za miesiąc suchy przyjmuje miesiąc z sumą opadów mniejszą niż 75% normy, za miesiąc mokry – z sumą opadów

większą niż 125% normy, a za miesiąc normalny – z sumą opadów wynoszącą 75–125% normy. Normy zostały wyznaczone na podstawie danych z lat 1981–1990 dla każdej stacji oddzielnie.

W drugim etapie otrzymane dane meteorologiczne wykorzystano do obliczenia danych wejściowych do liniowych modeli regresyjnych szacujących zasoby wody w glebie [ŻYROMSKI, 2001]:

$$ZWG = f(P, T, Us, Sr)$$

gdzie:

- ZWG – zasoby wody w glebie;
- f – funkcja liniowa (inna dla każdego terminu, profilu gleby i rodzaju powierzchni);
- P – opad;
- T – temperatura średnia;
- Us – usłonecznienie;
- Sr – promieniowanie.

Parametry poszczególnych funkcji zostały oszacowane przez ŻYROMSKIEGO [2001] na podstawie danych z lat 1963–1969 oraz 1976–1998 pochodzących z Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologii Wrocław–Swojec należącym do Akademii Rolniczej. W modelach wykorzystuje się także liczbę dni z opadem o zadanej wartości. Temperaturę średnią obliczono jako średnią arytmetyczną temperatury maksymalnej i minimalnej. Dane wejściowe do modeli regresyjnych pochodzą z okresu od 1 października roku poprzedzającego do terminu pomiaru zasobów wody w glebie.

Otrzymane w ten sposób szacunkowe wartości zasobów wody w glebie lekkiej, cechujące lata suche i mokre, wykorzystano do szacowania wartości średniej i odchylenia standardowego zawartości wody w glebie. Następnie porównano wyniki z obserwowanymi zapasami wody w glebie w latach normalnych.

WYNIKI BADAŃ

W wyniku przeprowadzonych symulacji otrzymano potencjalne wartości zasobów wody w glebie lekkiej w latach suchych, mokrych i normalnych. Zestawiono wartości średnie oraz odchylenia standardowe uzyskane w symulacjach (tab. 2).

W przypadku lat mokrych względne zwiększenie wartości średniej zasobów wody w stosunku do lat normalnych dla powierzchni porośniętej i profilu 40 cm wynosiło 5,2–7,7% w zależności od stacji i terminu, przy czym we wszystkich stacjach wzrost ten był większy 11 IV niż 11 V. Analogiczna sytuacja wystąpiła w przypadku powierzchni nieporośniętej i profilu 40 cm, a wartość średnia zwięks-

szyla się o 12,6–19,5%. Dla głębokości 80 cm zwiększenie wartości średniej wynosiło 15,1–30,8% w odniesieniu do powierzchni nieporośniętej oraz 9,5–21,3% w odniesieniu do porośniętej. Także w tym przypadku zmiany były większe 11 IV niż 11 V.

W latach suchych nastąpiło zmniejszenie wartości średniej zasobów wody w glebie w stosunku do lat normalnych dla profilu 40 cm o 4,7–8% w odniesieniu do powierzchni porośniętej oraz 7,9–13,4% w odniesieniu do nieporośniętej. W profilu 80 cm w przypadku powierzchni porośniętej zmniejszenie średniej zawartości wody w glebie wynosiło 14,6–23,4%, a w przypadku nieporośniętej – 16,9–27,2%.

Badania wykazały, że niezależnie od stacji, terminu i profilu zmiany wartości średniej zasobów wody w glebie dla powierzchni nieporośniętej były większe niż dla powierzchni porośniętej. Taką zależność stwierdzono również w przypadku odchylenia standardowego, przy czym odnotowano dwa wyjątki – 11 IV w profilu 80 cm na stacjach Wrocław–Strachowice i Leszno–Strzyżewice zmniejszenie odchylenia standardowego było nieznacznie większe dla powierzchni porośniętej.

W pracy przyjęto, że rok mokry/suchy składa się wyłącznie z miesięcy mokrych/suchych. To założenie było podyktowane konstrukcją modeli szacujących zasoby wody w glebie na podstawie elementów meteorologicznych. W modelach tych wykorzystuje się dane pochodzące z okresu kilku miesięcy poprzedzających 11 IV i 11 V. W przypadku przyjęcia standardowego kryterium oceny wilgotności roku (rok suchy – roczna suma opadów mniejsza niż 90% normy wieloletniej, rok mokry – roczna suma opadów większa niż 110% normy) możliwe byłoby otrzymanie roku suchego/mokrego, w którym większość miesięcy z rozpatrywanego okresu od 1 X do 11 IV czy 11 V mogłaby być mokra/sucha, co prowadziłoby do otrzymania niepoprawnych wyników.

WNIOSKI

Metody służące do generowania dobowych danych meteorologicznych mogą być wykorzystywane do symulacji wpływu zmian warunków klimatycznych na rolnictwo, hydrologię i całe środowisko. Dzięki zastosowaniu odpowiednich kryteriów wyboru do generowania istnieje możliwość otrzymania danych meteorologicznych spełniających zadane warunki klimatyczne i jednocześnie zachowujących określone zależności między elementami meteorologicznymi.

Przyjęte w pracy kryterium (każdy miesiąc jest suchy, normalny albo mokry) umożliwiło określenie (za pomocą liniowych modeli szacujących zasoby wody w glebie na podstawie czynników meteorologicznych) zmian zasobów wody w glebie lekkiej w latach mokrych i suchych w stosunku do lat normalnych.

Tabela 2. Charakterystyka zasobów wody w glebie na terenie rozpatrywanych stacji
Table 2. Characteristics of soil water resources for considered sites

Stacja Sites	Termin Date	Profil Profile cm	Powierzchnia Area	Średnie zasoby wody (mm) w glebie w roku Soil water resources (mm) in year			Odchylenie standardowe (mm) w roku Standard deviation (mm) in the year			
				mokrym wet	normalnym normal	suchym dry	mokrym wet	normalnym normal	suchym dry	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Wrocław– Strachowice	11 IV	40	p	94,1	86,4	81,7	10,4	7,6	5,5	
		80	np	95,0	77,7	69,8	14,2	8,9	5,2	
	11 V	40	p	198,0	177,2	157,9	27,8	20,2	13,1	
		80	np	206,7	177,4	160,5	26,6	18,9	12,0	
	Leszno– Strzyżewice	11 IV	40	p	81,9	74,8	68,1	13,1	10,4	7,2
			80	np	88,5	74,4	63,4	13,3	9,7	7,3
11 V		40	p	184,1	173,6	157,8	14,3	11,5	10,1	
		80	np	198,9	180,5	155,2	24,9	18,8	13,3	
Strzyżewice	11 IV	40	p	95,7	88,8	83,3	10,7	8,6	6,6	
		80	np	100,3	82,8	71,1	15,2	10,6	6,0	
	11 V	40	p	209,6	189,4	166,8	27,0	19,3	12,9	
		80	np	215,7	185,1	163,9	28,5	20,4	13,8	
	11 V	40	p	80,5	73,8	66,4	12,1	9,8	6,1	
		80	np	88,3	75,5	62,1	12,6	9,9	7,2	
			p	186,4	175,6	160,3	13,6	11,4	9,8	
			np	205,0	186,0	158,8	23,3	19,1	13,7	

cd. tab. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Zielona Góra	11 IV	40	p	97,8	90,6	84,6	11,4	9,5	7,4
		80	np	105,7	86,2	73,0	16,3	11,6	7,0
			p	213,4	192,1	168,7	29,4	22,5	16,9
			np	223,0	192,2	166,0	30,0	22,2	14,6
	11 V	40	p	81,2	76,0	68,0	12,6	10,6	7,6
			np	90,9	78,3	65,1	13,0	11,0	8,1
		80	p	187,5	178,0	163,4	14,6	12,2	10,4
			np	204,9	189,8	162,8	25,2	21,4	16,2

Objaśnienia: p – powierzchnia porośnięta, np – powierzchnia nieporośnięta. Explanations: p – lawn, np – bare soil.

Badania finansowane w latach 2004–2007 ze środków Komitetu Badań Naukowych.

LITERATURA

- BAC S., ROJEK M., 1999. Meteorologia i klimatologia w inżynierii środowiska. Wrocław: Wydaw. AR ss. 314.
- BOOIJ M.J., 2002. Extreme daily precipitation in Western Europe with climate change at appropriate spatial scales. *Intern. J. Climatology* 22 (1) s. 69–85.
- HUNTINGFORD C., JONES R.G., PRUDHOMME C., LAMB R., GASH J.H.C., JONES D.A., 2003. Regional climate-model predictions of extreme rainfall for a changing climate. *Q. J. R. Meteorol. Soc.* 129 s. 1607–1621.
- INGRAS J., 1995. Porównanie symulowanego i rzeczywistego uwilgotnienia gleby pod pszenicą ozimą. *Fragm. Agron.* 1(45) s. 13–19.
- IWAŃSKI S., KUCHAR L., 2003. Przestrzenne generowanie dobowych danych meteorologicznych. *Acta Sci. Pol. Formatio Circumiectus* 2 (1) s. 113–121.
- KACZOROWSKA Z., 1962. Najsuchsze i najwilgotniejsze pory roku w Polsce w okresie 1900–1950. *Prz. Geofiz.* 7(15) z. 3 s. 12–19.
- KHARIN V., ZWIERS F., 2000. Changes in the extremes in the ensemble of transient climate simulations with a coupled atmosphere-ocean GCM. *J. Climate* 13 s. 3760–3788.
- KOŹMIŃSKI C., MICHALSKA B., CZARNECKA M., 1993. Ekstremalne warunki pogodowe. W: Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin. Pr. zbior. Red. C. Kowalik. Warszawa: PWN s. 194–241.
- KOŹMIŃSKI C., 1994. Określanie i prognozowanie poziomowych zapasów wody w glebie lekkiej na podstawie elementów meteorologicznych. *Rocz. AR Pozn. Melior. Inż. Środ.* 13 s. 33–49.
- MAY W., VOSS R., ROECKNER E., 2002. Changes in the mean and extremes of the hydrological cycle in Europe under enhanced greenhouse gas conditions in a global time-slice experiment. W: Climatic change: Implications for the hydrological cycle and for water management. Pr. zbior. Red. M. Beniston. Dordrecht: Kluwer Academic s. 1–29.
- PASELA E., 1972. Wpływ niektórych elementów meteorologicznych na kształtowanie się wilgoci w glebie pod rośliną uprawną i w profilu bez roślin. *Zesz. Nauk. WSR Krak. Melior.* 5 s. 99–125.
- RICHARDSON C.W., 1981. Stochastic simulation of daily precipitation, temperature and, solar radiation. *Water Resources Res.* 17 s. 182–190.
- ROJEK M., ŻYROMSKI A., 2000. Agrometeorologia i klimatologia. Wrocław: Wydaw. AR ss.153.
- ROZBICKI T., 1997. Związek między wskaźnikami opadów uprzednich i wilgotnością gruntu na wybranych typach gleb lekkich i ciężkich. *Rocz. AR Pozn. Melior. Inż. Środ.* 17 s. 105–115.
- SHUMWAY R.H., 1988. *Applied statistical time series analysis.* New Jersey: Prentice Hall ss. 379.
- ZWIERS F., KHARIN V., 1998. Changes in the extremes of climate simulated by CCC GCM2 under CO₂ doubling. *J. Climate* 11 s. 2200–2222.
- ŻYROMSKI A., 2001. Czynniki agrometeorologiczne a kształtowanie się zapasów wody w glebie lekkiej z podsiękiem wód gruntowych w okresie wiosennym. *Zesz. Nauk. AR Wroc.* 404 Rozpr. 178 ss. 134.

Sławomir IWAŃSKI

**APPLICATION OF THE SPATIAL WEATHER DATA GENERATOR
FOR ESTIMATING WATER RESOURCES OF LIGHT SOIL
IN DRY AND WET YEARS**

Key words: dry and wet years, mathematical modelling, soil water resources, spatial weather data generator

S u m m a r y

This paper describes an attempt to estimate water resources of light soil in the initial period of plants growth. The use of spatial weather data generator together with linear regression models assessing soil water resources allowed to estimate the characteristics of soil water resources for three meteorological stations in south-western Poland: Wrocław–Strachowice, Leszno–Strzyżewice and Zielona Góra.

Recenzenci:

prof. dr hab. Czesław Rzekanowski

dr hab. Andrzej Żyromski

Praca wpłynęła do Redakcji 21.04.2005 r.