

TEMPERATURA POWIETRZA JAKO CZYNNIK PROGNOSTYCZNY  
ZASOBÓW WODNYCH GLEBY WIOSNĄ

*Małgorzata Biniak, Andrzej Żyromski*

Instytut Kształtowania i Ochrony Środowiska, Zakład Agro- i Hydrometeorologii, Akademia Rolnicza  
pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław  
e-mail: Malbin@op.pl  
e-mail: Zyromski@ozi.ar.wroc.pl

**Streszczenie.** W pracy przeprowadzono ocenę możliwości szacowania zasobów wodnych gleby w oparciu o łatwo dostępny element meteorologiczny, jakim jest temperatura powietrza, wykorzystano materiały obserwacyjne dobowych temperatur powietrza z okresu zimowego, poczynając od pierwszej dekady listopada roku poprzedniego do trzeciej dekady kwietnia roku następnego, z lat 1963-1969 oraz 1976-1998. Dla powyższego okresu wyliczono średnie, sumy oraz liczbę dni z temperaturą powietrza w przedziałach, co 2°C w zakresie od -26°C do 22°C, co dało w efekcie trzy rodzaje zmiennych. Następnie wyznaczono zależności pomiędzy powyższymi wartościami temperatur powietrza i obliczonymi zasobami wodnymi gleby z warstw (0-5, 0-10, 0-20, 0-30, 0-40 i 0-50 cm) dla powierzchni nieporośniętej na dzień 1 kwietnia i 1 maja. Zastosowano w tym celu analizę regresji wielokrotnej. W niniejszej pracy wyprobowano równania regresji dla trzech różnych form tego elementu oddzielnie oraz łącznie. W oparciu o wyprobowane równania można ocenić przydatność temperatury powietrza do szacowania zasobów wodnych gleby. Zależności wyznaczone zostały oddzielnie dla każdej podanej wyżej warstwy i terminu. Wskaźnikiem oceniającym przydatność poszczególnych formuł była wartość współczynnika determinacji.

**Słowa kluczowe:** zasoby wodne gleby, temperatura powietrza, prognozy wiosenne

WSTĘP

Jest duża różnorodność i zmienność elementów meteorologicznych kształtujących środowisko atmosferyczne oraz podobnie duże zróżnicowanie wartości zasobów wodnych gleby. Uwarunkowania te dają podstawę do sądów, że jest możliwe uzyskiwanie związków pomiędzy wybranymi elementami meteorologicznymi i zasobami wodnymi gleby. Można w tych zależnościach uwzględnić również rodzaj powierzchni oraz zróżnicowanie warstw i terminów. Zależności te można generować biorąc pod uwagę różne elementy meteorologiczne, zmieniając

przedział czasowy, z jakiego pochodzą [1,8,11,15]. Z logicznego punktu widzenia im większa liczba zmiennych opisujących w postaci elementów meteorologicznych, tym ilość informacji o zasobach wodnych gleby na konkretny termin powinna być również większa. Jednak biorąc pod uwagę zdobyte doświadczenia w zakresie wyznaczania związków pomiędzy wybraną grupą elementów meteorologicznych oraz zasobami wodnymi gleby [8,15] można zauważyć, że prawidłowość ta nie zawsze występuje. Jednocześnie w trakcie badań takich związków stwierdzono, że można uzyskać również w tym zakresie wysokie wartości współczynników determinacji stosując np. jeden element meteorologiczny, ale w różnych formach np. (sumy opadów atmosferycznych, liczba dni z opadem w określonym zakresie i zadanym przedziale czasowym).

Biorąc pod uwagę ten fakt postanowiono przeprowadzić ocenę możliwości szacowania zasobów wodnych gleby w oparciu o inny łatwo dostępny element meteorologiczny, jakim jest temperatura powietrza. Tym bardziej, że temperatury powietrza były i są materiałem badawczym w wielu pracach [2,6,7,9,13]. Stanowią np. źródło ocen agrometeorologicznych [5,12]. W opracowaniach badawczych występują nie tylko w klasycznej postaci średnich, ale również jako sumy [12] lub częstości w zadanych przedziałach wartości [3]. Mając na uwadze ten fakt oraz istotność problemu dotyczącego pośredniego szacowania zasobów wodnych gleby w oparciu o dane meteorologiczne, jako cel badań postawiono przeprowadzenie oceny możliwości prognozowania zasobów wodnych gleby pod powierzchnią nieporośniętą w oparciu o trzy, wykorzystywane w agrometeorologii, formy temperatury powietrza.

#### MATERIAŁ I METODY

Od początku lat 80-tych najpierw w Katedrze, a teraz w Zakładzie Agro i Hydrometeorologii, Instytutu Kształtowania i Ochrony Środowiska Akademii Rolniczej we Wrocławiu prowadzone są badania, w ramach których wykonuje się oceny możliwości konstruowania prognoz zasobów wodnych gleby w oparciu o standardowe dane agrometeorologiczne. Przeprowadza się tę operację w taki sposób, aby w oparciu o nie budować statystyczne modele umożliwiające szacowanie zasobów wodnych gleby pod różnymi powierzchniami, przy zróżnicowaniu terminów i warstw bilansowania w glebie. Prowadzone od wielu lat badania stwarzają również konieczność gromadzenia w okresie wegetacji nowych informacji o zasobach wodnych gleby pod różnymi powierzchniami, co z kolei pozwala na możliwość generowania nowych modeli w oparciu o długie serie obserwacyjne. Działania te pozwalają również na wykorzystywanie części materiałów obserwacyjnych do weryfikacji niezależnej uzyskiwanych nowych rozwiązań. Do budowania modeli wykorzystuje się z reguły analizę regresji wielokrotnej, która

pozwała na wyznaczanie związków statystycznych i jednocześnie ich jakościową ocenę. Każdy z dotychczas uwzględnianych czynników w różnym stopniu wykazywał swoją przydatność. Określana ona była miarą wysokości cząstkowych współczynników determinacji. Stosowane warianty dotychczas wykorzystywanych czynników pozwoliły zauważyć, że niektóre z nich uzyskiwały większe znaczenie, innych zaś rola była ograniczana. Ze względu na to, że badania dotyczące możliwości zastosowania elementów agrometeorologicznych do konstruowania wiosennych prognoz zasobów wodnych gleby prowadzone są od wielu lat, zastosowana metodyka badań oraz materiały określające zasoby wodne gleby pochodzą z tego samego okresu, natomiast elementami wymiennymi są dobierane zróżnicowane wariantowo czynniki agrometeorologiczne. Zasadniczy cel badań prezentowany w poszczególnych pracach pozostaje ten sam, ze względu na konieczność stworzenia w późniejszym czasie warunków do ocen porównawczych pomiędzy sobą różnych czynników agrometeorologicznych oraz ewentualnej możliwości zamiennego ich wykorzystywania w równaniach prognostycznych. Elementem zmiennym są wykorzystywane w wyprowadzanych równaniach regresji jedynie badane czynniki agrometeorologiczne. Również istotnym gwarantem zaufania do uzyskiwanych rezultatów jest fakt, że badania wspomnianych zależności są prowadzone w oparciu o długie, bo co najmniej 30 letnie serie pomiarowe zasobów wodnych gleby w ciągu całego okresu wegetacji oraz standardowych elementów agrometeorologicznych na przestrzeni całego roku.

Ze względu na łatwy dostęp do materiałów archiwalnych dotyczących wartości temperatur powietrza, postanowiono wykorzystać ten fakt w celu uzyskania prostych modeli prognostycznych zasobów wodnych gleby w oparciu o ten element meteorologiczny. W związku z tym, że temperatura powietrza jest wykorzystywana w różnego typu interpretacjach w trzech podstawowych formach; 1) – jako średnia, 2) – suma lub 3) – liczba dni z temperaturą powietrza w określonym przedziale dla konkretnego przedziału czasu, postawiono wykorzystać te cechy i potraktować każdy z wariantów jako zbiór zmiennych niezależnych mogących opisywać zasoby wodne gleby.

W niniejszej pracy wykorzystano materiały obserwacyjne dobowych temperatur powietrza z okresu zimowego, poczynając od pierwszej dekady listopada roku poprzedniego do trzeciej dekady kwietnia roku następnego, z lat 1963-1969 oraz 1976-1998. Zaprezentowane okresy zimowe, z których pochodziły wartości temperatur powietrza zostały wybrane ze względu na to, że autorzy opracowania dysponowali tylko z tych lat danymi dotyczącymi zasobów wodnych gleby, które stanowiły zmienne opisywane przez wartości temperatur powietrza.

W oparciu o wartości średnie dobowe temperatury powietrza obliczono średnie dekadowe, ponieważ okres dekady przyjęto jako podstawowy przedział czasowy do dalszych badań. Kolejnym etapem przekształceń było obliczanie

wartości średnich temperatur powietrza dla okresów kumulowanych w oparciu o poprzednio obliczone średnie dekadowe (uśredniane wartości uzyskiwano po dodaniu kolejnej dekady poczynając od pierwszej dekady listopada). Następnie dla kolejnych dekad okresu zimowego obliczono sumy temperatur powietrza oraz liczbę dni z temperaturą powietrza w przedziałach, co 2°C w zakresie od -26°C do 22°C (tab. 1). Przedział zmienności temperatur wynikał z zakresu, jaki został zaobserwowany na przestrzeni zim wykorzystywanych do badań. Dokładnie tak jak dla wartości średnich dokonano przeliczenia sum i liczby dni z temperaturą w określonym przedziale dla okresów kumulowanych. Dało to w efekcie trzy rodzaje ciągów zmiennych niezależnych, wykorzystywanych do wyznaczania zależności z wiosennymi zasobami wodnymi gleby.

**Tabela 1.** Przedziały temperatur powietrza z okresu zimowego wykorzystane w pracy  
**Table 1.** Ranges of air temperature for winter period, used in the study

Przedziały temperatur powietrza – Range of air temperature					
Lp.	$tp$ (°C)	Lp.	$tp$ (°C)	Lp.	$tp$ (°C)
1	-26,0 ÷ -24,1	9	-10,0 ÷ -8,1	17	6,1 ÷ 8
2	-24,0 ÷ -22,1	10	-8,0 ÷ -6,1	18	8,1 ÷ 10
3	-22,0 ÷ -20,1	11	-6,0 ÷ -4,1	19	10,0 ÷ 12
4	-20,0 ÷ -18,1	12	-4,0 ÷ -2,1	20	12,1 ÷ 14
5	-18,0 ÷ -16,1	13	-2,0 ÷ 0	21	14,1 ÷ 16
6	-16,0 ÷ -14,1	14	0,1 ÷ 2	22	16,1 ÷ 18
7	-14,0 ÷ -12,1	15	2,1 ÷ 4	23	18,1 ÷ 20
8	-12,0 ÷ -10,1	16	4,1 ÷ 6	24	20,1 ÷ 22

Do realizacji badań przedstawionych w niniejszej pracy wykorzystano obliczone zasoby wodne gleby pod powierzchnią nieporośniętą, w oparciu o prowadzone pomiary terenowe wilgotności gleby metodą suszarkowo-wagową. Badania w tym zakresie prowadzono na terenie Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologicznego Wrocław-Swojec Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Wyniki pomiarów terenowych wilgotności gleby wykonywane były w latach 1963-1969 przez zespół uczestniczący w kompleksowych badaniach, których synteza została zawarta w opracowaniu [4]. Natomiast w okresie 1974-1998 wykonywane były przez jednego ze współautorów. Kolejnym etapem badań było wyznaczenie zależności między zasobami wodnymi gleby i średnimi temperaturami powietrza. Zasoby wodne obliczono dla warstw; (0-5, 0-10, 0-20, 0-30, 0-40 i 0-50 cm). Dotyczyło to terminów 1 kwietnia i 1 maja. Drugim elementem były wygenerowane w opisany powyżej sposób zmienne niezależne, których źródło pochodzenia stanowiły średnie dobowe temperatury powietrza.

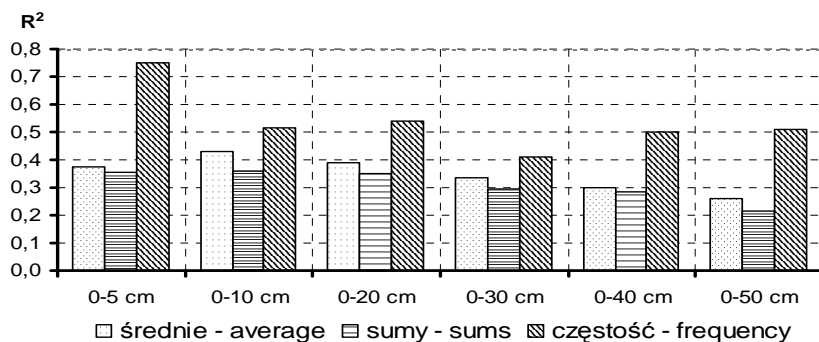
Do ich wyznaczenia posłużono się wspomnianą analizą regresji wielokrotnej krokowej, w celu uzyskania najlepszych podzbiorów zmiennych niezależnych dla każdego z wariantów. Do realizacji tego zadania posłużono się programem komputerowym STATISTICA [14]. Przy jego pomocy wyznaczono zależności w postaci równań regresji, pomiędzy zasobami wodnymi gleby pod powierzchnią nieporośniętą jako zmienną zależną dla przyjętych terminów i warstw gleby oraz wygenerowanymi ciągami wartości temperatur. Wyprowadzone formuły pozwoliły ocenić przydatność temperatury powietrza w różnych formach oddzielnie oraz łącznie wszystkich trzech do oceny możliwości szacowania zasobów wodnych gleby metodą pośrednią. Wskaźnikiem oceniającym przydatność poszczególnych formuł była wartość współczynnika determinacji oraz statystyki pomocnicze pozwalające ocenić istotność i poziom wiarygodności uzyskanych równań regresji.

Charakterystyka gleb na terenie Obserwatorium Agro- i Hydrometeorologicznego przedstawiona została w opracowaniu [10]. Na obszarze obiektu badań oraz na terenie przyległych pól płodozmianu z gleboznawczego punktu widzenia występują gleby piaszczyste, słabogliniaste, prawie na całym obszarze podścielone gliną. W warstwie do głębokości 1 m gleby są mało zróżnicowane, występują piaski słabo gliniaste, piaski gliniaste i piaski pylaste. Zgodnie z genetyczną klasyfikacją gleb Polski są to gleby brunatne, uprawne wytworzone z glin zwałowych, wykazujące w wierzchniej warstwie skład mechaniczny piasków słabo gliniastych. Wody gruntowe zalegają najczęściej na głębokości około 1 m. Pełna pojemność wodna waha się w granicach od 306,1 mm do 322,7 mm. Pojemność połowa wynosi 247 mm.

#### WYNIKI I DYSKUSJA

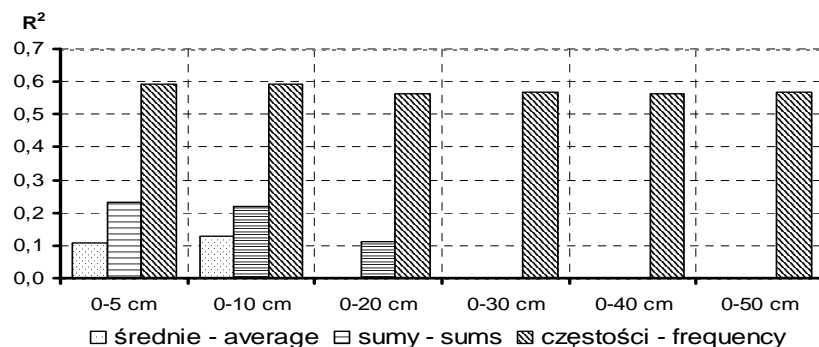
Dla każdego ciągu wartości temperatur powietrza, jednorodnego pod względem sposobu obliczania – średnie, sumy lub liczba dni z temperaturą w określonym przedziale – w obrębie poszczególnych kolejnych pojedynczych dekad z całego okresu zimowego oraz zliczanych według zasad podanych powyżej, wyznaczono w pierwszym etapie zależności w postaci równań regresji. Porównanie wartości całkowitych współczynników determinacji dla kwietnia i maja pomiędzy trzema wygenerowanymi kategoriami pozwoliło na uszeregowanie ich pod względem jakości polegającej na ilości informacji przenoszonych przez zmienne opisujące z poszczególnych kategorii o zasobach wodnych gleby. Wielkości tego parametru dla zróżnicowanych warstw gleby oraz wariantów wyliczenia temperatury powietrza przedstawiono na rysunkach 1 i 2. Rysunek 1 prezentuje zmienność współczynników determinacji na dzień 1 kwietnia natomiast rysunek 2 na dzień 1 maja. Porównanie pomiędzy sobą trzech wariantów wskazuje jednoznacznie, że najwyższe wartości tego parametru uzyskuje się przy wykorzystaniu liczby dni z temperaturą powietrza w określonym przedziale. Dotyczy to

obu rozpatrywanych terminów. Dla terminu kwietniowego daje się zauważyć malejący wpływ liczby dni z temperaturą powietrza wraz z głębokością.



**Rys. 1.** Zmienność współczynników determinacji ( $R^2$ ), na dzień 1 kwietnia dla wyprowadzonych równań regresji przy zróżnicowaniu warstw gleby dla poszczególnych wariantów oddzielnie

**Fig. 1.** Variability of determination coefficients ( $R^2$ ) on the 1st of April for educed regression equations according to the diversity of soil layers for different variants separately



**Rys. 2.** Zmienność współczynników determinacji ( $R^2$ ), na dzień 1 maja dla wyprowadzonych równań regresji przy zróżnicowaniu warstw gleby dla poszczególnych wariantów oddzielnie

**Fig. 2.** Variability of determination coefficients ( $R^2$ ) on the 1st of May for educed regression equations according to the diversity of soil layers for different variants separately

Jest on jednak dominującym nad pozostałymi dwoma wariantami (rys. 1). Zdecydowanie wyrównany wpływ temperatur powietrza dla tego wariantu daje się zauważyć dla terminu majowego. Dla warstw gleby 0-30, 0-40 i 0-50 cm jest on jedynym wariantem, z którego dane mogą posłużyć jako zmienne opisujące zasoby wodne gleby pod powierzchnią nieporośniętą (rys. 2). Przedział liczby dni z temperaturą w zakresie 6,1-8,0°C był tym, który najczęściej występował w wyprowadzonych równaniach regresji zarówno dla terminu kwietniowego jak i majowego.

wego. Odpowiadające mu wartości cząstkowych współczynników determinacji nieznacznie odbiegały od pozostałych zmiennych opisujących wchodzących do równań regresji. Dla warstw powierzchniowych gleby 0-5 i 0-10 cm przedział ten był dominującym w równaniach. Pochodził on zarówno z kolejnych dekad marcowych jak i okresów składających się z 13-15 dekad łącznie, co oznacza przedział czasu od początku listopada do marca włącznie. Dla warstw gleby o większej miąższości jego rola była malejąca, ponieważ zasadniczą rolę odgrywały inne przedziały temperatur.

Odnosnie wariantu ze średnimi temperaturami powietrza, zmienne niezależne występujące w równaniach wyprowadzonych dla warstwy powierzchniowej 0-5 i 0-10 cm na dzień 1 kwietnia pochodziły głównie z pierwszej i trzeciej dekady marca. Dla warstw gleby 0-20, 0-30 i 0-40 cm powtarzały się równoległe jako zmienne opisujące w równaniach regresji: średnia temperatura powietrza z drugiej dekady marca oraz średnie temperatury powietrza pochodzące z okresów 13-14 dekad liczonych od początku listopada.

Mając na uwadze fakt, że każdy z wariantów uwzględniany samodzielnie wnosi pewną ilość informacji o zasobach wodnych gleby postanowiono wykorzystać te możliwości i wyprowadzić równania w oparciu o wszystkie zmienne, które wchodziły do równań regresji przy rozpatrywaniu ich oddzielnie. Z tego też względu stosując analizę regresji wielokrotnej, dla każdego ciągu wygenerowanych wartości temperatur powietrza obydwu terminów oraz każdej warstwy gleby wyprowadzono równania oraz wyliczono wartości współczynników determinacji  $R^2$ , określające, w jakim stopniu wyprowadzone modele wyjaśniają badane zależności. Program Statistica wylicza również wartości  $R^2$  poprawione, które uwzględniają fakt, że  $R^2$  jest obliczany z określonej próby a nie z całej populacji. W ten sposób uzyskane współczynniki determinacji pozwalają ocenić, w jakim stopniu wyprowadzone równania regresji byłyby dopasowane do innej próby z tej samej populacji. W trakcie obliczeń szacowane są również błędy standardowe estymacji informujące o stopniu dopasowania uzyskanych modeli do danych empirycznych.

W tabeli 2 przedstawiono przykładowe podsumowanie regresji krokowej dla jednej z warstw gleby – 0-5 cm – powierzchni nieporośniętej na dzień 1 kwietnia. W pierwszej części tabeli zamieszczono znormalizowane parametry równania regresji. Pozwala to na porównywanie ich ze sobą oraz oceniać istotność poszczególnych jego elementów. Zaletą tej interpretacji jest jej niezależność od jednostek miary zmiennych zależnych. Symbol „B” zamieszczony we wspomnianej tabeli grupuje z kolei wartości odpowiadające współczynnikom kierunkowym równania, natomiast następna kolumna określa wielkości błędów, jakimi są one obarczone. W ten sam sposób wyliczono również dla każdego równania wielkości cząstkowych i całkowitych współczynników determinacji. Symbole

zawarte w tabeli w przypadku skrótu „śr.10” oznaczają zmienną jako wartość średnią. Zamieszczona obok wartość liczbową określa liczbę dekad, z jakich ją wyliczono. Oznaczenia takie jak; „6,1-8,0 3/XII” lub „6,1-8,0 13” określają zmienną, która oznacza w pierwszej części przedział temperatury powietrza, w drugiej zaś dekadę i miesiąc, z których pochodzi.

**Tabela 2.** Przykładowe elementy równania regresji wyliczone dla warstwy gleby 0-5 cm z zastosowaniem regresji wielokrotnej krokowej (zrzut ekranu)

**Table 2.** Example elements of regression equation calculated for 0-5 cm soil layer using multiple step regression (screen shot)

Podsumowanie regresji zmiennej zależnej – Summary of dependent variable regression: RU 0-5 cm

R = ,8134 R<sup>2</sup> = ,6617 Popraw. – Correct R<sup>2</sup> = , 5734

F(6,23) = 7,497 p<.00004 Błąd std. estymacji – Standard error of estimation: 2,185

	Błąd st.		Błąd st.		t(23)	Poziom p Level p
	BETA	BETA	B	B		
W. wolny – Free			9,482	1,301	7,289	0,000
śr. – average 7	-0,763	0,264	-1,932	0,668	-2,891	0,008
śr. – average 10	1,233	0,422	2,475	0,848	2,919	0,008
śr. – average 14	-1,273	0,383	-2,359	0,710	-3,325	0,003
6.1-8.0 3/XII	-0,499	0,145	-1,527	0,442	-3,453	0,002
6.1-8.0 3/I	-0,652	0,171	-2,289	0,600	-3,818	0,001
6.1-8.0 13	0,780	0,245	0,574	0,180	3,110	0,004

Podsumowanie regresji krokowej – Summary of step regression; DV: RU 0-5 cm

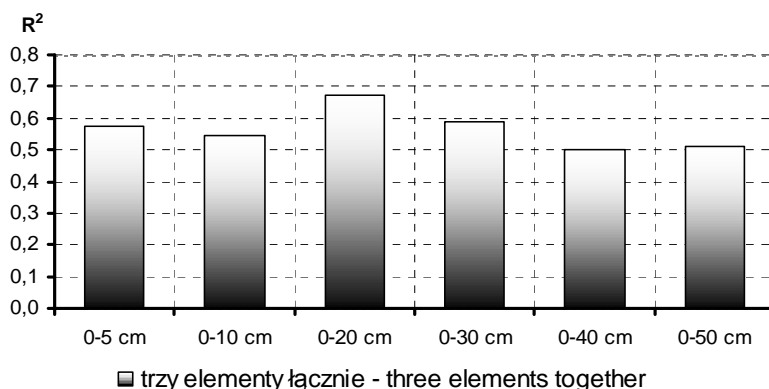
	Krok	Wielokr.	Wielokr.	R – kwadr.	F – do	Poziom p Level p
	Step	Mutiple	Multiple	R – square	F – to	
	+do/-z	R	R – kwadr. R – square	Zmiana Change	wprow/us Data – input	
śr. – average 7	1	0,574	0,330	0,330	13,780	0,001
śr. – average 10	2	0,620	0,384	0,054	2,377	0,137
śr. – average 14	3	0,675	0,455	0,071	3,404	0,078
6.1-8.0 3/XII	4	0,715	0,511	0,055	2,819	0,107
6.1-8.0 3/I	5	0,734	0,539	0,028	1,470	0,238
6.1-8.0 13	6	0,813	0,662	0,123	8,355	0,008

W przypadku występowania tylko po oznaczeniu przedziału liczby, oznacza ona ilość dekad, z jakich określano jego liczebność.

Dynamikę uzyskanych wartości współczynników determinacji dla poszczególnych warstw gleby oraz analizowanych terminów przedstawiono na rysunkach

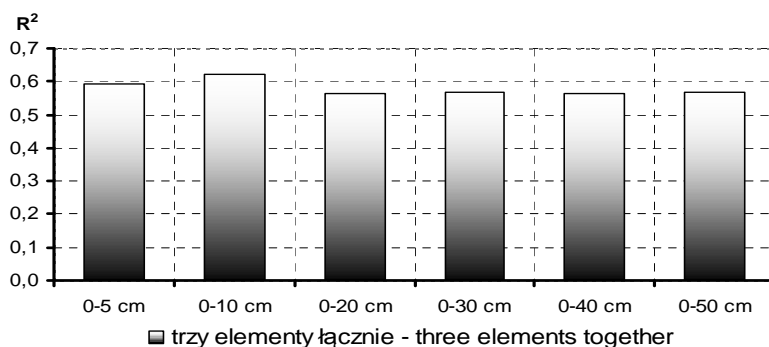


3 i 4. Wartości tego parametru dla zależności wyznaczonych na dzień 1 kwietnia wykazują zróżnicowanie, z lekką tendencją spadkową w miarę wzrostu miąższości analizowanej warstwy gleby. Natomiast dla związków wyprowadzonych na dzień 1 maja wartości współczynników determinacji są bardzo wyrównane i na nieco wyższym poziomie.



**Rys. 3.** Zmienność współczynników determinacji ( $R^2$ ), na dzień 1 kwietnia dla wyprowadzonych równań regresji przy zróżnicowaniu warstw gleby dla trzech elementów łącznie

**Fig. 3.** Variability of determination coefficients ( $R^2$ ) on the first of April for educed regression equations according to the diversity of soil layers for three elements together



**Rys. 4.** Zmienność współczynników determinacji ( $R^2$ ), na dzień 1 maja dla wyprowadzonych równań regresji przy zróżnicowaniu warstw gleby dla trzech elementów łącznie

**Fig. 4.** Variability of determination coefficients ( $R^2$ ) on the 1st of May for educed regression equations according to the diversity of soil layers for three elements together

Przeprowadzone analizy wskazują, że prawdopodobne jest uzyskanie jeszcze wyższych wartości współczynników determinacji i istotnych składowych równań

regresji. Hipotezę taką można założyć, ponieważ liczba dni z temperaturą powietrza okazała się czynnikiem najlepiej pojedynczo i w zespole opisującym zasoby wodne gleby. Wobec tego gdyby sumy temperatur powietrza zliczać od pewnego wyznaczonego metodą prób przedziału mogłoby się okazać, że ten element również może wносить więcej informacji o zasobach wodnych gleby. Dla pełniejszej oceny uzyskanych rezultatów zdaniem autorów zasadne jest sprawdzenie tej hipotezy z równoczesną weryfikacją uzyskanych wyników na materiale niezależnym pochodzącym z innych lat lub testem Cross Validation, pozwalającym na ocenę przydatności wyprowadzonych równań oraz zakresu możliwego ich zastosowania. Przeprowadzona wstępna weryfikacja merytoryczna uzyskanych wyników wskazuje na zasadność podjęcia próby rozwiązywania tego zagadnienia. Natomiast dotychczasowa analiza uzyskanych wyników pozwala na sformułowanie następujących wniosków:

#### WNIOSKI

1. Próbę pośredniej oceny zasobów wodnych gleby pod powierzchnią nieporośniętą przeprowadzono z wykorzystaniem analizy regresji wielokrotnej. Wykonano ją w oparciu o wybrane wartości temperatur powietrza występujące jako średnie dekadowe, sumy bądź liczba dni z temperaturą powietrza w różnych zakresach w kolejnych i zliczanych dekadach okresu zimowego. Wskazuje ona, że czynnik ten może stanowić zmienną niezależną wnoszącą znaczny zasób informacji o zasobach wodnych gleby dla różnych warstw i terminów wiosennych.

2. Wykonana oddzielnie dla każdej z form występowania temperatury powietrza analiza wskazuje, że parametr w postaci liczby dni w dekadzie z określonym przedziałem temperatur powietrza jest czynnikiem najlepiej opisującym zasoby wodne gleby. Uzyskane dla tego elementu współczynniki determinacji, dotyczące równań regresji na dzień 1 kwietnia wykazują tendencję spadkową wraz z grubością opisywanej warstwy gleby, natomiast dla terminu 1 maja daje się zauważyć nieznacznie wyższe, ale wyrównane wartości tego parametru w porównaniu do 1 kwietnia.

3. Porównując wartości średnie i sumy dekadowe temperatur powietrza można stwierdzić, że są one czynnikami o podobnym poziomie przydatności do opisu zasobów wodnych gleby, ale tylko na dzień 1 kwietnia. Uzyskane współczynniki determinacji wykazują spadek wartości w miarę uwzględniania warstw gleby o większej miąższości. Ich znaczenie zanika na głębokości 20 cm w równaniach wyprowadzonych na dzień 1 maja.

4. Uwzględnienie wszystkich trzech form temperatury powietrza jako danych wejściowych do generowania równań regresji, pozwala na uzyskiwanie związków zależności zasobów wodnych gleby pod powierzchnią nieporośniętą od

temperatury powietrza o wartościach współczynników determinacji powyżej 50%. Uzyskane współczynniki determinacji dla równań wyprowadzonych na dzień 1 maja wykazują znaczną stabilność bez względu na grubość analizowanej warstwy gleby.

#### PIŚMIENNICTWO

1. **Bohne K.:** Untersuchung über den Jahresgang des Feuchtegehalts in einigen grundwasserfernen Böden auf der Grundlage von Beziehungen zwischen Witterung und Bodenfeuchte. Albrecht Thier-Archiv, Berlin, 14, 5, 433-443, 1970.
2. **Fortuniak K., Kożuchowski K., Żmudzka E.:** Trendy i okresowość zmian temperatury powietrza w Polsce w drugiej połowie XX wieku. Przegląd Geofizyczny, XLVI, z. 4, 283-303, 2001.
3. **Hess M.:** Częstość występowania różnych wartości średnich temperatur dobowych powietrza w poszczególnych piętrach klimatycznych polskich Karpat Zachodnich. Przegląd Geofizyczny, X (XVIII), z. 3-4, 257-270, 1965.
4. **Jabłoński S., Krężel R., Gosławski F.:** Wpływ intensyfikacji produkcji roślinnej na elementy bilansu wodnego i cieplnego, wyniki badań za lata 1963-1969, maszynopis, 1963-1969.
5. **Karliński M., Kędziora A.:** Statystyczna interpretacja zależności niektórych pojavów fenologicznych od temperatury powietrza. Przegląd Geofizyczny, 12, z. 2, 121-130, 1967.
6. **Kossowska-Cezak U.:** Miesięczne i sezonowe anomalie temperatury i opadów - metody wyznaczania i częstość występowania. Annales Universitatis Marie Curie-Skłodowska Lublin - Polonia, section B, vol. LV/LVI, 23, 189-194, 2000/2001.
7. **Koziel S.:** O średniej dobowej i optymalnych terminach obserwacji temperatury powietrza. Wiadomości Meteorologii i Gospodarki Wodnej, Tom III (XXIV), z. 2, 77-85, 1976.
8. **Koźmiński Cz.:** Określanie i prognozowanie poziomowych zapasów wody w glebie lekkiej na podstawie elementów meteorologicznych. Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu, CCLVII, 33-49, 1994.
9. **Kożuchowski K.** (redaktor), zespół: **Baliński W., Bartnik A., Buczyłko K., Degirmendźić J., Fortuniak K., Jokiel P., Kożuchowski K., Liszewska M., Minkiewicz T., Papiernik Ż., Podogrodzki J., Wagner A., Wibig J., Żmudzka E.:** Pory roku w Polsce – sezonowe zmiany w środowisku a wieloletnie tendencje klimatyczne, opracowanie przygotowane w ramach grantu KBN nr 6P04E02416 z 1999 r w Zakładzie Dynamiki Środowiska i Bioklimatologii Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź, 2000.
10. **Mazj S., Kowalski J., Woźny F., Szpikowski A., Krężel J.:** Ekspertyza hydrogeologiczna i gleboznawcza pól ustalonych na Swojcu k. Wrocławia – "Warunki hydrogeologiczne i glebowo-wodne pól ustalonych Instytutu Gospodarki Wodnej – położonych na terenie RZD w Swojcu k. Wrocławia, (maszynopis), Katedra AiH AR, Wrocław, 1965.
11. **Molga M.:** Studium agrometeorologiczne nad geograficznym rozkładem wody w glebie na początku okresu wegetacyjnego w Polsce. Przegląd Geofizyczny, rok XIV (XXII), z.2, 151-179, 1969.
12. **Pieślak Z.:** Ocena sum temperatur jako wskaźnika agrometeorologicznego. Przegląd Geofizyczny, rok XII (XX), z 3-4, 197-222, 1967.
13. **Skowera B., Puła J.:** Skrajne warunki pluwiotermiczne w okresie wiosennym na obszarze Polski w latach 1971- 2000, Acta Agrophysica, 3 (1), 171-177, 2004.
14. StatSoft, Inc.: STATISTICA for Windows Computer program manual, wersja 5.1. G edycja '97, nr SP8068316302G51, 1997.

15. **Żyromski A.:** Czynniki agrometeorologiczne a kształtowanie się zasobów wody w glebie lekkiej z podsiąkiem wód gruntowych w okresie wiosennym. Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rozprawy, 404, 2001.

## AIR TEMPERATURE AS A FACTOR FOR PREDICTION OF SOIL WATER RESERVES IN SPRING

*Małgorzata Biniak, Andrzej Żyromski*

Department of Agro- and Hydrometeorology, Institute of Environmental Development and Protection,  
University of Agriculture, pl. Grunwaldzki 24, 50-363 Wrocław  
e-mail: Malbin@op.pl

**Abstract.** The paper describes possibilities of estimating soil water reserves on the basis of daily air temperatures data from the winter period, from the 1<sup>st</sup> decade of November till 3<sup>rd</sup> decade of April in the years 1963-1969 and 1976-1998. For these periods, averages, sums and the number of days with air temperature from different ranges, counted every two degrees from  $-26^{\circ}\text{C}$  to  $22^{\circ}\text{C}$  were estimated. As a result, three kinds of variables were received. Dependences between air temperature values and soil water reserves for six soil layers: 0-5, 0-10, 0-20, 0-30, 0-40, 0-50 cm were determined for bare soil on the 1<sup>st</sup> of April and the 1<sup>st</sup> of May using step regression analysis. Estimated dependences were used to evaluate the possibilities of using such a meteorological element as air temperatures in three different forms separately, and then all three together, to estimate soil water reserves with an indirect method. Dependences were calculated for each analyzed soil layer and time. The value of the determination coefficient was the index used to describe the usefulness of all the forms.

**Key words:** soil water reserves, air temperature, spring forecasting