

KARTOGRAFICZNA PREZENTACJA GLEBOWYCH NIEDOBORÓW  
WODNYCH DLA BURAKA CUKROWEGO OSZACOWANYCH  
Z ZASTOSOWANIEM MODELU CROPDEF

*Janusz Ostrowski<sup>1</sup>, Leszek Łabędzki<sup>2</sup>, Ewa Kanecka-Geszke<sup>2</sup>, Wanda Kowalik<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Instytut Melioracji i Użytków Zielonych  
Zakład Studiów Regionalnych Rozwoju Obszarów Wiejskich  
Falenty, al. Hrabstwa 3, 05-090 Raszyn  
e-mail: j.ostrowski@imuz.edu.pl

<sup>2</sup>Instytut Melioracji i Użytków Zielonych  
Wielkopolsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy  
ul. Glinki 60, 85-174 Bydgoszcz

<sup>3</sup>Instytut Geodezji i Kartografii  
ul. Modzelewskiego 27, 02-679 Warszawa

**Streszczenie.** Celem pracy była charakterystyka i kartograficzna prezentacja zmienności przestrzennej glebowych niedoborów wodnych dla buraka cukrowego. Obliczenia niedoborów wodnych wykonano dla 40 stacji meteorologicznych IMGW i IMUZ z lat 1970-2004, z wykorzystaniem bazy wieloletnich dekadowych wartości danych meteorologicznych dla buraka cukrowego uprawianego na glebach odpowiednich do jego uprawy. W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano dane dla omawianej rośliny i przypisanej jej gleby z uwzględnieniem prawdopodobieństwa 20% i 50%. Posłużyły one do utworzenia relacyjnej bazy danych, za pomocą której przygotowano mapy niedoborów dla każdego wyliczonego wariantu. Mapy niedoborów wodnych wykonano metodą radialnych funkcji bazowych – „completely regularized spline”, z uwzględnieniem wszystkich punktów pomiarowych.

Słowa kluczowe: buraki cukrowe, glebowe niedobory wodne, mapowanie

#### WSTĘP

Zaspokojenie potrzeb wodnych roślin uprawnych gwarantujące możliwie wysoki plon przy racjonalnym gospodarowaniu wodą i energią oraz przy zachowaniu równowagi w środowisku od dawna i w szerokim zakresie stanowi przedmiot zainteresowania producentów – rolników i meliorantów odpowiedzialnych za kształtowanie proekologicznej gospodarki wodnej na obszarach produkcji rolniczej. Konieczność

uzupełnienia niedoborów wody potwierdzają wyniki badań potrzeb wodnych roślin uprawnych oraz dynamiki warunków agroklimatycznych, a w szczególności nierównomierności opadów w odniesieniu do zdolności retencyjnej gleb i ewapotranspiracji roślin (Drupka i in. 1997, Kuźniar 2001, Łabędzki 1996).

Jest wiele publikowanych wyników badań nad niedoborami wodnymi roślin uprawnych zarówno w aspekcie czasowym jak i przestrzennym (Dzieżyc 1989, Kowalik 1989, Koźmiński i Michalska 2002, Kuźniar 2001, Łabędzki 1996). Jednak przedstawiają one rozkład przestrzenny i czasowy niedoborów na obszarze kraju bez powiązania z rzeczywistością pokrywą gleb występujących w regionie. W początkowej fazie badań niedobory obliczano na podstawie wskaźników klimatycznych parametryzując na tej podstawie rozwiązania studialno-projektowe lokalizacji i instalacji deszczowni. Jednym z pierwszych polskich badaczy, który zwrócił uwagę na udział retencji glebowej w pokrywaniu potrzeb wodnych roślin uprawnych był Kryszan (1986), który przy szacowaniu niedoborów wodnych uwzględnił tzw. efektywną retencję użyteczną przyjmując trzy wskaźnikowe wartości zdolności retencyjnej gleb (ERU = 50, 70, 100 mm). Przez wiele lat, a właściwie do chwili obecnej, w obliczeniach naukowych do ustalania niedoborów wodnych stosowana jest metodyka Roguskiego i in. (1988), w której wartości wody łatwo dostępnej dla poszczególnych gatunków gleb przyjmowane są według danych Ślusarczyka (1979) lub określone na podstawie krzywej retencji. Tak uwzględniana retencja wodna gleb w istotny sposób rzutuje na poziom szacowania niedoborów wodnych i efektywność prognozowania rezerw wody potrzebnej do nawodnień.

Celem pracy jest charakterystyka i kartograficzna prezentacja zmienności przestrzennej glebowych niedoborów wodnych dla buraka cukrowego w powiązaniu z glebami występującymi na terenie Polski.

#### MATERIAŁ BADAWCZY

Niedobory wodne w glebie dla buraka cukrowego obliczono dla 40 stacji meteorologicznych IMGW i IMUZ z lat 1970-2004, z wykorzystaniem bazy wieloletnich dekadowych wartości temperatury i wilgotności powietrza, usłonecznienia, prędkości wiatru oraz opadów.

Gleby odpowiednie do uprawy buraka cukrowego wytypowano na podstawie relacji między kompleksami rolniczej przydatności gleb a typami i podtypami oraz rodzajami gleb ornyczych a także na podstawie przydatności gleb należących do tych kompleksów pod uprawę roślin, określoną i opublikowaną przez IUNG (Witek 1973).

Wskaźnikowe wartości potencjalnej retencji użytecznej w 100 cm warstwie gleby wyliczono w odniesieniu do zgeneralizowanych jednostek glebowych, zawartych w bazie danych glebowo-kartograficznych IMUZ, na podstawie hydrofizycznych charakterystyk tych jednostek opracowanych przez IA PAN i IMUZ (Walczak i in. 2002).

## METODA OBLICZANIA NIEDOBORÓW WODNYCH

Do obliczenia niedoborów wodnych buraka cukrowego zastosowano metodę bilansu wodnego warstwy korzeniowej gleby w oparciu o metodykę opracowaną przez Allena i in. (1998), Roguskiego, Sarnacką, Drupkę (1988), Doorenbosa i Pruitta (1977), Łabędzkiego (1997, 2006) oraz Smitha (1992a,b). Metodyka ta, jak również opracowany na jej podstawie model CROPDEF, została pozytywnie zweryfikowana przez Łabędzkiego (1988, 1992a,b, 1997). Bilansowanie w każdym roku rozpoczyna się przy założeniu pełnej retencji użytecznej gleby na wiosnę (przy stanie połowej pojemności wodnej). Obliczenia dokonywane są w okresach dekad kalendarzowych, miesięcy i w całym okresie wegetacyjnym (kwiecień-wrzesień) jako suma wielkości dekadowych. W tych okresach obliczane są wielkości opadu, ewapotranspiracji i niedoborów o określonym prawdopodobieństwie przewyższenia przy zastosowaniu do opisu ich charakteru losowego rozkładu prawdopodobieństwa Pearsona typ III (Kaczmarek 1970).

Zapasy wody użytecznej w warstwie korzeniowej gleby danej rośliny (o głębokości zmiennej w czasie, ale stałej w danej dekadzie) oblicza się w ciągu okresu wegetacyjnego, począwszy od 1 kwietnia, w okresach dekadowych według równania:

$$ZWU_{pt} = ZWU_{k(t-1)} = ZWU_{p(t-1)} + P_{t-1} + WG_{t-1} - ETp_{t-1} \quad (1)$$

gdzie:  $ZWU_{pt}$  – zapas wody użytecznej na początku dekady  $t$  w warstwie korzeniowej (mm),  $ZWU_{k(t-1)}$ ,  $ZWU_{p(t-1)}$  – zapas wody użytecznej na końcu i na początku dekady  $t-1$  w warstwie korzeniowej (mm),  $P_{t-1}$  – opad w dekadzie  $t-1$  (mm),  $ETp_{t-1}$  – ewapotranspiracja potencjalna w dekadzie  $t-1$  (mm),  $WG_{t-1}$  – dopływ wody drogą podsiąku kapilarnego z głębszych warstw gleby do warstwy korzeniowej w dekadzie  $t-1$  (mm).

Ewapotranspiracja potencjalna  $ETp$  w dekadzie (mm), będąca ewapotranspiracją rzeczywistą roślin przy dostatecznym uwilgotnieniu gleby, obliczana jest jako:

$$ETp = k_c ET_o \quad (2)$$

gdzie:  $ET_o$  – ewapotranspiracja wskaźnikowa wg Penmana-Monteitha (mm),  $k_c$  – współczynnik roślinny zależny od fazy rozwojowej rośliny i wielkości plonu.

Za kryterium wystąpienia niedoboru wody w dekadzie  $t-1$  okresu wegetacyjnego przyjęto wyczerpanie zapasu wody łatwo dostępnej, przy którym nie występuje hamowanie wzrostu roślin. W okresie, kiedy wystąpiło wyczerpanie wody łatwo dostępnej, niedobór wody  $N_{t-1}$  (mm) w dekadzie  $t-1$  obliczany jest z równania:

$$N_{t-1} = ZWTD - ZWU_{k(t-1)} \quad (3)$$

gdzie:  $ZWTD$  – zapas wody trudno dostępnej (mm).

Zapas wody trudno dostępnej oblicza się, stosując współczynnik dostępności wody  $p$  określający, jaką część zapasu wody użytecznej stanowi woda łatwo dostępna:

$$ZWLD = p \cdot ZWU \quad (4)$$

$$ZWTD = (1 - p) \cdot ZWU \quad (5)$$

gdzie:  $ZWLD$  – zapas wody łatwo dostępnej (mm),  $p$  – współczynnik dostępności wody,  $ZWU$  – zapas wody użytecznej (mm), obliczany jako:

$$ZWU = ZW_{PPW} - ZW_{WTW} \quad (6)$$

gdzie:  $ZW_{PPW}$  – zapas wody w stanie połowej pojemności wodnej ( $pF = 2,2$ ) (mm),  $ZW_{WTW}$  – zapas wody w stanie wilgotności trwałego więdnięcia ( $pF = 4,2$ ) (mm).

Zapasy wody użytecznej w glebie zostały określone na podstawie opracowania Walczaka i in. (2002).

Współczynnik dostępności wody  $p$  określa, jaka część zapasu wody użytecznej  $ZWU$  jest łatwo dostępna dla roślin. Jest on zależny od fazy rozwojowej rośliny oraz głębokości korzeni. W modelu zastosowano wartości współczynnika dostępności wody  $p$  dla buraków cukrowych za Doorenbosem i Pruittem (1977) oraz za Łabędzkiem (1988, 2006).

Współczynnik roślinny  $k_c$  zależy od fazy rozwojowej rośliny i wielkości plonu. Wartości tego współczynnika zostały określone dla wybranych roślin uprawnych w badaniach lizymetrycznych IMUZ (Łabędzki 2006) oraz na podstawie danych literaturowych (Allen i in. 1998, Roguski i in. 1988).

Obliczenia zmian zapasów wody użytecznej według wzoru (1) są prowadzone dla zmiennej w czasie głębokości systemu korzeniowego. Obecnie brak jest szczegółowych danych na temat szybkości przyrostu systemu korzeniowego różnych roślin polowych. W związku z tym w modelu przyjęto średni przyrost głębokości systemu korzeniowego równy  $10 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ , aż do głębokości maksymalnej w okresie pełnego rozwoju roślin. Dla roślin głęboko korzeniujących się ( $>100 \text{ cm}$ ), obliczenia prowadzone są do głębokości warstwy czynnej nie większej niż  $100 \text{ cm}$ .

Wobec powyższego niedobory wody liczone wzorem (3) należy traktować jako niedobory wskaźnikowe, odnoszące się do profilu glebowego nie głębszego niż  $100 \text{ cm}$  oraz do roślin uprawnych dających wysoki plon, możliwy do osiągnięcia przy zastosowaniu wysokiego nawożenia i przy nieograniczonym poziomie pozostałych czynników plonotwórczych. W warunkach, kiedy rośliny mogą wykorzystywać wodę zgromadzoną w glebie z głębszych warstw niż  $100 \text{ cm}$ , niedobory te mogą być mniejsze. Dotyczy to także okresów, kiedy warstwa korzeniowa jest płytsza niż  $100 \text{ cm}$ ,

a występuje dopływ wody do niej z głębszych warstw gleby. Będą one również mniejsze w odniesieniu do mniejszych plonów końcowych od założonych.

W zastosowanej metodzie i modelu, dopływ wody glebowej kapilarnej do aktualnej warstwy korzeniowej z warstw głębszych, występujący na skutek różnicy potencjałów wody glebowej, uwzględnia składnik  $WG$  w równaniu (1). Jego udział w pokrywaniu potrzeb ewapotranspiracji i uzupełnianiu zapasów wody w strefie korzeniowej, zależy od różnicy potencjałów wody w poszczególnych warstwach gleby oraz właściwości przewodzących gleby. Ocenę wielkości tego składnika dokonano na podstawie danych literaturowych, które np. podają (Rener i Sreber 1982), że w piasku średnim wynosi ona około  $0,15 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ , w glinach  $0,2 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ , a w utworach pylastych może dochodzić do  $2 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ . Doorenbos i Pruitt (1977) podają, że z dobrym przybliżeniem w zastosowanej metodyce można przyjmować wielkość dopływu wody do wilgotnej strefy korzeniowej w ilości od  $0,1 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$  w piasku gliniastym do  $1,5 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$  w glinie piaszczystej.

Niedobory wodne w glebie dla buraka cukrowego obliczane są w punktach określonych współrzędnymi geograficznymi poszczególnych stacji meteorologicznych, dla określonych prawdopodobieństw przewyższenia, wyznaczających częstotliwość pojawiania się niedoborów o danej wartości wraz z większymi (np. prawdopodobieństwo 50% oznacza, że dany niedobór wody wraz z większymi pojawia się co drugi rok, prawdopodobieństwo 20% – 1 raz na pięć lat).

W wyniku przeprowadzonych obliczeń uzyskano dane dla omawianej rośliny i przypisanej jej gleby z uwzględnieniem dwóch wspomnianych wyżej progów prawdopodobieństwa odniesione do poszczególnych stacji meteorologicznych. Dane te posłużyły do utworzenia bazy danych, dzięki której możliwe było przygotowanie przestrzennego zobrazowania niedoborów dla każdego wyliczonego wariantu w postaci map niedoborów.

#### METODA INTERPOLACJI WYNIKÓW

W celu przestrzennego zobrazowania wyników badań wybrano metodę interpolacji, która pozwala na wygenerowanie ciągłej powierzchni przedstawiającej wielkość danego zjawiska w oparciu o wartości pomierzone w skończonej liczbie punktów pomiarowych (stacji meteorologicznych).

Przeanalizowano 20 metod interpolacji i zdecydowano, że najlepszą (ze względu na charakter interpolowanego zjawiska) jest metoda radialnych funkcji bazowych – *regularized spline*. Jednym z warunków skutecznej interpolacji jest określenie zakresu jednorodności obszarów poprzez wyznaczenie brzegowych wartości przedziałów rozgraniczających strefy przestrzenne niedoborów.

Analiza danych z literatury skłoniła autorów do ustalenia przedziałów w wysokości 40 mm. Dla tego wyboru przyjęto uzasadnienie Drupki (1976), który

dyskutując wielkości dawek polewowych stwierdza, że wartość tę dla większości gleb uznać można jako granicę skutecznego deszczowania nie dopuszczającego do grawitacyjnego odpływu wody poza profil gleby.

Na podstawie minimalnych i maksymalnych niedoborów, ustalono siedem przedziałów określonych następującymi wartościami: 0-40, 40-80, 80-120, 120-160, 160-200, 200-240 oraz 240-280 mm przy maksymalnym oszacowanym niedoborze dla buraków cukrowych wynoszącym 260,6 mm i prawdopodobieństwem wynoszącym 20% i 50%.

#### KARTOGRAFICZNA PREZENTACJA NIEDOBORÓW WODNYCH

Wybraną metodą wykonano interpolacyjne mapy niedoborów wodnych z prawdopodobieństwem przewyższenia 20% i 50%, dla obszaru Polski, dla buraka cukrowego na glebach odpowiednich do jego uprawiania.

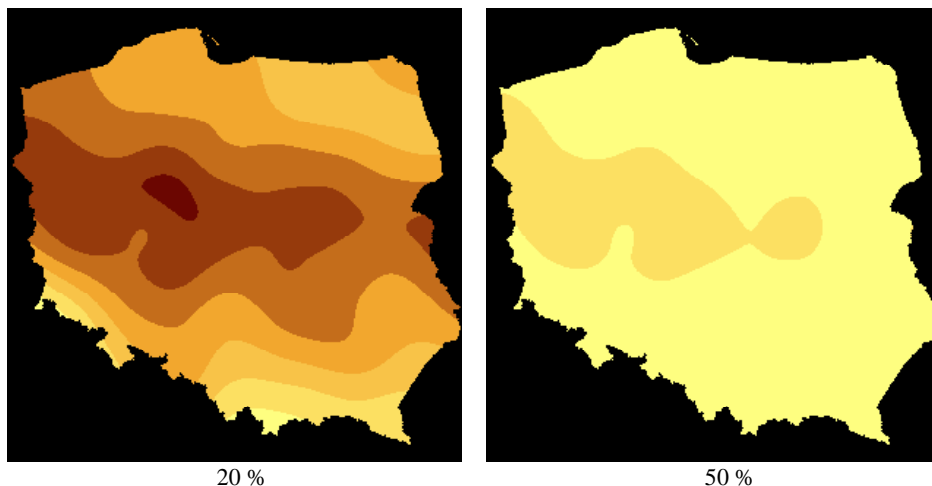
Punktami przestrzennego odniesienia dla przeprowadzonej interpolacji jest lokalizacja stacji meteorologicznych określona współrzędnymi geograficznymi. Przy jej użyciu wyznaczono przebieg izolinii znamionowanych granicznymi wartościami przedziałów wyznaczających względnie jednorodne strefy niedoborów, a ich przykładowe kartograficzne zobrazowanie ilustrują rysunki 1-4.

Założeniem tematycznej koncepcji mapy było stworzenie mapy o złożonej treści tematycznej będącej składową informacją przestrzenną, wskazującej na występowanie obszarów predysponowanych do uprawy buraka cukrowego oraz informacji tematycznych przedstawiających podział tych obszarów ze względu na występujące gleby i niedobory wodne.

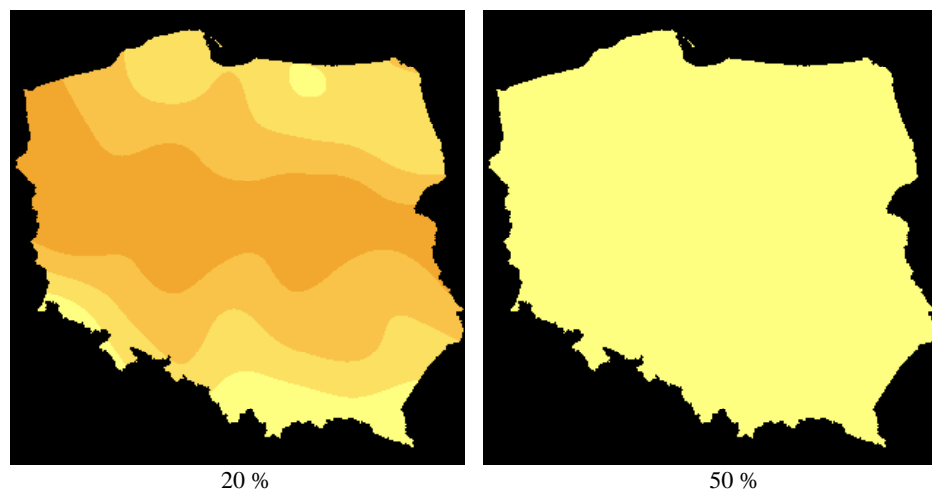
Efekt rozwiązania kartograficznego sprawdzono na przykładzie glebowych niedoborów wodnych dla buraka cukrowego (rys. 1-2). Ze względu na stopień szczegółowości informacji przestrzennych zawartych w bazie danych, mapy wykonane są w skali 1:2500000 i obejmują obszar całego kraju.

Pierwszym etapem warunkującym przystąpienie do komputerowej redakcji mapy niedoborów według wyżej przedstawionych założeń koncepcyjnych było wprowadzenie do Bazy Danych Glebowo-Kartograficznych cyfrowego zapisu analitycznych map niedoborów wodnych i utworzenie dwóch warstw (dla prawdopodobieństwa niedoborów 20 i 50%), pokrywających się w zapisie rastrowym „piksel w piksel” z warstwą pokrywy glebowej.

Następny etap przetwarzania polegał wybraniu zestawów gleb odpowiednich do uprawy buraka cukrowego i symboli gleb według przedziałów niedoborów, do których te gleby zostały zakwalifikowane. Należy podkreślić złożony charakter procesu kwalifikacji, ponieważ w odniesieniu do rozpatrywanej rośliny, określona gleba, odpowiednia do jej uprawy w zależności od usytuowania na obszarze kraju, charakteryzuje się różnymi niedoborami związanymi z przestrzenną zmianą nasilenia się warunków agroklimatycznych. W wyniku tego procesu utworzono warstwy z cyfrowym



**Rys. 1.** Wskaźnikowe niedobory wody (mm) dla buraków cukrowych w glebie o zapasie wody użytecznej ZWU = 120 mm i prawdopodobieństwie przewyższenia 20% i 50%  
**Fig. 1.** Reference water deficits (mm) for sugar beet in soil with available soil water ASW = 120 mm at 20% and 50% probability of exceedance



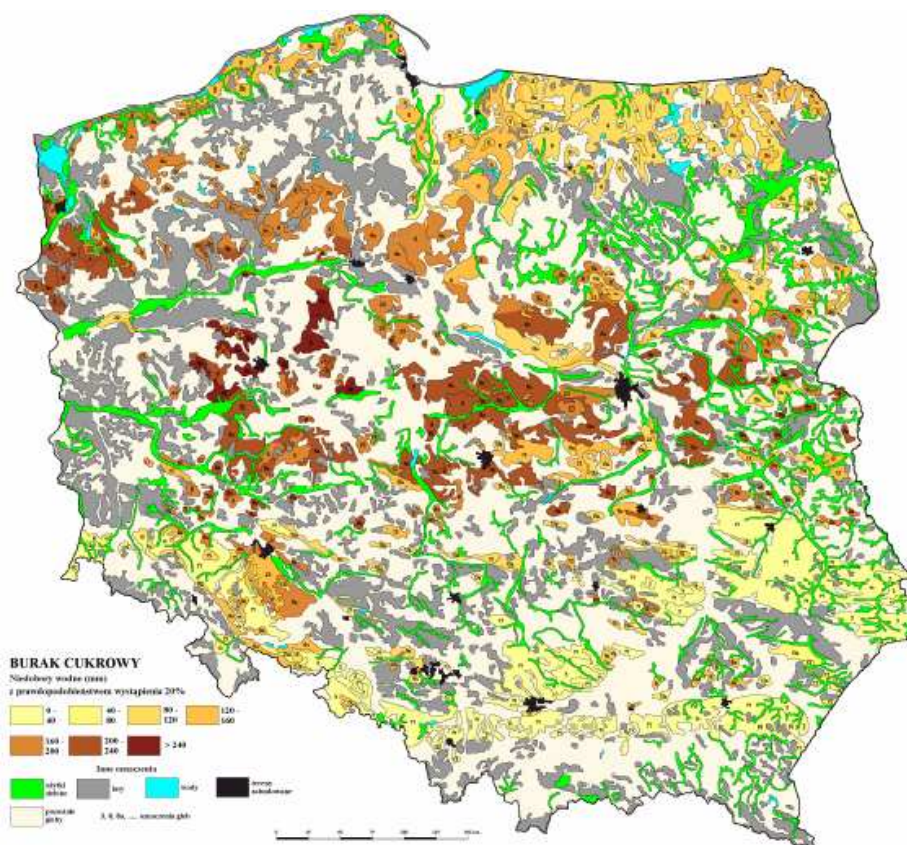
**Rys. 2.** Wskaźnikowe niedobory wody (mm) dla buraków cukrowych w glebie o zapasie wody użytecznej ZWU = 250 mm i prawdopodobieństwie przewyższenia 20 % i 50%  
**Fig. 2.** Reference water deficits (mm) for sugar beet in soil with available soil water ASW = 250 mm at 20% and 50% probability of exceedance

Objaśnienia oznaczeń barwnych przedziałów niedoborów wodnych (mm)



zapisem selektywnej mapy niedoborów w układzie roślina-gleba-niedobory (rys. 1-2). Powstała mapa jest mapą dwuelementową łączącą walor przestrzenny tylko z jednym walorem tematycznym.

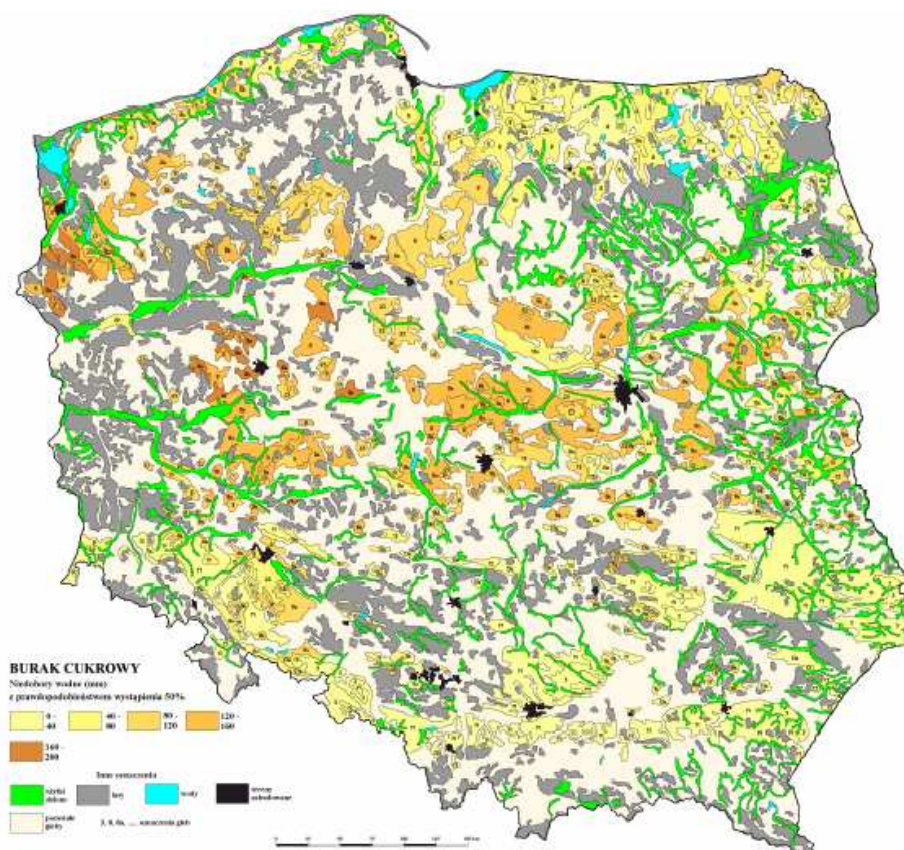
W kolejnym etapie przetwarzania utworzono model kartograficzny, który uwzględnia wprowadzenie i wizualizację informacji o pokrywie glebowej (rys. 3-4). Wyrażono ją włączeniem do treści mapy podziału wyodrębnionych obszarów na kontury występujących gleb z uwzględnieniem ich identyfikacji. Barwą oznaczono niedobory wodne, linią ciągłą granice konturów glebowych, a symbolami cyfrowymi występujące na nich gleby.



**Rys. 3.** Wskaźnikowe niedobory wodne (mm) dla buraka cukrowego z prawdopodobieństwem przewyższenia 20%

**Fig. 3.** Reference water deficits (mm) for sugar beet at 20% probability of exceedance





**Rys. 4.** Wskaźnikowe niedobory wodne (mm) dla buraka cukrowego z prawdopodobieństwem przewyższenia 50%

**Fig. 4.** Reference water deficits (mm) for sugar beet at 50% probability of exceedance

#### PODSUMOWANIE

Na podstawie odpowiedniego powiązania danych klimatycznych z retencyjnymi właściwościami gleb ornyc i wodnymi wymaganiami roślin, możliwe jest szacowanie niedoborów wodnych przy użyciu modelu matematycznego. Przy użyciu modeli istnieje również możliwość stworzenia komputerowych map niedoborów wodnych. Utworzona mapa przedstawia wartości niedoborów wodnych dla danej rośliny na tle przestrzennego rozmieszczenia w skali kraju obszarów odpowiednich do ich uprawy.

Analiza wizualna wskazuje na użytkową zaletę tej mapy, która poprzez barwę akcentuje główny element tematyczny, jakim są niedobory wodne, informując również dodatkowo o oznaczonych symbolami glebach, na których one występują.

#### PIŚMIENNICTWO

- Allen R. G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998. Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrig. Drain. Paper, 56.
- Doorenbos J., Pruitt W. O., 1977. Guidelines for predicting crop water requirements. FAO Irrig. Drain. Paper, 52.
- Drupka S., 1976. Techniczna i rolnicza eksploatacja deszczowni. PWRiL.
- Drupka S., Kryńska D., Kuźniar A., 1997. Klimatyczno-rolnicze kryteria oceny potrzeb nawadniania w Polsce. Mater. Semin. Falenty: Wydaw. IMUZ nr 36, 9-18.
- Dzieżyc J., 1989. Potrzeby wodne roślin uprawnych. Praca zbiorowa. PWN.
- Kaczmarek Z., 1970. Metody statystyczne w hydrologii i meteorologii. WKiŁ.
- Kowalik P., 1989. Relacja między zaopatrzeniem w wodę a plonem roślin. W: Potrzeby wodne roślin uprawnych. Pr. zbior. Red. J. Dzieżyc. PWN, 36-50.
- Koźmiński C., Michalska B., 2001. Atlas klimatycznego ryzyka upraw i roślin w Polsce. AR Szczecin, Uniw. Szczecin.
- Kryszan Cz., 1986. Rozkład przestrzenny niedoborów wodnych na terenie Polski. Zesz. Probl. Podst. Nauk. Roln. Z. 268, 37-45.
- Kuźniar A., 2001. Wpływ retencyjności wodnej gleb na niedobory wodne roślin uprawnych. W: Produkcyjne zużycie wody przez agrocenozy i jego wpływ na środowisko glebowo-wodne. Mat. Sem. IMUZ, 47, 54-64.
- Łabędzki L., 1988. Model matematyczny krótkoterminowej prognozy zapotrzebowania wody do nawodnień. Falenty: IMUZ. Praca doktorska.
- Łabędzki L., 1992a. Krótkoterminowe prognozowanie potrzeb nawadniania roślin polowych na przykładzie badań w Polanowicach. Roczn. AR w Poznaniu, 234, 91-99.
- Łabędzki L., 1992b. Progностyczno-optimalizacyjny model sterowania nawodnieniami podsiąkowymi i deszczownianymi – wstępne wyniki weryfikacji. W: Gospodarowanie wodą w krajo-brazie rolniczym jako element zrównoważonego rozwoju. Mater. Konf. Warszawa, 19-20.11.1992. Warszawa: SGGW, 347-353.
- Łabędzki L., 1996. Niedobory wodne upraw rolniczych jako wskaźnik potrzeb małej retencji. W: Potrzeby i możliwości zwiększenia retencji wodnej na obszarach wiejskich. Mat. Sem. IMUZ, 37, 34-63.
- Łabędzki L., 1997. Potrzeby nawadniania użytków zielonych - uwarunkowania przyrodnicze i prognozowanie. Rozpr. Habil. Falenty: Wydaw. IMUZ.
- Łabędzki L., 2006. Susze rolnicze – zarys problematyki oraz metody monitorowania i klasyfikacji. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. Rozprawy Naukowe i Monografie, 17.
- Ostrowski J., 1996. Baza danych glebowo-kartograficznych – struktura i użytkowanie. W: Systemy Informacji Przestrzennej. Mat. VI Konf. Nauk. Tech. PTIP, Warszawa, 471-480.
- Renger M., Streber O., 1982. Beregnungbedürftigkeit der Landwirtschaftlichen Nutzflächen in Niedersachsen. Geologisches Jahrbuch. Reihe F, heft 13.
- Roguski W., Sarnacka S., Drupka S., 1988. Instrukcja wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych. Mat. instrukt. IMUZ Falenty, 66.

- Smith M., 1992a. CROPWAT: A computer program for irrigation planning and management. FAO Irrig. Drain. Paper, 46.
- Smith M., 1992b. Report on the expert consultation on revision of FAO methodologies for crop water requirements. Land Water Devel. Div. FAO.
- Ślusarczyk E., 1979. Określenie retencji użytecznej gleb mineralnych do prognozowania i projektowania nawodnień. CBS i PWM „Bipromel”. Nr 10/75. Melior. Rol., Biuletyn Inf., Z. 3.
- Walczak R., Ostrowski J. Witkowska-Walczak B., Stawiński C., 2002. Hydrofizyczne charakterystyki mineralnych gleb ornycy Polski. Acta Agrophysica, Monografia, 79.
- Witek T., 1973. Mapy glebowo-rolnicze oraz kierunki ich wykorzystania. IUNG Puławy, Seria P (18), 51-53.

### CARTOGRAPHIC PRESENTATION OF WATER DEFICITS IN SOIL FOR SUGAR BEET ASSESSED USING CROPDEF MODEL

*Janusz Ostrowski<sup>1</sup>, Leszek Łabędzki<sup>2</sup>, Ewa Kanecka-Geszke<sup>2</sup>, Wanda Kowalik<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Institute for Land Reclamation and Grassland Farming  
Department of Regional Studies on Rural Development  
Falenty, al. Hrabka 3, 05-090 Raszyn  
e-mail: j.ostrowski@imuz.edu.pl

<sup>2</sup>Institute for Land Reclamation and Grassland Farming  
Wielkopolsko-Pomorski Research Centre in Bydgoszcz  
ul. Glinki 60, 85-174 Bydgoszcz

<sup>3</sup>Institute of Geodesy and Cartography  
ul. Modzelewskiego 27, 02-679 Warszawa

**Abstract.** The aim of the paper was the characterisation and cartographic presentation of spatial variability of soil water deficits for sugar beet. The calculation of soil water deficits was carried out for 40 meteorological stations IMGW and IMUZ using meteorological data from the growing seasons in 1970-2004. Estimations were made for selected soils suitable for sugar beet growing. Water deficit maps were generated for the probability of 20% and 50%, using the “completely regularized spline” method with all measuring points.

**Key words:** sugar beet, soil water deficits, mapping