

## NIEDOBORY WODNE ŁĄKI NA GLEBIE TORFOWO-MURSZOWEJ W RÓŻNYCH REGIONACH AGROKLIMATYCZNYCH POLSKI\*

*Wiesława Kasperska-Wołowicz*

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach,  
Wielkopolsko-Pomorski Ośrodek Badawczy w Bydgoszczy  
ul. Glinki 60, 85-174 Bydgoszcz  
e-mail: imuzbyd@by.onet.pl

**Streszczenie.** Celem pracy jest analiza składników bilansu wodnego siedlisk łąkowych na glebie torfowo-murszowej w różnych warunkach agroklimatycznych Polski. Analizę przeprowadzono z wykorzystaniem modelowania matematycznego na podstawie danych z okresu wegetacyjnego (IV-IX) w latach 1970-2004 ze stacji meteorologicznych IMGW w Biebrzy, Poznaniu i Krakowie, położonych w różnych regionach agroklimatycznych Polski. Obliczenia wykonano dla łąki użytkowanej dwukośnie i wydającej plon siana 5 oraz 7 t·ha<sup>-1</sup>. Każdemu typowi użytkowania przypisano dwa typy zasilania hydrologicznego, z intensywnością 0 i 1 mm·d<sup>-1</sup>. Obliczenia wykonano w okresach dekad, miesięcy i całego okresu wegetacyjnego jako sumy wartości dekadowych. Ewapotranspirację potencjalną obliczono według metody współczynników roślinnych, jako iloczyn ewapotranspiracji wskaźnikowej według Penmana-Monteitha i współczynnika  $k_c$ , zależnego od wielkości plonu i użytkowania łąki. Niedobory wodne łąki obliczono z bilansu wodnego siedlisk łąkowych, uwzględniając opady, ewapotranspirację, zapasy wody glebowej użytecznej dla roślin i zasilanie siedlisk wodą gruntową. Największe niedobory wodne łąki dwukośnej wystąpiły w rejonie Poznania, zaś najmniejsze w rejonie Krakowa. We wszystkich badanych regionach najczęściej niedobory wodne wystąpiły w dwóch ostatnich miesiącach okresu wegetacyjnego. Wówczas niedobory te osiągały również największe sumowane od początku okresu wegetacyjnego wartości. Uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę do opracowania zasad gospodarowania wodą na trwałych użytkach zielonych mających na celu ochronę gleb hydrogeniczných oraz zasobów wodnych w małych dolinach rzecznych.

Słowa kluczowe: użytki zielone, ewapotranspiracja, niedobory wodne

### WSTĘP

Łąki i pastwiska w Polsce stanowią 21% powierzchni użytków rolnych i 7,5% powierzchni kraju. Blisko połowa (48%) powierzchni zajmowanej przez użytki zielone w Polsce jest zmeliorowana, w tym tylko 10% stanowią obszary przysto-

---

\* Praca sfinansowana przez KBN w ramach projektu badawczego nr 2P06S03827, 2004-2006.

sowane do odwodnień i nawodnień (Ochrona... 2005). Użytki zielone zakładane i uprawiane są przede wszystkim w małych dolinach rzecznych na glebach hydrogenicznym torfowo-murszowych.

Udział torfowisk, w % ogólnej powierzchni regionu, jest największy w dolinie Biebrzy i stanowi 45,4% powierzchni doliny. Na obszarze Wielkopolski udział ten wynosi 2,2%, zaś Małopolski tylko 0,6%, przy średnim zatorfieniu Polski 3,9% (Ilnicki 2002). W każdym z tych regionów użytki zielone stanowią wartościową formę retencjonowania wody oraz ochrony zasobów wodnych i glebowych (torfowisk), pod warunkiem kontrolowanego sterowania zapasami wody gruntowej w małych zlewniach rzecznych. Sterowanie to jest możliwe między innymi przez regulowanie odpływu i dopływu wody gruntowej, w celu zapewnienia dostatecznego uwilgotnienia gleb.

Celem pracy jest analiza składników bilansu wodnego siedlisk łąkowych na glebie torfowo-murszowej o określonym typie zasilania gruntowego w trzech regionach agroklimatycznych Polski, wyznaczonych przy użyciu obliczeń modelowych oraz z wykorzystaniem wieloletnich wyników badań meteorologicznych, glebowych i hydrologicznych

#### MATERIAŁ I METODY

Analizę przeprowadzono na podstawie obliczeń modelowych. Wykorzystano wyniki pomiarów meteorologicznych na trzech stacjach IMGW prowadzonych w okresie wegetacyjnym (IV-IX) w latach 1970-2004 oraz charakterystyki właściwości fizyczno-wodnych gleby torfowo-murszowej rodzaju MtIIIbb, należącej według klasyfikacji Okruszki (1992) do kompleksu wilgotnościowo glebowego posusznego C. Zapas wody łatwo dostępnej w tej glebie wynosi 80 mm. Obliczenia wykonano dla siedlisk użytkowanych jako łąka 2-kośna o plonie suchej masy 5 i 7 t·ha<sup>-1</sup> oraz zasilanych wodą gruntową w ilości 0 mm·d<sup>-1</sup> (siedlisko topogeniczne podsiąkowe) i 1 mm·d<sup>-1</sup> (siedlisko soligeniczne wyciekowe).

Obliczenia wykonano dla warunków meteorologicznych: Biebrzy (w dolinie Biebrzy), Poznania (w Wielkopolsce) i Krakowa (w Małopolsce). Stacje te położone są w następujących regionach agroklimatycznych Polski sklasyfikowanych przez Baca (Bac i in., 1993): Biebrza – umiarkowanie wilgotny oraz chłodny i umiarkowanie słoneczny; Poznań – suchy oraz ciepły i pochmurny; Kraków – wilgotny oraz umiarkowanie ciepły i umiarkowanie słoneczny.

Na podstawie średnich dekadowych wartości mierzonych elementów meteorologicznych obliczano ewapotranspirację wskaźnikową według wzoru Penmana-Monteitha (Allen i in., 1998, Kasperska-Wołowicz i Łabędzki, 2004). Klimatyczny nadmiar lub niedobór opadów obliczano jako różnicę między sumą miesięczną opadów  $P$  i sumą miesięczną ewapotranspiracji wskaźnikowej  $ET_0$ .

Analizę opadów, ewapotranspiracji i niedoborów wodnych użytków zielonych oraz zmian retencji użytecznej gleby przeprowadzono przy użyciu modelu CROPDEF (Łabędzki 1997, 2006), bazującego na metodyce Roguskiego (Roguski in., 1988). Model ten tworzy wieloletnie serie potrzeb wodnych, ewapotranspiracji rzeczywistej, stanu uwilgotnienia gleby i niedoborów wodnych roślin dla historycznych wieloletnich danych meteorologicznych.

Model oparty jest na bilansie wodnym gleby, w którym składnikami przychodu są ewapotranspiracja potencjalna roślin przy danym, założonym poziomie produkcji (plonie końcowym) oraz opad atmosferyczny. Bilansowanie w każdym roku rozpoczyna się przy założeniu pełnej retencji użytecznej gleby na wiosnę (przy stanie polowej 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 (Łabędzki 1997).

Podstawowe równanie bilansowe stosowane w modelu CROPDEF ma postać:

$$ERU_k = ERU_p + P + WG - ET_p \quad (1)$$

gdzie:

$ERU_k, ERU_p$  – efektywna retencja użyteczna na końcu i początku dekady w warstwie bilansowej (mm),

$P$  – opad w dekadzie (mm),

$WG$  – zasilanie wodą gruntową (mm),

$ET_p$  – ewapotranspiracja potencjalna w dekadzie (mm), będąca ewapotranspiracją rzeczywistą roślin przy dostatecznym uwilgotnieniu gleby (równą potrzebom wodnym roślin), obliczana jako:

$$ET_p = k_c \cdot ET_o \quad (2)$$

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 przyjęto wyczerpanie efektywnej retencji użytecznej, czyli zapasu wody łatwo dostępnej, przy którym nie występuje hamowanie wzrostu roślin. W okresie, kiedy wystąpiło wyczerpanie wody łatwo dostępnej, niedobór wody  $N$  w danej dekadzie obliczany jest jako:

$$N = -ERU_k \quad (3)$$

gdzie  $ERU_k < 0$ .

*ERU* jest efektywną retencją użyteczną, będącą zapasem wody łatwo dostępnej dla roślin, przy którym nie jest hamowany rozwój roślin, obliczaną jako:

$$ERU = ZW_{PPW} - ZW_{WK}$$

gdzie:

$ZW_{PPW}$  – zapas wody w stanie połowej pojemności wodnej (mm),

$ZW_{WK}$  – zapas wody w stanie wilgotności krytycznej (mm).

### WYNIKI

Średnia suma opadów atmosferycznych w okresie wegetacyjnym (IV-IX) w latach 1970-2004 była najmniejsza w Poznaniu i stanowiła 70% sumy opadu w Krakowie. Na wszystkich trzech stacjach najmniejsze średnie wieloletnie sumy opadu były w kwietniu, a największe w lipcu. We wszystkich regionach obserwowano dużą zmienność czasową tego elementu, sięgała ona od 23% w Krakowie do 26% w Poznaniu. W latach suchych ( $p = 20\%$ ) wartość opadu w Krakowie nie przekraczała 360

mm, a w Poznaniu 240 mm (tab. 1).

**Tabela 1.** Suma opadu atmosferycznego (mm) w okresie wegetacyjnym (IV-IX) przy różnym prawdopodobieństwie nieosiągnięcia  $p$

**Table 1.** Precipitation sum (mm) in the growing season (IV-IX) at a different probability of under-value  $p$

Obiekt Object	Prawdopodobieństwo Probability $p$ (%)		
	20	50	80
Biebrza	279	339	413
Poznań	242	308	378
Kraków	357	440	527

W ekstremalnie suchym 1992 roku suma ta wyniosła 134 mm w Poznaniu i 232 mm w Krakowie.

Średnia temperatura powietrza z 35 lat w analizowanym okresie wegetacyjnym osiągnęła najmniejszą wartość w Biebrzy i różniła się o 0,6-0,7 °C od pozostałych dwóch stacji. Średnie ciśnienie pary wodnej było najmniej zróżnicowanym elementem na poszczególnych stacjach meteorologicznych i w badanym okresie wyniosło od 12,5 do

12,6 hPa. Średnie dobowe usłonecznienie było najmniejsze w Krakowie i różniło się od najbardziej słonecznej Biebrzy o jedną godzinę. Na analizowanych stacjach stanowiło ono od 39 do 45% usłonecznienia astronomicznie możliwego. Średnia prędkość wiatru na badanych stacjach nie przekroczyła w okresie wegetacyjnym 3,3  $\text{ms}^{-1}$  (tab. 2).

Średnia suma ewapotranspiracji wskaźnikowej  $ET_0$  liczonej wzorem Penmana-Monteitha w analizowanym okresie była największa w Poznaniu, zaś najmniejsza w Biebrzy, gdzie stanowiła 86% wartości notowanej w Poznaniu. Różnica między tymi dwoma obiektami wyniosła 70 mm. Ze względu na warunki opadowe oraz klimatyczne warunki parowania badane obiekty charakteryzują się

zróznicowaną wartością klimatycznego niedoboru opadu. Największe niedobory obserwowano w Poznaniu, zaś najmniejsze w Krakowie. Średnia różnica wartości niedoboru klimatycznego opadu w okresie wegetacyjnym między tymi dwoma stacjami wyniosła 163 mm (tab. 2).

**Tabela 2.** Średnie w okresie wegetacyjnym wartości elementów meteorologicznych na badanych stacjach meteorologicznych w latach 1970-2004

**Table 2.** Mean values of meteorological elements at examined stations in the growing season in 1970-2004

Obiekt Object	$T$ (°C)	$S$ (h)	$e$ (hPa)	$v$ (m·s <sup>-1</sup> )	$P$ (mm)	$ET_0$ (mm)	$P-ET_0$ (mm)
Biebrza	13,2	6,9	12,5	3,1	348	417	-69
Poznań	14,6	6,7	12,6	3,3	310	487	-177
Kraków	14,5	5,9	12,6	2,4	442	456	-14

Objaśnienia:  $T$  – temperatura powietrza,  $S$  – usłonecznienie,  $e$  – ciśnienie pary wodnej w powietrzu,  $v$  – prędkość wiatru,  $P$  – opad atmosferyczny,  $ET_0$  – ewapotranspiracja wskaźnikowa,  $P-ET_0$  – klimatyczny nadmiar lub niedobór opadu atmosferycznego.

Explanations:  $T$  – air temperature,  $S$  – sunshine hours,  $e$  – vapour pressure,  $v$  – wind velocity,  $P$  – precipitation,  $ET_0$  – reference evapotranspiration,  $P-ET_0$  – climatic rainfall excess or deficit

Oprócz niskich opadów w badanych regionach występują okresy nadmiaru wód, powodujące powódzie w dolinach i zalewy w lokalnych obniżeniach, zwłaszcza w okresie wczesnowiosennym i letnim. Zmienne warunki opadowe stwarzają konieczność utrzymania w stałej sprawności urządzeń melioracyjnych odwadniających i nawadniających oraz budowy małych zbiorników retencyjnych do magazynowania wody dla nawodnień rolniczych w czasie letnich posuch.

W roku przeciętnym ( $p = 50\%$ ) zużycie wody w procesie ewapotranspiracji przez łąkę wydającą plon 7 t·ha<sup>-1</sup> było zbliżone do wartości ewapotranspiracji wskaźnikowej wg Penmana-Monteitha, natomiast przez łąkę plonującą 5 t·ha<sup>-1</sup> było mniejsze od  $ET_0$  o 50 mm (tab. 3). W takim roku średnie dzienne wykorzystanie wody na ewapotranspirację łąki wydającej plon 5 t·ha<sup>-1</sup> w rejonie Poznania wyniosło 2,4 mm, zaś w dolinie Biebrzy 2,1 mm. Przy niedoborze wody równym 86 mm w pierwszym obszarze i 26 mm – w drugim, brakowałoby wody opadowej do zapewnienia warunków dostatecznego uwilgotnienia gleby przez 36 dni w rejonie Poznania i 12 dni w dolinie Biebrzy (tab. 4).

Na glebie torfowo-murszowej w latach przeciętnych ( $p = 50\%$ ) potrzeby wodne łąki są pokrywane przez poziomą retencję użyteczną. Z badań Chrzanowskiego (1998) wynika, że w Biebrzy znaczne niedobory wody i przesuszenie występują jedynie w latach suchych i bardzo suchych w drugiej połowie sezonu wegetacyjnego.

Na łące 3-kośnej, o wydajności siana  $6 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  na glebie torfowo-murszowej o retencji użytecznej 150 mm, niedobory nie występują w latach średnich ( $p = 50\%$ ). W latach suchych ( $p = 20\%$ ) niedobory przekraczają pod koniec okresu wegetacyjnego 60 mm, zaś raz na dwadzieścia lat mogą osiągnąć wartość 143 mm.

**Tabela 3.** Suma ewapotranspiracji potencjalnej (mm) łąki 2-kośnej w okresie wegetacyjnym w warunkach różnego plonowania  $Y$  i przy różnym prawdopodobieństwie przewyższenia  $p$

**Table 3.** Potential evapotranspiration sum (mm) of 2-cut meadow in the growing season, at the different yield  $Y$  and different probability of overvalue  $p$

Obiekt Object	$Y = 5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$			$Y = 7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$		
	Prawdopodobieństwo – Probability $p$ (%)					
	20	50	80	20	50	80
Biebrza	406	378	352	446	416	387
Poznań	476	437	399	523	480	438
Kraków	436	406	377	479	445	414

**Tabela 4.** Suma niedoborów wodnych (mm) łąki 2-kośnej w okresie wegetacyjnym na glebie torfowo-murszowej MtIIIb w warunkach różnego zasilania wodą gruntową  $q$ , plonowania  $Y$ , przy różnym prawdopodobieństwie przewyższenia  $p$

**Table 4.** Water deficits sums (mm) for 2-cut meadow in the growing season in peat-moorsh soil MtIIIbb in different conditions of feeding  $q$ , yielding  $Y$  at a different probability of overvalue  $p$

Obiekt Object	$q$ ( $\text{mm}\cdot\text{d}^{-1}$ )	$Y = 5 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$			$Y = 7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$		
		Prawdopodobieństwo – Probability $p$ (%)					
		20	50	80	20	50	80
Biebrza	0	69	26	0	102	47	0
	1	5	0	0	16	1	0
Poznań	0	158	86	28	204	123	28
	1	33	5	0	65	23	0
Kraków	0	37	3	0	65	17	0
	1	7	0	0	11	0	0

Analizując wartości w tabelach 4 i 5 można zauważyć, że w latach przeciętnych na obszarach reprezentowanych przez stacje meteorologiczne w Biebrzy i Krakowie, nawet w warunkach bez zasilania wodą gruntową ( $q = 0 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ ) hamowanie odpływu wody w okresach jej nadmiaru i sterowanie zapasami wody w okresie jej niedoborów pozwoli wykorzystać wodę własną do uzupełnienia

deficytu wilgoci w glebie. W rejonie Poznania, natomiast niezbędne są dodatkowe nawodnienia.

**Tabela 5.** Suma odpływu gruntowego (mm) z łąki 2-kośnej w okresie wegetacyjnym na glebie torfowo-murszowej MtIIIbb w warunkach różnego zasilania wodą gruntową  $q$ , plonowania  $Y$ , przy różnym prawdopodobieństwie nieosiągnięcia  $p$

**Table 5.** Water outflow sums (mm) from 2-cut meadow in the growing season in peat-moorsh soil MtIIIbb in different conditions of feeding  $q$ , yielding  $Y$  at a different probability of undervalue  $p$

Obiekt Object	$q$ (mm·d <sup>-1</sup> )	$Y = 5 \text{ t·ha}^{-1}$			$Y = 7 \text{ t·ha}^{-1}$		
		Prawdopodobieństwo – Probability $p$ (%)					
		20	50	80	20	50	80
Biebrza	0	7	37	83	2	27	65
	1	92	159	235	70	129	200
Poznań	0	2	19	46	1	15	37
	1	39	90	154	26	68	122
Kraków	0	28	83	151	17	63	122
	1	139	225	314	106	189	275

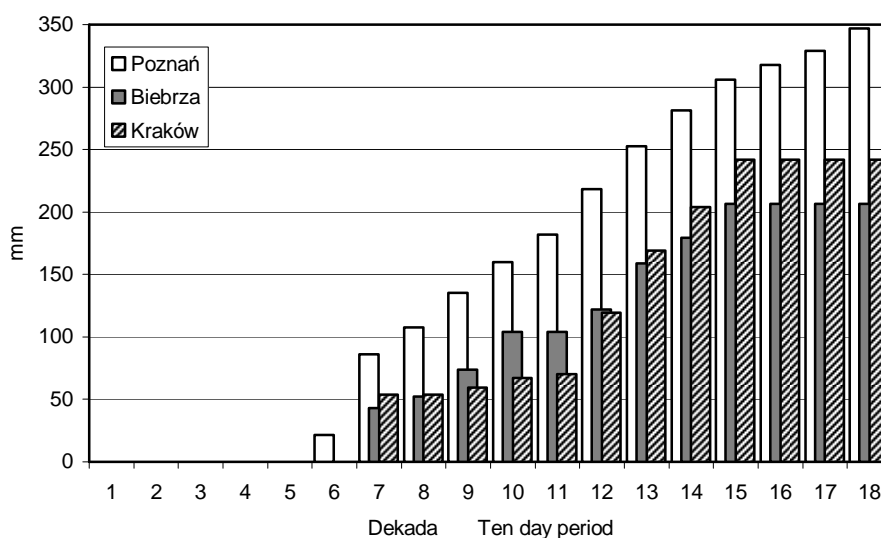
W latach suchych ( $p = 20\%$ ) w siedliskach łąkowych bez zasilania wodą gruntową nawet na obszarze Małopolski mogą wystąpić niedobory wody. Ich wartość w okresie wegetacyjnym odpowiada przeciętnej sumie opadów atmosferycznych jednego miesiąca letniego.

Na koniec okresu wegetacyjnego 1992 roku – ekstremalnie suchego w Krakowie i Poznaniu oraz bardzo suchego w Biebrzy – sumowany (od początku kwietnia) niedobór wody dla łąki 2-kośnej ( $Y = 7 \text{ t·ha}^{-1}$ ) przekroczył 200 mm w Biebrzy i Krakowie, zaś 300 mm w rejonie Poznania (rys. 1).

Na torfowisku Łokieć w dolinie Biebrzy na łące 3-kośnej ( $Y = 6 \text{ t·ha}^{-1}$ , gleba torfowo-murszowa,  $ERU = 150 \text{ mm}$ ) na koniec sierpnia 1992 r. niedobór osiągnął wartość 168 mm (Chrzanowski 1998). Obliczenia bilansu wodnego użytków zielonych wykonane za pomocą modelu MBC przez Leśnego i Juszcza (2005) dla regionu agroklimatycznego reprezentowanego przez stacje w Turwi i Poznaniu pokazały, że w suchym 1982 roku skumulowane od drugiej dekady maja do końca września niedobory wodne dla użytków zielonych przekroczyły 250 mm.

Sumowany niedobór wodny nie występuje, bądź osiąga niewielkie wartości w pierwszych miesiącach okresu wegetacyjnego (IV-V). Najwcześniej notowany jest w ostatniej dekadzie maja (rys. 1). Podobne wyniki uzyskano na użytkach zielonych na glebie torfowo-murszowej w dolinie Biebrzy (Chrzanowski 1998) i dolinie górnej Noteci (Łabędzki i Kasperska 1994) oraz na użytku zielonym w

dolinie rzeki Bystrzycy (Marcilonek i Janus 1983). Również wyniki analizy rocznych przebiegów kumulowanego klimatycznego bilansu wodnego, obliczanego za pomocą modelu MBC dla regionu agroklimatycznego reprezentowanego przez stacje w Turwi i Poznaniu świadczą, że zarówno w latach suchych jak i mokrych na obszarach użytków zielonych zimowe nadwyżki opadów zostają wykorzystane na parowanie najczęściej w maju (Leśny i Juszcak 2005).

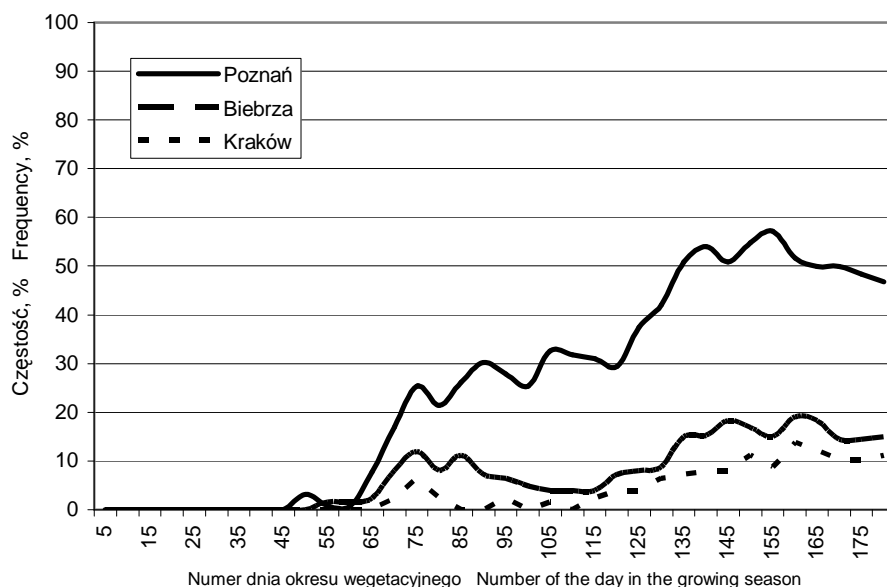


**Rys. 1.** Sumowany niedobór wodny łąki 2-kośnej plonującej  $7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  w siedlisku topogenicznym podsiąkowym ( $q = 0 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ ) w kolejnych dekadach okresu wegetacyjnego w 1992 r.; 1 – pierwsza dekada kwietnia.

**Fig. 1.** Sumarized water deficit for meadow at the yield of  $7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  in the topogenous capillary water rising site ( $q = 0 \text{ mm} \cdot \text{d}^{-1}$ ) in successive ten-day periods in the growing season in 1992; 1 – first ten-day period in April

W badaniach prowadzonych przez Kacę i in. (2003) określono terminy i częstość występowania różnych stanów uwilgotnienia gleby torfowo-murszowej. W niniejszej pracy, korzystając z tej samej metodyki, określono terminy i częstość występowania niedostatecznego uwilgotnienia gleby w latach 1970-1995. Na rysunku 2 widać, że w warunkach bez zasilania wodą gruntową stany niedostatecznego uwilgotnienia gleby w rejonie Poznania i w dolinie Biebrzy mogą wystąpić w ostatniej dekadzie maja, zaś w rejonie Krakowa – w pierwszej dekadzie czerwca. W rejonie Poznania niedostateczne uwilgotnienie gleby może wystąpić 3-4 razy częściej niż w dwóch pozostałych analizowanych regionach. Najczęściej niedostateczne uwilgotnienie gleby może wystąpić w sierpniu, w rejonie Poznania – średnio co drugi rok.





**Rys. 2.** Zmienność częstości występowania niedostatecznego uwilgotnienia w korzeniowej warstwie gleby MtIIIbb w siedlisku topogenicznym podsiąkowym ( $q = 0 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ )

**Fig. 2.** Variability of frequency of insufficient moisture in the root layer of the peat-moorsh soil MtIIIbb in the topogenous capillary water rising site ( $q = 0 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ )

## WNIOSKI

1. W siedliskach bez zasilania wodą gruntową największe niedobory wodne łąki 2-kośnej w okresie wegetacyjnym występują w rejonie Poznania, zaś najmniejsze w rejonie Krakowa. Dla łąki wydającej plon siana  $7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  w roku przeciętnym ( $p = 50\%$ ) wartości niedoborów mogą przekraczać 100 mm w pierwszym regionie i nie przekraczać 20 mm w drugim.

2. W siedliskach zasilanych wodą gruntową ( $q = 1 \text{ mm}\cdot\text{d}^{-1}$ ) niewielkie niedobory wodne dla łąki 2-kośnej mogą wystąpić na obszarze Wielkopolski.

3. W siedliskach intensywnie zasilanych przez wody gruntowe na ogół nie ma potrzeby nawadniania. Opady atmosferyczne, zapasy wody łatwo dostępnej w glebie oraz dopływ wód gruntowych pokrywają zużycie wody na ewapotranspirację. Należy jednak utrzymywać w sprawności systemy melioracyjne nawadniająco-odwadniające.

4. W badanych regionach najczęściej w sierpniu można spodziewać się wystąpienia stanów niedostatecznego uwilgotnienia gleby torfowo-murszowej pod użytkami zielonymi.

5. Uzyskane wyniki mogą stanowić podstawę do opracowania zasad gospodarowania wodą na trwałych użytkach zielonych w celu ochrony gleb hydrogenicnych i zasobów wodnych w małych dolinach rzecznych.

#### PIŚMIENNICTWO

- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D., Smith M., 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and drainage no. 56.
- Bac S., Koźmiński C., Rojek M., 1993. Agrometeorologia. Warszawa PWN.
- Chrzanowski S., 1998. Niedobory wodne łąki na glebie torfowo-murszowej w warunkach regulowanego odpływu na torfowisku Łokieć. Wiad. IMUZ t. 19, z. 3., 61-81.
- Ilnicki P., 2002. Torfowiska i torf. Wyd. AR Poznań.
- Kaca E., Łabędzki L., Chrzanowski S., Czaplak I., Kasperska-Wołowicz W., 2003. Gospodarowanie zasobami wody użytecznej gleb torfowo-murszowych w warunkach regulowanego odpływu w różnych regionach agroklimatycznych Polski. Woda, Środ. Obsz. Wiej. Rozpr. nauk. i monogr., 9.
- Kasperska-Wołowicz W., Łabędzki L., 2004. Porównanie ewapotranspiracji wskaźnikowej według Penmana i Penmana-Monteitha w różnych regionach Polski. Woda, Środ. Obsz. Wiej. 4, 2a (11), 23-136.
- Leśny J., Juszcak R., 2005. Klimatyczny bilans wodny terenów rolniczych i leśnych. Woda, Środ. Obsz. Wiej., 5, 2 (15), 53-65.
- Łabędzki L., 1997. Potrzeby nawadniania użytków zielonych – uwarunkowania przyrodnicze i prognozowanie. Rozpr. HABIL. Falenty: Wydaw. IMUZ.
- Łabędzki L., 2006. Susze rolnicze – zarys problematyki oraz metodyka monitorowania i klasyfikacji. Woda Środ. Obsz. Wiej. Rozpr. nauk. Monogr. (w druku).
- Łabędzki L., Kasperska W., 1994. Ewapotranspiracja i plonowanie użytków zielonych w warunkach suszy atmosferycznej i glebowej. Mat. Konf. XXV Zjazdu Agrometeorologów. Olsztyn-Mierki, 27-29.09.1994. Olsztyn: Wydaw. ART.
- Marcilonek S., Janus E., 1983. Zużycie i niedobory wodne łąki w świetle wieloletnich doświadczeń. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 277, 111-122.
- Ochrona Środowiska 2005. Informacje i opracowania statystyczne. GUS Warszawa.
- Okruszko H., 1992. Siedliska hydrogeniczne, ich specyfika i zróżnicowanie. W: Hydrogeniczne siedliska wilgotnościowe. Bibl. Wiad. IMUZ, 79, 5-14.
- Roguski W., Sarnacka S., Drupka S., 1988. Instrukcja wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych. Mat. instruktażowe nr 66, Falenty: IMUZ.

---

**MEADOW WATER DEFICITS IN PEAT-MOORSH SOIL  
IN DIFFERENT AGRO-CLIMATIC REGIONS OF POLAND***Wiesława Kasperska-Wołowicz*

Institute for Land Reclamation and Grasslands Farming in Falenty,  
Wielkopolsko-Pomorski Research Division in Bydgoszcz  
ul. Glinki 60, 85-174 Bydgoszcz  
e-mail: imuzbyd@by.onet.pl

**Abstract.** The aim of the paper was to analyse the elements of meadow sites water balance in different agro-climatic regions of Poland. The analysis was carried out using mathematical modelling on the basis of meteorological data from growing season in 1970-2004 and from stations: Biebrza, Poznań and Cracow. The estimations were done for 2-cut meadow sites giving the yield of hay equal to 5 and 7 t ha<sup>-1</sup> and fed by ground waters with intensity of 0 and 1 mm d<sup>-1</sup>. Estimations were made for ten-day periods, months, and for whole growing season as a sum of ten-day period values. Potential evapotranspiration was calculated acc. to the crop-coefficient method, as a product of reference evapotranspiration acc. to the Penman-Monteith formula and coefficient  $k_c$ . Water deficits for meadows were estimated from water balance of meadow sites, taking into account rainfall, evapotranspiration, useful soil water supplies for plants and ground water feeding. The highest values of water deficits for 2-cut meadows were estimated for the agro-climatic region represented by Poznań station, and the smallest for the one represented by the Cracow station. Water deficits occurred most often in two last months of the growing period at all examined sites. The summarized values of water deficits, since the beginning of the growing period, were the highest in August and September. The results of the study could be the basis for formulation of practical principles of water management on grasslands for protection of peat soils and water resources in small river valleys.

**Key words:** meadow, evapotranspiration, water deficits