



UDZIAŁ DOPŁYWU GRUNTOWEGO W BILANSIE WODNYM NAWADNIANYCH PODSIĄKOWO UŻYTKÓW ZIELONYCH W MAŁEJ DOLINIE RZECZNEJ

Sergiusz JURCZUK

Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Studiów Regionalnych Rozwoju Obszarów Wiejskich

Słowa kluczowe: bilans wodny, dopływ gruntowy, małe doliny rzeczne, nawodnienia podsiąkowe

Streszczenie

W pracy przedstawiono 4-letnie wyniki badań z lat 2002–2006 nad bilansem wodnym nawadnianego obiektu melioracyjnego. Badania prowadzono na obiekcie Wir, stanowiącym fragment doliny Wiązownicy, w gminie Potworów, w województwie mazowieckim.

Pomiary składników bilansu wodnego: dopływu i odpływu powierzchniowego, opadów, retencji glebowej i powierzchniowej oraz wyniki obliczeń ewapotranspiracji, uzyskane na podstawie danych meteorologicznych i pomiarów plonowania użytków zielonych na obiekcie, umożliwiają oszacowanie dopływu gruntowego do doliny. Wyniki badań świadczą, że w małej dolinie rzecznej jest on bardzo różnicowany w poszczególnych latach i występuje głównie w pierwszym odroście traw.

WSTĘP

W modernizacji i zarządzaniu systemami melioracyjnymi powinno się szczególnie uwzględniać ich funkcje nawadniające, umożliwiające zarówno wzrost produktywności rolnictwa, jak i ochronę walorów przyrodniczych. Zmniejszanie się dyspozycyjnych zasobów wody zmusza do rewizji zasad modernizacji i eksploatacji systemów melioracyjnych w celu zwiększenia efektywności wykorzystania zasobów wody, w tym wód gruntowych i wgłębnych. Określenie wielkości dopływu gruntowego do obiektu melioracyjnego jest jednak niezwykle trudne. W literaturze podawane są tylko oceny dopływu gruntowego na podstawie pomiarów niektórych elementów środowiska oraz zalecane do obliczania niedo-

Adres do korespondencji: doc. dr hab. S. Jurczuk, Instytut Melioracji i Użytków Zielonych w Falentach, Zakład Studiów Regionalnych Rozwoju Obszarów Wiejskich, al. Hrabaska 3, 05-090 Raszyn; tel. +48 (22) 720-05-31, w. 254, e-mail: s.jurczuk@imuz.edu.pl

borów wodnych orientacyjne ilości wód gruntowych zasilających warstwy korzeniowe siedlisk dolinowych [MIODUSZEWSKI, JURCZUK, 1997; Roguski, Szuniewicz za: ROGUSKI, SARNACKA, DRUPKA, 1988].

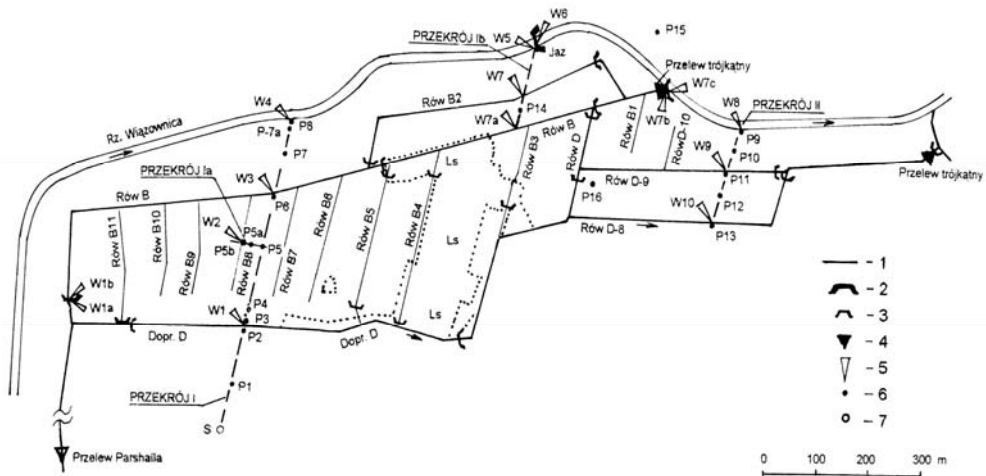
Celem niniejszego opracowania jest przedstawienie 4-letnich wyników badań z lat 2002–2006 nad bilansem wodnym nawadnianego obiektu melioracyjnego w małej dolinie rzecznej.

Poznanie pomierzonych składników bilansu wodnego, tj.: dopływu i odpływu powierzchniowego, opadów, retencji glebowej i powierzchniowej, oraz ewapotranspiracji obliczonej na podstawie danych meteorologicznych i pomiarów plonowania na obiekcie umożliwia określenie dopływu gruntowego do strefy saturacji profilu glebowego.

WARUNKI I METODY BADAŃ

Badania prowadzono metodą eksperymentalną na obiekcie Wir (fragment doliny Wiązownicy) w gminie Potworów, w województwie mazowieckim. Obiekt znajduje się na Równinie Radomskiej, pokrytej utworami czwartorzędowymi. Równina ta jest mało sfałdowana, doliny rzeczne są płytkie, o słabo zaznaczonych krawędziach. W sąsiedztwie obiektu zalegają gliny zwałowe i piaski wodnolodowcowe na glinach zwałowych. Dolinę rzeczną wypełniają piaski oraz lokalnie namuły torfiaste i płytkie złoża torfu [ZIOMEK, 1992; 1995].

Szkic rozwiązań systemu melioracyjnego i rozmieszczenie urządzeń pomiarowych na obiekcie przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Rozmieszczenie urządzeń melioracyjnych i pomiarowych na obiekcie Wir; 1 – rowy i doprowadzalniki, 2 – jaz, 3 – zastawki, 4 – przelewy, 5 – wodowskazy, 6 – piezometry, 7 – studnia

Fig. 1. Arrangement of water and measuring strictures in the object Wir; 1 – ditches and suppliers, 2 – weir, 3 – gates, 4 – discharge measurement structures, 5 – water-level indicators, 6 – piezometers, 7 – well

W celu podtrzymania poziomu wody w okresie wegetacyjnym w dopuszczalnym przedziale dostarczano wodę z rzeki Wiązownica. Poza okresami poboru wody z rzeki zastawki pozostawiano zamknięte, regulując tylko wysokość spiętrzenia w celu zatrzymania odpływu wody, pochodzącej z niewielkiej zlewni własnej. Odpływ wody regulowano przez cały rok. Niewielka dolna część obiektu nie mogła być nawadniana ze względu na trudności w doprowadzeniu wody i posłużyła jako nienawadniany obiekt porównawczy.

Na doprowadzalniku zainstalowano przelew Parshalla do pomiaru objętości wody dopływającej do obiektu. Pomiary natężenia odpływu wody z obiektu wykonywano za pomocą trójkątnego przelewu, zainstalowanego w świetle zastawki na ujściu rowu B. Do kontroli pomiarów użyto młynka hydrometrycznego.

Do pomiaru opadów dobowych zainstalowano deszczomierz Hellmanna.

Na obszarach nawadnianych i nienawadnianych w 6 stanowiskach (po 3 stanowiska reprezentatywne dla trzech rodzajów występujących na obiekcie gleb: torfowo-murszowych, mułowo-murszowych i murszowatych [JURCZUK, 2007]) oznaczano głębokość zwierciadła wody gruntowej i uwilgotnienie gleby. Mierzono także głębokość zwierciadła wody poza doliną, w piezometrze umieszczonym w odległości 100 m od jej krawędzi.

Pomiary stanów wody w dolinie rozpoczynano w końcu marca lub na początku kwietnia po ustąpieniu zalewu doliny przez wody roztopowe. W 2002 r. zalew doliny nie wystąpił. W warunkach dodatniej temperatury powietrza w lutym i marcu (średnia w lutym 3,9°C, a w marcu 4,8°C) nie było wód roztopowych na przedwiośniu. W 2003 r., w związku z opóźnieniem początku okresu wegetacyjnego (średnia temperatura w pierwszej dekadzie kwietnia 1,8°C), zalew o niewielkim zasięgu wystąpił około 10 kwietnia. W 2005 r. zalew ustąpił 20 marca, a w 2006 r. – 4 kwietnia. Pomiary stanów wody wykonywano co 2 dni.

Pomiary uwilgotnienia gleby prowadzono metodą reflektometryczną za pomocą polewego miernika wilgotności, opartego na technologii TDR. Wykonywano je 15–19 razy w sezonie wegetacyjnym, przeważnie co 10 dni.

WYNIKI BADAŃ

OPAD, EWAPOTRANSPIRACJA RZECZYWISTA I NIEDOBÓR OPADU

Średnia suma opadów z okresu wegetacyjnego w badanych latach była zbliżona do średniej z wielolecia 1982–2006, wynoszącej 321 mm. Największe opady wystąpiły w 2003 i 2006 r., natomiast najmniejsze w 2005 r. (tab. 1).

Ewapotranspirację rzeczywistą obliczono jako iloczyn ewapotranspiracji wskaźnikowej i współczynnika roślinnego k_c . Ewapotranspirację wskaźnikową obliczono za pomocą wzoru Penmana-Monteitha, przyjmując dane meteorologiczne ze stacji w Kozienicach i Sulajowie, między którymi jest położony obiekt Wir. Współczynniki roślinne przyjęto wg KACY i in. [2003] dla uzyskanych plonów na obszarach nawadnianych [JURCZUK, 2007]. Ewapotranspiracja rzeczywista zawierała się w granicach od 480 do 522 mm.

Niedobór opadu, będący różnicą ewapotranspiracji rzeczywistej i opadu, był największy w 2002 r. W 2003 r. niedobór opadu był znacznie mniejszy, a w 2005 r. ponownie duży. Najmniejszy niedobór opadu wystąpił w 2006 r., w którym wystąpiły kolejno dwa skrajne miesiące pod względem niedoboru opadu – bardzo suchy lipiec i bardzo mokry sierpień.

Tabela 1. Ewapotranspiracja rzeczywista *ETr*, opad *P* i niedobór opadu *No* w latach badań, mm**Table 1.** Actual evapotranspiration *ETr*, precipitation *P* and rainfall deficit *No* in the study years, mm

Rok Year	Miesiąc Month	<i>ETr</i>	<i>P</i>	<i>No</i>
2002	IV	40,0	14,8	25,2
	V	106,7	67,7	39,0
	VI	91,0	83,3	7,7
	VII	107,1	49,6	57,5
	VIII	114,2	27,2	87,0
	IX	50,4	29,8	20,6
	IV–IX	509,4	272,4	237,0
2003	IV	39,5	25,8	13,7
	V	97,1	81,1	16,0
	VI	74,7	19,5	55,2
	VII	90,2	109,8	–19,6
	VIII	122,0	63,8	58,2
	IX	56,7	45,2	11,5
	IV–IX	480,1	345,2	134,9
2005	IV	37,8	18,3	19,5
	V	94,7	71,1	23,6
	VI	72,2	73,9	–1,7
	VII	106,2	60,7	45,5
	VIII	103,8	25,8	78,0
	IX	66,0	26,9	39,1
	IV–IX	480,7	276,7	204,0
2006	IV	37,4	33,1	4,3
	V	92,7	43,0	49,7
	VI	75,8	25,7	50,1
	VII	132,4	16,6	115,8
	VIII	83,1	221,3	–138,2
	IX	61,8	23,0	38,8
	IV–IX	483,2	362,7	120,5

Na podstawie obliczeń klimatycznego niedoboru opadów, będącego różnicą ewapotranspiracji wskaźnikowej i opadów, na stacji meteorologicznej Kozienice z wielolecia 1982–2006 i przyjmując rok z klimatycznym niedoborem opadów, zdarzającym się raz na cztery lata, jako średnio suchy, a rok z niedoborem zdarzającym się co 10 lat – jako bardzo suchy, można ocenić, że okres wegetacyjny w 2002 r. był bardzo suchy, w 2003 r. – średnio suchy, w 2005 r. – suchszy od średnio suchego, a w 2006 r. – tylko nieco suchszy od średniego.

DOPIYW I ODPIYW POWIERZCHNIOWY

Obliczono wartości dopływów i odpływów powierzchniowych, wyrażonych w mm, przyjmując jako powierzchnię nawadnianą obszar, na którym nawodnienie powodowało podniesienie zwierciadła wody gruntowej. Z jednej strony jego zasięg wyznacza rzeka, a z drugiej – doprowadzalnik przebiegający po wyraźnie zarysowanym obrzeżu. Wydzielono okresy poboru wody z rzeki i ze zlewni własnej oraz okresy dopływu wody tylko ze zlewni własnej (tab. 2).

Tabela 2. Dopływ i odpływ powierzchniowy, mm

Table 2. Surface inflow and outflow, mm

Źródło wody Source of water	Okres Period	Liczba dni Number of days	Dopływ Inflow <i>D_p</i>	Odpływ Outflow <i>H_p</i>	Zasilanie Supply <i>D_p – H_p</i>
1	2	3	4	5	6
Rok 2002 Year 2002					
Zlewnia własna Direct catchment	1.04–25.04	25	11,6	21,2	–9,6
Rzeka River	26.04–29.05	34	152,7	37,0	115,7
Zlewnia własna Direct catchment	30.05–10.06	12	2,5	0,8	1,7
Rzeka River	11.06–16.06	6	27,0	0,5	26,5
Zlewnia własna Direct catchment	17.06–4.07	18	1,1	0,0	1,1
Rzeka River	5.07–9.08	36	96,3	8,0	88,3
Zlewnia własna Direct catchment	10.08–22.08	13	4,1	0,0	4,1
Rzeka River	23.08–12.09	21	23,3	0,0	23,3
Zlewnia własna Direct catchment	13.09–30.09	18	0,0	0,3	–0,3
Rok 2003 Year 2003					
Zlewnia własna Direct catchment	1.04–6.05	36	29,1	72,2	–43,1
Rzeka River	7.05–21.05	15	76,2	47,6	28,7
Zlewnia własna Direct catchment	22.05–1.06	11	2,5	26,5	–24,0
Rzeka River	2.06–12.08	72	93,4	2,0	91,4
Zlewnia własna Direct catchment	13.08–18.08	6	0,0	0,0	0,0
Rzeka River	19.08–3.09	16	4,9	0,6	4,2
Zlewnia własna Direct catchment	4.09–20.09	17	0,0	0,0	0,0
Rzeka River	21.09–30.09	10	10,1	0,0	10,1
Rok 2005 Year 2005					
Zlewnia własna Direct catchment	1.04–28.05	58	7,4	96,2	–88,8
Rzeka River	29.04–3.06	6	7,9	0,0	7,9
Zlewnia własna Direct catchment	4.06–15.06	12	0,0	2,3	–2,3
Rzeka River	16.06–19.06	4	5,1	8,0	–2,8
Zlewnia własna Direct catchment	20.06–25.06	6	0,0	2,5	–2,5
Rzeka River	26.06–14.08	50	55,7	2,9	52,8
Zlewnia własna Direct catchment	15.08–3.09	20	0,0	0,6	–0,6
Rzeka River	4.09–30.09	27	7,7	0,0	7,7

cd. tab. 2

1	2	3	4	5	6
	Rok 2006	Year 2006			
Zlewnia własna Direct catchment	5.04–13.05	39	39,9	128,1	–88,2
Rzeka River	14–20.05	7	13,5	8,2	5,3
Zlewnia własna Direct catchment	21.05–5.08	77	0,1	8,5	–8,4
Rzeka River	6–30.08	25	50,4	22,7	27,7
Zlewnia własna Direct catchment	31.08–4.09	5	12,4	15,6	–3,2
Rzeka River	5–11.09	7	20,3	6,1	14,2
Zlewnia własna Direct catchment	12–30.09	19	0,1	8,1	–8,0

Łącznie w okresach wegetacyjnych dostarczono: w 2002 r. 318,6 mm, w 2003 r. 216,2, w 2005 r. 83,8 mm i w 2006 r. 136,7 mm wody. Dopływy z rzeki były znacznie większe niż ze zlewni własnej obiektu. W 2002 r. dopływ w okresach poboru wody z rzeki wynosił 299,3 mm, a w okresach regulowania odpływu wody ze zlewni własnej – 19,3 mm, w 2003 r. – odpowiednio 184,6 i 31,6 mm, w 2005 r. – 76,4 i 7,4 mm, a w 2006 r. – 84,2 i 52,5 mm. Dopływy ze zlewni własnej występowały wiosną i niekiedy w okresach dużych opadów, a zmniejszały się do zera w okresach letnich posuch.

Odpływy z obiektu wynosiły: w 2002 r. 67,8 mm, w 2003 r. 148,9 mm, w 2005 r. 112,5 mm i w 2006 r. 197,3 mm. Odpływy z obiektu występowały głównie w okresie wiosennym.

Zasilanie powierzchniowe obiektu w wodę, stanowiące różnicę dopływu i odpływu rowem B, było największe w okresie wegetacyjnym 2002 r. i wyniosło 250,8 mm. W 2003 r. wynosiło tylko 67,3 mm, a w latach 2005 i 2006 było ujemne. W 2005 r. odpłynęło o 28,6 mm więcej wody niż dopłynęło, a w 2006 r. – o 60,6 mm. Okresy poboru wody z rzeki były okresami największego zasilania obiektu w wodę. Regulowanie odpływu wiosną przed pierwszym nawodnieniem nie powodowało zasilania obiektu; przeważał wówczas odpływ. Natomiast regulowanie odpływu latem było najczęściej nieskuteczne, gdyż dopływ był wtedy zerowy.

GLĘBOKOŚĆ POŁOŻENIA ZWIERCIADŁA WODY GRUNTOWEJ

W części nawadnianej średnia głębokość położenia zwierciadła wody wynosiła 54 cm (tab. 3), nie wykazując większych różnic w kolejnych latach. Znaczniejsze obniżenie zwierciadła wody, średnio do głębokości 90 cm, nastąpiło tylko w lipcu 2006 r. w okresie intensywnej suszy z powodu trudności w doprowadzeniu wody z rzeki.

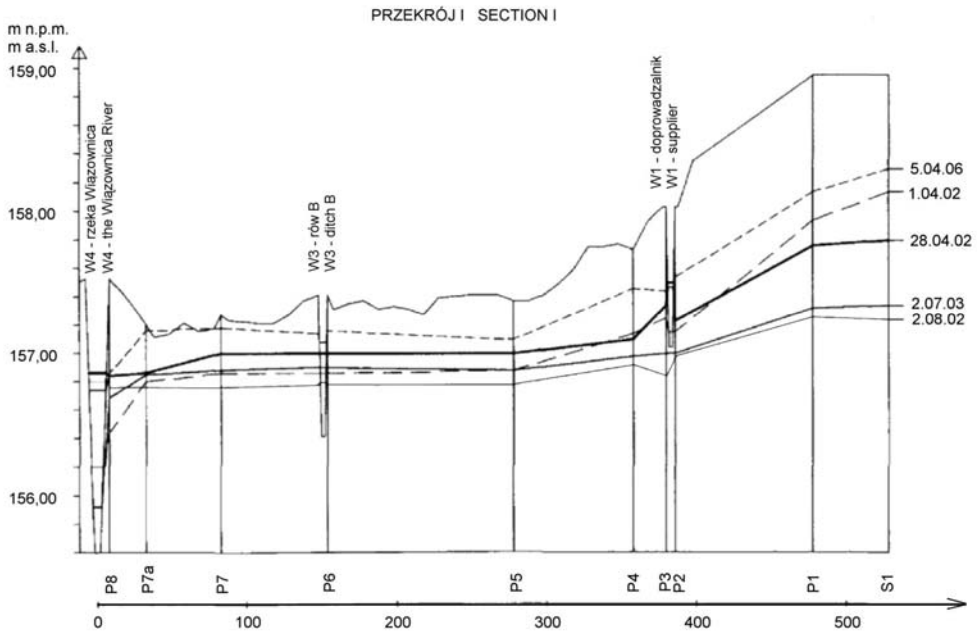
Na obszarze nienawadnianym średnia głębokość wody w okresie wegetacyjnym wynosiła 78 cm. Największa średnia głębokość wystąpiła w 2002 r. – 85 cm, a najmniejsza w 2006 r. – 69 cm. Głębokość położenia zwierciadła wody w każdym roku była mniejsza w pierwszych miesiącach okresu wegetacyjnego. Zaznacza się duże zróżnicowanie głębokości zwierciadła wody gruntowej w kwietniu – od 29 cm w 2006 r. do 71 cm w 2002 r. W miesiącach letnich zwierciadło wody opadało do głębokości średniej miesięcznej 105–107 cm.

Tabela 3. Głębokość położenia zwierciadła wody gruntowej, cm**Table 3.** Groundwater table depth, cm

Rok Year	Miesiąc Month	Dolina nawadniana Irrigated valley	Dolina nienawadniana Non-irrigated valley	Poza doliną Outside the valley
2002	IV	52,6	70,7	130,0
	V	45,1	80,1	153,3
	VI	47,5	64,1	159,4
	VII	53,0	88,1	177,6
	VIII	58,2	101,0	188,2
	IX	60,8	104,9	199,7
	IV–IX	52,8	84,8	168,0
2003	IV	42,8	56,5	131,5
	V	40,7	62,3	133,1
	VI	59,5	89,5	165,5
	VII	52,4	92,4	185,0
	VIII	54,3	95,6	197,5
	IX	65,7	93,2	198,3
	IV–IX	52,6	81,6	168,5
2005	IV	47,3	53,2	109,7
	V	42,4	51,2	108,1
	VI	51,4	69,5	139,1
	VII	67,3	91,2	172,6
	VIII	55,9	89,2	190,6
	IX	72,4	101,3	226,5
	IV–IX	56,1	75,9	157,8
2006	IV	31,0	29,3	100,0
	V	50,9	64,3	126,6
	VI	63,9	84,3	160,8
	VII	90,0	107,2	202,2
	VIII	46,9	72,0	182,9
	IX	46,3	59,4	152,2
	IV–IX	54,8	69,4	154,1

W czasie odwodnienia drenujący wpływ rzeki zaznaczał się w przyległym do niej pasie o szerokości do 20 m. W dalszej części doliny zwierciadło wody gruntowej było płaskie. Na przyległych gruntach ornych w okresie wiosennym zwierciadło wody miało duży spadek w kierunku doliny, natomiast w okresie letnim woda gruntowa opadała tam prawie do poziomu wody w dolinie (rys. 2).

W trakcie nawodnienia (przykładowa krzywa zwierciadła wody z 28.04.2002 r.) woda podnosiła się w całej dolinie, a zasięg jego oddziaływania wyznaczało z jednej strony obrzeże, po którym przebiega doprowadzalnik, a z drugiej rzeka, w której stany wody były niższe niż na przyległym terenie, nawadnianym z rowu B.



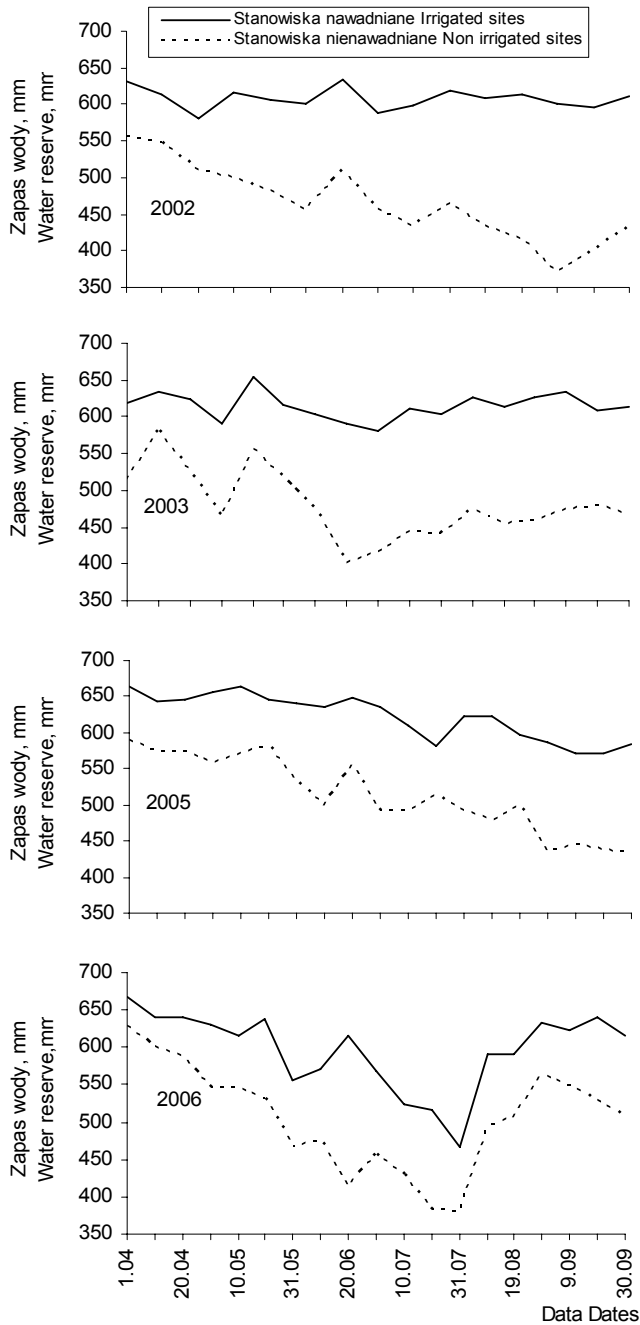
Rys. 2. Charakterystyczne stany wody w przekroju poprzecznym doliny

Fig. 2. Characteristic groundwater levels in the cross-section of the valley

RETENCJA GLEBOWA I POWIERZCHNIOWA

Zapas wody w profilu 1,2 m w okresie wegetacyjnym 2002 r. na obszarze nawadnianym wynosił 588–633 mm (rys. 3). Na obszarze nienawadnianym zmniejszał się stopniowo z 550 na początku kwietnia do 371 mm na początku września. Zapas wody na stanowiskach nawadnianych 5 września 2002 r., po długotrwałym okresie bezopadowym, był o 230 mm większy niż na nienawadnianych. W 2003 r. zapas wody na obszarze nawadnianym wynosił 592–648 mm, natomiast na nienawadnianym obniżał się z 514–580 mm w kwietniu do najniższej wartości 400 mm w końcu czerwca. Różnica na obszarze nawadnianym i nienawadnianym w końcu czerwca wyniosła 192 mm. W 2005 r. zapas wody na obszarze nawadnianym wynosił 572–663 mm. Na obszarze nienawadnianym zmniejszył się z 590 mm na początku wegetacji do 434 mm na początku września. W tym ostatnim okresie różnica zapasów między obszarem nawadnianym a nienawadnianym wyniosła 152 mm. W 2006 r. ze względu na trudności w poborze wody z rzeki w okresie suszy w lipcu zapasy na obszarze nawadnianym zmniejszyły się do 466 mm, a na nienawadnianym do 370 mm (rys. 3).

Oprócz retencji glebowej na obiekcie występuje retencja powierzchniowa w postaci wody w rowach. Jej wartość obliczono na podstawie pomiarów stanów wody na wodowskazach umieszczonych w rowach i pomiarów niwelacyjnych dna rowów i terenu. Na obszarze nawadnianym utrzymywała się ona przez cały okres wegetacyjny i wynosiła 150–900 m³ na 1 km biejącego rowu. W przeliczeniu na powierzchnię nawadnianą retencja powierzchniowa była niewielka i wynosiła 1,7–7,4 mm.



Rys. 3. Średni zapas wody w glebie w warstwie 0–120 cm na stanowiskach nawadnianych i nienawadnianych w latach: 2002, 2003, 2005 i 2006

Fig. 3. Mean water reserve in 0–120 cm soil layer in irrigated and non-irrigated sites in the years: 2002, 2003, 2005 and 2006

BILANS WODNY OBIEKTU

Bilans wodny obiektu sporządzono, rozpatrując przychody i rozchody wody w 1,2-metrowej warstwie gleby zgodnie z równaniem:

$$R_1 + P + Dp + Wg = R_2 + ETr + Hp \quad (1)$$

gdzie:

- R_1 – zapas wody na obiekcie na początku okresu bilansowania,
- P – opad,
- Dp – dopływ powierzchniowy wody,
- Wg – dopływ gruntowy wody (dopływ gruntowy pomniejszony o drenujące oddziaływanie rzeki),
- R_2 – zapas wody na obiekcie na koniec okresu bilansowania,
- ETr – ewapotranspiracja rzeczywista,
- Hp – odpływ powierzchniowy wody.

Oznaczając zmianę retencji $R_2 - R_1 = \Delta R$ i przyjmując $\Delta R = \Delta R_g + \Delta R_p$,

gdzie:

- ΔR_g – zmiana retencji glebowej,
- ΔR_p – zmiana retencji powierzchniowej,

otrzymuje się wzór do obliczenia reszty bilansowej, będącej niekontrolowanym zasilaniem gleby obiektu wodą gruntową:

$$Wg = ETr - P + \Delta R - Dp + Hp \quad (2)$$

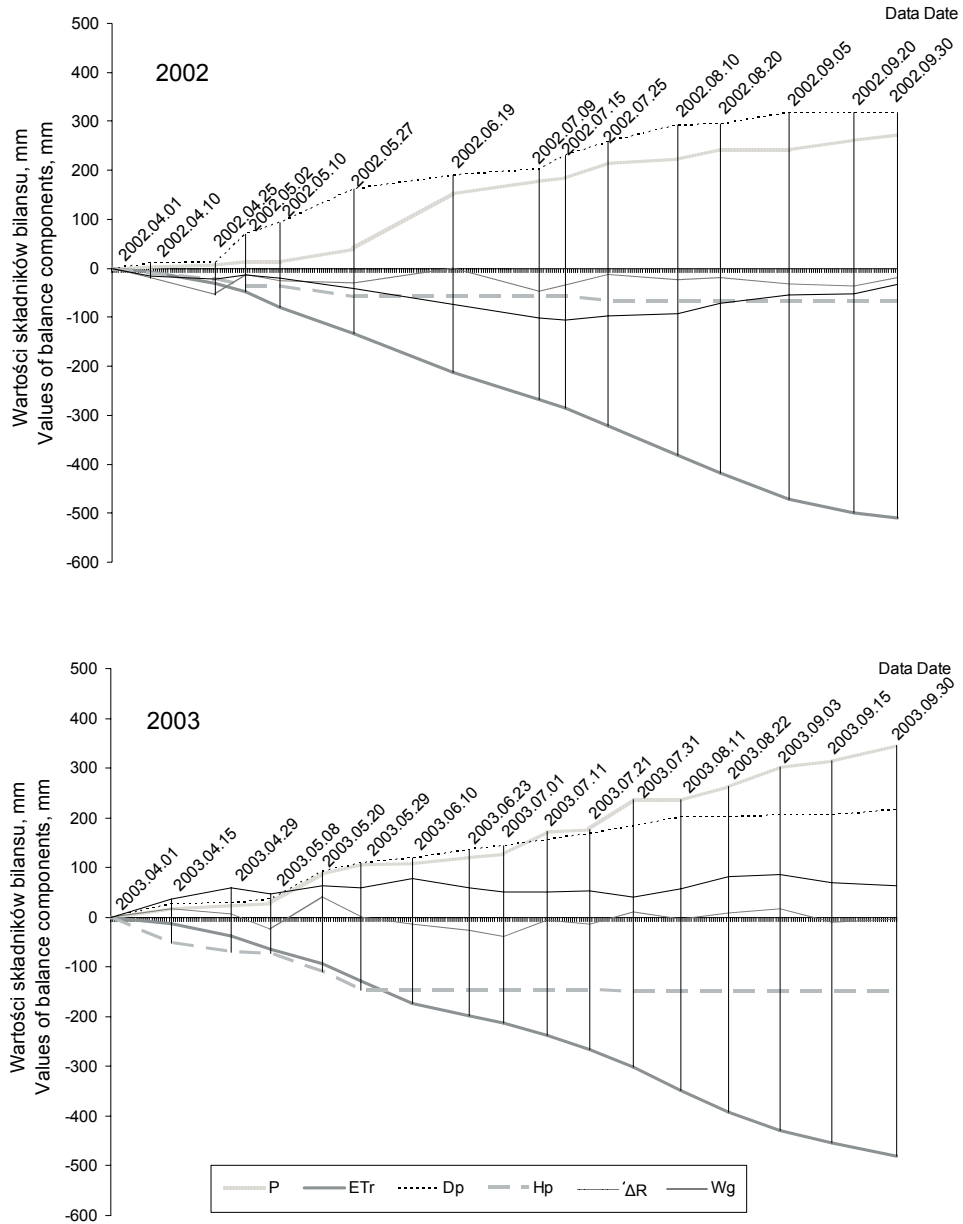
Bilans obliczono dla okresów wyznaczonych przez daty pomiarów uwilgotnienia gleby i przedstawiono go w postaci sumowej (kumulacyjnej). Z krzywych sumowych składników bilansu wodnego (rys. 4, 5) wynika, że podstawowymi składnikami w bilansie wodnym były: opad, ewapotranspiracja i dopływ powierzchniowy.

Odpływ występował głównie w okresie wczesnowiosennym, a zanikał w maju. Znaczniejszy odpływ w okresie letnim pojawił się tylko w 2006 r.

Dopływ i odpływ wody gruntowej W_g w 2002 r. był ujemny, natomiast w pozostałych latach – dodatni. Krzywe sumowe W_g w latach zasilania w okresie wiosennym mają kąt nachylenia dodatni, a w dalszym okresie krzywe są zbliżone do poziomu, co świadczy o słabym zasilaniu obiektu wodą gruntową w okresie letnim.

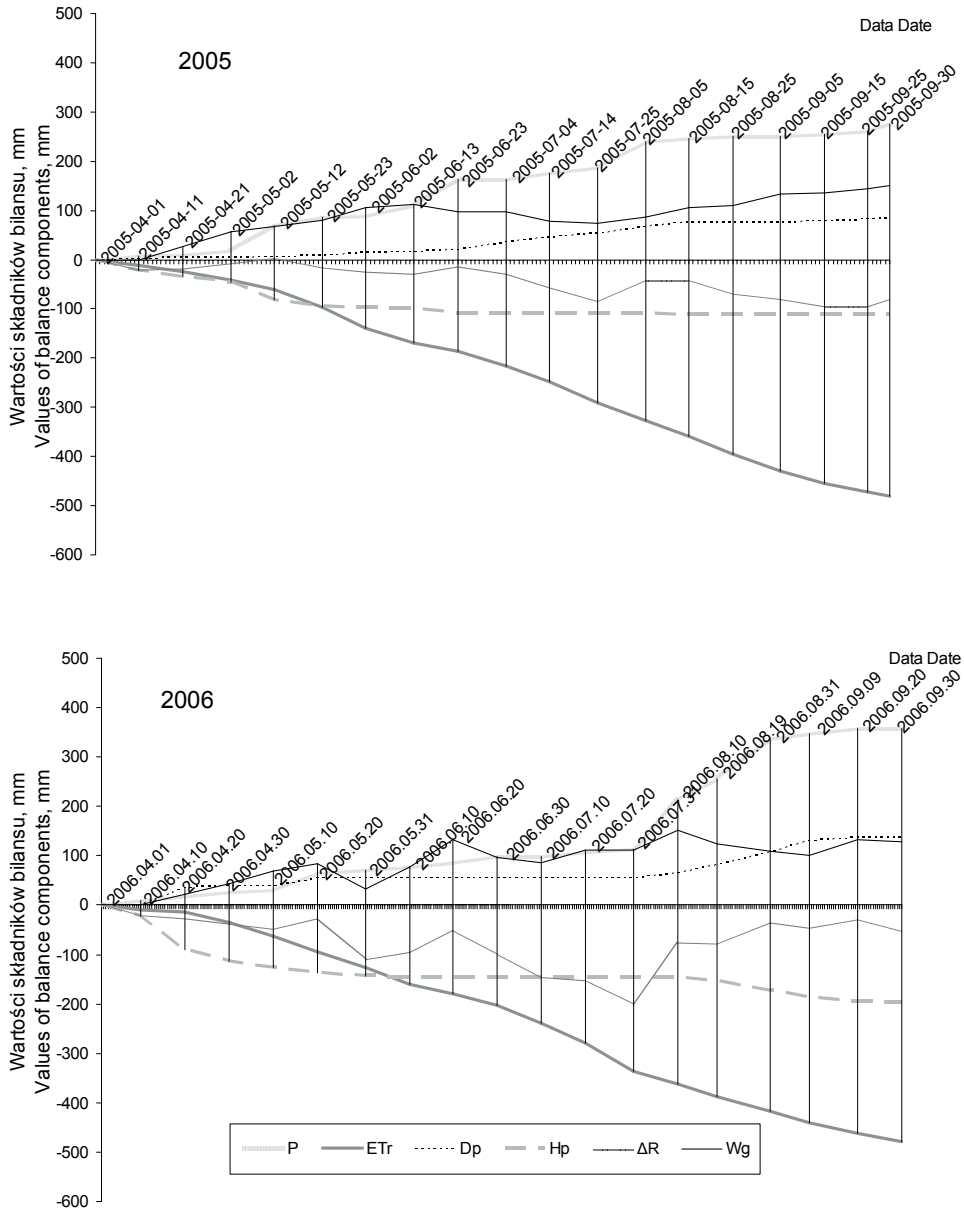
DOPLYW GRUNTOWY

Do obliczenia sumy dopływu gruntowego do obiektu w okresie wegetacyjnym za początek okresu wegetacyjnego w latach 2002 i 2005 przyjmowano 1 kwietnia, a w latach 2003 i 2006 nieco później – po ustąpieniu zalewu. Za koniec okresu wegetacyjnego przyjmowano 30 września. W 2003 r. wiosną nastąpiło niekontrolowane zasilanie obiektu wodą powierzchniową z rzeki w wyniku przejścia (około 10 kwietnia) niewielkiej fali wezbra-



Rys. 4. Krzywe sumowe składników bilansu wodnego latach 2002 i 2003; przychody (+): P – opad, Dp – dopływ powierzchniowy, ΔR – zmiana retencji, Wg – dopływ gruntowy; rozchody (–): ETr – ewapotranspiracja, Hp – odpływ powierzchniowy

Fig. 4. Cumulative curves of water balance components in the years 2002 and 2003; inputs (+): P – precipitation, Dp – surface inflow, ΔR – change of retention, Wg – groundwater inflow; outputs (–): ETr – evapotranspiration, Hp – surface runoff



Rys. 5. Krzywe sumowe składników bilansu wodnego w latach 2005 i 2006; przychody (+): P , Dp , ΔR , Wg ; rozchody (-): ETr , Hp , jak pod rys. 4.

Fig. 5. Cumulative curves of water balance components in the years 2005 and 2006; inputs (+): P , Dp , ΔR , Wg ; outputs (-): ETr , Hp – as in Fig. 4

niowej na skutek spóźnionych roztopów. W związku z tym dopływ gruntowy w tym roku liczono od połowy kwietnia.

Udział dopływu gruntowego w bilansie wodnym obiektu był bardzo zróżnicowany w poszczególnych latach (tab. 4). Największe zasilanie wodą gruntową występowało w 2005 i 2006 r. i wynosiło odpowiednio 149,6 i 127,7 mm. W 2003 r. zasilanie wyniosło zaledwie 27,2 mm. W 2002 r. wiosną przeważał odpływ, latem niewielki dopływ, a w ciągu całego okresu wegetacyjnego niewielki odpływ gruntowy.

Tabela 4. Zasilanie obiektu wodą gruntową, mm

Table 4. Feeding of the object by groundwater, mm

Lata Years	Opad Precipitation <i>P</i>	Ewapotranspiracja Evapotranspiration <i>ETr</i>	Dopływ powierzchniowy Surface inflow <i>Dp</i>	Odpływ powierzchniowy Surface outflow <i>Hp</i>	Zmiana retencji Change of retention ΔR	Woda gruntowa Ground water <i>Wg</i>
2002	272,4	509,4	318,6	67,7	-19,8	-33,7
2003	326,8	468,1	189,9	97,2	-21,4	27,2
2005	276,7	480,7	83,9	112,4	-82,9	149,6
2006	358,7	479,6	136,7	197,3	-53,8	127,7

Dopływ gruntowy obliczono na podstawie bezpośrednich pomiarów składników bilansu wodnego, z wyjątkiem ewapotranspiracji. Ewapotranspiracja, obliczona na podstawie danych meteorologicznych i plonowania użytków zielonych na obiekcie, może być obciążona pewnym błędem i rzutować na dokładność wyznaczenia zasilania gruntowego. Błąd może wynikać z ustalania współczynników ewapotranspiracji w lizymetrach, z których ewapotranspiracja w niektórych warunkach może być większa niż z ładu [KACA i in., 2003]. Wartość niekontrolowanych strat wody, obejmujących ewapotranspirację pomniejszoną o zasilanie gruntowe, w latach 2005 i 2006 jest jednak tak mała (tab. 5), że nie może być tylko wynikiem przeszacowania ewapotranspiracji.

Na wartość zasilania nie ma wpływu sposób pomiaru opadu, gdyż był on taki sam, jak na stacji lizymetrycznej. Nie ma w tym przypadku potrzeby obliczania poprawek do opadu ani ze względu na wysokość umieszczenia deszczomierza, ani ze względu na zakłócenia pola wiatru nad deszczomierzem, gdyż poprawki w bilansie wodnym redukują się podczas odejmowania opadu od ewapotranspiracji.

Analizowano zasilanie obiektu wodami gruntowymi na tle niektórych czynników środowiska. Stwierdzono słaby związek zasilania z niedoborem opadu. W 2002 r., o największym niedoborze opadu, zasilanie gruntowe było ujemne, a w 2005 r., w którym niedobór opadu również był duży, zasilanie było największe (tab. 5).

Występuje natomiast związek zasilania doliny z poziomem wody w dolinie nienawadnianej, jak i poza nią. W latach 2002 i 2003, w warunkach głębokiego położenia zwierciadła wody gruntowej w dolinie i poza nią, zasilanie obiektu było małe lub ujemne. W latach 2005 i 2006 głębokość zwierciadła wody gruntowej była mniejsza, a zasilanie duże. Zarówno położenie zwierciadła wody w dolinie, jak i wartość dopływu gruntowego należało by wiązać z uwodnieniem zlewni na przedwiośniu. W latach o dużych wezbraniach w rze-

Tabela 5. Zasilanie gruntowe na tle niektórych czynników środowiska**Table 5.** Groundwater supply against some environmental factors

Wyszczególnienie Specification	2002	2003	2005	2006
Woda gruntowa W_g , mm Ground water W_g , mm	-33,7	27,2	149,6	127,7
Niedobór opadu N_o , mm Rainfall deficit N_o , mm	237,0	141,3	204,0	120,9
Niedobór wody, N_w , mm Water deficit N_w , mm	217,8	139,0	121,1	67,1
Niekontrolowane straty wody, mm Uncontrolled water losses, mm	543,1	440,9	331,1	351,9
Głębokość zwierciadła wody na obszarze nienawadnianym w dolinie, cm Depth of groundwater table in non-irrigated area in the valley, cm	84,8	81,6	75,9	69,4
Głębokość zwierciadła wody poza doliną, cm Depth of groundwater table outside the valley, cm	168,0	168,5	157,8	154,1

ce, w których występowały zalewy doliny, uwodnienie zlewni było duże, co rzutowało na zasilanie doliny wodami gruntowymi w okresie wegetacyjnym, szczególnie na jego początku.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Profil glebowy na obszarach dolin jest zasilany wodami gruntowymi. Nie oznacza to jednak, że obawy o pojawienie się niedoborów wody znikają. Wynika to z występowania tam gleb i roślinności czułych na przesuszenie. Istotną przyczyną występowania niedoborów jest bardzo różna w poszczególnych latach intensywność zasilania – od ujemnego do ok. 150 mm w okresie wegetacyjnym oraz występowanie zasilania przede wszystkim na początku okresu wegetacyjnego, kiedy w profilu glebowym jest dużo wody i nie jest ona wykorzystywana przez roślinność, lecz zrzucana w formie odpływu powierzchniowego.

O ilości dopływu gruntowego można sądzić na podstawie położenia zwierciadła wody gruntowej poza doliną i w dolinie nienawadnianej. Istnieje wyraźny związek między średnią głębokością zwierciadła wody gruntowej a ilością wody zasilającej profil glebowy. Istotnym czynnikiem, mającym wpływ na zróżnicowanie głębokości zwierciadła wody, jest uwodnienie doliny na przedwiośniu. W latach z wczesnowiosennymi zalewami zwierciadło wody gruntowej układa się płycej, a dopływ wody gruntowej jest większy.

Obliczenia klimatycznych lub rzeczywistych niedoborów opadu do oceny potrzeby nawodnień i bieżącego rozrządu wody mogą być zawodne, gdyż bilans wodny jest znacząco modyfikowany przez dopływ gruntowy. Nawet w latach o dużych niedoborach opadu dopływ gruntowy może znacznie łagodzić braki wody. Uwzględnianie tych dopływów w latach miarodajnych może być zawodne, gdy projektuje się urządzenia melioracyjne. Wykonanie systemu melioracyjnego bez określenia źródła wody do nawodnień może w niektórych latach bardzo niekorzystnie wpłynąć na plonowanie roślin i środowisko. Brak w wykonanych systemach melioracyjnych, wyposażonych w urządzenia odwadniająco-

-nawadniające, dyspozycyjnych zapasów wody do nawodnień użytków zielonych, przeznaczanych obecnie na inne cele, jak energetyka czy stawy rybne, może powodować znaczne straty produkcyjne i środowiskowe.

Uzyskane wyniki można uogólnić w odniesieniu do innych, podobnych dolin rzecznych Niżu Polskiego – małych, płytkich i wąskich, o słabo zaznaczonych krawędziach, zajętych przez łąki pobagienne (tak zwane murszowiska) na glebach mułowo-murszowych, torfowo-murszowych oraz murszowiska łąkowe.

Na podstawie przeprowadzonych badań można wyciągnąć poniższe wnioski.

1. W małych dolinach rzecznych usytuowanych w małych zlewniach zasilanie gruntowe w okresie wegetacyjnym występuje tylko w niektórych latach i przede wszystkim w okresie wiosennym.

2. Zasilanie doliny wodami gruntowymi występuje przede wszystkim w latach, w których głębokość położenia zwierciadła wody gruntowej poza doliną i w dolinie nienawadnianej jest mała i występują wczesnowiosenne zalewy doliny.

3. Zasilanie doliny wodami gruntowymi powinno być wykorzystane w trakcie eksploatacji systemu melioracyjnego przez zamykanie zastawek wczesną wiosną. Retencjonowanie wód wiosennych jest zmniejszane wskutek odpływu wody do rzeki w warunkach występującego wtedy nadmiaru wody.

4. Uwzględnienie dopływu gruntowego w projektach nawodnień podsiąkowych powinno wynikać z dokładnych analiz warunków hydrologicznych oraz elementów bilansu wodnego.

LITERATURA

- JURCZUK S., 2007. Znaczenie nawodnień podsiąkowych w kształtowaniu plonów łąk w małej dolinie rzecznej. *Woda Środ. Obsz. Wiej.* t. 7 z. 2 (20) s. 147–158.
- KACA E., ŁABĘDZKI L., CHRZANOWSKI S., CZAPLAK I., KASPERSKA-WOŁOWICZ W., 2003. Gospodarowanie zapasami wody użytecznej gleb torfowo-murszowych w warunkach regulowanego odpływu w różnych regionach agroklimatycznych Polski. *Woda Środ. Obsz. Wiej. Rozpr. Nauk. Monogr.* nr 9 ss. 118.
- MIODUSZEWSKI W., JURCZUK S., 1997. Próba oceny zasobów wodnych obiektu melioracyjnego Tu-rośl. W: *Woda jako czynnik warunkujący wielofunkcyjny i zrównoważony rozwój wsi i rolnictwa. Mater. Semin.* 39. Falenty: Wydaw. IMUZ s. 55–63.
- ROGUSKI W., SARNACKA S., DRUPKA S., 1988. Instrukcja wyznaczania potrzeb i niedoborów wodnych roślin uprawnych i użytków zielonych. *Mater. Instr.* 66. Falenty: IMUZ ss. 90.
- ZIOMEK J., 1992. Szczegółowa mapa geologiczna Polski. Arkusz 705–Przysucha. Warszawa: PIG.
- ZIOMEK J., 1995. Objasnienia do szczegółowej mapy geologicznej Polski 1:50 000. Arkusz Przysucha (705). Warszawa: PIG ss. 39.

Sergiusz JURCZUK

**CONTRIBUTION OF GROUNDWATERS TO THE WATER BALANCE
OF SUB-IRRIGATED GRASSLANDS IN A SMALL RIVER CATCHMENT**

Key words: ground water input, small river catchments, sub irrigation, water balance

S u m m a r y

Results of a 4 years long (2002–2006) study on water balance in an irrigated reclamation object are presented in this paper. Studies were carried out in the Wir object – part of the Wiązownica River valley, Potworów commune, Masovian Province.

Measurements of water balance elements like surface in- and outflow, precipitation, soil and surface water retention and the results of calculation of evapotranspiration based on meteorological data and measured grassland yielding allowed for estimating groundwater input to the valley. Results of this study show that the groundwater input varies between years and occurs mainly during the first grass regrowth.

Recenzenci:

doc. dr hab. Zbigniew Kowalewski

prof. dr hab. Edward Pierzgałski

Praca wpłynęła do Redakcji 27.11.2007 r.