

## ZMIENNOŚĆ RETENCJI GRUNTOWEJ W ZLEWNI JEZIORNO-RZECZNEJ

Jolanta Kanclerz, Sadżide Murat-Błażejewska, Mariusz Sojka  
Akademia Rolnicza w Poznaniu

**Streszczenie.** W latach hydrologicznych 2000–2004 prowadzono badania w zlewni rzeki Małej Welny (do przekroju Kiszkowo) charakteryzującej się wysokim wskaźnikiem jeziorności. Na podstawie sporządzonego bilansu wodnego określono zmiany retencji w zlewni, a następnie poszukano zależności między zmianami retencji a wysokością opadów atmosferycznych i zmianami stanów wody gruntowej. Zmiany retencji były dodatkowo skorelowane zarówno z miesięcznymi i rocznymi sumami opadów, jak i ze zmianami stanów wody gruntowej w dwóch wybranych studzienkach pomiarowo-kontrolnych położonych w odległości 135 i 250 m od rowu opaskowego. A zatem, na podstawie zmian stanów wody gruntowej w tych studzienkach można oszacować zmiany retencji w zlewni.

**Słowa kluczowe:** retencja, bilans wodny, opady atmosferyczne, stan wody gruntowej, zlewnia

### WSTĘP

Prawidłowe oszacowanie wielkości retencji i optymalne ukształtowanie stosunków wodnych ma szczególne znaczenie w Wielkopolsce, gdzie niedobory wody zaznaczają się najwyraźniej. Na głębokość zalegania wód gruntowych wpływa wiele czynników naturalnych, takich jak zjawiska meteorologiczne, budowa geologiczna zlewni, ukształtowanie terenu, sieć cieków naturalnych i sztucznych [Głuchowska i in. 2004]. W przypadku odpowiedniego ukształtowania terenu lub nawadniającego oddziaływania zbiornika zwierciadło wody gruntowej zazwyczaj najpłycej występuje w pobliżu akwenu, a najgłębiej na terenach wyżej położonych i znacznie oddalonych od jego brzegu [Orzepowski i in. 2004].

Badania miały na celu poznanie zmienności retencji gruntowej w zlewni rzeki Małej Welny i określenie jej związku z wysokością opadów atmosferycznych i zmianami stanów wody gruntowej.

Pracę sfinansowano ze środków przeznaczonych na naukę w latach 2007–2010 (projekt badawczy nr N305 084 32/2845).

---

Adres do korespondencji – Corresponding author: dr inż. Jolanta Kanclerz, Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji, Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu, ul. Piątkowska 94, 60-648 Poznań, e-mail: jkujawa@au.poznan.pl

## MATERIAŁ I METODY

Zlewnia Małej Wełny o powierzchni 342 km<sup>2</sup> leży w środkowej części Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej, w makroregionie Pojezierza Wielkopolskiego, mezoregionie Pojezierza Gnieźnieńskiego [Kondracki 2000]. Rzeka Mała Wełna od źródeł znajdujących się na wysokości ok. 119 m n.p.m. do przekroju Kiszkowo zamykającego badany obszar, a położonego na wysokości 92,5 m n.p.m., pokonuje 45,3 km. Różnica wysokości wynosi 26,5 m, co daje średni spadek podłużny rzeki równy 0,58‰. W górnej części zlewni (do przekroju Owieczki) spadek podłużny rzeki na odcinku ok. 15 km wynosi 0,47‰. Dolina rzeki jest rynną polodowcową. W jej górnej części spadki poprzeczne są znaczne i wynoszą średnio ok. 25‰, przy czym lokalnie sięgają 80‰. Pozostały obszar to płaska lub falista wysoczyzna morenowa o spadkach od 5 do 30‰. W zlewni Małej Wełny przeważają przepuszczalne utwory mineralne (95% powierzchni) wytworzone głównie z piasków gliniastych płytkich i średnio głębokich zalegających na glinie piaszczystej i lekkiej, a także gleby wytworzone z glin (3,6%) i z torfów (1,1%). Obszar zlewni ma typowo rolniczy charakter. Użytki rolne zajmują 82,7% powierzchni zlewni (z czego 75,2% przypada na grunty orne, 7,2% na użytki zielone, a 0,3% na sady), lasy – 6%, wody stojące – 2,3%, a reszta to tereny zabudowane.

Rzeka przepływa przez osiem jezior o sumarycznej powierzchni 392,8 ha, a tuż przed przekrojem zamykającym zasila kompleks stawów rybnych o powierzchni użytkowej 112 ha. Całkowita powierzchnia wód stojących na badanym obszarze (19 jezior i kompleks stawów rybnych) wynosi 799,6 ha.

Badania w zlewni rzeki Małej Wełny do przekroju Kiszkowo prowadzono w latach hydrologicznych 2000–2004 w piętnastu studzienkach pomiarowo-kontrolnych usytuowanych w charakterystycznych punktach zlewni w odległości od 2 do 5500 m od wód stojących (rys. 1). Dziesięć studzienek znajdowało się na terenach przystawowych, a pięć w linii spływu wody do rzeki i jezior. Na terenie zlewni wykonywano również codzienne pomiary wysokości opadów atmosferycznych (na posterunku opadowym w Kiszkowie) i stanów wody rzeki w przekroju zamykającym zlewnię oraz comiesięczne pomiary hydrometryczne (geometrii koryta i prędkości przepływu wody) w sześciu przekrojach wzdłuż biegu rzeki i w jeziorach, przez które rzeka przepływa.

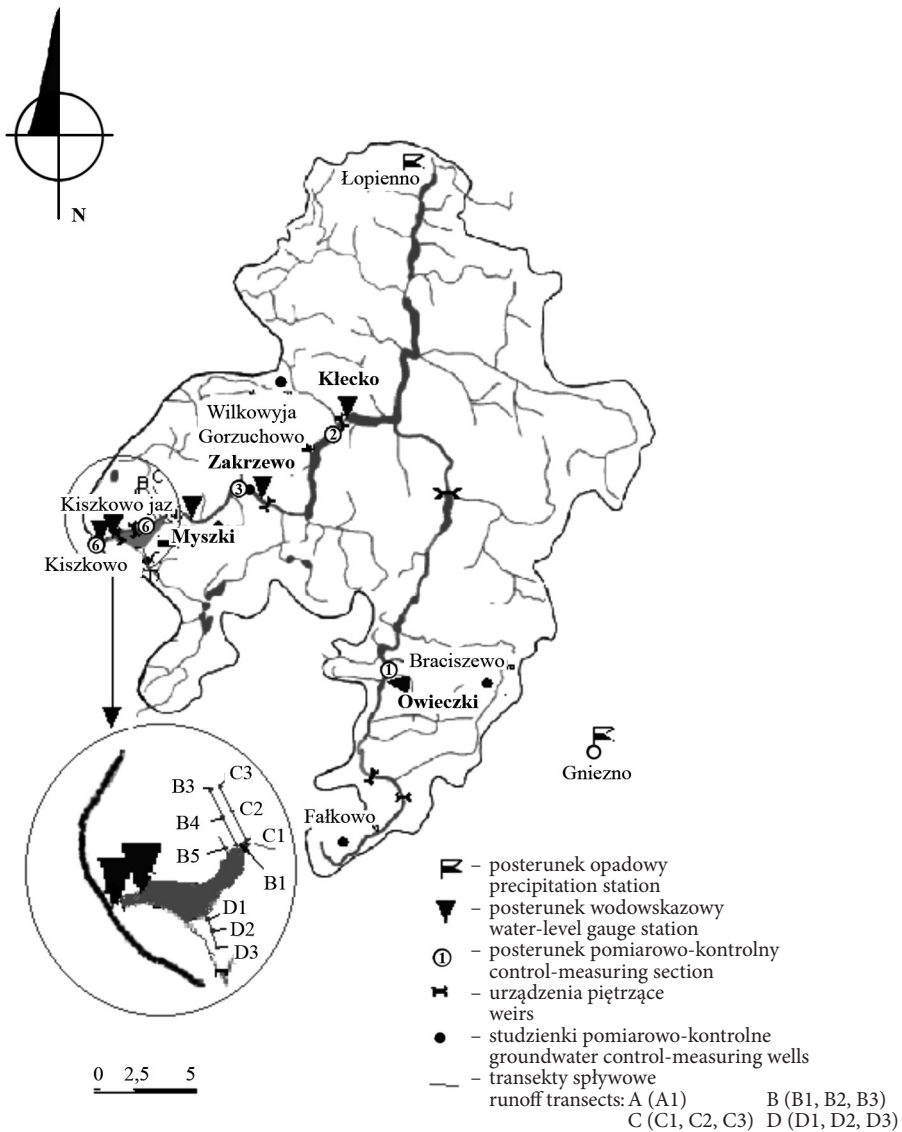
Dane dotyczące temperatury powietrza pochodziły ze stacji meteorologicznej Leśnego Zakładu Doświadczalnego Akademii Rolniczej w Poznaniu „Arboretum” w Zielonce.

Parowanie terenowe dla okresu wegetacyjnego obliczono metodą Penmana, a dla okresu pozawegetacyjnego – metodą pośrednią według tabel Konstantinowa. Miesięczne wartości parowania z powierzchni wód stojących obliczono ze wzoru Dawidowa. Do obliczenia zmian retencji wykorzystano uproszczone równanie bilansu wodnego zlewni.

## WYNIKI

Warunki meteorologiczne w zlewni Małej Wełny w latach hydrologicznych 2000–2004 analizowano na podstawie odchyłek półrocznych i rocznych sum opadów atmosferycznych oraz średnich temperatur powietrza od wartości z wielolecia 1989–2004.

W wieloleciu 1989–2004 średni roczny wskaźnik opadu nieskorygowanego wyniósł 514 mm, w tym w półroczu zimowym 197 mm, a w letnim 317 mm. Średnia temperatura tego wielolecia była równa 8,5°C, w półroczu zimowym wynosiła 2,3°C, a w letnim 14,7°C.



Rys. 1. Zlewnia rzeki Małej Węlny  
Fig. 1. Catchment of Mała Węlna river

W okresie badań lata hydrologiczne 2000, 2001 i 2002 zaliczono do wilgotnych (według Kaczorowskiej [1964]). Roczne sumy opadów atmosferycznych w tych latach były wyższe od średniej z wielolecia odpowiednio o 126, 67 i o 82 mm i stanowiły 124, 113 i 115% średniej wieloletniej. Średnia roczna temperatura powietrza w 2001 r. była zbliżona do średniej z wielolecia, a w latach 2000 i 2002 przekraczała ją o 0,8°C. Czwarty rok badań (2003) był bardzo suchy i chłodny. Roczna suma opadów była niższa o 169 mm (stanowiła 67% średniego wskaźnika rocznego z wielolecia), a średnia temperatura – niższa o 0,8°C od średniej z wielolecia. Ostatni rok badań należał do suchych, gdyż średnia roczna suma opadów była niższa o 69 mm od średniej wieloletniej i stanowiła 87% tej średniej. Temperatura powietrza tego roku była zbliżona do wieloletniej.

Aby ilościowo ocenić zasoby wodne i ich czasową zmienność, sporządzono bilans wodny badanej zlewni w przedziałach miesięcznych, okresowych i rocznych (tab.). W uproszczonym bilansie miesięczne sumy opadów atmosferycznych skorygowano przez wniesienie poprawki według Kowalczyka i Ujdy [1987].

Wartości wskaźnika odpływu kształtowały się w zakresie od 0,3 mm w styczniu 2004 r. (suchym pod względem opadów atmosferycznych) do 18,8 mm w marcu 2002 r. (wilgotnym). W latach wilgotnych roczne wskaźniki odpływu wynosiły od 37 do 60 mm, a w latach suchych (2003 i 2004) – odpowiednio 32 i 13 mm.

Miesięczne wartości parowania terenowego mieściły się w granicach od 6 mm w grudniu 2003 r. do 115 mm w czerwcu 2000 r. Wartości roczne wynosiły od 417 mm w bardzo suchym i przeciętnym pod względem temperatury powietrza roku 2003 do 517 mm w wilgotnym i ciepłym roku 2000.

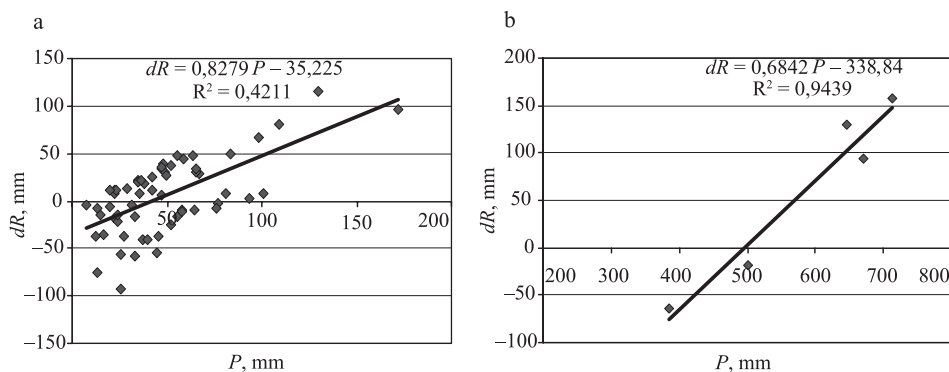
Analizując zmiany retencji w okresie badań, zauważono roczny wzrost retencji w latach wilgotnych i ciepłych wynoszący od 94 mm (2002) do 158 mm (2000), a spadek w latach suchych – o 64 mm (2003 – rok zimny) i 18 mm (2004 – rok przeciętny pod względem temperatury powietrza). W półroczach zimowych retencja się zwiększała o 47 do 173 mm, a w półroczach letnich – zmniejszała się o 10 do 110 mm (tab.).

Zmiany retencji miesięcznej w zlewni były dodatnio skorelowane z miesięcznymi sumami opadów atmosferycznych ( $R^2=0,42$ ), a zmiany retencji rocznej – z rocznymi sumami opadów ( $R^2=0,94$ ) (rys. 2). Zmiany retencji miesięcznej były także dodatnio skorelowane (istotnie na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ ) ze zmianami miesięcznych stanów wody gruntowej w studzienkach B2 i B3 oddalonych odpowiednio o 135 i 250 m od rowu opaskowego (rys. 3). W tych dwóch studzienkach (spośród piętnastu studzienek pomiarowo-kontrolnych) kierunek zmian stanów wody gruntowej w większości badanych lat był zgodny z kierunkiem zmian retencji.

Kierunki zmian rocznych stanów wód gruntowych w studzienkach B2 i B3 przeważnie zgadzały się z kierunkami zmian rocznej retencji w zlewni (rys. 4). Zgodność kierunków tych zmian była zachowana zarówno w latach suchych, jak i wilgotnych, z wyjątkiem wilgotnego roku 2000 w przypadku studzienki B3 i wilgotnego roku 2002 w przypadku studzienki B2.

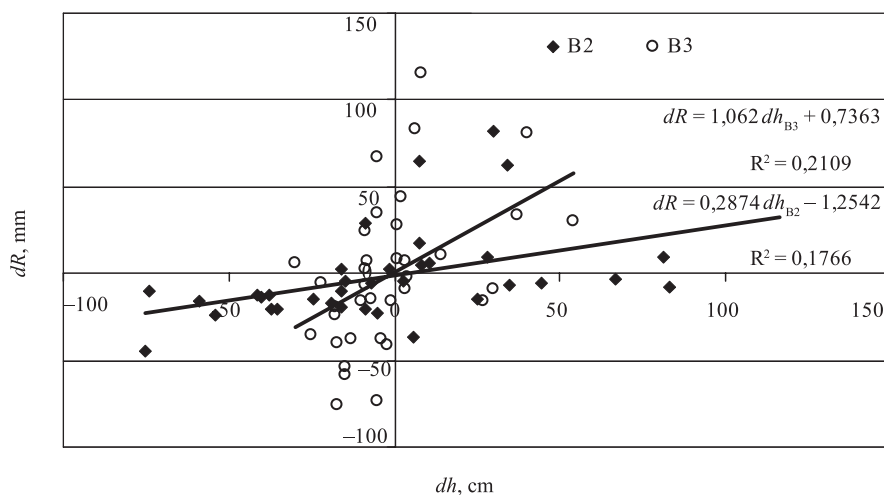
Tabela. Składniki bilansu wodnego dla zlewni rzeki Mała Wehna do przekroju Kiszkowo w przedziałach miesięcznych, półrocznych i rocznych  
 Table. Elements of water balance for Mała Wehna catchment up to Kiszkowo cross-section in monthly, half-yearly, and yearly intervals

Składniki bilansu wodnego Elements of water balance	Rok hydrologiczny Hydrological year												Miesiąc – Month												Półrocze – Half-year			Rok Year																																																																																																																																																																																																																																																																																																				
	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	IV	V-X	XI-X	XI-IV	X	O	N-A	M-O	N-O																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
Opad atmosferyczny (skorygowany) Precipitation (corrected) P, mm	2000	34,5	63,6	34,8	38,4	109,3	33,4	37,6	25,9	171,7	76,5	67,0	19,8	313,9	398,5	712,4	2001	58,4	47,3	22,7	22,1	42,1	65,6	13,1	76,2	100,5	64,5	98	35,2	258,1	387,5	645,6	2002	23,2	47,9	48,4	83,5	58	46,9	52,1	44,7	32,9	81,1	22,4	130	307,9	363,2	671,1	2003	47,5	20,2	52,0	7,6	15,2	23,7	27,6	25,3	93,7	16,8	13,6	42,1	166,0	219,1	385,1	2004	28,8	36,0	55,2	49,2	31,1	12,7	57,8	40,0	45,6	55,6	23,8	64,9	212,9	287,6	500,5	2000	2,7	2,5	2,7	2,4	3,5	5,0	2,4	3,0	4,0	2,9	2,8	3,4	18,8	18,4	37,2	2001	1,6	0,8	1,4	3,8	8,2	7,2	5,1	2,2	2,0	2,2	2,4	3,9	23,1	17,8	40,9	2002	2,2	1,5	4,5	17,8	18,8	5,2	3,4	1,7	1,3	1,2	0,8	1,7	50,0	10,3	60,3	2003	1,6	2,5	2,8	3,5	5,3	4,2	1,9	1,0	2,1	2,7	1,8	2,8	19,9	12,3	32,2	2004	0,9	0,5	0,3	0,6	0,7	0,7	0,7	0,7	1,5	1,1	1,0	3,9	3,6	8,9	12,5	2000	9,4	13,3	11,7	18,4	24,8	44,4	75,4	115,3	71,1	75,4	36,4	21,8	121,9	395,4	517,3	2001	12,5	12,6	10,5	9,8	21,9	28,5	83,5	81,2	90,8	71,2	29,0	23,9	95,8	379,6	475,4	2002	9,3	7,6	14,2	16,3	48,0	36,2	73,2	96,9	90,3	72,0	40,5	12,3	131,6	385,2	516,8	2003	9,8	6,0	11,5	7,7	24,2	40,4	63,6	80,4	89,2	49,5	19,9	14,3	99,6	317,0	416,6	2004	14,9	13,1	7,3	20,9	34,5	49,1	69,1	80,8	81,3	70,6	37,7	26,4	139,8	365,9	505,7	2000	22,4	47,8	20,4	17,6	81,0	-16,0	-40,2	-92,4	96,6	-1,8	27,8	-5,4	173,2	-15,3	157,9	2001	44,3	33,9	10,8	8,5	12,0	29,9	-75,5	-7,2	7,7	-8,9	66,6	7,4	139,2	-9,9	129,3	2002	11,7	38,8	29,7	49,4	-8,8	5,5	-24,5	-53,9	-58,7	7,9	-18,9	116,0	126,3	-32,3	94,0	2003	36,1	11,7	37,7	-3,6	-14,3	-20,9	-37,9	-56,1	2,4	-35,4	-8,1	25,0	46,5	-110,2	-63,7	2004	13,0	22,4	47,6	27,7	-4,1	-37,1	-12,0	-41,5	-37,2	-16,1	-14,9	34,6	69,5	-87,2	-17,7



Rys. 2. Zależność zmian retencji ( $dR$ ) od wysokości opadów atmosferycznych ( $P$ ) w latach hydrologicznych 2000–2004; a – retencja miesięczna, b – retencja roczna

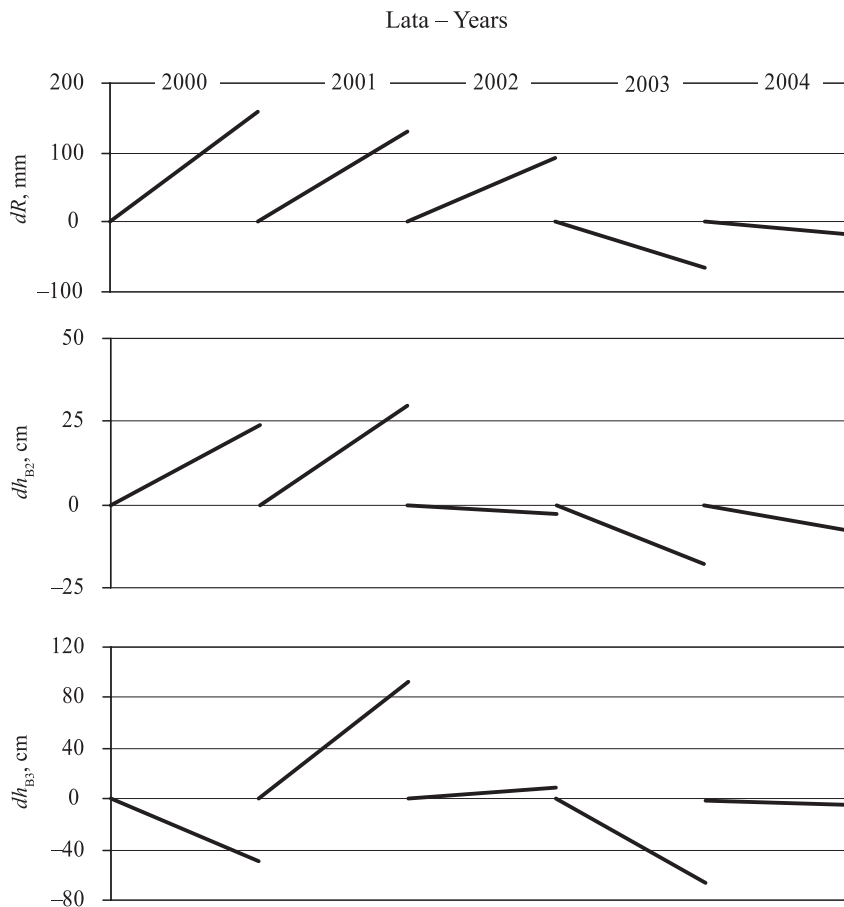
Fig. 2. Retention changes ( $dR$ ) versus precipitation ( $P$ ) in hydrological years 2000–2004; a – monthly retention, b – yearly retention



Rys. 3. Zależność zmian retencji miesięcznej ( $dR$ ) od zmian miesięcznych stanów wody gruntowej ( $dh$ ) w studzienkach B2 i B3

Fig. 3. Monthly retention changes ( $dR$ ) versus monthly groundwater level changes ( $dh$ ) in wells B2 and B3

Zmiany retencji w zlewni Małej Wełny można oszacować na podstawie zmian stanów wody gruntowej w studzienkach B2 i B3. W latach wilgotnych zmiany stanów wody gruntowej w tych studzienkach wynosiły od  $-50$  cm do  $93$  cm przy zmianach retencji w lewni od  $94$  mm do  $158$  mm. W latach suchych wielkości te kształtowały się w zakresie odpowiednio od  $-66$  cm do  $-8$  cm oraz od  $18$  mm do  $64$  mm.



Rys. 4. Kierunki zmian retencji rocznej ( $dR$ ) i rocznych stanów wód gruntowych ( $dh$ ) w studzienkach B2 i B3

Fig. 4. Directions of yearly retention changes ( $dR$ ) and yearly groundwater level changes ( $dh$ ) in wells B2 and B3

## PODSUMOWANIE

Analiza składników bilansu wodnego wykazała, że w latach wilgotnych (2000, 2001 i 2002) nastąpił wzrost retencji w zlewni Małej Wełny wynoszący od 94 do 158 mm, a w roku bardzo suchym (2003) i suchym (2004) – spadek odpowiednio o 64 i 18 mm. Zmiany retencji miesięcznej i rocznej były dodatnio skorelowane (na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ ) z miesięcznymi i rocznymi sumami opadów atmosferycznych, a także ze zmianami stanów wody gruntowej w studzienkach położonych w odległości 135 i 250 m od rowu opaskowego. Na podstawie zmian stanów wody gruntowej w tych studzienkach można oszacować zmiany retencji w zlewni.

## PIŚMIENICTWO

- Głuchowska B., Olszewska B., Pływaczyk L., 2004. Zmiany zalegania wód gruntowych w dolinie Odry poniżej stopnia wodnego w Brzegu Dolnym w latach 1970–2003. *Rocz. AR Pozn., Melior. Inż. Środ.* 25, 105–110.
- Kaczorowska Z., 1964. Opady w Polsce w przekroju wieloletnim. Tendencje, okresowość oraz prawdopodobieństwo występowania niedoboru i nadmiaru opadu. *Pr. Geogr. IG PAN* 33, 12–127.
- Kondracki J., 2000. *Geografia regionalna Polski*. PWN Warszawa.
- Kowalczyk S., Ujda K., 1987. Pomiary porównawcze opadów atmosferycznych. *Mat. Bad. IMGW Warsz., Meteorologia* 14.
- Orzepowski W., Kostrzewa S., Kowalczyk T., 2004. Dynamika wahań zwierciadła wód gruntowych w otoczeniu małego zbiornika wodnego na terenach wiejskich. *Rocz. AR Pozn., Melior. Inż. Środ.* 25, 429–435.

## CHANGES IN GROUNDWATER RETENTION IN LAKE-RIVER CATCHMENT

**Abstract.** In the hydrological years 2000–2004, studies were conducted in the Mała Wełna river catchment (up to the Kiszkowo gauging section) having a high lake density index. The water balance was used to establish the changes in water retention in the catchment. Then, relationships were established between the retention changes and the precipitation totals and the changes in groundwater levels. It was found that the monthly and yearly retention changes were positively correlated with the monthly and yearly precipitation totals and groundwater level changes in two observation wells situated at a distance of 135 and 250 m from a girdling ditch. Therefore, the changes in groundwater levels in these wells may provide a basis for estimating the retention changes in the catchment.

**Key words:** retention, water balance, atmospheric precipitation, groundwater level, catchment

*Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 17.10.2007*