

ROCZNIKI  
AKADEMII ROLNICZEJ  
W POZNANIU  
CCCLV



MELIORACJE  
I INŻYNIERIA  
ŚRODOWISKA

POZNAŃ 2003

24

SADŹIDE MURAT-BŁAŹEJEWSKA, JOLANTA KUJAWA, MARIUSZ SOJKA

## OBIEG WODY W ZLEWNI RZEKI MAŁA WEŁNA W LATACH WILGOTNYCH

*Z Katedry Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji  
Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu*

**ABSTRACT.** The paper presents water balance of the Mała Wełna river catchment down to Kiszkowo. The study was carried out in the hydrological years 1997-2000. Analyses of water balance components allowed to estimate retention changes in half-years, years and vegetation periods. The storage increased in winter half-years (from November to April) and it decreased in the vegetation periods.

**Key words:** water balance, precipitation, runoff, evaporation, storage changes

### Wstęp

Zasoby wodne w zlewni zależą przede wszystkim od warunków klimatycznych, które charakteryzują się zmiennością czasową i przestrzenną. Składowe bilansu wodnego (opad atmosferyczny, parowanie terenowe, retencja glebowo-gruntowa) kształtują wielkość odpływu ze zlewni (Somorowski 1998). Dlatego gospodarowanie wodami na obszarach objętych deficytem powinno obejmować racjonalne i całościowe traktowanie zasobów wód powierzchniowych i podziemnych z uwzględnieniem ich jakości (Prawo Wodne 2001). Środkowa część dorzecza Warty jest regionem o niekorzystnym bilansie wodnym, który zaznacza się nawet w latach przeciętnych i wilgotnych (Przybyła 1994, Rojek 1995). Dlatego szczególną uwagę należy poświęcić rozpoznaniu dynamiki obiegu wody w zlewniach rzecznych położonych w regionie Wielkopolski.

### Materiały i metody

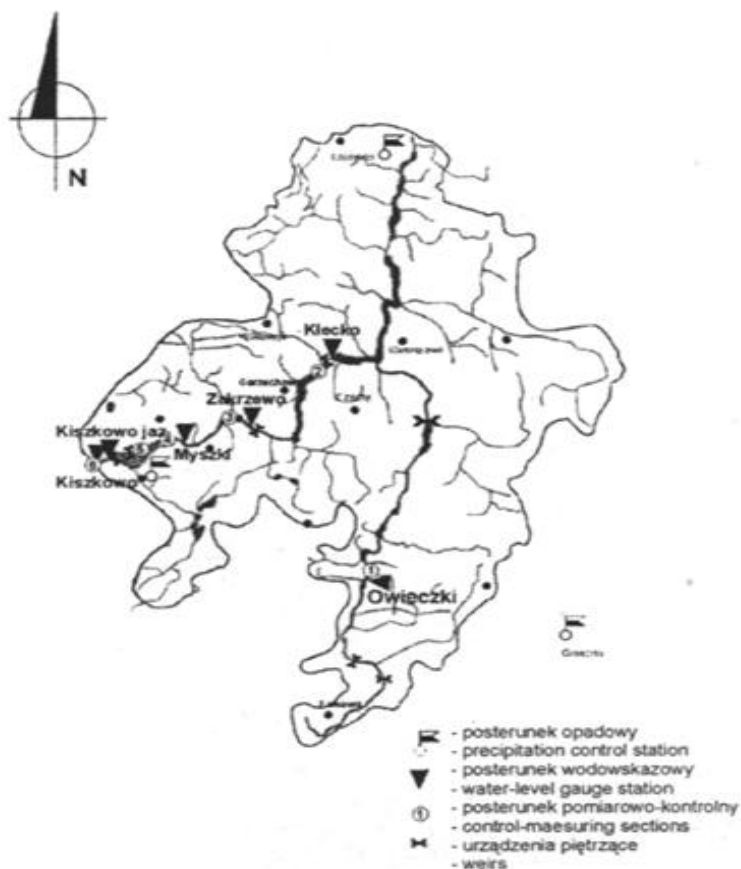
Celem niniejszej pracy była ocena zmienności składników bilansu wodnego w zlewni rzeki Mała Wełna do przekroju Kiszkowo w latach hydrologicznych 1997-2000.

Warunki fizjograficzne zlewni rzeki Mała Wełna scharakteryzowano na podstawie opracowań syntetycznych: Podziału hydrograficznego Polski (1983), map hydrograficznych i topograficznych w skali 1:25 000 i 1:50 000 oraz własnych badań terenowych.

Dla opisu warunków meteorologicznych zlewni wykorzystano wyniki pomiarów z własnych posterunków opadowych w Kiszkwie i Łopiennie (opady atmosferyczne w latach 1997-2000) oraz dane (opady atmosferyczne i temperatury powietrza w latach 1989-2000) ze stacji IMGW w Gnieźnie. Przy określaniu składników bilansu wodnego pomierzone miesięczne sumy opadu atmosferycznego skorygowano przez wniesienie miesięcznych poprawek według Kowalczyka i Ujdy (1987).

Parowanie terenowe w okresie pozawegetacyjnym obliczono metodą pośrednią według tabel Konstantinowa, a dla okresu wegetacyjnego metodą Penmana (Allen i in. 1994). Miesięczne wartości parowania z powierzchni wód stojących obliczono wzorem Dawidowa.

Warunki hydrologiczne w zlewni ustalono na podstawie własnych pomiarów hydrometrycznych. W przekroju zamykającym zlewnię rzeki Mała Wełna notowano codzienne stany wody i ustalono związek między stanami wody a natężeniem przepływu. Natężenia przepływów w sześciu przekrojach pomiarowo-kontrolnych usytuowanych wzdłuż biegu rzeki (ryc. 1) były określone metodą pośrednią (pole powierzchni przekroju poprzecznego i prędkość przepływu wody).



Ryc. 1. Zlewnia rzeki Mała Wełna do przekroju Kiszkwie  
Fig. 1. Scheme of the Mała Wełna River catchment down to Kiszkwie

## Wyniki badań

Obszar zlewni rzeki Mała Wełna znajduje się w środkowej części Niziny Wielkopolsko-Kujawskiej, w makroregionie Pojezierze Wielkopolskie, mezoregionie Pojezierze Gnieźnieńskie (Kondracki 2000).

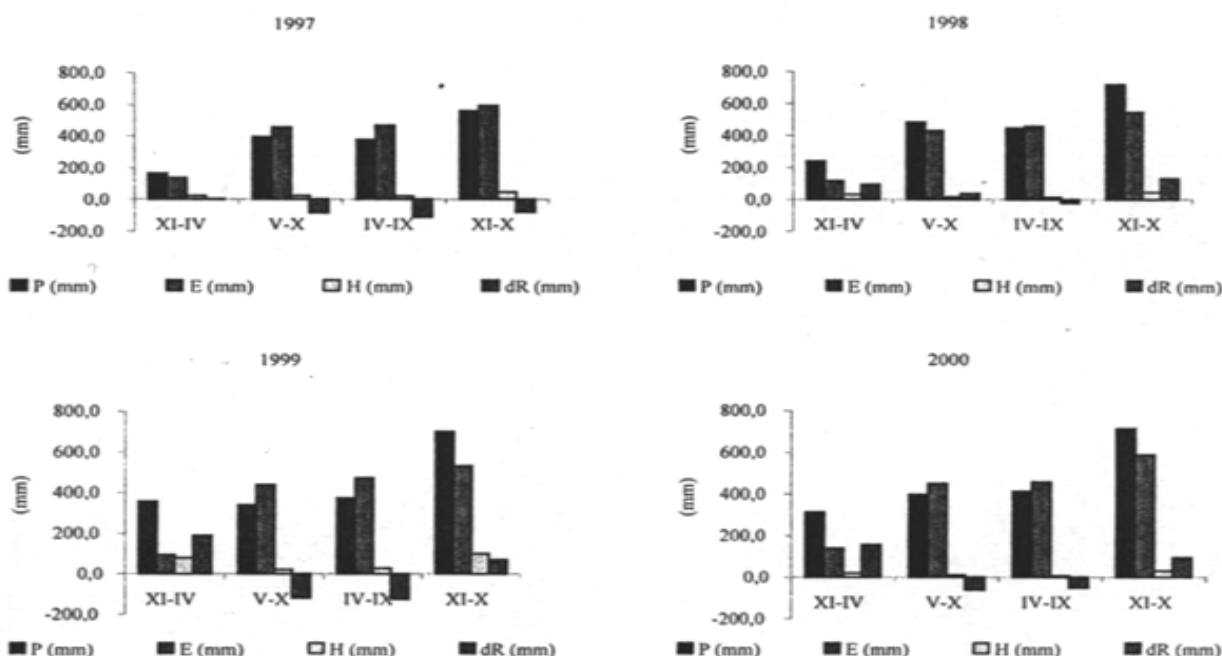
Powierzchnia zlewni do badanego przekroju Kiszkowo wynosi 342 km<sup>2</sup> (ryc. 1). Od źródeł znajdujących się na wysokości około 119 m n.p.m. do przekroju zamykającego badany obszar na wysokości 92,5 m n.p.m. rzeka pokonuje 46,6 km, co daje średni spadek podłużny rzeki 0,57‰. Mała Wełna przepływa kolejno przez osiem jezior o sumarycznej powierzchni wody 392,8 ha oraz przez jeden kompleks stawów rybnych o powierzchni 235 ha. Zlewnia rzeki Mała Wełna jest zlewnią typowo rolniczą. Użytki rolne w tej zlewni stanowią 82,7% powierzchni (grunty orne – 75,2%, użytki zielone – 7,2%, lasy – 6,0%, sady – 0,3% i nieużytki – 9,0%).

Warunki meteorologiczne w zlewni w latach hydrologicznych 1997-2000 przeanalizowano na podstawie odchyłeń miesięcznych, półrocznych (z okresu wegetacyjnego) i rocznych opadów atmosferycznych oraz średnich temperatur powietrza pomierzonych w stacji opadowej w Kiszkowie na tle pomiarów z wielolecia 1989-2000 ze stacji IMGW Gniezno. W okresie 1989-2000 średni roczny wskaźnik opadu nie skorygowanego wyniósł 521 mm, w tym w półroczu letnim – 325 mm, w zimowym – 196 mm. Średnia temperatura powietrza tego wielolecia wyniosła 8,4°C, w półroczu letnim – 14,6°C, a w zimowym – 2,3°C.

Rok hydrologiczny 1997 był rokiem normalnym pod względem opadów atmosferycznych (suma rocznego opadu była niższa o 13 mm od średniej z wielolecia) i zimnym, gdyż średnia roczna temperatura powietrza była niższa od średniej wieloletniej o 0,8°C. W półroczu zimowym suma opadu była niższa od średniej z wielolecia o 55 mm, a w półroczu letnim – wyższa o 42 mm.

Lata hydrologiczne 1998, 1999 i 2000 były latami wilgotnymi – sumy rocznego opadu były odpowiednio wyższe o 129, 102 i 119 mm od średniego opadu z wielolecia. Średnie roczne temperatury w latach 1998 i 2000 były wyższe odpowiednio o 0,5°C i 0,8°C, a średnia temperatura w 1999 roku była zbliżona do średniej z wielolecia. Szczególnie ciepłe były półrocza zimowe, zwłaszcza w grudniu, lutym i kwietniu średnie temperatury miesięczne znacznie przekraczały wartości przeciętne. Sumy opadów w analizowanych półroczach hydrologicznych były zróżnicowane. Szczególnie wilgotne było półrocze letnie 1998 roku, z sumą opadów wyższych od średniej o 121 mm, i półrocze zimowe 2000 roku, z sumą opadów wyższą o 111 mm. Sumę opadu zbliżoną do średniej zanotowano w półroczach: zimowym 1998 roku i letnim 1999 roku. Szczególnie w półroczu letnim 1999 roku wystąpiły suche i ciepłe miesiące (lipiec i wrzesień).

W celu ilościowej oceny zasobów wodnych i ich czasowej zmienności w zlewni rzeki Mała Wełna do przekroju Kiszkowo określono składniki bilansu wodnego – półroczne, roczne i z okresu wegetacyjnego (ryc. 2). Otrzymane wyniki wskazują, że pomimo zbliżonych sum rocznych opadów atmosferycznych, tj. ok. 700 mm w latach 1998-2000, odpływy roczne ze zlewni były zróżnicowane: od 30 mm w 2000 roku do 100 mm w 1998 roku, czyli współczynnik odpływu wahał się od 0,04 do 0,14. Wpływ na relację opad–odpływ w badanej zlewni mają m.in. zastawki piętrzące usytuowane wzdłuż biegu rzeki. Stosunkowo duże straty na parowanie – od 530 mm do 590 mm w poszczególnych latach – sprawiły, że w 1997 roku, normalnym pod względem opadów atmosferycznych, wystąpił spadek zasobów wodnych zlewni o 79 mm, a roczne

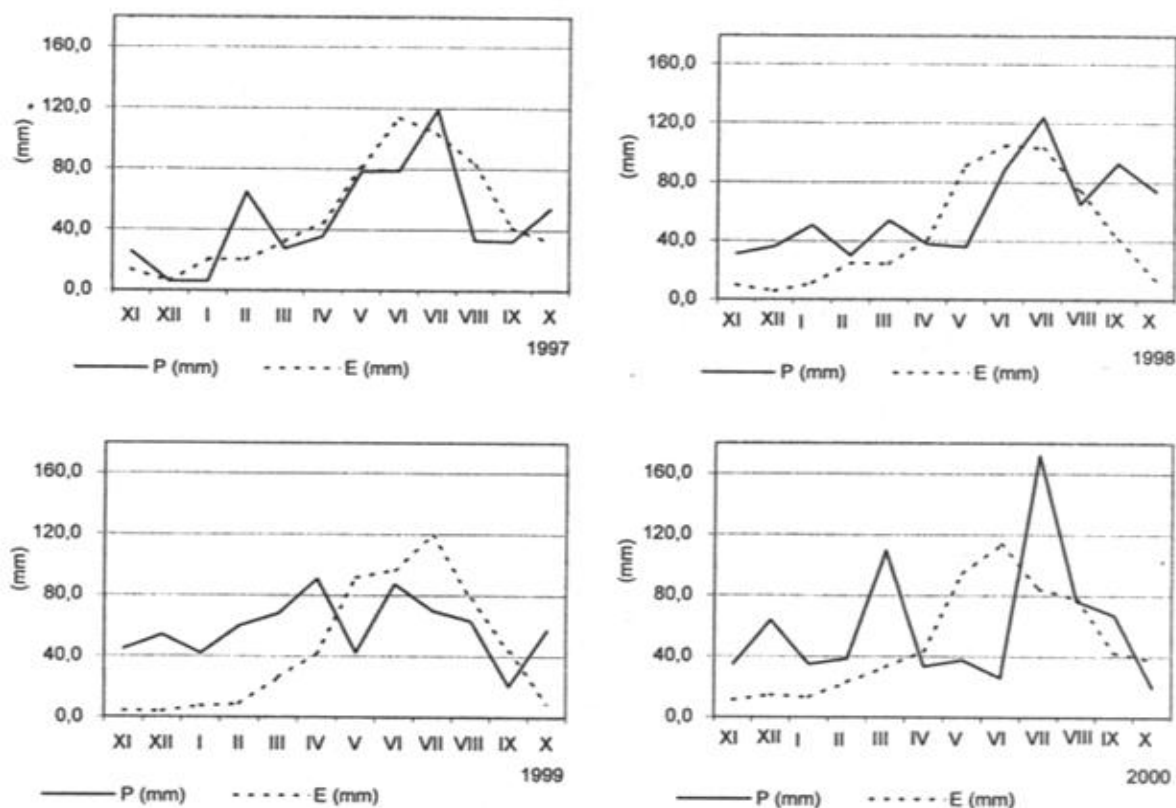


Ryc. 2. Rozkład wartości składników bilansu wodnego w półroczach, w okresie wegetacji oraz w roku w latach 1997-2000 (P – opad atmosferyczny, H – odpływ, E – parowanie terenowe, dR – zmiana retencji)

Fig. 2. Water balance components distribution in half-year, vegetation period and a year in 1997-2000 period (P – precipitation, H – outflow, E – evaporation, dR – storage changes)

przyrosty retencji dR w latach wilgotnych 1998, 1999 i 2000 były nieduże i wynosiły odpowiednio: 130, 69 i 93 mm. W półroczach zimowych, we wszystkich analizowanych latach, notowano wzrost retencji. Największy przyrost retencji wystąpił w 1999 roku (189 mm) dzięki wysokim opadom atmosferycznym (260 mm) i zmniejszonemu parowaniu (93 mm). Najmniejszy wzrost retencji wystąpił w półroczu zimowym w roku normalnym 1997 (5 mm). W badanych latach hydrologicznych okresy wegetacji charakteryzowały się niedoborami wody, wynoszącymi 23 mm w 1998 roku, wilgotnym i ciepłym i 126 mm w 1999 roku, wilgotnym i przeciętnym pod względem temperatury powietrza, co potwierdziło, że środkowa część dorzecza Warty jest obszarem o dużych deficytach wody, które najwyraźniej zaznaczają się w okresie rozwoju roślin nawet w latach normalnych i wilgotnych.

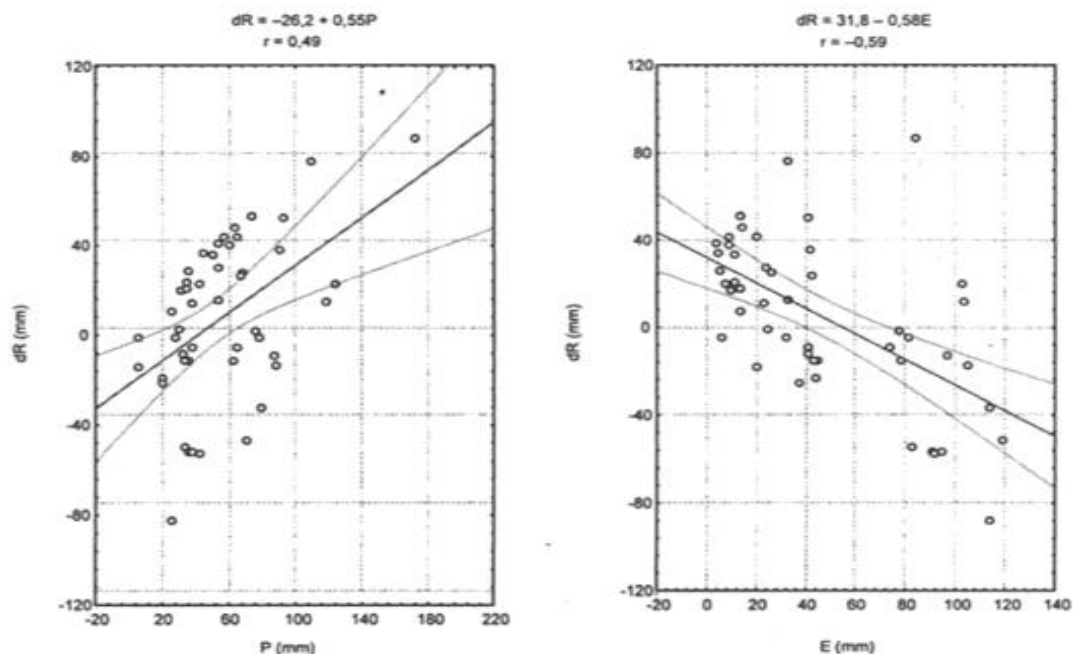
Przeprowadzona analiza miesięcznych składników bilansu klimatycznego wykazała, że w latach 1997-2000 w badanej zlewni występowały okresy z niedoborami opadów, które powodowały znaczny spadek retencji. W okresie wegetacji w latach wilgotnych (1998 i 2000) wystąpiły analogiczne okresy (IV-VI) z niekorzystnym bilansem klimatycznym (przewaga parowania rzeczywistego nad opadem atmosferycznym) (ryc. 3). W tych okresach zanotowano spadek retencji w zlewni o 83 mm w 1998 roku i o 160 mm w 2000 roku. Dłuższe okresy niedoboru opadów (pięć miesięcy) zaobserwowano także w latach 1997 i 1999, które zaznaczyły się spadkami retencji odpowiednio o 112 i 126 mm.



Ryc. 3. Elementy bilansu wodnego zlewni rzeki Mała Wełna do przekroju Kiszkowo w latach hydrologicznych 1997-2000

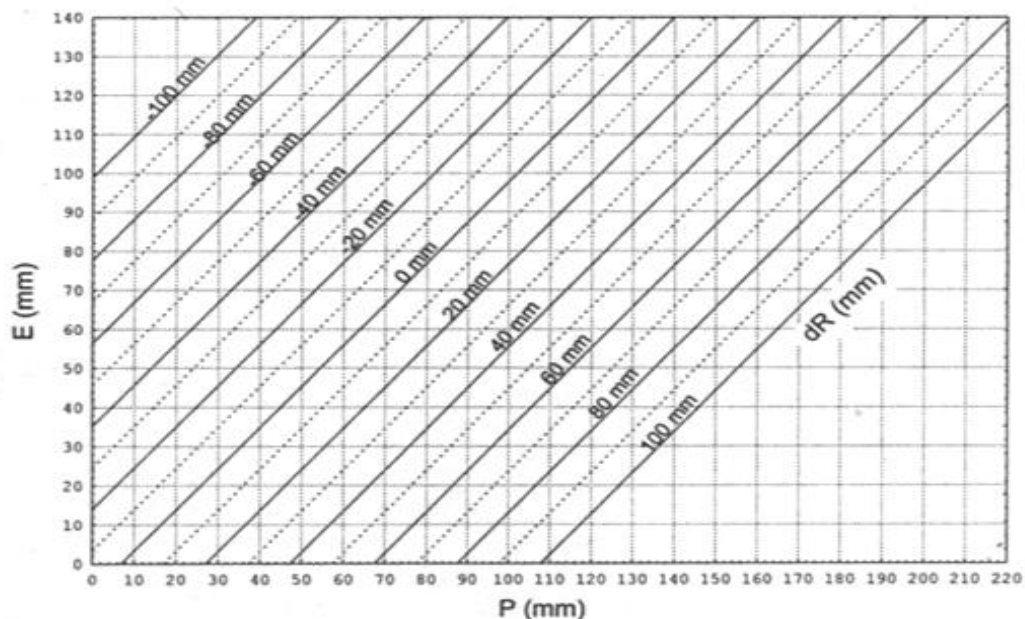
Fig. 3. Water balance components of the Mała Wełna catchment at Kiszkowo cross-section in hydrological years 1997-2000

Analiza korelacji liniowej między miesięcznymi składnikami bilansu wodnego zlewni rzeki Mała Wełna do przekroju Kiszkowo wykazała, że niektóre parametry są ze sobą istotnie skorelowane na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Z miesięcznymi zmianami retencji  $dR$  były dodatnio skorelowane miesięczne sumy opadu  $P$ , a ujemnie miesięczne sumy parowania  $E$  (ryc. 4). Ujemna korelacja pomiędzy zmianą retencji  $dR$  i parowaniem  $E$  wskazuje na występowanie tych składników w równowadze (przyrost parowania – spadek retencji). Aby dokonać oceny wpływu obu składników bilansu wodnego (opadu atmosferycznego i parowania) na zmianę retencji  $dR$ , posłużono się modelem regresji wielokrotnej ( $dR = \beta_0 + \beta_1 P + \beta_2 E$ ) testowanym na poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ . Otrzymany nomogram drabinkowy zmian retencji w badanej zlewni w zależności od występujących opadów atmosferycznych i parowania pozwolił na określenie miesięcznych zmian retencji (ryc. 5). Dodatkowo poszukiwano zależności pomiędzy miesięcznymi zmianami retencji a miesięcznymi opadami i parowaniem dla lat o zbliżonych wskaźnikach odpływu (1997, 1998 i 2000) oraz dla lat o zbliżonych opadach atmosferycznych (1998, 1999 i 2000). Uzyskane wyniki wykazały brak istotnych różnic pomiędzy otrzymanymi zależnościami.



Ryc. 4. Zależność miesięcznych zmian retencji  $dR$  (mm) od opadu atmosferycznego  $P$  (mm) i parowania  $E$  (mm) w zlewni rzeki Mała Wełna do przekroju Kiszkowo w latach 1997-2000

Fig. 4. Relationship between monthly storage changes ( $dR$ ) and precipitation ( $P$ ) as well as evaporation ( $E$ ) in the Mała Wełna catchment down to Kiszkowo cross-section in hydrological years 1997-2000



Ryc. 5. Zmiany retencji  $dR$  względem miesięcznego opadu atmosferycznego  $P$  i parowania terenowego  $E$  w zlewni rzeki Mała Wełna do przekroju Kiszkowo

Fig. 5. Monthly storage changes  $dR$  as function of monthly precipitation  $P$  and evaporation  $E$  in the Mała Wełna River catchment down to Kiszkowo

## Podsumowanie

Wyniki badań prowadzonych w zlewni rzeki Mała Wełna do przekroju Kiszkowo w latach hydrologicznych 1997-2000 wykazały, że w 1997 roku, normalnym pod względem opadów atmosferycznych, zaobserwowano spadek retencji w zlewni o 79 mm. W wilgotnych latach 1998-2000 wystąpiły nieznaczne przyrosty retencji, które wynosiły od 69 do 130 mm. Analiza miesięcznych składników bilansu klimatycznego wykazała, że w latach 1997-2000 w badanej zlewni występowały okresy z niedoborami opadów, które powodowały znaczny spadek retencji. W okresie wegetacji w latach wilgotnych (1998 i 2000) wystąpiły analogiczne okresy (IV-VI) z niekorzystnym bilansem klimatycznym, w których zanotowano spadek retencji w zlewni o 83 mm w 1998 roku i o 160 mm w 2000 roku. Dłuższe okresy niedoboru opadów (pięć miesięcy), które zaznaczyły się spadkami retencji odpowiednio o 112 i 126 mm, zaobserwowano także w latach 1997 i 1999. Dla określenia miesięcznych zmian retencji w badanej zlewni w zależności od występujących opadów atmosferycznych i parowania sporządzono nomogram drabinkowy.

## Literatura

- Allen R.G., Smith M., Pereira L.S., Perrier A. (1994): An update for the calculation of reference evapotranspiration. *ICID Bull.* 43, 2: 35-63.
- Kondracki J. (2000): *Geografia regionalna Polski*. Wyd. PWN, Warszawa.
- Kowalczyk S., Ujda K. (1987): *Pomiary porównawcze opadów atmosferycznych*. Mater. Bad. IMGW, Ser. Meteor. 14.
- Podział hydrograficzny Polski (1983). Red. H. Czarniecka. IMGW, WKiŁ, Warszawa.
- Przybyła Cz. (1994): *Gospodarka wodna i potrzeby nawodnień w warunkach klimatyczno-glebowych Wysoczyzny Poznańskiej*. Roczn. AR Pozn. 268, Melior. Inż. Środ. 15, cz. 1: 147-155.
- Rojek M. (1995): *Czasowa i przestrzenna zmienność klimatycznych bilansów wodnych w dorzeczu Warty i środkowej Odry*. Roczn. AR Pozn. 271, Melior. Inż. Środ. 16: 73-88.
- Somorowski Cz. (1998): *Wodno-bilansowe kryteria kształtowania siedlisk w krajobrazie rolniczym*. Wyd. SGGW, Warszawa: 10-24.
- Ustawa Prawo Wodne z dnia 18 lipca 2001, Dz. U. Nr 115, poz. 414.

## WATER CIRCULATION IN THE MAŁA WEŁNA RIVER CATCHMENT IN WET YEARS

### S u m m a r y

The research was carried out at the Mała Wełna river catchment down to Kiszkowo in 1997-2000 hydrological years. The results indicate that retention decrease of 79 mm was observed in the average year – 1997. Small retention increases of 69-130 mm were observed in 1998-2000 wet period. Monthly water balance components analyses indicates that periods of precipitation shortage which caused high retention decrease appeared in 1997-2000 hydrological years. Anal-



gous periods (IV-VI) of unfavourable climate balance when retention decrease of 83 mm in 1998 and of 160 mm in 2000 were observed. Longer retention decrease periods (about five months long) were observed in 1997 and 1999. The decrease of retention was 112 and 126 mm. Ladder diagram for estimation of retention changes in researched catchment was made.