ROCZNIKI
AKADEMII ROLNICZEJ
W POZNANIU
CCCLXV

MELIORACJE I INŻYNIERIA ŚRODOWISKA

26

POZNAŃ 2005

Roczniki Akademii Rolniczej w Poznaniu – CCCLXV (2005)

CZESŁAW SZAFRAŃSKI[1], MARCIN HAHNEL[2]

ZWIĄZEK PRZEPŁYWÓW WODY W CIEKU POTASZKA Z OPADAMI ATMOSFERYCZNYMI

Z [1]Katedry Melioracji, Kształtowania Środowiska i Geodezji
oraz z [2]Katedry Gleboznawstwa i Rekultywacji
Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu

ABSTRACT. In this paper an attempt is presented to define the relationship between precipitation and water flow rate in the Potaszka stream. Three equations were presented for three periods: winter and summer half-years and whole hydrological year, which allow to show changes in the flow rate in the studied Potaszka stream.

Key words: hydrology, precipitation, flow rate in the stream

Wstęp

Wypadkową wszystkich procesów meteorologicznych i hydrologicznych zachodzących na obszarze zlewni jest odpływ rzeczny (**Kaniecki** 1982). Już w drugiej połowie XVIII wieku dzięki rozwojowi gospodarczemu Europy, w tym również Polski, podjęto regularne obserwacje meteorologiczne i hydrologiczne, ze względu na ich znaczenie poznawcze i praktyczne (**Gazeta Obserwatora IMGW** 2004). W Polsce głównym źródłem zaopatrzenia w wodę są rzeki i dlatego zmienność przepływów w rzekach ma podstawowe znaczenie dla gospodarki wodnej (**Fal** 2002). Działalność człowieka na obszarach miejsko-przemysłowych powoduje daleko idące pogorszenie reżimu hydrologicznego cieków, które w wielu przypadkach prowadzi do zniekształcenia naturalnego obiegu wody, a nawet do zaniku cieków powierzchniowych (**Byczkowski** 1997). Urbanizacja, intensyfikacja rolnictwa i przemysłu oraz poprawa standardu życiowego człowieka przyczyniają się do wzrostu zużycia wody i stanowią zagrożenie dla stabilności zasobów wodnych (**Bartkowiak** i **in.** 1997). Ważnym elementem sieci hydrograficznej terenów rolniczych są małe cieki. Rozpoznanie dynamiki obiegu wody w mikrozlewniach – czyli zlewniach o powierzchni poniżej 5 km^2 (**Church** 1997) – do których należy zlewnia cieku Potaszka, może się przyczynić do poprawienia stosunków wodnych na jej powierzchni, lecz nie poprawi ich na większym obszarze. Dopiero przeprowadzenie

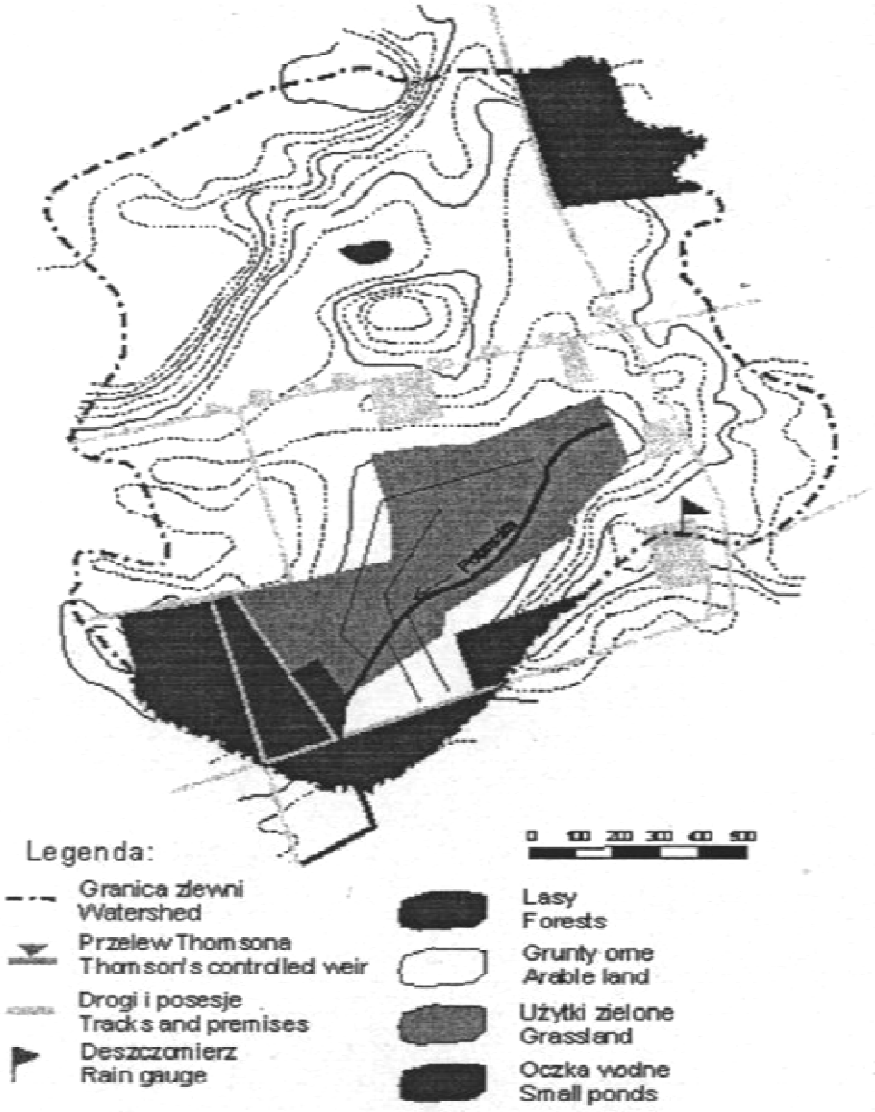
Rocz. AR Pozn. CCCLXV, Melior. Inż. Środ. 26: 435-442
© Wydawnictwo Akademii Rolniczej im. Augusta Cieszkowskiego w Poznaniu, Poznań 2005
PL ISSN 1230-7394

badań na kilku mniejszych, sąsiadujących zlewniach (tworzących większą całość) może przynieść wymierny efekt w postaci poprawy bilansu wodnego większego obszaru.

Celem niniejszej pracy było określenie zależności natężenia przepływu wody w cieku Potaszka od rozkładu i wielkości opadów atmosferycznych.

Materiały i metody badań

Teren badań znajduje się na obrzeżach zwartego kompleksu leśnego Puszcza Zielonka, około 20 km na północny wschód od Poznania. Zlewnia cieku Potaszka obejmuje obszar 1,33 km^2 (ryc. 1). Większą część zlewni zajmują grunty orne (73,1%), jednak



Ryc. 1. Zlewnia cieku Potaszka do przekroju Potasze
(**Plewiński** 2001 – zmodyfikowana)
Fig. 1. Catchment of the Potaszka stream to the Potasze cross-section (**Plewiński** 2001 – modified)

w rozpatrywanym okresie uprawiano jedynie około 10% z nich. Lasy zajmują 14,6% powierzchni, natomiast pozostałe 12,3% zlewni to użytki zielone i bagna (w większości są to tereny przylegające bezpośrednio do cieku). Obszar badań, podobnie jak całej Puszczy Zielonka, został ukształtowany podczas poznańskiego stadiału zlodowacenia bałtyckiego. Leży na terenie moreny czołowej, charakteryzującej się licznymi, lecz niewielkimi sfałdowaniami terenu. W zlewni występują głównie kompleksy gleb bielicowych i rdzawych, zajmujące 87% powierzchni terenu, natomiast pozostałe 13% stanowią gleby murszowate, położone w większości pod użytkami zielonymi przylegającymi do cieku.

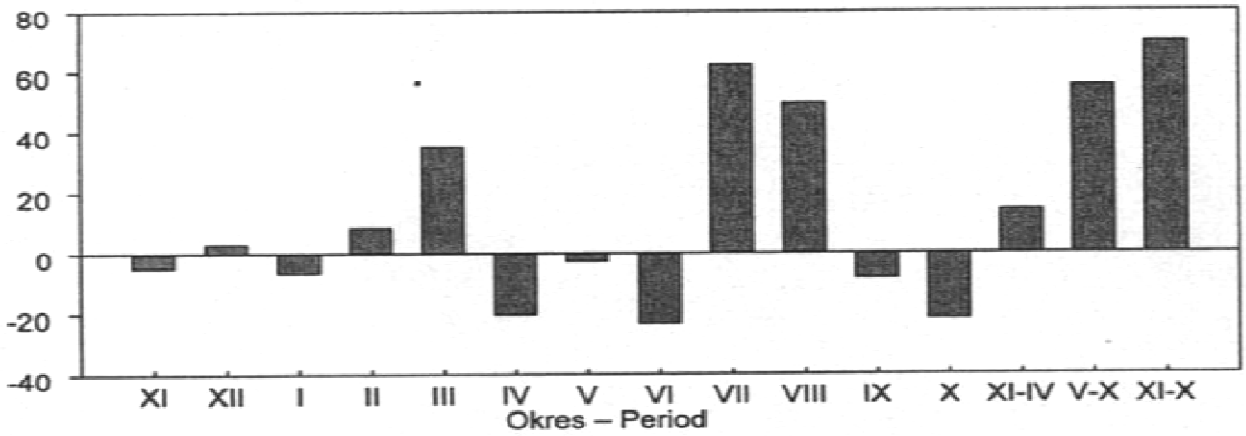
Badania terenowe prowadzone w roku hydrologicznym 1999/2000 obejmowały codzienne obserwacje stanów wody w cieku na łacie wodowskazowej, zainstalowanej przy przelewie Thomsona, w przekroju zamykającym zlewnię. Na ich podstawie obliczono przepływy za pomocą wzoru dla przelewów cienkościennych, trójkątnych (**Bajkiewicz-Grabowska i in.** 1993). Również codziennie dokonywano pomiarów opadów atmosferycznych za pomocą deszczomierza Hellmanna we własnym posterunku opadowym. Dane o temperaturach powietrza uzyskano z Arboretum Zielonka.

Wyniki i dyskusja

Rok hydrologiczny 1999/2000 charakteryzował się stosunkowo dużą sumą opadów atmosferycznych wynoszącą 636 mm, czyli o 70 mm więcej niż wynosiła średnia z wielolecia 1969/1970-1999/2000 (ryc. 2). Szczególnie mokre było półrocze letnie, gdyż w tym okresie opad był wyższy od średniej z wielolecia o 55,4 mm. Przyczyną tego były wysokie sumy opadów w lipcu i sierpniu, których suma wynosiła 259 mm i była wyższa od średniej z wielolecia dla tego okresu aż o 112 mm. W półroczu letnim odnotowano 404 mm opadu. Półrocze zimowe charakteryzowało się opadem zbliżonym do średniej z wielolecia, jego suma wynosiła 232 mm i była wyższa od średniej zaledwie o 14 mm.

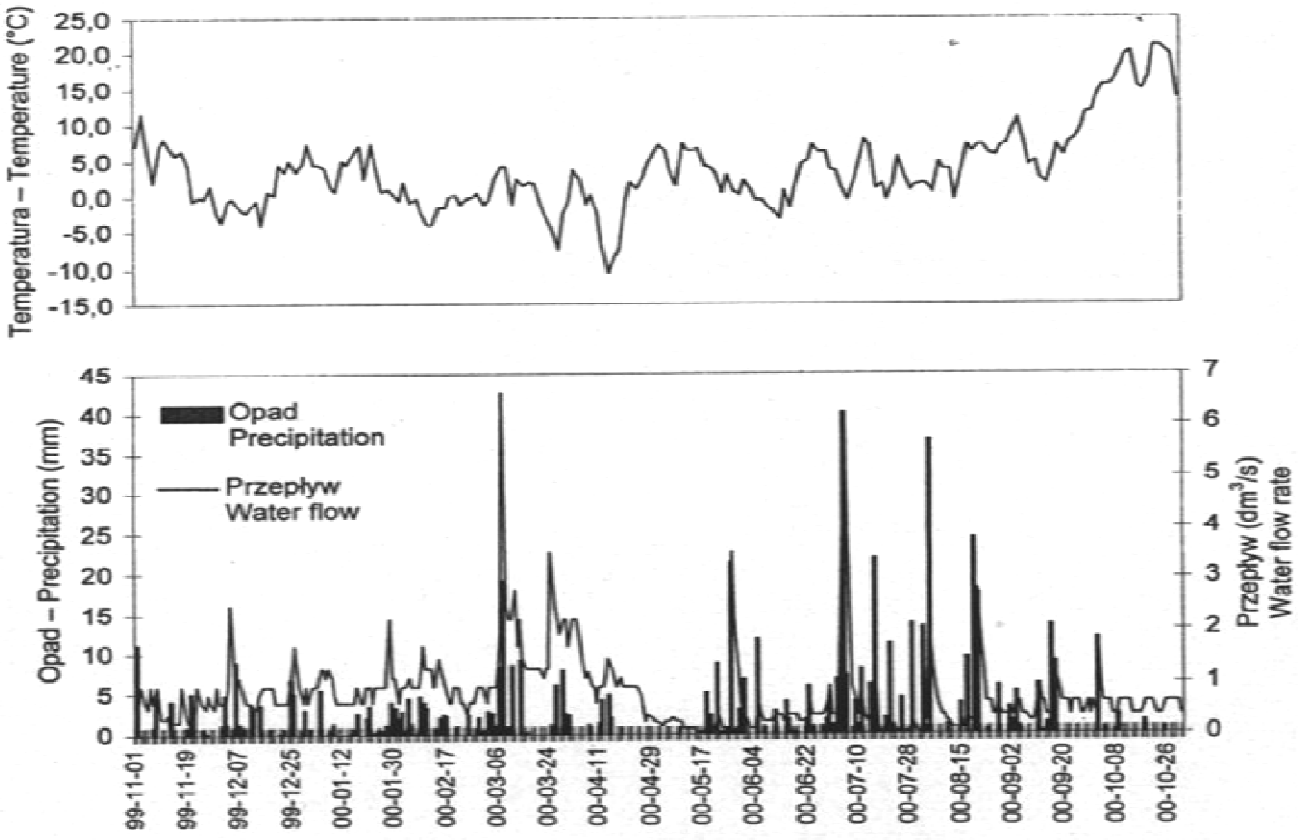
Analizując codzienne przepływy wody w cieku Potaszka, można zauważyć ich bezpośrednią zależność od sum dobowych opadów atmosferycznych (ryc. 3).

W wyniku tych obserwacji zauważono, iż reakcja wielkości przepływu na opad następowała zazwyczaj już po kilku godzinach od jego zakończenia. Stwierdzono również, że znaczący wpływ na natężenie przepływu miały tylko opady większe niż 5 mm. Okazało się to prawdziwe zarówno dla półrocza letniego i zimowego, jak i dla całego roku hydrologicznego. Próba przedstawienia tej zależności w postaci równania okazała się jednak w dużej mierze problematyczna, ze względu na różną długość okresów bezopadowych. W okresach tych następuje obniżanie zwierciadła wody gruntowej, co wiąże się ze zmniejszeniem zasilania cieku wodami podpowierzchniowymi, które wraz z parowaniem z powierzchni zwierciadła wody, wpływają na zmniejszenie wielkości natężenia przepływu. Wynikiem tego może być różna wartość początkowa przepływu przed wystąpieniem opadu. Bardzo często zdarza się, iż po wystąpieniu opadów tej samej wielkości, przepływy po ich zakończeniu mogą być różne, mimo że gleby zlewni zostały zasilone taką samą ilością wody. Dlatego do dalszych rozważań wprowadzono pewne uproszczenia i zamiast określania związku wielkości przepływu z sumami opadów długotrwałych obliczono zależność pomiędzy tymi opadami a różnicą między przepływem występującym po wystąpieniu opadu i przed jego wystąpieniem, którą nazwano zmianą przepływu Q_p (ryc. 4).



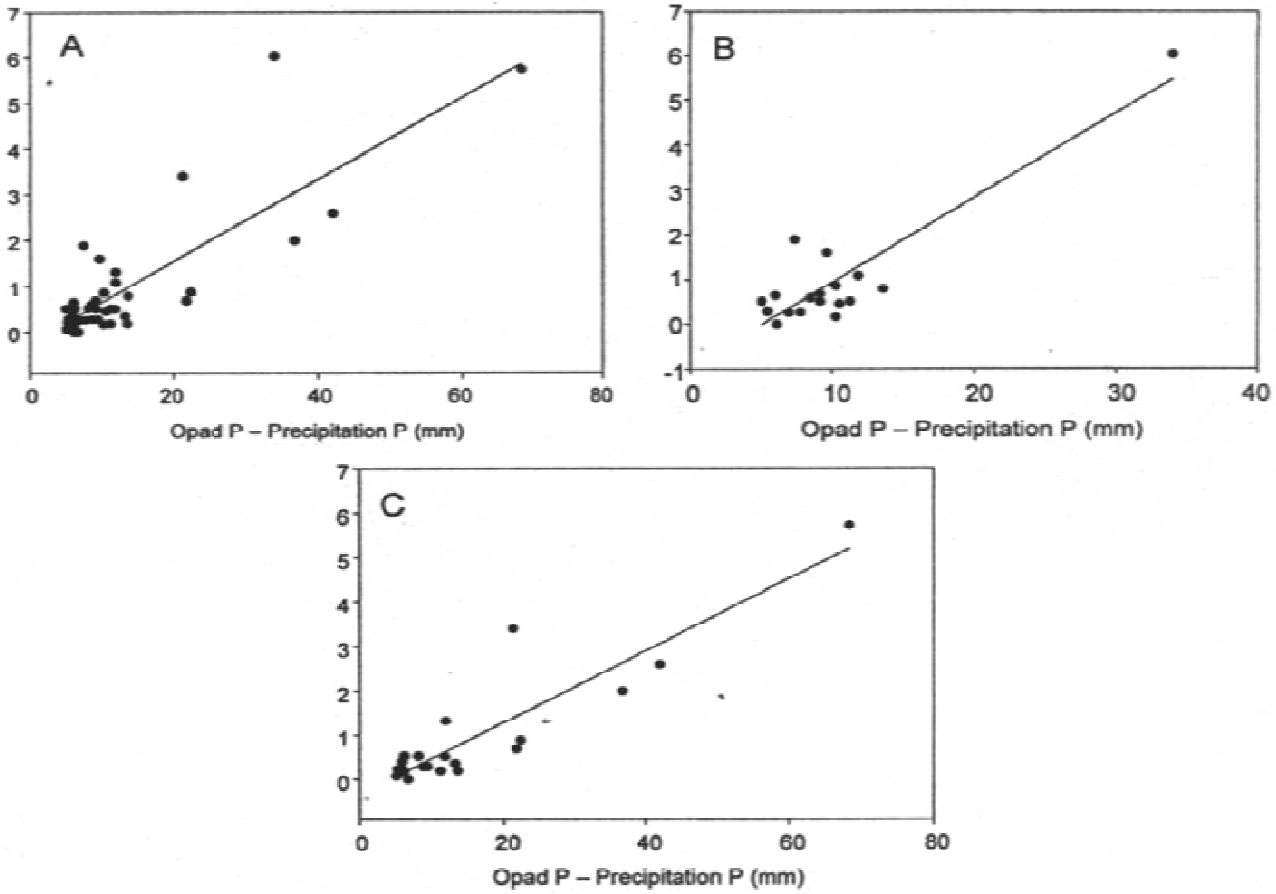
Ryc. 2. Odchylenie sum miesięcznych i półrocznych oraz rocznej sumy opadów atmosferycznych w roku hydrologicznym 1999/2000 od średnich z wielolecia 1969/1970-1999/2000

Fig. 2. Deviation of monthly, half-years and year sums of precipitation in hydrological year 1999/2000 from means from hydrological years 1969/1970-1999/2000



Ryc. 3. Średnie dobowe przepływy w cieku Potaszka w przekroju Potasze w roku hydrologicznym 1999/2000 na tle dobowych sum opadów atmosferycznych i średnich dobowych temperatur powietrza

Fig. 3. Time series of daily means of flow rates in the Potasze cross-section against the background of daily sums of precipitation and daily means of air temperatures



Ryc. 4. Zależność pomiędzy opadem a zmianą przepływu w roku hydrologicznym 1999/2000 (A), w półroczu zimowym (B) i w półroczu letnim (C)
Fig. 4. Dependence between precipitation and water flow rate change in hydrological year 1999/2000 (A), winter half-year (B) and summer half year (C)

W wyniku przeprowadzonych analiz uzyskano trzy równania charakteryzujące wpływ sum opadów długotrwałych na zmianę przepływu wody w cieku: $Q_P = 0{,}0890P - 0{,}2318$ – dla półrocza zimowego, $Q_P = 0{,}0809P - 0{,}3416$ – dla półrocza letniego i $Q_P = 0{,}1891P - 0{,}9609$ – dla całego roku. W celu dokonania oceny statystycznej wyników uzyskanych za pomocą tych równań zastosowano poniższe miary statystyczne, które dotychczas służyły do oceny funkcji transferu glebowego (tab. 1):

1. Kryterium AIC (**Akaike** 1973) – służące do określenia optymalnej ilości parametrów w modelu:

$$AIC = n\ln SSR + 2np \tag{1}$$

$$SSR = \sum_{i=1}^{n} (\ln O_i - \ln P_i)^2 \tag{2}$$

gdzie:

SSR – suma kwadratów różnic wartości obserwowanych i pomierzonych,
n – liczba danych,

np – ilość parametrów,
P_i – wartości przewidywane,
O_i – wartości obserwowane.

2. Oszacowany błąd standardowy modelu GRMSR (**Tietje** i **Tapkenhinrichs** 1993):

$$GRMSR = \exp\left(\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(P_i - O_i)^2}\right) \quad (3)$$

3. Współczynnik determinacji w standardowej postaci R^2 (**Lin** i **in.** 1999).

Tabela 1

Charakterystyka statystyczna równań badanych współzależności umożliwiających pośrednie oszacowanie zmiany przepływu
Statistical characteristics of the relationships considered permitting indirect estimation of the water flow rate change

Zależność Relation	Równanie regresji Regression equation	R^2	AIC	GRMSR (dm^3/s)
A	$Q_P = 0{,}0890P - 0{,}2318$	0,8135	55,433	2,4508
B	$Q_P = 0{,}0809P - 0{,}3416$	0,8156	48,524	2,0452
C	$Q_P = 0{,}1891P - 0{,}9609$	0,6728	126,45	2,1152

Wyniki analizy statystycznej potwierdzają dobrą jakość oszacowania wielkości zmiany przepływu z zastosowaniem wszystkich równań. Należy jednak zauważyć, iż wielkości współczynnika determinacji są znacznie korzystniejsze dla poszczególnych półroczy niż dla całego roku hydrologicznego. Dla półrocza letniego wartość współczynnika R^2 była największa i wynosiła 0,8156, dla półrocza zimowego 0,8135, natomiast dla całego roku wartość tego współczynnika była najmniejsza i wynosiła 0,6728. Również kryterium AIC wskazuje na to, iż najlepszą zależność uzyskano dla półrocza letniego (AIC = 48,524), następnie dla półrocza zimowego (AIC = 55,433), a najsłabszą dla całego roku hydrologicznego (AIC = 126,45). Z kolei największy oszacowany błąd standardowy stwierdzono dla półrocza zimowego, wynosił on 2,4508 dm^3/s, a dla roku hydrologicznego kształtował się na poziomie 2,1152 dm^3/s. Natomiast najmniejszy błąd standardowy zaobserwowano dla zależności odnoszącej się do półrocza letniego – wynosił on 2,0452 dm^3/s, co również świadczy o najlepszej jakości tego równania.

Ważną wielkością charakteryzującą przepływy wody w cieku jest również wskaźnik nieregularności przepływu. Dla cieku Potaszka ma on wartość dość znaczną, wynoszącą 154. **Kaniecki** (1982), prowadząc badania w latach 1969-1972 na obszarze zlewni Wrześnicy, uzyskał jeszcze większą wartość tego wskaźnika, bo aż 235. Wskazuje to na dominację spływu powierzchniowego i podpowierzchniowego do rzeki w czasie trwania najwyższych wezbrań oraz świadczy o małych zdolnościach retencyjnych gleb badanej zlewni.

Przeanalizowane dane zostały zebrane w ciągu bardzo krótkiego okresu, dlatego powinno się prowadzić dalsze obserwacje w celu weryfikacji przedstawionych wyników badań.

Wnioski

1. Przepływy wody w cieku Potaszka były determinowane przez rozkład i wielkość opadów atmosferycznych. Sytuacja ta pozwoliła na opracowanie równań umożliwiających określenie zmiany wielkości przepływu na podstawie wielkości opadów atmosferycznych.

2. Zaobserwowano również, iż dynamika przepływów w cieku Potaszka zależała przede wszystkim od sum opadów atmosferycznych przekraczających 5 mm, ponieważ przy opadach mniejszych nie stwierdzono znaczących zmian w wielkości przepływu.

3. Zmianę wielkości przepływów na tle sum opadów długotrwałych korzystniej jest rozpatrywać w okresach półrocznych niż rocznych, o czym świadczą uzyskane wielkości współczynników determinacji R^2, które wynoszą: dla półrocza letniego – 0,8156, dla półrocza zimowego – 0,8135 i dla całego roku hydrologicznego 1999/2000 – 0,6728.

4. Stwierdzono również dominację spływów powierzchniowych i podpowierzchniowych w kierunku cieku oraz małe zdolności retencyjne gleb badanej zlewni, o czym świadczy dość wysoki wskaźnik nieregularności przepływu wynoszący 154.

Literatura

Akaike H. (1973): Information theory and an extension of maximum likelihood principle. W: Mater. Second International Symposium on Information Theory. Academia Kiado, Budapest: 267-281.

Bajkiewicz-Grabowska E., Magnuszewski A., Mikulski Z. (1993): Hydrometria. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa.

Bartkowiak M., Czamara W., Wojarnik K. (1997): Mała retencja w kształtowaniu środowiska przyrodniczego obszarów nizinnych i podgórskich. W: II Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Przyrodnicze i techniczne problemy ochrony i kształtowania środowiska rolniczego". Red. A. Kosturkiewicz. Wyd. AR, Poznań: 5-10.

Byczkowski A. (1997): Wpływ urbanizacji na reżim hydrologiczny małych cieków nizinnych W: II Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Przyrodnicze i techniczne problemy ochrony i kształtowania środowiska rolniczego". Red. A. Kosturkiewicz. Wyd. AR, Poznań: 15-21.

Church M.R. (1997): Hydrochemistry of forested catchments. Ann. Rev. Earth Planet. Sci. 25: 23-59.

Fal B. (2002): Przepływy rzek w Polsce w drugiej połowie XX w. Gaz. Obs. IMGW 51, 5: 14-16.

Gazeta Obserwatora IMGW (2004): Początek nowożytnych instrumentalnych obserwacji meteorologicznych i hydrologicznych na terenach Polski. Hydrologia 53, 1: 9-10.

Kaniecki A. (1982): Pojemność retencyjna i zmienność zasobów wodnych małej zlewni nizinnej na przykładzie dorzecza Wrześnicy. Wyd. Nauk. UAM Pozn., Ser. Geografia 26: 142.

Lin H.S., McInnes K.J., Wilding L.P., Hallmark C.T. (1999): Effects of soil morphology on hydraulic properties. II hydraulic pedotransfer function. Soil Sci. Am. J. 63: 955-961.

Plewiński D. (2001): Dynamika obiegu wody wraz z jej jakością w małej zlewni nizinnej. Praca doktorska. Maszyn.

Tietje O., Tapkenhinrichs M. (1993): Evaluation of pedo-transfer function. Soil Sci. Soc. Am. J. S7: 1088-1095.

DEPENDENCE BETWEEN WATER FLOW RATE IN THE POTASZKA STREAM AND PRECIPITATION

Summary

In this paper dependence is presented between precipitation and change in the water flow rate. Studies were made on the basis of daily precipitation sums and water flow rate in the Potaszka stream in hydrological year 1999/2000. On the basis of the presented research, three equations were estimated, which allow to asses changes in water flow rate only on the basis of precipitation. These equation were done for two half-years and for the whole hydrological year.